



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 641, 2007

Søer 2006

NOVANA

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Aarhus Universitet

Faglig rapport fra DMU nr. 641, 2007

Søer 2006

NOVANA

Torben B. Jørgensen
Rikke Bjerring
Liselotte Sander Johansson
Martin Søndergaard
Lisbet Sortkjær
Frank Landkildehus

Datablad

- Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 641
- Titel: Søer 2006
Undertitel: NOVANA
- Forfattere: Torben B. Jørgensen, Rikke Bjerring, Liselotte Sander Johansson, Martin Søndergaard, Lisbet Sortkjær & Frank Landkildehus
Afdeling: Afdeling for Ferskvandsøkologi
- Udgiver: Danmarks Miljøundersøgelser©
Aarhus Universitet
URL: <http://www.dmu.dk>
- Udgivelsesår: December 2007
Redaktion afsluttet: November 2007
Faglig kommentering: Statens Miljøcentre, november 2007
- Finansiel støtte: Ingen ekstern finansiering
- Bedes citeret: Jørgensen, T.B., Bjerring, R., Johansson, L.S., Søndergaard, M., Sortkjær, L. & Landkildehus, F. 2007: Søer 2006. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 66 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 641. <http://www.dmu.dk/Pub/FR641.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Rapporten giver en status for den nationale søovervågning i 2006 og beskriver udviklingen i udvalgte indikatorer siden overvågningsprogrammets start i 1989. Samlet set er miljøtilstanden forbedret siden 1989. Forbedringerne kan tydeligst ses i vandkemien, men søvandet er generelt også blevet mere klart.
- Emneord: Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan, NOVANA
- Layout: Anne Mette Poulsen
Illustrationer: Grafisk værksted, DMU Silkeborg
- ISBN: 978-87-7073-013-6
ISSN (elektronisk): 1600-0048
- Sideantal: 66
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside <http://www.dmu.dk/Pub/FR641.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 Undersøgelserprogrammet 9

- 2.1 Det intensive program 9
- 2.2 Det ekstensive program for større søer (ekstensiv 1) 11
- 2.3 Det ekstensive program for mindre søer (ekstensiv 2) 12
- 2.4 Det ekstensive program for småsøer og vandhuller (ekstensiv 3) 13

3 Intensivt undersøgte søer 15

- 3.1 Generel karakteristik 15
- 3.2 Fosfor 18
- 3.3 Kvælstof 20
- 3.4 Klorofyl 22
- 3.5 Sigtdybde 23
- 3.6 Undervandsplanter 24
- 3.7 Næringsstofkilder og -balancer 27
- 3.8 Sammenfatning 27

4 De ekstensivt undersøgte søer 29

- 4.1 Ekstensiv 1 søer 29
- 4.2 Ekstensiv 2 søer (0,1-5 hektar) 32
- 4.3 Ekstensiv 3 søer (<0,1 hektar) 32
- 4.4 Sammenligning af de ekstensive søer 33

5 Forekomst af undervandsplanter i forhold til indhold af totalfosfor 36

- 5.1 Indledning 36
- 5.2 Data 37
- 5.3 Forekomst af arter i forhold til totalfosfor 38
- 5.4 Arter som indikator for vandkvalitet 43

6 Bunddyr 43

- 6.1 Bunddyr i forhold til næringsstofniveau 45
- 6.2 Variation i de intensive søer 49

7 NOVANA søernes fordeling på natur- type 51

8 Klimatiske forhold 59

- 8.1 Temperatur 59
- 8.2 Nedbør 60
- 8.3 Vindforhold 61
- 8.4 Sammenfatning 61

9 Referencer 62

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

[Tom side]

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser, Århus 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, det tidligere overvågningsprogram. NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som blev gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen (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.

Med NOVANA er programmet udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Programmet omfatter nu også overvågning af arter og naturtyper, herunder terrestrisk natur.

Danmarks Miljøundersøgelser, Århus Universitet, har som en væsentlig opgave for Miljøministeriet at bidrage til at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger, herunder overvågning af miljø og natur. Det er derfor et naturligt led i Danmarks Miljøundersøgelsers opgave at forestå 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 Miljøministeriets miljøcentre og fagdatacentre, som for grundvand er placeret hos Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, for punktkilder hos By- og Landskabsstyrelsen og for ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren samt arter og naturtyper hos Danmarks Miljøundersøgelser.

Rapporterne "Vandløb 2005-2006", "Søer 2005-2006", "Terrestriske naturtyper 2006" og "Arter 2006" er baseret på data indsamlet af amterne. "Marine områder 2005-2006" er baseret på data om kystvande og fjorde indsamlet af amterne samt Danmarks Miljøundersøgelsers og vore nabolandes overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande 2006" er baseret på data indsamlet af amterne fra 7 overvågningsoplande og udarbejdet i samarbejde med Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition 2006" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågning af luftkvaliteten i Danmark.

1 Sammenfatning

I alt 1097 søer indgår i det landsdækkende NOVANA-program. Heraf undersøges 23 større søer intensivt og 1074 søer mere ekstensivt. De ekstensivt undersøgte søer er opdelt i tre størrelsesklasser (>5 ha; 0,1-5 ha og 0,01-0,1 ha), og inden for hver af disse klasser er søerne tilfældigt udvalgte. 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 NOVANA-programmets første tre år er der undersøgt 23 intensive søer, 190 ekstensive 1, 202 ekstensive 2 og 207 ekstensive 3 søer (se tabel 1.1).

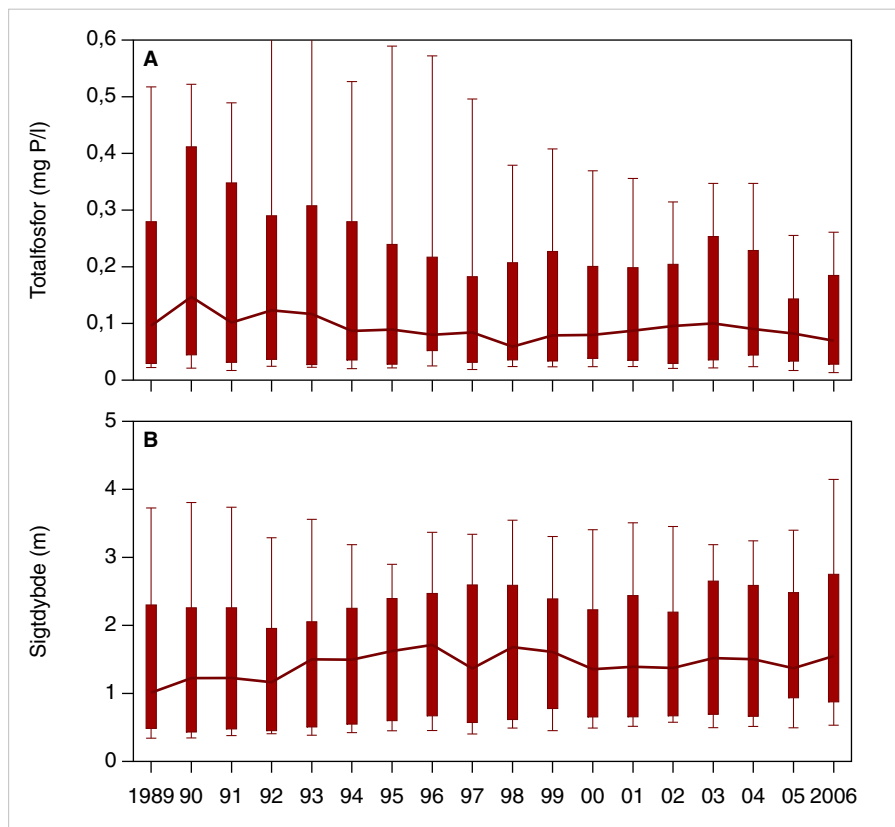
Miljøcentrene forestår den standardiserede prøveindsamling. Alle indsamlede data indberettes til Danmarks Miljøundersøgelser, som udarbejder årlige statusrapporter om den generelle tilstand og udviklingen. Dette års rapport omfatter resultater for udviklingstendenser i perioden fra 1989 til 2006 i 20 intensivt undersøgte søer samt en kortere status for miljøtilstanden i 2006 i de mange ekstensivt undersøgte søer. Der indgår som tidligere nævnt 23 intensive søer i programmet, men tre af disse er nye, hvorfor kun 20 søer kan anvendes i forbindelse med beskrivelsen af udviklingstendenser.

Miljøcentrene har på grund af forsinkelser i punktkildedata ikke indrapporteret fuldstændige datasæt for vand- og stofbelastningen til de intensive søer i 2006. Rapporten indeholder derfor ikke beskrivelse af stofbelastning og kildefordeling som i de foregående års rapporter.

Gennemsnitskoncentrationen af totalfosfor i søvandet (sommerværdier) er næsten halveret fra 0,180 mg P/l i perioden 1989-1996 til 0,095 mg P/l i 2006. Det mest markante fald er sket i de mest belastede søer. Ud af de 20 intensive søer har der været et signifikant fald i fosforkoncentrationen i 12 af søerne (tabel 1.2). I de seneste 2-3 år har den gennemsnitlige fosforkoncentration dog været uændret.

Der har været et fald i kvælstofniveauet i de intensivt målte søer siden 1989 på 25 % på årsbasis og på omkring 20 % for sommerperioden. Det er dog primært i årene 1994 til 1996, at der er sket et fald i den gennemsnitlige kvælstofkoncentration. I de seneste 10 år har niveauet været mere eller mindre uændret i de intensive søer. På enkelt sø-niveau har 10 af de 20 søer oplevet en signifikant reduktion i indholdet af totalkvælstof siden 1989.

Figur 1.1 Udviklingen i søkoncentrationen af totalfosfor (mg P/l) og sigtddybde (meter) ud fra sommergennemsnit i de 20 intensive søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Der har ikke været nogen ensartet udvikling i indholdet af klorofyl i de intensivt overvågede søer siden overvågningsprogrammets start i 1989. Der er dog sket en reduktion i de mest belastede søer, hvor der har været en signifikant reduktion i klorofylindholdet i 9 af søerne. Dette kommer blandt andet til udtryk i sigtddybden, hvor medianværdien, målt på baggrund af sommergennemsnitlige sigtddybder, er øget fra 1,3 m (1989-1996) til 1,5 m i 2006. Der er registreret signifikante forbedringer i årsmiddelsigtddybden i 12 af søerne og i sommermiddelsigtddybden i 10 af søerne (tabel 1.2).

Tabel 1.1 Miljøtilstanden i de fire typer af overvågningsssøer illustreret ved udvalgte nøgleparametre. Der er angivet medianværdier for sommerperioden. 2006 data for de intensive søer, 2004 – 2006 data for de ekstensive søer

Parameter	Intensive	Eks 1	Eks 2	Eks 3
Antal søer	23	190	202	207
P-søkoncentration (mg P/l)	0,056	0,098	0,160	0,350
N-søkoncentration (mg N/l)	1,30	1,50	1,66	2,15
Sigtddybde (m)	1,5	0,9	0,8	0,8
Klorofyl a (µg/l)	34,1	37,7	39,5	27,5
Undervandspl., dybdegrænse (m)	2,7	1,7	1,3	-
Undervandspl., dækningsgrad (%)	3,1	6,3	1,0	-

Undervandsplanterne har generelt været i fremgang, fra undersøgelsen af disse startede i 1993/94 og indtil 1998. I 1999 blev dækningsgraden reduceret i mange søer, og medianen faldt kraftigt. Efter 1999 har der atter været fremgang til det niveau, der var i 1997/98. Ud af de 12 søer, hvorfra der er sammenlignelige undersøgelser siden 1993, er der sket signifikante forbedringer i 6 søer og forringelser i 2 af søerne.

Bunddyr på barbunden undersøges i både intensiv - og ekstensiv 1 søer. De højeste tætheder er registreret i søer med dominans af ostracoder (muslingekrebs), mens de største biomasser (>20 g tørvægt pr. m²) er registreret i søer med dominans af snegle. Generelt er chironomider

(dansemyggelarver) og oligochaeter (børsteorme) blandt de dominerende bunddyr i samtlige søer.

Der foretages fiskeundersøgelser i både de intensive søer og i ekstensiv 1 søerne én gang i løbet af en seksårig periode. Siden 2004 er der lavet fiskeundersøgelser i 10 intensive og 116 ekstensive søer.

De kemiske og biologiske forhold varierer meget, specielt i de ekstensive søer. Denne variation afspejler sig også i fiskebestanden, som varierer fra søer med ingen eller få fisk til meget fiskerige søer og fra søer med fuldstændig dominans af rovfisk til søer stort set uden rovfisk.

Samlet set er miljøtilstanden forbedret væsentligt i overvågningssøerne fra 1989 til 2006. Forbedringer i miljøtilstanden er registreret især for de vandkemiske parametre (bl.a. fosforkoncentration), men også for sigt-dybde og dermed søernes klarhed.

De ekstensivt undersøgte søer afviger ikke blot størrelsmæssigt fra de intensivt undersøgte søer. Eksempelvis er de intensive søer generelt mindre næringsrige end både ekstensiv 1, 2 og 3 søerne. Det betyder, at det er væsentligt at inddrage de ekstensive søer, når der skal gives en generel vurdering af tilstanden i danske søer. På grund af flere næringsstoffer i de mindre og ekstensivt undersøgte søer er sigtddybden også generelt ringere i disse. På trods heraf er det relative plantedækkede areal generelt større i de mindre søer, hvilket blandt andet hænger sammen med en mindre middel- og maksimumsdybde, samt et mindre areal.

Tabel 1.2 Statistisk signifikante udviklinger for udvalgte nøgleparametre (sommergennemsnit) i miljøtilstanden i 20 intensivt overvågede søer siden 1989. Undervandsplanterne repræsenterer kun 12 søer, som er overvåget siden 1993.

Parameter	Forbedret	Forværret	Uændret
P-søkoncentration	12	0	8
N-søkoncentration	10	0	10
Sigtddybde	10	0	10
Klorofyl <i>a</i>	9	1	10
Undervandsplanter, dybdegrænse	5	2	5
Undervandsplanter, dækningsgrad	6	2	4

2 Undersøgelserprogrammet

Det samlede overvågningsprogram for søer omfatter i programperioden 2004-2009 i alt 23 intensivt undersøgte søer og 1074 ekstensivt undersøgte søer. Det intensive program omfatter søer mellem 10 og 4000 ha, mens det ekstensive program dækker tre størrelseskategorier: > 5 ha, 0,1-5 ha og 0,01-0,1 ha (tabel 2.1). Mens søerne > 5 ha er dækket godt ind til en national sammenstilling, idet 38 % af de danske søer i denne størrelsesklasse undersøges, dækker de undersøgte søer mellem 0,1 og 5 ha kun 1,3 % af de danske søer og de mindste søer mellem 0,01 og 0,1 ha blot 0,5 % af de danske søer i disse størrelsesklasser.

Undersøgelserne i de større intensive søer gennemføres – på nær fisk og sediment – hvert år, mens de ekstensive programmer foregår i en turnus på enten 3 år (større søer) eller 6 år (mindre søer samt småsøer og vandhuller).

Indholdet i de forskellige undersøgelserprogrammer er tilpasset de enkelte formålsbeskrivelser både mht. til 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 søer samt måleprogrammets turnus. ”% af alle” angiver hvor stor en andel de udvalgte søer udgør af det samlede antal danske søer indenfor hvert størrelsesinterval.

Programtype	Areal (hektar)	Antal søer	% af alle	Turnus (år)
Intensiv	10-4000	23	} 38	1
Ekstensiv 1	> 5	204		3
Ekstensiv 2	0,1-5	414*	1,3	6
Ekstensiv 3	0,01-0,1	456	0,5	6

* Det endelige søantal reduceres med ca. 8 søer pr. år i perioden 2008-2009 til fordel for undersøgelser af miljøfremmede stoffer

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 afstrømningsmønstret (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.

Sedimentets indhold af totalfosfor bestemmes en gang hvert 6. år til understøttelse af analyserne af næringsstoffomsætningen i søerne. Tungmetaller og miljøfremmede stoffer i sedimentet er planlagt undersøgt i perioden 2008-2009. Bufferkapacitet og forsøringsstatus beskrives ved måling af pH og alkalinitet, som sammen med bl.a. totaljern indgår i beskri-

velsen af næringsstoffodynamikken i søerne. Herudover indgår også ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne samt sigtddybde ved 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 giver et estimat for den fotosyntetiske aktivitet (primært planteplankton) 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 6. år, er angivet med 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	
Nitrit+nitratkvælstof	19	5	12-26
Ammoniumkvælstof	19	5	12-26
Total kvælstof	19	5	12-26
Total fosfor	19	5	12-26
Opløst fosfor	19	5	
Klorofyl a	19		
Totaljern	19		
Farvetal	19		
Kationer ²	1	5	12-26
Silikat+silicium	19	5	
Suspenderet stof	19		
Glødetab af susp. stof	19		
Sigtddybde ¹	19		
Ilt- og temperaturprofil ¹	19		
Vandstand ¹	19		
Ledningsevne ¹	19		
Måling af vandføring ¹	1/6		
<i>Sedimentkemi:</i>			
Tungmetaller og miljøfremmede stoffer ³	1/6		
<i>Biologiske analyser:</i>			
Planteplankton	19		
Dyreplankton	19		
Bunddyr	19		
Fugle	1/6		
Vandplanter	1/6		
Rørskovens udbredelse	1/6		
Fiskeundersøgelse	1/6		

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

²⁾ Vinterprøve.

³⁾ Program ikke endelig fastlagt (gennemføres i perioden 2008-2009).

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 sommer ved maksimal udbredelse. Bunddyr på barbunden undersøges mht. taxonomiske grupper, antal og biomasse. Undersøgelse

af fugle gennemføres en gang om året med opgørelse af ynglende og rastende fugle. Fiskesammensætning og relativ biomasse samt rørskovens udbredelse bestemmes en gang hvert 6. år.

De intensive målinger i søerne giver grundlag for at udarbejde en detaljeret beskrivelse af søernes økosystem, således at næringsstofomsætning, 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.

Antallet af intensivt undersøgte søer siden 1989 er nu nede på 20 mod 37 ved programmets start i 1989. Det lave antal søer betyder, at det er mere usikkert at 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) gennemføres i en 3-årig turnus, således at alle de udvalgte søer undersøges hvert 3. år. Vandkemiske og fysiske forhold følges månedligt i den produktive periode (april-september) med få nøgleparametre (tabel 2.3). Derudover tages en enkelt vinterprøve, der kan bruges som reference for næringsstofferne om sommeren samt til at opnå en bedre beskrivelse af bufferkapacitet og forsøringsstatus ved tolkning af vinterprøver. Det giver i alt 7 årlige prøvetagninger af de fysiske og kemiske forhold.

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

Derudover gennemføres ekstensive målinger af de biologiske komponenter og naturindholdet. Plante- og dyreplankton undersøges en enkelt gang i august. Undervandsplanter undersøges en gang i juli/august, mens fisk og bunddyr undersøges en gang pr. 6-års periode i hhv. august/september og oktober (undersøges første gang inden for perioden 2004-2006).

Det ekstensive program for de større søer giver med udnyttelse af resultater fra de intensive søer mulighed for at give en detaljeret status for natur- og miljøtilstanden i de større danske søer hvert 3. år, og det vil senere være muligt at tolke 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>		
ledningsevne	1/3 (hvert 3. år)	7
salinitet	1/3	7
ilt- og temperaturprofil	1/3	7
pH	1/3	7
farvetal	1/3	7
alkalinitet	1/3	7
totalkvælstof	1/3	7
totalfosfor	1/3	7
klorofyl <i>a</i>	1/3	7
sigtdybde	1/3	7
sulfat ¹	1/3	1 ¹
<i>Plantep plankton</i>		
slægts-sammensætning	1/3	1
biomasse	1/3	1
<i>Dyreplankton</i>		
gruppesammensætning	1/3	1
biomasse	1/3	1
<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
Belastning og trusler (GIS mv.)	1/3	1

¹Måles kun på vinterprøve.

2.3 Det ekstensive program for mindre søer (ekstensiv 2)

Det ekstensive måleprogram for de mindre søer (0,1-5 ha) gennemføres i en 6-årig turnus, således at alle de udvalgte søer undersøges hvert 6. år. 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.

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

Undersøgelserne giver mulighed for at beskrive natur- og miljøtilstanden i de mindre danske søer på nationalt plan, om end stikprøven er lille (< 1 %), og vil efter en længere årrække give mulighed for vurdering af tilstandsudviklingen i disse generelt.

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>		
ledningsevne	1/6 (hvert 6. år)	5
salinitet	1/6	5
ilt- og temperaturprofil	1/6	5
vandtemperatur	1/6	5
pH	1/6	5
alkalinitet	1/6	5
totalkvælstof	1/6	5
totalfosfor	1/6	5
klorofyl <i>a</i>	1/6	5
farvetal	1/6	5
sigt dybde	1/6	5
<i>Vandplanter</i>		
dybdegrænse	1/6	1
dominerende art/arter	1/6	1
artsliste	1/6	1
Belastning og trusler	1/6	1

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

Det ekstensive måleprogram for småsøer og vandhuller (100-1000 m²) gennemføres i en 6-årig turnus, således at de udvalgte søer undersøges hvert 6. år. Hovedindholdet af dette program er undersøgelser af planter og padder en enkelt gang pr. undersøgelsesår suppleret med en enkelt måling af de fysiske-kemiske forhold. Udtagningen af blot én prøve til fysisk-kemiske data betyder, at disse tal vil være behæftede med 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 primært baseret på besigtigelse.

Undersøgelserne giver mulighed for at beskrive natur- og miljøtilstanden i udvalgte småsøer og vandhuller på nationalt plan og vil efter en længere årrække bidrage til at vurdere den generelle tilstandsudvikling i disse søer.

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
salinitetet	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>	1/6	1
dominerende art/arte	1/6	1
artsliste	1/6	1
<i>Padder</i>	1/6	1
Belastning og trusler	1/6	1

3 Intensivt undersøgte søer

Denne del af rapporten indledes med en generel karakteristik af de 23 intensivt undersøgte søer (figur 3.1). Karakteristikken omfatter nøgletabeller med gennemsnits-, median-, minimums- og maksimumsværdier af alle målte variable. Herefter følger fem små afsnit, som beskriver standardindikatorerne: totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl, sigtdybde og undervandsplanter. For hver indikator beskrives den aktuelle tilstand og om muligt udviklingen. Udviklingen siden 1989 kan kun beskrives i de 20 søer, eftersom tre af søerne er nye og først medtaget i det intensive program fra 2004.

Udviklingen i søernes tilstand er især vurderet på grundlag af tidsvægtede gennemsnit af de enkelte variable på sommerbasis (1. maj - 31. september). For undervandsplanter (siden 1993/94) benyttes en enkelt måling gennem sæsonen.

De statistiske beregninger er baseret på log-lineær regression på de udregnede middelværdier og er testet for, om der er afvigelser fra nulhypotesen, dvs. om der gennem de i alt 16 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.

Miljøcentrene har ikke kunnet levere data for kildeopsplitning og massebalancer for søerne. I modsætning til de foregående års overvågningsrapporter er der derfor ikke præsenteret resultater for kildeopsplitning og massebalancer for søerne i det intensive program for 2005 og 2006.

3.1 Generel karakteristik

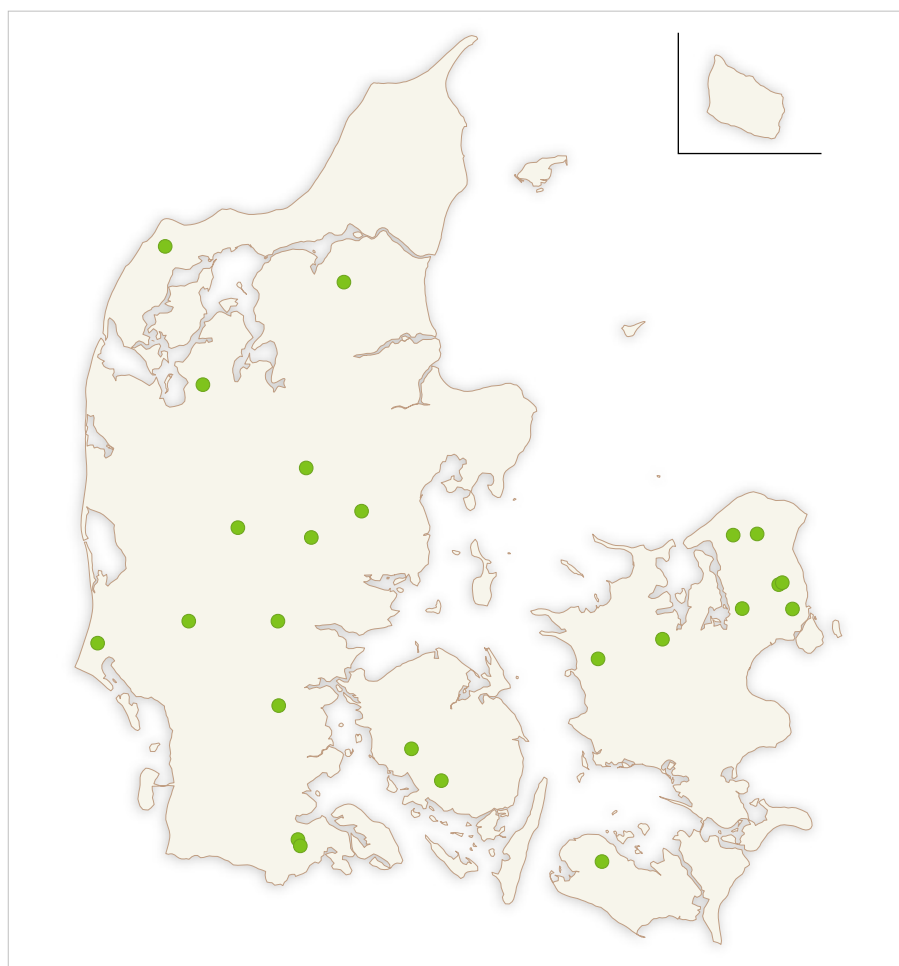
I tabel 3.1-3.3 er der givet en oversigt over de målte fysiske, vandkemiske og biologiske variable i de intensivt undersøgte søer i 2006. Generelt dækker de 23 søer over store morfometriske forskelle, hvor f.eks. areal og hydraulisk opholdstid varierer med mere end en faktor 100. Også dybdemæssigt er der store forskelle, fra søer med en maksimumdybde på 1,8 m til Danmarks dybeste sø (Furesø) med dybder ned til 38 m.

Table 3.1 Fysiske og morfometriske forhold i de 23 intensivt undersøgte søer.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	139,2	24,9	0,1	2050	23
heraf dyrket areal (%)	54	59	0	93	23
Søareal (km ²)	3,40	0,44	0,095	39,87	23
Middeldybde (m)	3,7	2,6	0,7	15,0	23
Maksimumsdybde (m)	8,7	6	1,8	37,7	23

De vandkemiske data viser, at de 23 søer omfatter de fleste danske typer af søer, fra næringsfattige søer med totalfosforkoncentrationer på 0,012 mg P/l til næringsrige søer med fosforkoncentrationer på mere end 0,400 mg P/l som sommergennemsnit. Dette giver sig udslag i tilsvarende forskelle i vandets indhold af klorofyl og sigtbarhed med klorofylkoncentrationer mellem 1,4 og 205 µg/l og middelsommersigtdybder mellem 0,5 og 6,1 m. Søernes alkalitet spænder fra 0 til 5,3 meq/l med overvægt af de alkaliske søer. pH-værdierne varierer mellem 4,9 og 9,1 og dækker dermed de fleste surhedsgrader uden dog at omfatte decideret sure søer.

Figure 3.1 Geografisk placering af de 23 intensivt undersøgte søer.



Tabel 3.2 Vandkemiske forhold i de 23 intensivt undersøgte søer i 2006.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Ptot (mg P/l) år	0,087	0,065	0,012	0,275	23
Ptot (mg P/l) sommer	0,105	0,056	0,012	0,422	23
Opløst fosfat-P (mg P/l) år	0,034	0,014	0,002	0,155	23
Opløst fosfat-P (mg P/l) sommer	0,035	0,008	0,002	0,158	23
Ntot (mg N/l) år	1,97	1,41	0,33	4,95	23
Ntot (mg N/l) sommer	1,52	1,30	0,29	3,60	23
Uorganisk N (mg N/l) år	1,07	0,54	0,08	3,72	22
Uorganisk N (mg N/l) sommer	0,44	0,20	0,03	1,89	22
Sigtdybde (m) år	2,22	1,77	0,68	4,78	23
Sigtdybde (m) sommer	1,95	1,53	0,45	6,10	23
Klorofyl (µg/l) år	36,0	27,9	2,97	116,1	23
Klorofyl (µg/l) sommer	52,8	34,1	1,43	204,6	23
Farvetal (Pt) år	30,1	27,0	7,5	59,5	19
Alkalinitet (meq/l) år	1,89	2,25	0,003	5,30	23
sommer	1,79	1,82	0,001	4,98	23
pH år	7,68	8,24	5,01	8,49	22
pH sommer	7,88	8,4	4,88	9,09	21

Der er tilsvarende store forskelle i de biologiske forhold i de 23 søer fra søer uden undervandsplanter til søer, hvor op til to tredjedele af søebunden er dækket af planter, og fra dominans af blågrønalger til søer, hvor rentvandsformer som gulalger dominerer planteplanktonet.

Tabel 3.3 Biologiske forhold i de 23 intensivt undersøgte søer i 2006.

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Planteplankton (mm ³ /l) sommer	10,32	8,03	0,43	54,80	22
% blågrønalger	20,1	9,9	0	85,6	22
% grønalger	13,4	5,5	1,1	78,1	22
% kiselalger	13,7	10,3	0	49,2	22
% gulalger	5,3	0,8	0	50,6	22
Dyreplankton (mg tv/l) sommer	0,83	0,58	0,07	2,56	23
% hjuldyr	8,4	5,1	0,1	61,9	23
% copepoder	39,5	39,9	4,2	77,6	23
% cladoceer	51,6	50,6	8,9	92,8	23
% <i>Daphnia</i> af cladoceer	49,9	57,8	0,0	98,0	23
Middelvægt af <i>Daphnia</i> (µg tv/l)	10,2	9,9	1,1	23,0	23
Undervandsplanter % RPA*	16,7	3,1	0	68,7	20
% RPV*	3,1	0,5	0	23,5	20
dybdegrænse (m)	3,6	2,7	0,3	11,6	18
artsantal	12	10	2	31	18
Bunddyr (antal/m ²)	10934	10635	1413	23197	23
Bunddyr (biomasse, g tv/m ²)	1,9	1,8	0,1	4,8	23
Bunddyr, antal TAXA	18	17	6	34	23
Fisk (CPUE)**					
Antal/net	257	293	86	498	5
Biomasse/net	9,5	7,4	6,7	16,4	5
% rovfisk af total	13,0	5,5	1,7	36,3	5
% rovfisk af total biomasse	32,1	17,1	8,1	81,5	5

*RPA: relativt plantedækket areal. *RPV: relativt plantedækket volumen.

**CPUE: catch per unit effort.

Dyreplankton varierer i såvel biomasse som fordeling. Der er søer med dominans af hjuldyr, men også søer, hvor op til 93 % af dyreplanktonet består af cladocerer. Også forekomsten af bunddyr viser meget store variationer i antal og biomasse mellem de 23 søer.

Endelig er der en vis variation i fiskebestanden i de intensive søer, men her er der blot undersøgt fem søer i hvert af årene 2005 og 2006.

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 kan efterfølgende i en årrække frigives til søvandet, hvilket forsinker effekten på vandkvaliteten, når den eksterne spildevandstilførsel afskæres eller reduceres.

Det er i de mest næringsrige intensive søer, at fosforkoncentrationen er reduceret siden 1989. 75-percentilen er således reduceret med 42 % (fra 0,381 mg P/l til 0,143 mg P/l i 2006). I de rene søer har totalfosforindholdet været uændret gennem hele undersøgelsesperioden.

I de seneste 2-3 år har fosforniveauet i de intensive søer samlet set dog ikke ændret sig. Bedømt ud fra årsværdierne har fosforkoncentrationen været stigende fra 2005 til 2006. Denne stigning skyldes sandsynligvis naturlige år til år variationer.

Indholdet af opløst fosfor (orthofosfat) viser samme mønster som totalfosfor for perioden, dvs. størst reduktion i de mest næringsrige søer og ingen eller minimal reduktion i de næringsfattige søer. Medianen er næsten uændret i undersøgelsesperioden.

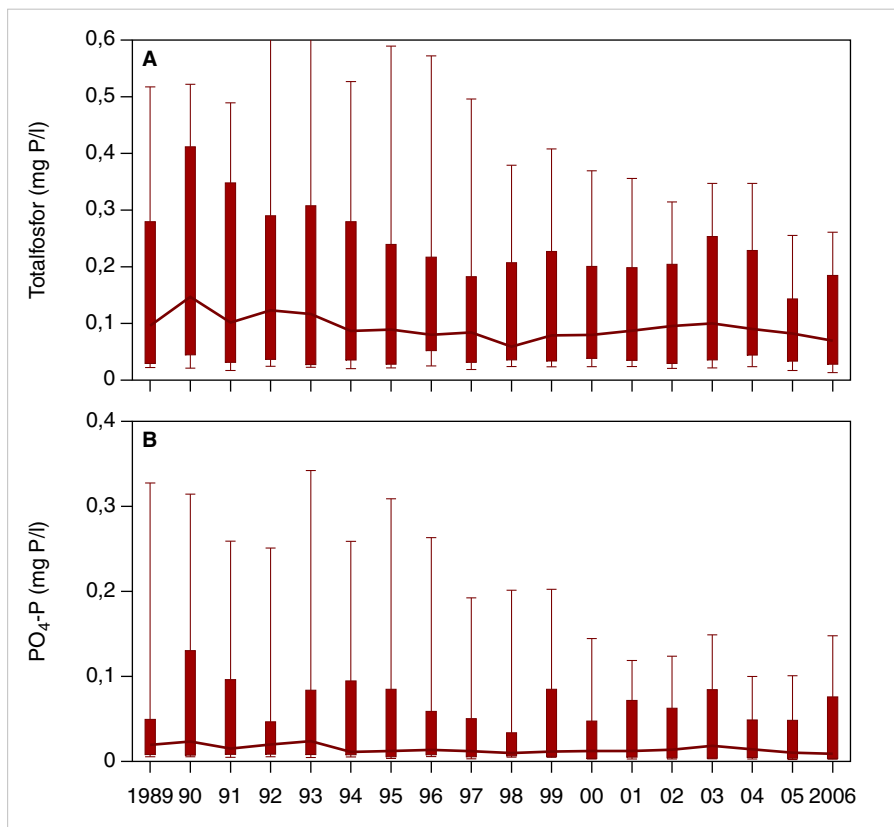
Da det primært er i de mest næringsrige søer, at fosforkoncentrationen er reduceret, vil gennemsnitsværdierne påvirkes forholdsvis kraftigt.

Årsgennemsnittet for totalfosfor i søvandet er således reduceret fra 0,180 mg P/l i perioden 1989-96 til 0,091 og 0,095 mg P/l i 2005 og 2006 og opløst fosfor fra 0,077 til henholdsvis 0,031 og 0,037 mg P/l i 2005 og 2006 (tabel 3.4). Årsværdien af totalfosfor i de intensive søers overfladevand er dermed reduceret med omkring 50 % og opløst fosfat med ca. 55 % siden overvågningsprogrammets start i 1989.

Bedømmes udviklingen ud fra medianværdierne, har der været tale om et reduceret fosforniveau på årsbasis på 19 % for totalfosfor og 48 % for orthofosfat siden 1989.

På enkelt søniveau er totalfosforindholdet som årsmiddel mindsket signifikant i halvdelen af de 20 søer, hvorfra der er målinger i søvandet siden 1989 (tabel 3.5), og sommerkoncentrationen er reduceret signifikant i 9 af de 20 søer. Indholdet af orthofosfat følger i de fleste tilfælde totalfosfor.

Figur 3.2 Udviklingen i søkoncentrationen af totalfosfor og orthofosfat (mg P/l) i de 20 intensive søer, der har været overvåget siden 1989 ud fra sommergennemsnit. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Tabel 3.4 Koncentrationen af totalfosfor og opløst fosfor angivet som årsmiddel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-96 og 1997-2004 samt 2005 og 2006 i de 20 intensivt overvågede søer, som er overvåget siden 1989. Enheden er mg P/l.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier						
Total-P 1989-96	0,180	0,021	0,042	0,090	0,223	0,850
1997-04	0,114	0,022	0,044	0,089	0,156	0,294
2005	0,091	0,013	0,034	0,071	0,141	0,268
2006	0,095	0,012	0,036	0,073	0,143	0,275
PO₄-P						
1989-96	0,077	0,006	0,011	0,029	0,070	0,452
1997-04	0,042	0,003	0,010	0,028	0,063	0,145
2005	0,031	0,002	0,007	0,015	0,036	0,127
2006	0,037	0,002	0,004	0,015	0,064	0,155

Tabel 3.5 Koncentrationen af totalfosfor og opløst fosfor angivet som sommermiddel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-96 og 1997-2004 samt 2005 og 2006 i de 20 intensivt overvågede søer, som er overvåget siden 1989. Enheden er mg P/l.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Sommerværdier						
Total-P 1989-96	0,213	0,020	0,039	0,110	0,319	0,991
1997-04	0,146	0,018	0,035	0,081	0,202	0,504
2005	0,111	0,012	0,034	0,082	0,143	0,470
2006	0,114	0,012	0,028	0,069	0,185	0,422
PO₄-P						
1989-96	0,081	0,005	0,009	0,016	0,102	0,401
1997-04	0,047	0,003	0,006	0,013	0,059	0,249
2005	0,030	0,002	0,004	0,010	0,048	0,146
2006	0,039	0,002	0,003	0,009	0,076	0,158

Kun i Tissø har der været en signifikant stigning i årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor. Her er såvel totalfosfor som orthofosfatkoncentrationen øget på 1 % signifikansniveau siden 1989. Derudover er koncentrationen af totalfosfor i sommerperioden i Hinge Sø steget (på 10 % signifikansniveau).

Tabel 3.6 Udviklingen i indholdet af totalfosfor (total-P) og opløst fosfat (PO₄-P) i overfladevand i de intensivt overvågede søer fra 1989 til 2006. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ 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	
	Søvand		Søvand	
	PO ₄ -P	Total-P	PO ₄ -P	Total-P
Søby Sø	0	---	----	0
Holm Sø	0	--	---	0
Maglesø	--	0	0	-
Nors Sø	0	---	---	0
Ravn Sø	---	0	---	0
Søholm Sø	--	--	----	---
Kvie Sø	0	0	0	0
Hornum Sø	0	0	0	0
Furesøen	---	---	----	----
Bryrup Langsø	--	--	--	0
Hinge Sø	--	0	---	+
Tissø	+++	+++	0	0
Engelsholm Sø	---	0	0	---
Arreskov Sø	0	0	0	0
Arresø	---	0	0	---
Vesterborg Sø	---	---	-	----
St. Søgård Sø	---	---	----	----
Utterslev Mose	--	--	-	0
Søgård Sø	---	0	0	----
Gundsømagle Sø	---	---	----	----
I alt +/++/+++/++++	1	1	0	1
I alt -/--/---/----	13	10	12	9

3.3 Kvælstof

Kvælstof i vandmiljøet skyldes primært udvaskning fra landbrugsarealer. Andre kilder er kvælstof fra renseanlæg, industrier og dambrug, men i mindre omfang end landbrugsarealerne.

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof og har betydning for algermængden i søerne, selv om fosfor i de fleste søer oftest vil være den begrænsende faktor. Nyere resultater peger dog 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*).

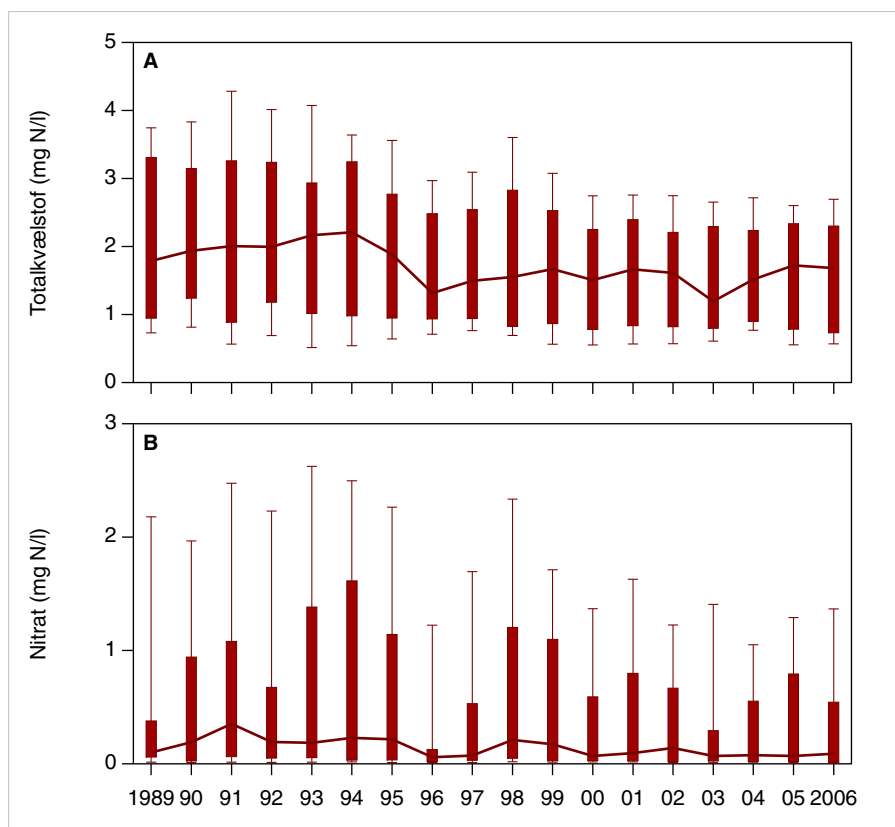
I søerne foregår der en naturlig kvælstoffjernelse (denitrifikation), som har betydning for, hvor meget kvælstof der transporteres ud af søerne og videre via vandløbene til havet. Overvågningen af kvælstofkoncentrationerne bidrager med viden om denitrifikationskapaciteten og giver dermed muligheder for at vurdere søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof.

Siden 1989 er der sket en reduktion i indholdet af totalkvælstof i de intensive søer såvel på års- som på sommerniveau. Årsgennemsnittet for totalkvælstof er reduceret med omkring 25 % fra ca. 2,8 mg N/l i første halvdel af 1990'erne til omkring 2,1 mg N/l i 2006. Ligesom for fosfor er det primært i søer med høje kvælstofkoncentrationer, at der er sket et fald. Illustreret blandt andet ved medianen, som for årsværdier af totalkvælstof er reduceret mindre (ca. 20 %) end gennemsnittet.

Om sommeren er der sket et fald i totalkvælstofkoncentrationen (gennemsnit) på ca. 20 % i forhold til årene 1989 til 1996. Dette fald har dog fortrinsvis fundet sted fra 1994 til 1996. Siden da har totalkvælstofkoncentrationen været mere eller mindre uændret – dog med visse år til år variationer (figur 3.3).

I de reneste søer har koncentrationen af totalkvælstof og nitrat som for fosfor stort set været uændret siden 1989.

Figur 3.3 Udviklingen i søkoncentrationen af totalkvælstof og nitrat (mg N/l) i de 20 intensive søer, der har været overvåget siden 1989 ud fra sommergennemsnit. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Tabel 3.7 Udviklingen i indholdet af totalkvælstof (total-N) og nitrat (NO₃-N) i søvand i de enkelte intensivt overvågede søer fra 1989 til 2006. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ 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	
	Søvand		Søvand	
	NO ₃ -N	Total-N	NO ₃ -N	Total-N
Søby Sø	0	0	0	0
Holm Sø	--	0	--	0
Maglesø	--	---	--	---
Nors Sø	---	--	---	0
Ravn Sø	---	---	---	---
Søholm Sø	0	0	0	0
Kvie Sø	0	0	0	0
Hornum Sø	0	0	0	0
Furesøen	---	---	--	0
Bryrup Langsø	---	---	-	--
Hinge Sø	---	---	0	--
Tissø	0	0	0	0
Engelsholm Sø	---	---	---	---
Arreskov Sø	--	0	0	0
Arresø	0	---	+++	--
Vesterborg Sø	0	0	0	--
St. Søgård Sø	0	--	0	--
Utterslev Mose	0	0	0	0
Søgård Sø	-	---	--	---
Gundsømagle Sø	0	---	-	---
I alt +/+/+/+/+/+	0	0	1	0
I alt -/--/--/----	10	11	9	10

For de enkelte søer er der siden 1989 sket en signifikant reduktion i totalkvælstof i 11 ud af de 20 søer (tabel 3.7) bedømt på årsmiddel og 10 ud fra sommermiddelværdier. Indholdet af nitrat er tilsvarende reduceret i 10 og 9 søer (års-/sommermiddel).

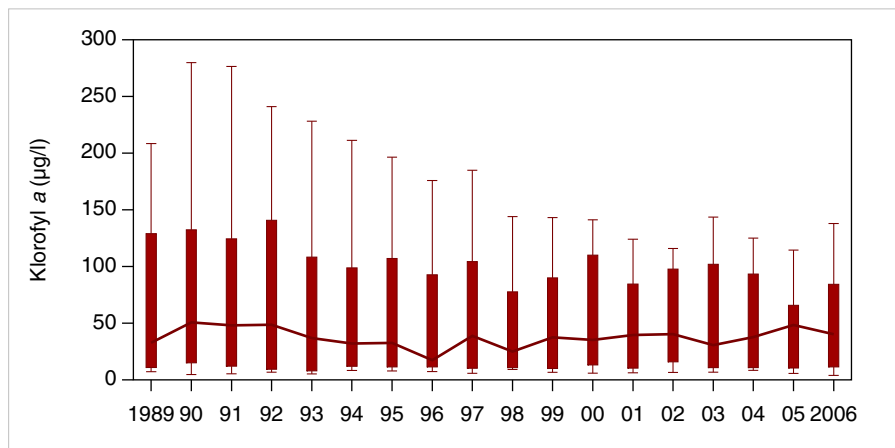
Kun i Arresø er der sket en stigning i sommergennemsnittet af nitrat på 10 % signifikansniveau. Ingen andre søer har haft signifikante stigninger i kvælstofkoncentrationen.

3.4 Klorofyl

Klorofyl er det grønne pigment i fotosyntetiserende højere planter og alger. Klorofylindholdet er således et indirekte udtryk for algemængden i vandet og et mål for vandkvaliteten. Klorofyl kan ikke betragtes som et direkte mål for algemængden, da klorofylindholdet varierer i de forskellige algearter, ligesom det kan variere med årstiden i den enkelte art.

Klorofylkoncentrationen som et gennemsnit for de 20 søer med målinger siden 1989 varierer fra år til år, men er generelt stort set uændret siden 1989. Siden første halvdel af 1990'erne er indholdet af klorofyl *a* mindsket i søerne med det højeste klorofylindhold – 75 % fraktilen (sommer-værdier) er således reduceret med 30 %, hvorimod median og 25 % fraktil er stort set uændrede.

Figur 3.4 Udviklingen i søkoncentrationen af klorofyl *a* ($\mu\text{g/l}$) i de 20 intensive søer, der har været overvåget siden 1989 ud fra sommergennemsnit. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



I de enkelte søer er klorofyl *a* - årsmiddel og - sommermiddel reduceret signifikant i henholdsvis 10 og 9 ud af de 20 søer (tabel 3.7). Klorofyl *a* indholdet er kun øget signifikant i to søer: Nors Sø i sommerperioden og Hornum Sø på årsniveau. I begge tilfælde på 10 % signifikansniveau.

Tabel 3.7 Udviklingen i indholdet af klorofyl ($\mu\text{g/l}$) og sigtddybde (meter) i søvandet i de enkelte intensivt overvågede søer fra 1989 til 2006. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ 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	
	Søvand		Søvand	
	Klorofyl <i>a</i>	Sigtddybde	Klorofyl <i>a</i>	sigtddybde
Søby Sø	---	0	0	0
Holm Sø	0	0	-	0
Maglesø	---	+	0	0
Nors Sø	0	0	+	0
Ravn Sø	0	0	0	0
Søholm Sø	0	0	0	0
Kvie Sø	--	+++	-	0
Hornum Sø	+	0	0	0
Furesøen	--	++++	--	+++
Bryrup Langsø	0	0	0	0
Hinge Sø	---	+++	0	+
Tissø	0	++++	0	++++
Engelsholm Sø	---	+++	--	+++
Arreskov Sø	0	++	0	+
Arresø	----	++++	---	++
Vesterborg Sø	----	+++	---	+++
St. Søgård Sø	0	++	-	++
Utterslev Mose	0	0	0	0
Søgård Sø	---	++++	---	++++
Gundsømagle Sø	----	+++	---	+++
I alt +/++/+++/++++	1	12	1	10
I alt -/--/---/----	10	0	9	0

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. Sigtdybde er således en væsentlig parameter i vurderingen af undervandsplanternes potentielle udbredelsesområde.

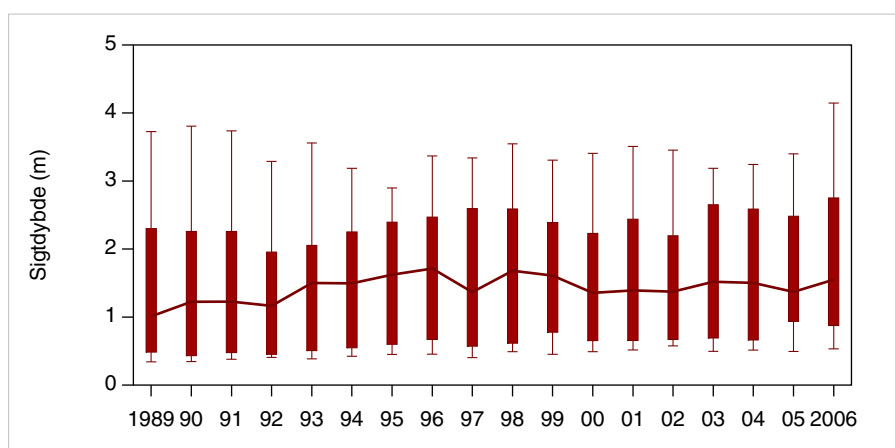
I de fleste søer er sigtddybden også et udtryk for algemængden og dermed tilstanden i søen. Vandets farve (fx brunvandede søer) eller resuspenderet materiale fra søbunden i lavvandede søer kan også påvirke sigtddybden.

Sigtddybden i de 20 intensivt undersøgte søer har vist en generel stigende tendens siden 1989.

Som for næringsstofferne og klorofyl er ændringerne størst i de mest næringsrige søer. 25 % fraktilen (søer med lille sigtddybde) er øget med mere end 60 %, hvorimod medianen kun er steget med ca. 15 %. Samlet er sommer-medianværdien øget fra et gennemsnit på 1,3 m i perioden 1989-1996 til 1,5 m i 2006 (figur 3.5).

Det generelt reducerede næringsstofniveau i søerne siden overvågningen af vandmiljøet startede i 1989 har således ført til øget sigtddybde.

Figur 3.5 Udviklingen i sigtddybde i de 20 intensive søer, der har været overvåget siden 1989 ud fra sommergennemsnit. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



For de enkelte søer er der sket en signifikant øgning i sigtddybdens årsmiddel i 12 af de 20 søer og for sommermiddel i 10 af søerne (tabel 3.7). Der har ikke været et fald i sigtddybden i nogen af de intensive søer siden 1989.

3.6 Undervandsplanter

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for blandt andet fiske-sammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstofkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom over for forringelser i vandkvaliteten i form af fx reduceret 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 undersøgt én gang årligt i 12 af de tidligere 27 overvågnings søer. I forbindelse med de tidligere undersøgelser blev den enkelte sø inddelt i delområder, og dæk-

ningsgrad samt plantefyldt volumen blev bestemt dels i delområderne og dels i hele søen.

I NOVANA foretages undersøgelserne 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 transekt-undersøgelsen indgår desuden den største registrerede dybde for de enkelte arter (dybdegrænsen).

Tabel 3.8 Oversigtsdata for undervandsvegetationen i de intensive søer i 2005 og 2006.

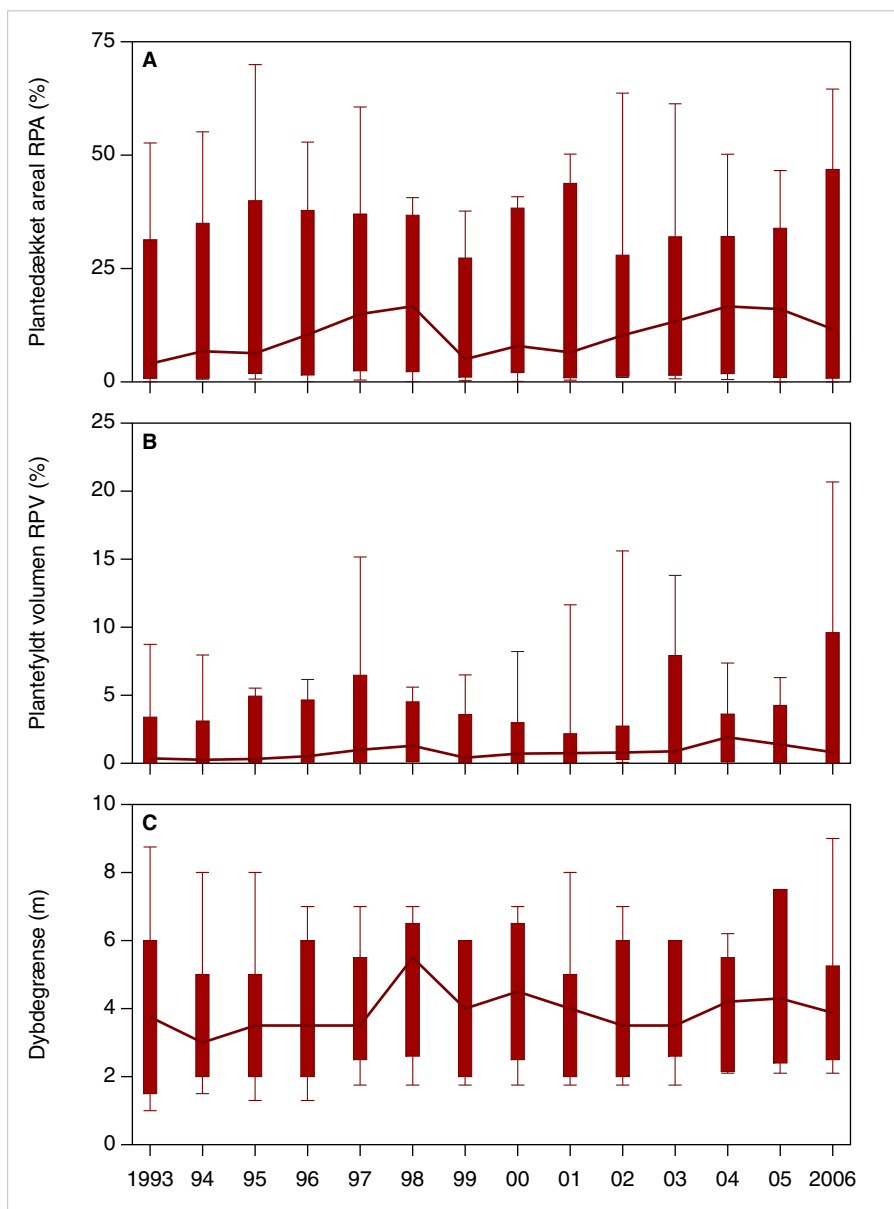
	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
2005					
Relativt plantedækket areal (%)	15,2	3,4	0	62,4	22
Relativt plantefyldt volumen (%)	2,4	0,4	0	18,3	22
Dybdegrænse (m)	3,4	2,4	0,4	9,7	21
Artsantal	12	9	1	30	20
2006					
Relativt plantedækket areal (%)	16,7	3,1	0	68,7	20
Relativt plantefyldt volumen (%)	3,1	0,5	0	23,5	20
Dybdegrænse (m)	3,6	2,7	0,3	11,6	18
Artsantal	12	10	2	31	18

Der er store variationer i vegetationens omfang i de intensive søer. I 2006 varierede artsantallet fra 2 til 31, den største dækningsgrad var 68,7 %, men der var også søer helt uden planter, og den maksimale dybdegrænse i søer med planter varierede fra 0,3 meter til 11,6 meter. I flertallet af søerne er der en beskeden dækningsgrad (median 3,1 %) og den maksimale dybdegrænse i halvdelen af de undersøgte søer er mindre end 2,7 meter (tabel 3.8). I den forbindelse skal det nævnes, at en del af variationen i dybdegrænsen mellem søerne blandt andet skyldes, at både lavvandede og dybe søer er undersøgt.

Siden vegetationsundersøgelsernes start i 1993 er der sket en stigning i såvel relativ plantedækket areal og relativ plantedækket volumen som i vegetationens absolutte dybdegrænse.

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 steg igen fra 1999 til 2004, for så i de seneste to år (2005 og 2006) atter at være faldende. Den maksimale dybdegrænse for vegetation i de undersøgte søer havde et tilsvarende foreløbigt maksimum i 1998 og et relativt kraftigt fald fra 1998 til 1999. I modsætning til RPA og RPV er der dog ikke sket nogen væsentlig stigning i dybdegrænsen siden da (figur 3.6).

Figur 3.6 Udviklingen i under-
vandsplanternes dækningsgrad
(RPA), relativ plantefyldt volumen
(RPV) og dybdegrænse i de 12
intensivt undersøgte søer, hvori
der siden 1993 er foretaget vege-
tationsundersøgelser. Søjlerne
viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler.
Linjen viser medianværdien.



Tabel 3.9 Udviklingen i undervandsplanter i overvågnings søer, hvor der er foretaget undersøgelser i perioden 1994 til 2006. I 2004 overgik man fra en områdeundersøgelse til en 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 plante-fyldte volumen.

	RPA	RPV	Dybdegrænse
Søby Sø	0	0	-
Maglesø	0	0	0
Nors Sø	++	0	--
Ravn Sø	0	0	0
Søholm Sø	+	0	0
Kvie Sø	+++	++++	++++
Hornum Sø	--	---	0
Furesøen	++++	++	+++
Hinge Sø	++	+	+++
Tissø	--	0	+
Arreskov Sø	++	+++	++
Utterslev Mose, Østbassin	0	0	0
i alt +/++/+++/++++	6	4	5
i alt -/--/---/----	2	1	2

Der kan være forholdsvis store variationer i vegetationen i den enkelte sø fra år til år, hvor 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. Der er registreret relativt få markante ændringer i vegetationsforholdene.

Siden 1993 er der dog sket signifikante ændringer i relativt plantedækket areal og maksimal dybdegrænse i 8 ud af de 12 søer og i relativt plante-fyldt volumen i 5 søer. De generelt forbedrede miljøforhold i de intensive søer, som kan konstateres ud fra det faldende næringsstof- og klorofyl-niveau og de stigende sigtdybder, er således begyndt at slå igennem også for undervandsvegetationen.

I Kvie Sø, Furesø, Arreskov Sø og Hinge Sø har der været stigende tendenser for både RPA, RPV og dybdegrænse siden 1993. I enkelte søer som Nors Sø og Søholm Sø har dækningsgraden (RPA) været signifikant stigende, hvorimod der ikke er registreret stigninger i plantefyldt volumen (RPV) og dybdegrænse. Kun i Hornum Sø er både RPA og RPV reduceret. I Tissø har der været et fald i RPA, men dette fald er modsvaret af en forøget dybdegrænse siden 1993.

3.7 Næringsstofkilder og -balancer

Fagdatacenter for ferskvand har ikke fået komplette datasæt for næringsstofbalancer og kildeopsplitning for 2005 og 2006. Dette års rapport indeholder derfor ikke nogen præsentation af næringsstofbalancer og næringsstofkilder for de intensive søer i 2005 og 2006.

3.8 Sammenfatning

Den gennemsnitlige årsmiddelværdi for total fosfor i de 20 ferske overvågnings søer er reduceret fra 0,204 mg P/l i 1989 til 0,095 mg P/l i 2006. Reduktionen i søernes totalfosfor er især sket blandt de næringsrige søer.

Ti af de 20 søer har haft en signifikant faldende totalfosforkoncentration (årsmedian) i perioden fra 1989 til 2006 (5 % signifikansniveau eller mere).

Totalkvælstof er også reduceret fra 1989 til 2006. Her er koncentrationen for total kvælstof (årsmedian) reduceret i 11 søer (5 % niveau eller mere).

Klorofylniveauet er faldet i 6 søer med et 5 % signifikansniveau eller mere. I Nors Sø er klorofylkoncentrationen som sommergennemsnit steget siden 1989 (10 % niveau).

Seks søer har en større sigtdybde på 1 % signifikansniveau eller mere, og yderligere 3 søer kan fremvise en forøget sigtdybde med 5 eller 10 % signifikansniveau.

For undervandsplanterne har der generelt været en tendens til øget udbredelse i perioden fra 1994 til 1998, men denne tendens blev dog afbrudt i mange af søerne i 1999. Efter 1999 steg udbredelsen igen. Siden 1993 er dækningsgraden blevet større i 6 søer og mindre i 2 søer (10 % signifikans niveau). De største stigninger i dækningsgrad, relativt plante fyldt volumen og dybdegrænse er sket i Kvie Sø og Furesøen.

4 De ekstensivt undersøgte søer

NOVANA-programmet omfatter i alt 1074 ekstensive søer heraf 204 søer større end 5 hektar, 408 søer mellem 0,1 og 5 ha og 456 søer mellem 100 og 1000 m².

De 204 ekstensiv 1 søer undersøges i en 3-årig periode. I perioden 2004-2006 er alle ekstensiv 1 søer dermed undersøgt en gang. Ekstensiv 2 og 3 søerne undersøges i løbet af en 6-årig periode. Det vil sige, at ca. halvdelen af overvågningsprogrammets mindre søer nu er undersøgt.

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 mere intensivt undersøgte søer og som sådan må tolkes med større forsigtighed.

4.1 Ekstensiv 1 søer

I de følgende tabeller er års- og sommergennemsnits for de enkelte måleparametre præsenteret.

Tabel 4.1 Fysiske og morfometriske forhold de ekstensiv 1 undersøgte søer.

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	74,9	5,7	0,07	1616	82
Søareal (km ²)	0,48	0,15	0,05	6,32	203
Middeldybde (m)	2,6	1,8	0,2	13,4	136
Maksimumsdybde (m)	5,0	2,9	0,8	29,2	95

Tabel 4.2 Vandkemiske forhold i de ekstensiv 1 undersøgte søer (sommerværdier).

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
P _{tot} (mg P/l)	0,179	0,098	0,010	3,334	190
N _{tot} (mg N/l)	1,75	1,50	0,31	6,32	190
Sigtdybde (m)	1,3	0,9	0,2	6,5	190
Klorofyl (µg/l)	58	38	0,02	457	190
Alkalinitet (mmol/l)	2,19	2,22	-0,05	5,62	188
pH	8,2	8,4	4,3	9,7	176

Tabel 4.1 og 4.2 viser nøgleparametre for ekstensiv 1 søerne. I alt omfatter programmet som nævnt ideelt set 204 søer større end 5 ha, som alle er undersøgt en gang i perioden 2004-2006. Som man kan se i tabel 4.2 er der her præsenteret kemidata fra 190 søer.

Ekstensiv 1 søernes areal spænder fra den nedre arealgrænse på 5 ha op til 632 ha. Der er flest lavvandede søer (median for middeldybde er 1,8 meter og gennemsnittet 2,6 meter), men dog også dybe søer med en maksimaldybde på op til 29,2 meter.

De fleste ekstensiv 1 søer er relativt næringsrige (totalfosfors sommermedian på 0,098 mg P/l) med lille sigtdybde (median på 0,9 meter) og et relativt højt klorofylniveau i sommerperioden (median på 38 µg/l). Der er dog også næringsfattige søer (minimumsværdi for totalfosfor på 0,01

mg P/l) såvel som meget næringsrige søer i programmet (maksimum 3,33 mg P/l), som resulterer i, at sommergennemsnittet for totalfosfor er 0,179 mg P/l og sigtddybden 1,3 meter for den samlede gruppe af ekstensiv 1 søer.

Tabel 4.3 Biologiske forhold i de ekstensiv 1 undersøgte søer fra 2004 til 2006. Dyre- og planteplanktondata er baseret på kun én sommerprøve.

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Planteplanktonbiom (mm ³ /l)	16,5	9,4	0,1	450	184
% blågrønalger	18	1	0	100	184
% grønalger	14	5	0	100	184
% kiselalger	16	2	0	91	184
% gulalger	3	0	0	90	184
Dyreplanktonantal (antal/l)	310	174	0,89	5247	195
% hjuldyr (=Asplanchnoidea)	5,9	0,0	0	97	195
% copepoder	63	69	0	100	195
% cladoceer	31	22	0	100	195
% <i>Daphnia</i> af cladoceer	28	8	0	100	195
Undervandsplanter % RPA*	17,6	6,3	0	83,7	176
% RPV*	7,7	1,0	0	87,9	176
dybdegrænse (m)	2,3	1,7	0,2	8,5	157
artsantal	8	7	1	46	164
Bunddyr, tæthed (antal pr. m ²)	11750	7300	59	81131	129
(biomasse g. pr. m ²)	2,1	1,4	0,01	13,8	128
antal TAXA	16	13	1	50	129
Fisk (CPUE)**					
total (antal/net)	142	98	1	690	116
total biomasse (kg/net)	5,8	5,2	0,004	25,4	116
% rovfisk af antal	14	9	0	100	116
% rovfisk af biomasse	31	25	0	100	116

*RPA: relativt plantedækket areal. *RPV: relativt plantedækket volumen.
**CPUE: catch per unit effort.

I ekstensiv 1 søerne udtages der én plante- og én dyreplanktonprøve i august måned. På baggrund af denne prøve fremkommer et billede af en meget stor variation i fytoplankton. Fra total dominans af næringsstofferterante blågrønalger og grønalger til 90 % dominans af rentvandsindikatorgruppen gulalger. Ligesom den indbyrdes fordeling af planteplanktongrupperne varierer, er der også stor forskel på mængden af planteplankton – fra næsten ingen alger (min. biomasse 0,09 mm³/l) til et maksimum på 450 mm³/l.

Der er også meget store variationer i dyreplanktonopgørelserne for de ekstensive søer. Antallet varierer fra mindre end 1 pr. liter til mere end 5000 og fra næsten total dominans af hjuldyr til 100 % dominans af cladoceer. Blandt cladoceerne kan der være en variation fra ingen til fuldstændig dominans af dafnier.

Der er lavet bunddyrsundersøgelser i 129 søer. Variationen i tæthed, biomasse og antal taxa er meget stor fra søer med ganske få arter af bunddyr og en lille tæthed og biomasse til søer med 50 arter eller flere og

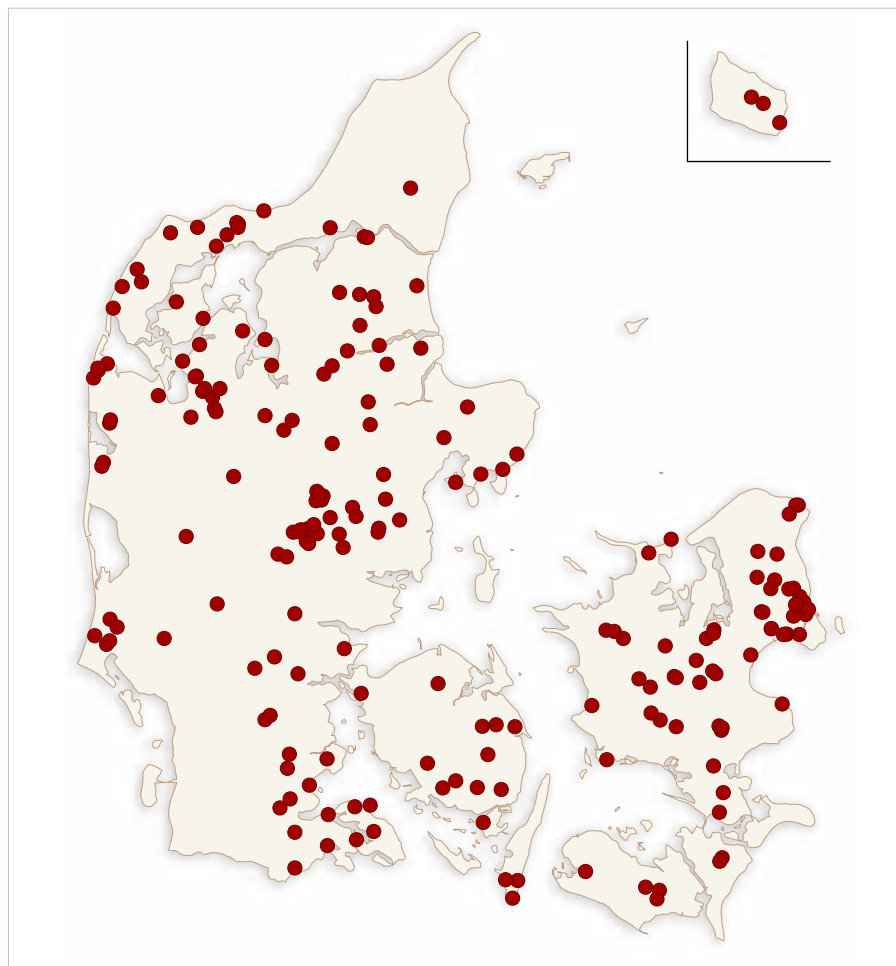
en biomasse på næsten 13,8 g tørvægt/m². Her skal det dog bemærkes, at der kan være mindre forskelle i taxonomisk niveau på de indrapporterede data.

De fleste ekstensiv 1 søer har en beskedne dækningsgrad af undervandsvegetation – median på 6,3 %. Medianen for dybdegrænse og artsantal er henholdsvis 1,7 meter og 7 arter. Hovedparten af ekstensiv 1 søerne er med andre ord søer med relativt få arter af undervandsplanter og en beskedne dækningsgrad. Der er dog også vegetationsrige søer i gruppen med et artsantal op til 46, en dybdegrænse på 8,5 og en dækningsgrad på 84 %.

Forekomsten af såvel næringsfattige og klare søer med undervandsplanter som meget næringsrige søer med uklart vand uden planter afspejler sig naturligvis også i fiskenes fordeling.

Blandt ekstensiv 1 søerne er der således både søer med 100 % dominans af rovfisk og søer helt uden rovfisk, ligesom antallet og biomassen af fisk spænder fra søer næsten uden fisk til meget fiskerige søer med CPUE-værdier for antal pr. net på op til 690.

Figur 4.1 Geografisk placering af ekstensiv 1 søerne.



4.2 Ekstensiv 2 søer (0,1-5 hektar)

Ekstensiv 2 søerne er ligesom de større søer fordelt i samtlige miljøcentre. Søerne er som nævnt 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 6 meter og en maksimal dybde på 8,4 meter.

Generelt er næringsstofniveauet højt, men variationen er også stor i denne gruppe fra næringsfattige søer med et fosforniveau mindre end 0,02 mg P/l til meget næringsrige søer med et fosforindhold på 10-15 mg P/l. Dette giver sig også udslag i høje klorofylværdier.

Tablet 4.4 Oversigt over data fra de ekstensiv 2 undersøgte søer (sommerværdier) fra 2004 til 2006.

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	4,76	0,27	0,0035	117,1	111
Søareal (km ²)	0,018	0,012	0,001	0,05	170
Middeldybde (m)	1,4	1,1	0,07	6,6	118
Maksimumsdybde (m)	2,1	1,7		8,4	110
Ptot (mg P/l) sommer	0,456	0,160	0,012	15,48	202
Ntot (mg N/l) sommer	2,53	1,66	0,36	39,48	202
Sigt dybde (m) sommer	1,0	0,8	0,1	3,8	202
Klorofyl (µg/l) sommer	94	40	2	2740	202
Alkalinitet (meq/l) sommer	2,47	2,46	-0,046	7,86	201
pH sommer	7,6	7,8	4,5	9,4	189
Undervandsplanter % RPA	21,51	5,07	0	97,6	166
% RPV	14,09	1,04	0	100	166
Dybdegrænse ¹ (m)	1,6	1,3	0	6,1	129
Artsantal ¹	4,6	3,0	1	32	139

1) Kun søer indeholdende undervandsplanter.

Der er ekstensiv 2 søer uden undervandsplanter, men der er også søer med næsten 100 % dækningsgrad og et artsantal helt op til 32.

Alt i alt er der meget store variationer i ekstensiv 2 søerne, fra næringsfattige søer med mange undervandsplanter 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)

Morformetrisk 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 (100-1000 m²). Det meget lille areal har også indflydelse på maksimaldybden. Ligesom for ekstensiv 2 søernes vedkommende registreres der ekstreme vandkemiske koncentrationer i vandhullerne.

Tabel 4.5 Oversigt over data fra de ekstensiv 3 undersøgte søer fra 2004 til 2006. Data for undervandsplanter er baseret på skøn fra bredden.

	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km ²)	0,162	0,040	0,0004	2,97	73
Søareal (ha)	0,047	0,040	0,010	0,1	143
Middeldybde (m)	0,6	0,5	0,1	2,5	69
Maksimumsdybde (m)	1,0	0,8	0,15	3,6	35
Ptot (mg P/l) sommer	0,874	0,350	0,005	9,6	207
Ntot (mg N/l) sommer	3,27	2,15	0,26	42	207
Sigt dybde (m) sommer	0,6	0,8	0,05	1,6	128
Klorofyl (µg/l) sommer	99,0	27,5	0,6	3200	204
Alkalinitet (meq/l) sommer	3,00	2,46	0,02	10,5	206
pH sommer	7,3	7,4	3,2	9,9	188
Undervandsplanter, artsantal	0,162	0,040	0,0004	2,97	73

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 fosformedianen for gruppen 0,350 mg P/l. I modsætning til ekstensiv 2 søerne med op til 32 plantearter er det maksimale artsantal 7 i ekstensiv 3 småsøer og vandhuller. Det skal bemærkes, at det samlede antal søer varierer for de forskellige parametre.

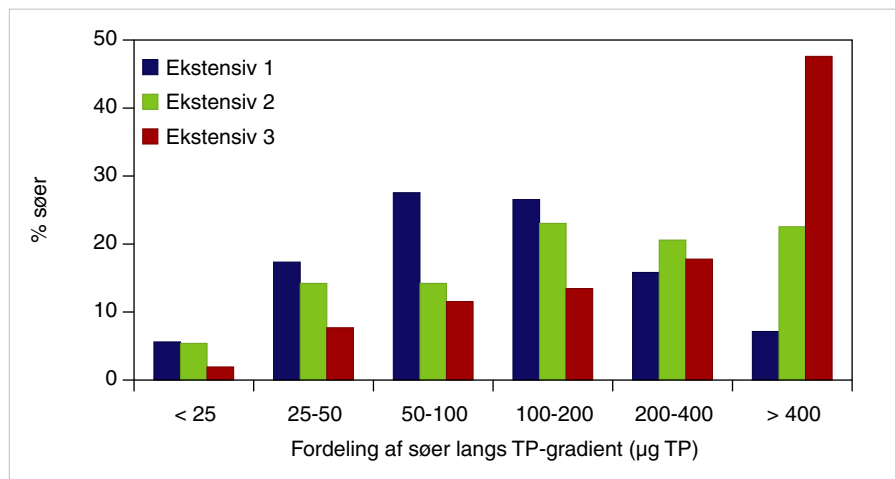
4.4 Sammenligning af de ekstensive søer

De ekstensive søer er tilfældigt udvalgt blandt danske søer ud fra en geografisk stratificering, som sikrer en ligelig fordeling over landet. Søerne er inddelt i tre størrelsesgrupper: Ekstensiv 1 søer større end 5 ha, ekstensiv 2 søer mellem 0,1 og 5 ha og ekstensiv 3 søer mindre end 0,1 ha. Som nævnt i kapitel 2 udgør ekstensiv 1 søerne ca. en tredjedel af det samlede antal søer større end 5 ha. i Danmark, mens de indtil nu undersøgte ekstensiv 2 og 3 søer udgør omkring 0,7 og 0,25 % af det samlede antal søer i størrelseskategorierne. Det vurderes, at de undersøgte søer i de tre størrelsesgrupper repræsenterer de respektive grupper tilfredsstillende.

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 og sigt dybde.

Figur 4.2 viser fordelingen af ekstensiv 1, 2 og 3 søer i forhold til den gennemsnitlige sommerkoncentration af total fosfor.

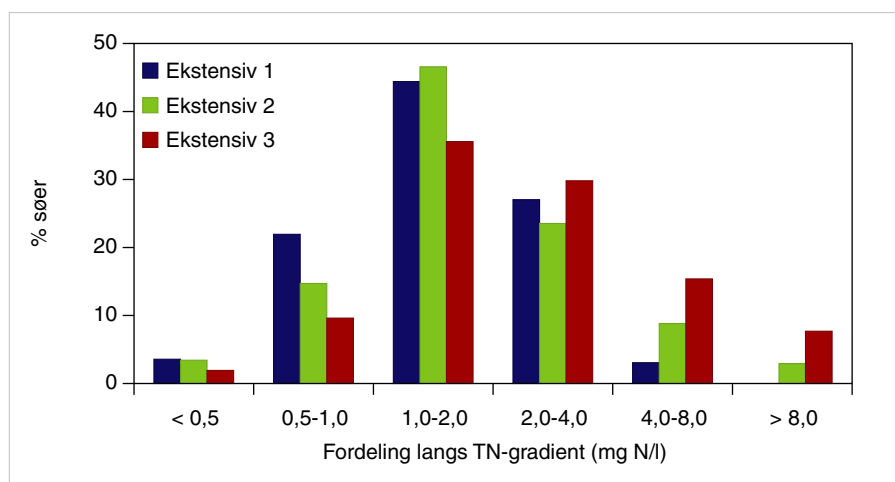
Figur 4.2 Den relative fordeling (%) af ekstensiv 1, 2 og 3 søerne på fosforgrupper (sommernemsnit grupperet på eksponentiel skala).



Blandt de store ekstensiv 1 søer er der en overvægt af søer med en gennemsnitlig sommerkonzentration i niveauet 0,05-0,1 mg P/l (medianen er 0,098 mg P/l). Omkring 25 % af ekstensiv 1 søerne har fosforkonzentrationer mindre end 0,05 mg P/l, men der er dog også omkring 15 % af søerne, der har en sommerkonzentration af totalfosfor på mere end 0,2 mg P/l, og 6-7 %, der har fosforkonzentrationer større end 0,4 mg P/l. For de mindre søer er fordelingen noget anderledes. Særligt for ekstensiv 3 søerne er der kun en meget lille andel, der har fosforkonzentrationer mindre end 0,025 mg P/l. For både ekstensiv 2 og 3 søer er der relativt flere søer med høje fosforkonzentrationer. Ekstensiv 2 søernes andel af søer med en gennemsnitlig fosforkonzentration i sommermånederne på mere end 0,2 mg P/l er således 43 %, og blandt ekstensiv 3 søerne har mere end halvdelen et fosforindhold på mere end 0,2 mg P/l som et sommernemsnit.

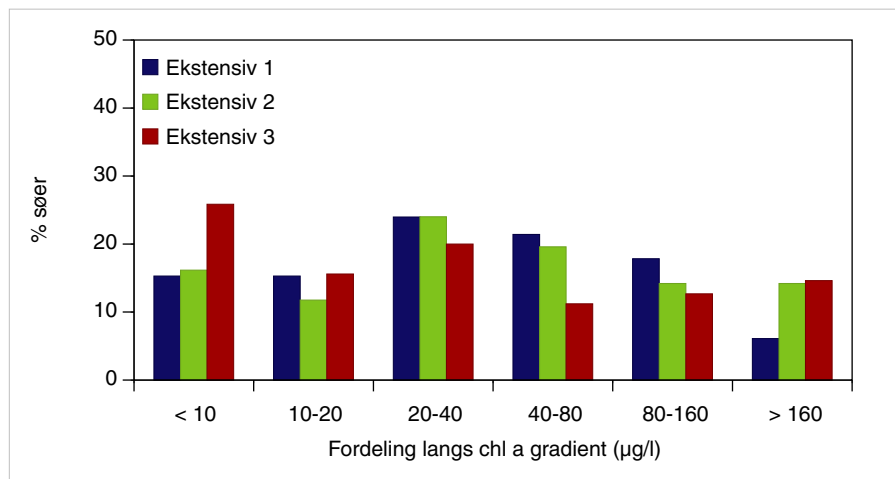
I relation til den indbyrdes fordeling blandt overvågningsprogrammets søer blev det i NOVANA-programmets sørapport fra 2004 (Lauridsen *et al.*, 2005) påvist, at de intensive søer generelt er mere næringsfattige og har højere sigtddybde end de ekstensiv 1 undersøgte søer. Denne fordeling er fortsat gældende.

Figur 4.3 Den relative fordeling (%) af ekstensiv 1, 2 og 3 søerne i forhold til kvælstofindhold (sommernemsnit grupperet på eksponentiel skala).



For kvælstofs vedkommende er der ikke så stor forskel på de tre størrelsesgrupper. For alle tre grupper har det største antal søer en totalkvælstofkoncentration mellem 1,0 og 2,0 mg N/l. Der er dog en tendens til en mindre forskydning i retning af et større kvælstofindhold, jo mindre søerne er. Andelen af større søer er således størst ved kvælstofkoncentrationer mindre end 1,0 mg N/l, og tilsvarende er der kun registreret kvæl-

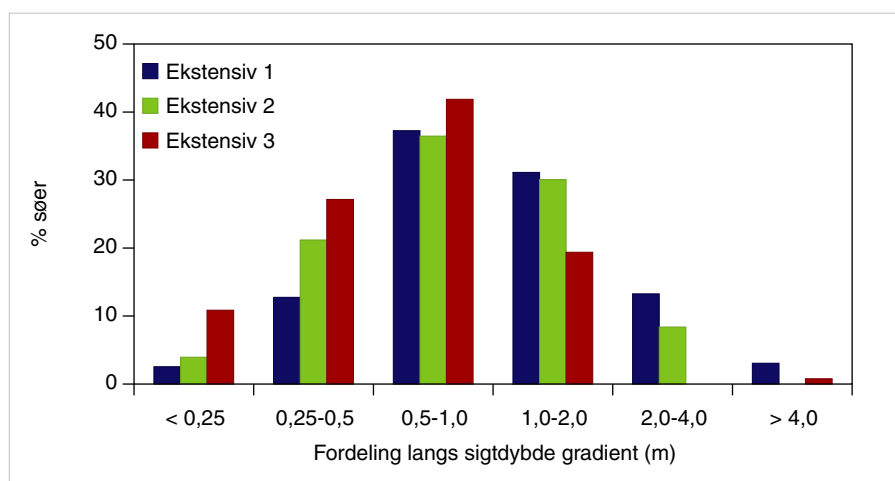
Figur 4.4 Den relative fordeling (i %) af ekstensiv 1, 2 og 3 søerne i forhold til klorofylindhold (sommeregnensnit grupperet på eksponentiel skala).



stofkoncentrationer større end 8 mg N/l i de to mindste søgrupper. Medianværdierne illustrerer i øvrigt også denne fordeling med henholdsvis 1,5-1,66 og 2,15 mg N/l i ekstensiv 1, 2 og 3 søerne.

Da hovedparten af de ekstensive søer har et middelhøjt næringsstofniveau, burde de samme forhold forventes at være gældende for klorofyl *a* i de fleste søer. For ekstensiv 1 og 2 søerne forekommer der da også flest søer i fosforgrupperne 20-40 og 40-80 µg/l. Der er dog også relativt mange søer med henholdsvis mindre og større klorofylniveau, og generelt kan det konstateres, at variationen i klorofylkoncentrationen i de ekstensive søer er større end indholdet af fosfor og kvælstof. Blandt ekstensiv 3 søerne har 25 % et klorofylindhold mindre end 10 µg/l, som altså ikke modsvares af en tilsvarende høj andel af lave fosfor- og kvælstofkoncentrationer. Årsagen hertil er blandt andet, at der er andre forhold, som påvirker specielt 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.

Figur 4.5 Den relative fordeling (i %) af ekstensiv 1, 2 og 3 søerne i forhold til sigtddybde (sommeregnensnit grupperet på eksponentiel skala).



Fordelingen af søerne i forhold til sigtddybde viser et normalfordelt forløb for alle tre søgrupper. Der er dog en forskydning imod større sigtddybder fra ekstensiv 3 til ekstensiv 1 søerne, hvilket blandt andet hænger sammen med en større dybde i de større ekstensiv 1 søer. De højere fosfor og -kvælstofniveauer i de mindre søer, som er vist i figur 4.2 og 4.3, afspejles dog i sigtddybderne, således at de mindste søer har en relativt større andel af lave sigtddybder, og at ekstensiv 1 søer har en relativt større andel af søer med stor sigtddybde.

5 Forekomst af undervandsplanter i forhold til indhold af totalfosfor

5.1 Indledning

De mange lavvandede danske søer betyder potentielt en stor udbredelse af undervandsplanter i mange søer. Sammen med planternes strukturerende rolle gør det dem til et meget vigtigt element for den overordnede vandkvalitet (Jeppesen *et al.*, 1998). Undervandsplanter findes stadig i mange søer, men deres naturlige udbredelse gik i 1900-tallet kraftigt tilbage i forbindelse med øget eutrofiering og mere uklart vand.

Ud over vandets klarhed afhænger forekomsten og udbredelsen af undervandsplanter af en række andre kår-faktorer, herunder alkalinitet, samt vand- og sedimentkemiske forhold. Eksempelvis findes grundskudsplanter som lobelie og brasenføde primært i kalkfattige søer pga. deres evne til at udnytte CO₂ som kulstofkilde. I NATURA-2000 sammenhæng anvendes ligeledes forekomsten af specifikke plantearter og -grupper som det primære grundlag til at karakterisere de forskellige naturtyper (se også afsnit 7).

Undervandsplanter har også ofte været anvendt til at beskrive ændringer i miljøforholdene og den menneskelige påvirkning, hvor eksempelvis dækningsgrad og maksimal dybdegrænse vil afspejle sigtddybde og eutrofieringsgrad. Undervandsplanter indgår da også som et af de 4 hovedelementer, der i Vandrammedirektivet skal anvendes til at karakterisere søers økologiske tilstand (EU, 2000). Arternes forekomst bliver i nogle lande brugt som indikator for menneskelig påvirkning, hvor der er udviklet egentlige makrofytindeks baseret på forekomst af udvalgte plantearter, men der har ikke været samme tradition for dette i Danmark.

I dette afsnit præsenteres forekomsten af arter af undervandsplanter (eksklusiv trådalger) i forhold til vandkvaliteten, her udtrykt som indhold af totalfosfor, for at se, om nogle arter kan anvendes som indikatorer i forhold til en fosforgradient. Spørgsmålet er, hvorvidt alene tilstedeværelsen af visse arter af undervandsplanter kan anvendes til at klassificere søers økologiske tilstand. Tilstedeværelsen af undervandsplanter er set i forhold til indhold af totalfosfor som et udtryk for en eutrofieringspåvirkning. Som nævnt ovenover har også en række andre forhold betydning, men der er gode sammenhænge mellem fosforindhold og vandets turbiditet (sigtddybde, suspenderet stof, klorofyl *a*) og dermed indirekte til lystilgængeligheden. Forekomsten er vist for tre størrelsesklasser af søer, henholdsvis søer mellem 0,1 og 1 ha, 1 og 5 ha og for søer over 5 ha.

Tabel 5.1 Baggrundsdata fra søer > 0,1 ha, hvor der er fundet undervandsplanter inddelt i søer mellem 0,1 og 1 ha, 1-5 ha og søer større end 5 ha. N er antal søer.

Middel og percentiler	Areal (ha)	Middeldybde (m)	TP (mg P/l)	TN (mg N/l)	Klorofyl a (µg/l)	Alkalinitet (meq/l)	Farve (mg Pt/l)
0,1-1 ha							
	N = 67	N = 67	N = 64	N = 64	N = 64	N = 64	N = 29
Middel	0,48	0,80	0,328	2,14	61	2,46	99
25 %	0,21	0,51	0,085	1,26	20	0,87	48
Median	0,46	0,67	0,170	1,71	34	2,25	64
75 %	0,74	1,08	0,327	2,47	78	4,06	102
1-5 ha							
	N = 69	N = 69	N = 69	N = 69	N = 69	N = 69	N = 43
Middel	1,2	1,4	0,105	1,35	42	2,1	56
25 %	1,7	0,7	0,041	0,80	9	1,0	23
Median	2,7	1,1	0,083	1,25	25	2,3	37
75 %	3,7	1,7	0,126	1,58	51	3,3	72
> 5 ha							
	N = 197	N = 197	N = 188	N = 188	N = 188	N = 186	N = 118
Middel	112	2,5	0,142	1,59	46	2,1	39
25 %	10	0,8	0,042	0,88	14	1,3	16
Median	22	1,6	0,085	1,33	31	2,1	28
75 %	81	3,4	0,173	1,96	61	2,9	43

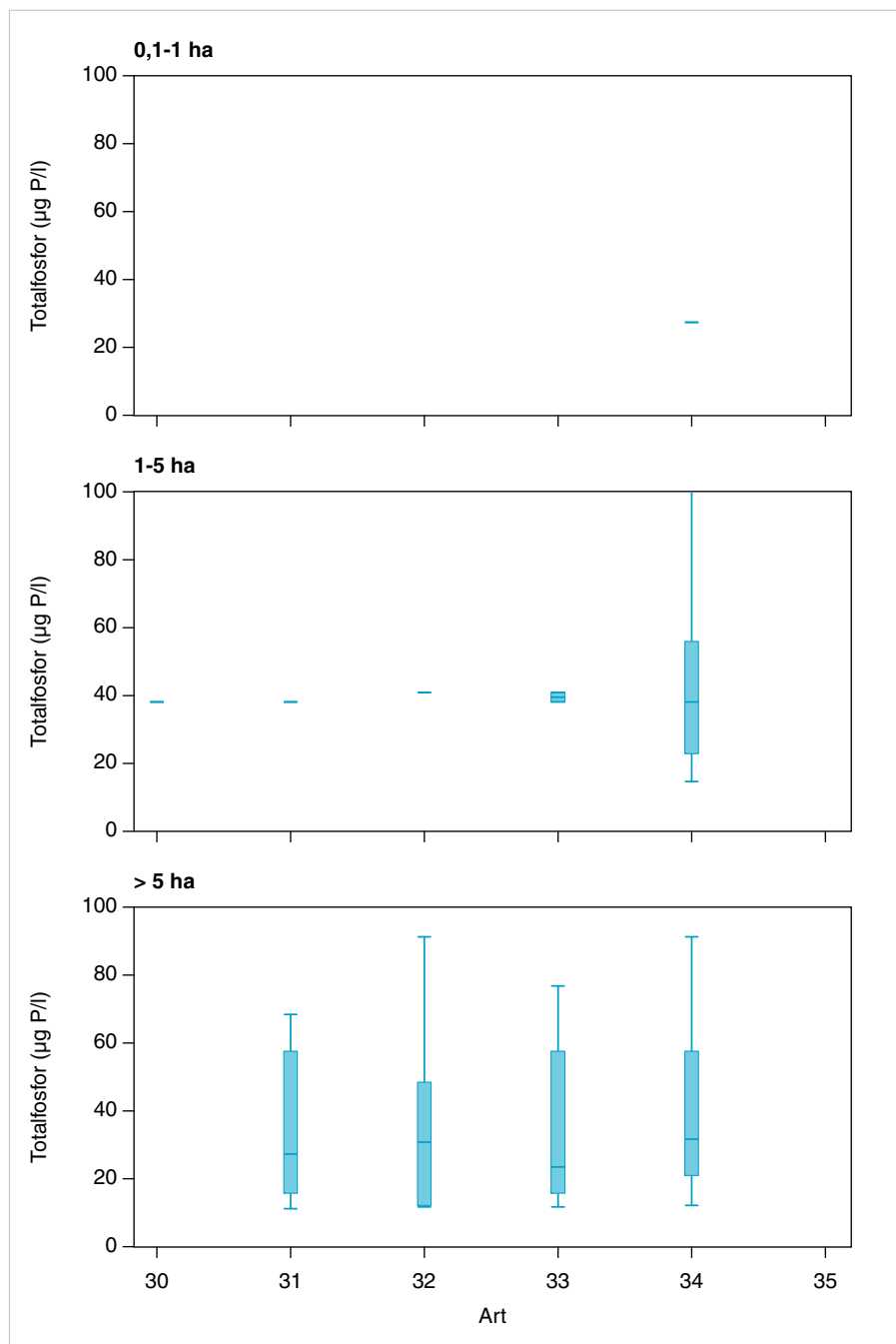
5.2 Data

Der vises data fra i alt 333 søer over 0,1 ha, hvori der er fundet undervandsplanter ved NOVANA-overvågningen fra 2004-2006 (tabel 5.1). Data præsenteres i boxplots, der viser variationen i forekomsten af de enkelte arter. Boxplots, hvor der ikke er endelinjer på, betyder, at arten er fundet i mindre end 5 søer, og de indgår derfor kun i ringe omfang i om-talen af de enkelte arter. Der er kun vist data fra arter, som er fundet på transsektundersøgelserne, dvs. med mindst én transsektobservation.

Småsøerne har som forventet en noget lavere middeldybde end de større søer, men derudover adskiller næringsstofindhold og farvetal sig også i de større og i de mindre søer (tabel 5.1). I de mindste søer er det gennemsnitlige fosforindhold 0,328 mg P/l, men kun 0,142 mg P/l i søer over 5 ha. Det betyder, at forekomsten af de forskellige arter af makrofyter set i forhold til totalfosfor, som vist i det følgende, ikke helt baserer sig på sammenlignelige datasæt, når de tre størrelser af søer sammenlignes. Dermed vil en del af den forskel, der ses, ikke kun relatere sig til søstørrelse. Søer mellem 1-5 ha og over 5 ha synes derimod ikke at adskille sig væsentligt fra hinanden, hvad angår indhold af næringsstoffer. Mere end halvdelen af søerne mellem 0,1 og 1 ha har et farvetal over 60 mg Pt/l, hvilket tidligere har været sat som grænse mellem de brunvandede og ikke-brunvandede søer (Søndergaard et al., 2003a).

Figur 5.1 Fund af grundskudsplanter i forhold til indhold af totalfosfor i henholdsvis søer > 5 ha (n = 197), søer mellem 1 og 5 ha (n = 69) og søer mellem 0,1 og 1 ha (n=67). Boksene repræsenterer 25 og 75 % percentiler, mens nedre og øvre linjer angiver henholdsvis 10 % og 90 % percentiler.

- 30 *Isoetes*
- 31 *Isoetes lacustris*
- 32 *Isoetes echinospora*
- 33 *Lobelia dortmanna*
- 34 *Plantago uniflora*



5.3 Forekomst af arter i forhold til totalfosfor

Det generelle billede af artsforekomst i forhold til indhold af totalfosfor er, at de fleste arter er fundet over et meget bredt spektrum af fosforindhold. Som forventet ses arter af grundskudsplanter og også visse arter af vandaks, dog primært ved lave fosforkoncentrationer.

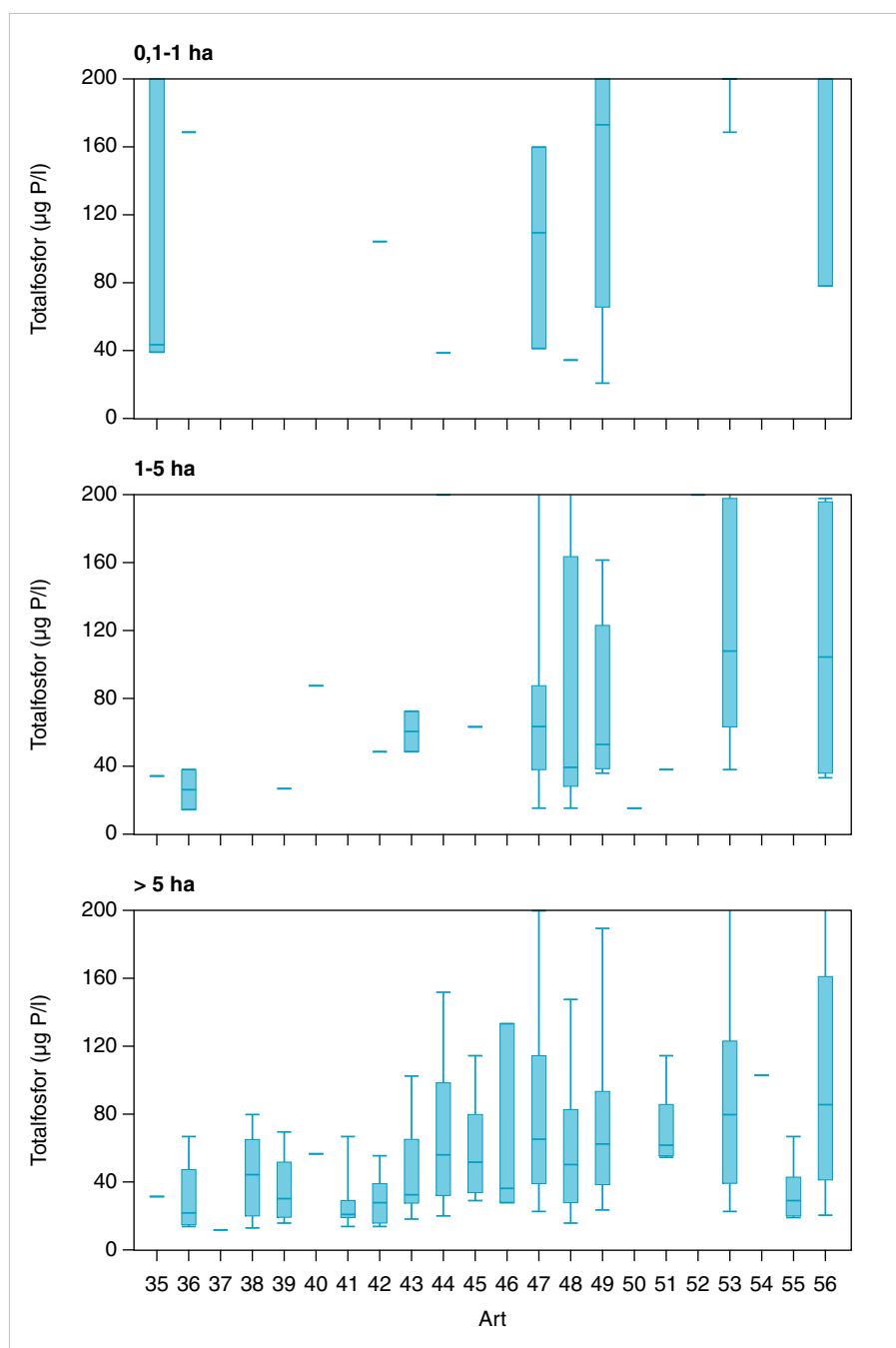
Datamaterialet for de to mindste størrelseskategorier af søer er ikke helt så omfattende som for søerne over 5 ha, men viser dog en tydelig tendens til, at der findes færre arter i de mindre søer. Manglende forekomst af visse arter i de mindre søer især kan dog ikke nødvendigvis tages som et udtryk for at de aldrig vil forekomme i disse, idet NOVANA-programmet især for de mindre søer udgør en meget lille stikprøve af det samlede antal søer. Eksempelvis er det vist, at der trods alt kan forekomme lobelie også i nogle af de mindre søer (Andersen, 2002).

Arter af grundskudsplanter betragtes traditionelt som rentvandsindikatorer, karakteristisk for de kalk- og næringsfattige lobeliesøer. Grundskudsplanter er da også primært registreret ved forholdsvis lave fosforkoncentrationer ned til de mindst målte koncentrationer på omkring 10 µg P/l. Såvel de to arter af brasenføde (*Isoetes lacustris* og *I. echinospora*) som lobelia (*Lobelia dortmanna*) og strandbo (*Plantago uniflora*) er dog alle også registreret ved 50-100 µg P/l (figur 5.1).

Grundskudsplanter er stort set kun fundet i søerne over 5 ha (dog findes lobelie og sortgrøn brasenføde i ekstensiv 2 søen Kongsø), bortset fra strandbo, der også er registreret i søerne mellem 1 og 5 ha, og hvor den forekommer ved samme fosforkoncentrationer som i de større søer. I søerne under 1 ha er strandbo kun fundet i en enkelt sø.

Figur 5.2 Fund af vandaksarter i forhold til indhold af totalfosfor i henholdsvis søer > 5 ha (n = 197), søer mellem 1 og 5 ha (n = 69) og søer mellem 0,1 og 1 ha (n=67). Boksene repræsenterer 25 og 75 % percentiler, mens nedre og øvre linjer angiver henholdsvis 10 % og 90 % percentiler.

- 35 *P. natans*
- 36 *P. natans f. submersus*
- 37 *P. polygonifolius*
- 38 *P. lucens*
- 39 *P. gramineus*
- 40 *P. gramineus x lucens*
- 41 *P. gramineus x perfoliatus*
- 42 *P. alpinus*
- 43 *P. praelongus*
- 44 *P. perfoliatus*
- 45 *P. friesii*
- 46 *P. rutilus*
- 47 *P. pusillus*
- 48 *P. berchtoldii*
- 49 *P. obtusifolius*
- 50 *P. trichoides*
- 51 *P. compressus*
- 52 *P. acutifolius*
- 53 *P. crispus*
- 54 *P. crispus x perfoliatus*
- 55 *P. filiformis*
- 56 *P. pectinatus*

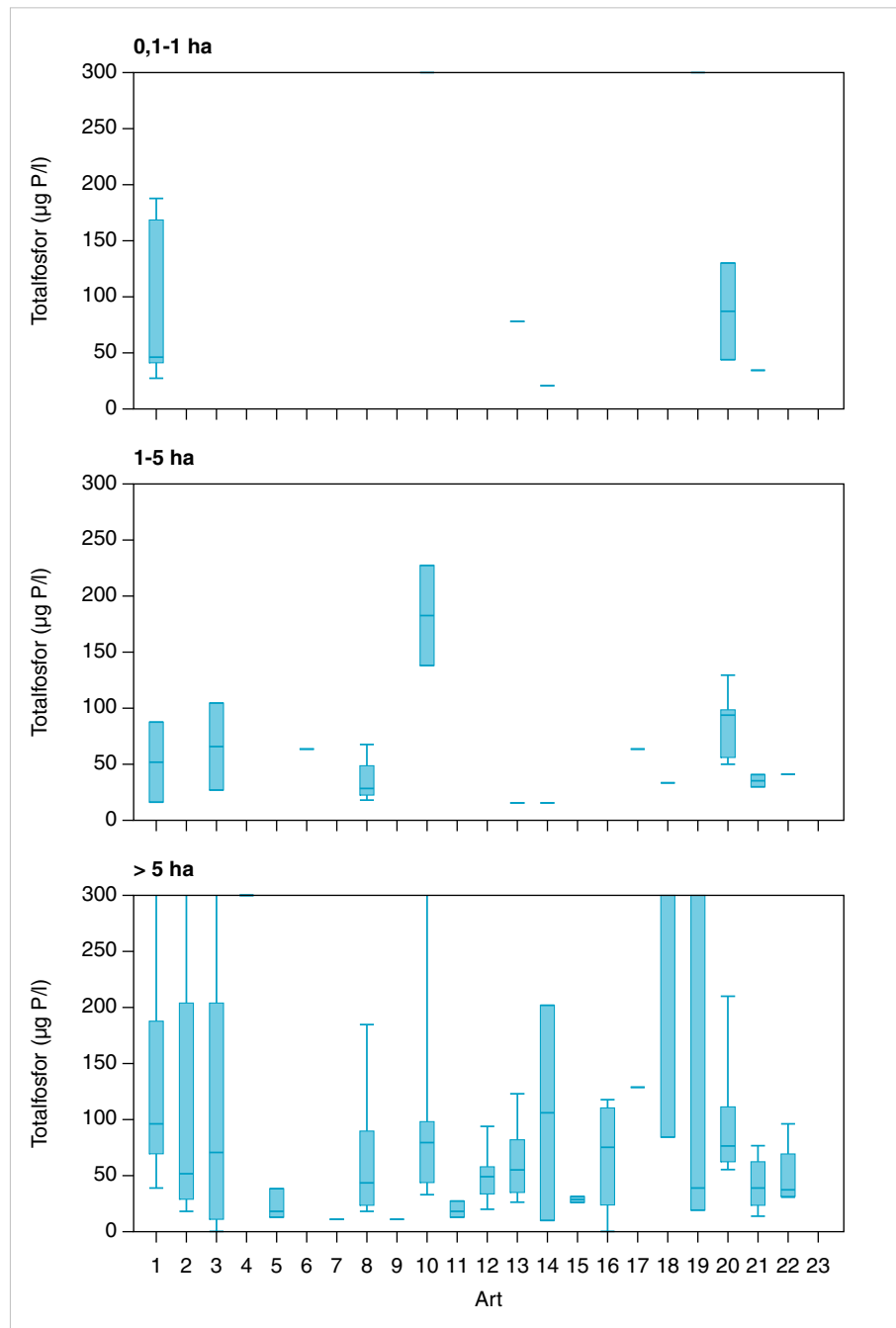


Arter af vandaks udviser generelt en stor udbredelse i forhold til fosforindhold (figur 5.2). Flere af arterne findes således helt nede fra omkring 20 µg P/l til over 100 µg P/l, men de fleste arter har dog deres primære

udbredelse i fosforintervallet fra 30-80 µg P/l. Nogle af arter, herunder især rust-vandaks (*P. alpinus*), kortstillet vandaks (*P. gramineus x perfoliatus*) og tråd vandaks (*P. filiformis*), forekommer dog først og fremmest ved ret lave fosforkoncentrationer (< ca. 40 µg P/l). En række andre arter som den submerse form af svømmende vandaks (*P. natans f. submersus*), glinsende vandaks (*P. lucens*) og græsbladet vandaks (*P. gramineus*) ses sjældent over koncentrationer på 60-70 µg P/l. Der er ikke arter, som entydigt indikerer meget næringsrige forhold, men der er flere arter, som ofte findes ved koncentrationer over 100 µg P/l. Dette gælder eksempelvis børsteblandet vandaks (*P. pectinatus*) og kruset vandaks (*P. crispus*), hvilket stemmer overens med opfattelsen af disse arter, som eutrofieringstolerante.

Figur 5.3 Fund af arter af kransealger i forhold til indhold af totalfosfor i henholdsvis søer > 5 ha (n = 197), søer mellem 1 og 5 ha (n = 69) og søer mellem 0,1 og 1 ha (n=67). Boksene repræsenterer 25 og 75 % percentiler, mens nedre og øvre linjer angiver henholdsvis 10 % og 90 % percentiler.

- 1 *Chara*
- 2 *Chara aspera*
- 3 *Chara aspera* var. *aspera*
- 4 *Chara baltica*
- 5 *Chara hispida*
- 6 *Chara hispida* var. *hispida*
- 7 *Chara hispida* var. *major*
- 8 *Chara globularis*
- 9 *Chara globularis* var. *virgata*
- 10 *Chara globularis* var. *globularis*
- 11 *Chara rudis*
- 12 *Chara tomentosa*
- 13 *Chara vulgaris*
- 14 *Chara vulgaris* var. *longibracteata*
- 15 *Chara vulgaris* var. *papillata*
- 16 *Chara vulgaris* var. *contraria*
- 17 *Chara vulgaris* var. *vulgaris*
- 18 *Chara canescens*
- 19 *Chara connivens*
- 20 *Nitella*
- 21 *Nitella flexilis*
- 22 *Nitella translucens*



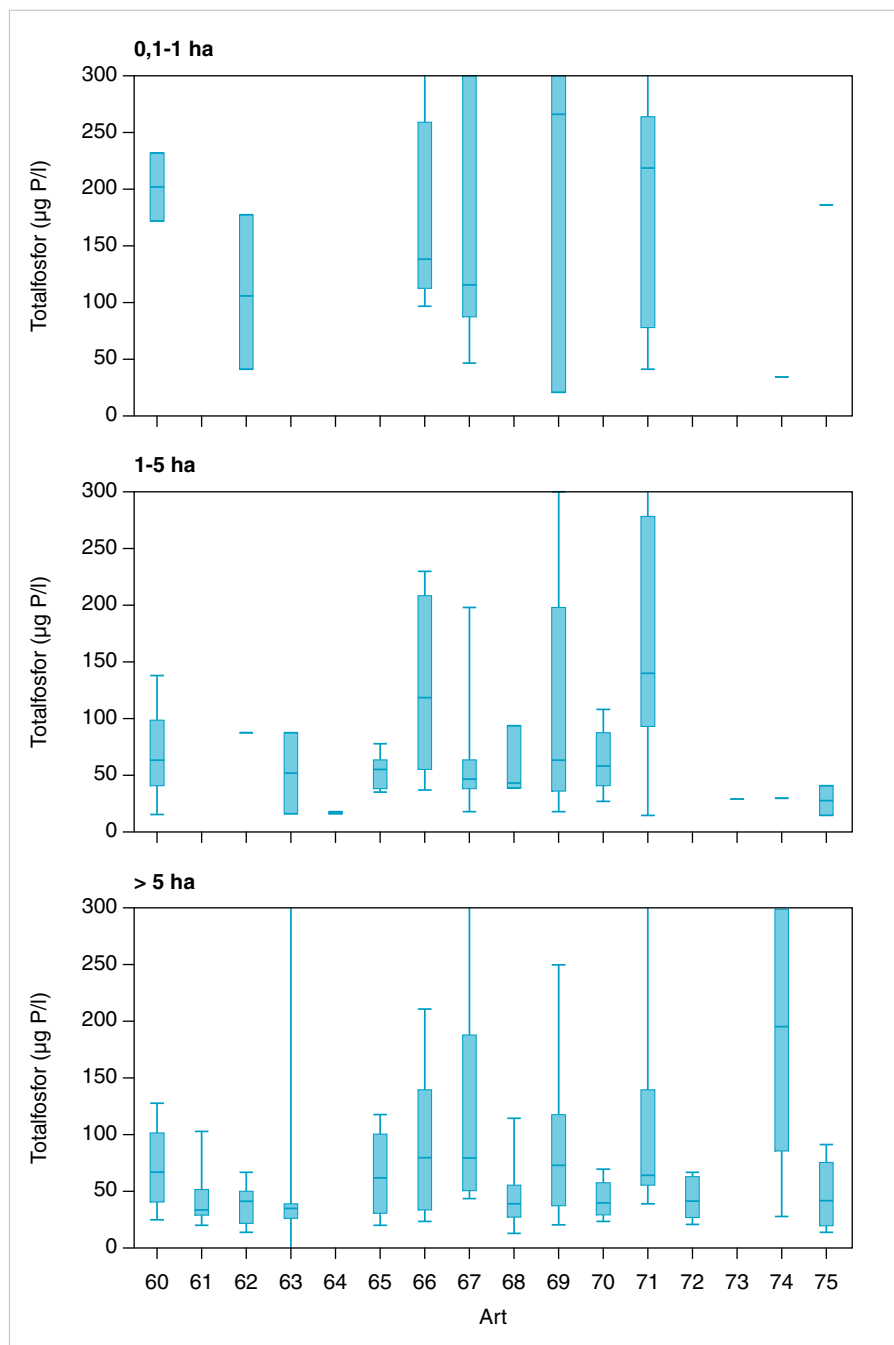
Artsforekomsten er generelt væsentlig mindre i de mindre søer, ligesom amplituden mht. fosforindhold også er væsentlig højere. Almindeligt forekommende arter i de mindre søer – også i de mere næringsrige – er børsteblandet og kruset vandaks, der begge findes ved koncentrationer over 200 µg P/l. Også liden vandaks (*P. berchtoldii*) og butbladet vandaks (*P. obtusifolius*) forekommer ved væsentlige højere fosforkoncentrationer i søer under 5 ha end i søerne over 5 ha. Årsagen hertil kan være, at vandet i de mindre søer på trods af høje fosforkoncentrationer kan være forholdsvis klarvandet, fordi der er andre faktorer (kvælstofbegrænsning, dyreplanktongræsning, mm.), som begrænser mængden af fytoplankton. Svømmende vandaks (*Potamogeton natans*) er kun registreret på transekterne i søerne under 1 ha, hvilket kan hænge sammen med at den primært findes på vindbeskyttede lokaliteter.

De fleste arter af kransnålalger findes ved meget forskellige koncentrationer af fosfor (figur 5.3). Dette gælder for eksempel *Chara aspera* og *C. vulgaris var contraria*, der findes ved koncentrationer under 50 µg P/l til langt over 100 µg P/l. Arterne *C. tomentosa* og *Nitella flexilis* er primært fundet ved fosforkoncentrationer under 70-80 µg P/l.

I de mindre søer er der kun registreret kransnålalger på slægtsniveau (*Chara* sp. og *Nitella* sp) i modsætning til de større søer, hvor artsbestemmelse i nogle tilfælde er foretaget, selvom der ikke er krav herom. Den tilsyneladende ringere artsforekomst i søerne under 5 ha kan derfor være et artefakt.

Figur 5.4 Fund af arter vandranunkel, hornblad, tusindblad og vandstjerne i forhold til indhold af totalfosfor i henholdsvis søer > 5 ha (n = 197), søer mellem 1 og 5 ha (n = 69) og søer mellem 0,1 og 1 ha (n=67). Boksene repræsenterer 25 og 75 % percentiler, mens nedre og øvre linjer angiver henholdsvis 10% og 90 % percentiler.

- 60 *Batrachium*
- 61 *Ranunculus peltatus ssp. baudotii*
- 62 *Ranunculus peltatus ssp. peltatus*
- 63 *Ranunculus aquatilis var. aquatilis*
- 64 *Ranunculus aquatilis var. diffusus*
- 65 *Ranunculus circinatus*
- 66 *Ceratophyllum demersum*
- 67 *Ceratophyllum submersum*
- 68 *Myriophyllum verticillatum*
- 69 *Myriophyllum spicatum*
- 70 *Myriophyllum alterniflorum*
- 71 *Callitriche*
- 72 *Callitriche hermaphroditica*
- 73 *Callitriche stagnalis*
- 74 *Callitriche platycarpa*
- 75 *Callitriche hamulata*

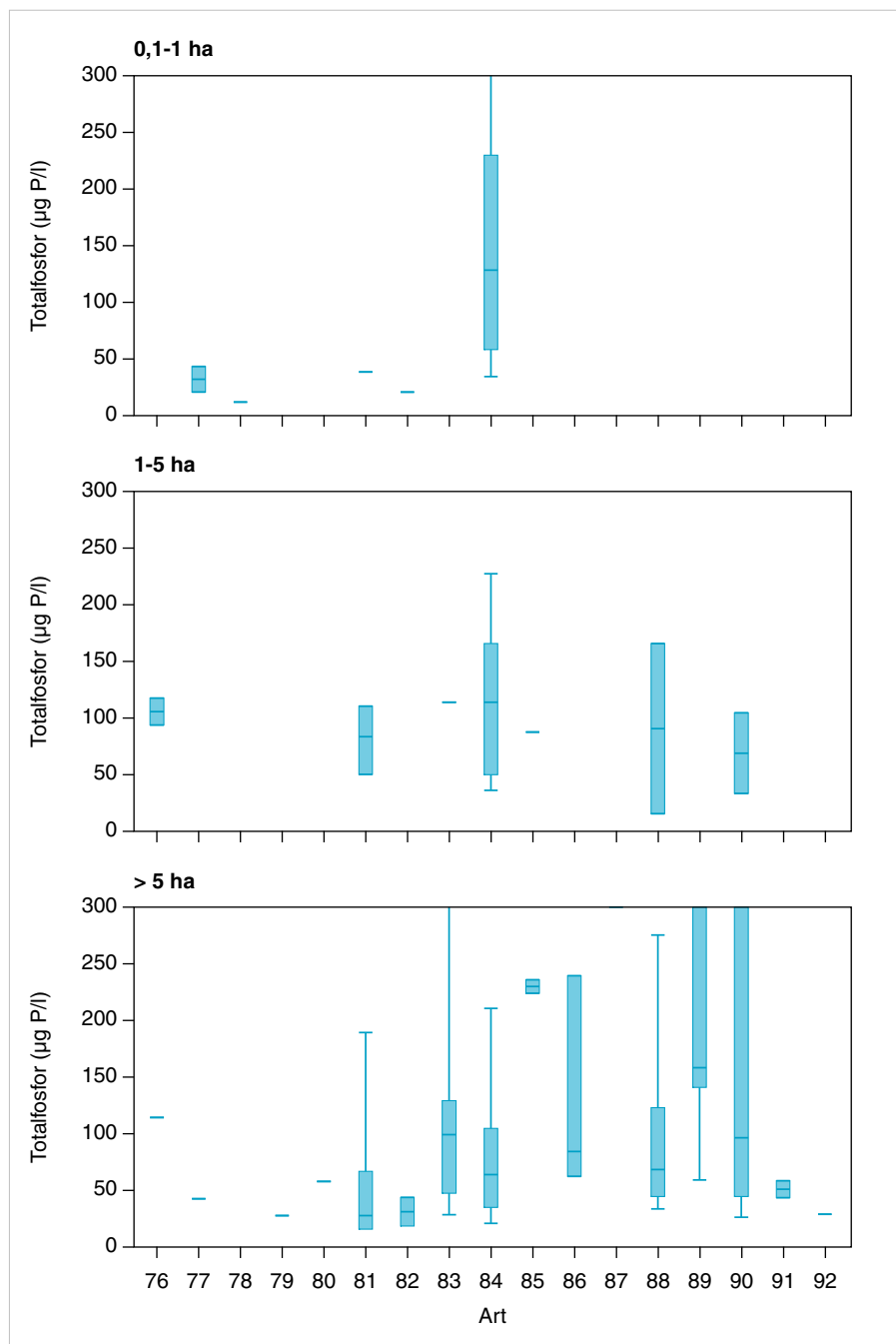


Det er gennemgående for de øvrige slægter og arter af undervandsplanter, at de forekommer ved meget forskelligt indhold af fosfor (figur. 5.4 og 5.5). Ranunkelarterne strand-vandranunkel (*Ranunculus peltatus ssp. baudotii*) og storblomstret vandranunkel (*R. peltatus ssp. peltatus*) samt krans-tusindblad (*Myriophyllum verticillatum*), hår-tusindblad (*M. alterniflorum*), høstvandstjerne (*Callitriche hermaphroditica*) og slank blærerod (*Utricularia australis*) er dog fortrinsvis fundet ved fosforkoncentrationer under 60-70 µg P/l. Heller ikke blandt "de øvrige arter" er der arter, som entydigt indikerer meget næringsrige forhold, men arterne fladfrugtet vandstjerne (*Callitriche platycarpa*), stor vandkrans (*Zannichellia palustris var. major*) og stilet vandkrans (*Z. palustris var. pedunculata*) findes i mange tilfælde ved fosforkoncentrationer over 100 µg P/l.

I de mindre søer er der registreret færre arter. Typiske arter også ved de høje fosforkoncentrationer er her vandpest (*Elodea canadensis*), tornløs hornblad (*Ceratophyllum submersum*) og tornfrøet hornblad (*C. demersum*).

Figur 5.5 Fund af arter Blærerod, krebsklo, vandpest, vandkrans og najade i forhold til indhold af totalfosfor i henholdsvis søer > 5 ha (n = 197), søer mellem 1 og 5 ha (n = 69) og søer mellem 0,1 og 1 ha (n=67). Boksene repræsenterer 25 og 75 % percentiler, mens nedre og øvre linjer angiver henholdsvis 10 % og 90 % percentiler.

- 76 *Utricularia*
- 77 *Utricularia minor*
- 78 *Utricularia intermedia*
- 79 *Utricularia ochroleuca*
- 80 *Utricularia vulgaris*
- 81 *Utricularia australis*
- 82 *Stratiotes aloides*
- 83 *Elodea*
- 84 *Elodea canadensis*
- 85 *Elodea nuttallii*
- 86 *Zannichellia*
- 87 *Zannichellia palustris*
- 88 *Zannichellia palustris* var. *repens*
- 89 *Zannichellia palustris* var. *major*
- 90 *Zannichellia palustris* var. *pedunculata*
- 91 *Najas marina*
- 92 *Najas flexilis*



5.4 Arter som indikator for vandkvalitet

Artsforekomsten afhænger som nævnt af flere kårfaktorer og ikke nødvendigvis kun én faktor som fosfor anvendt her. Kvælstof har blandt andet også vist sig vigtig for udbredelse og forekomst af undervandsplanter (*Gonzales Sagrario et al., 2005*), ligesom sure og brunvandede søer stiller specielle krav.

En enkeltfaktoranalyse som her med totalfosfor har derfor sine begrænsninger, fordi også andre faktorer er spil. Analysen indikerer dog klart, at flertallet af undervandsplantearter har begrænset indikatorværdi forhold til eutrofiering, idet de fleste arter findes ved ret forskelligt indhold af totalfosfor for alle søstørrelser. Der er dog enkelte arter blandt grundskudsplanter og i vandaksslægten, der primært findes ved forholdsvis lave fosforkoncentrationer og dermed indikerer rentvandsforhold. Dette gælder for eksempel lobelie, brasenføde, rust-vandaks, kortstillet vand-

aks og tråd vandaks, men selv disse arter kan til tider også forekomme ved forholdsvis høje fosforkoncentrationer (over 50 µg P/l). I den sammenhæng spiller det formentlig også en rolle, at undervandsplanterne reagerer med forsinkelse på ændret eutrofiering og lysforhold. Dette gælder både ved øget eutrofiering, hvor der går nogen tid, før alle planter er forsvundet, og også ved mindsket eutrofiering, hvor der kan gå nogen tid, før alle plantearter igen indfinder sig.

6 Bunddyr

Undersøgelser af bunddyr har været en del af den nationale overvågning af søer siden 2004. Bunddyr er medtaget i programmet, da de er en væsentlig faktor i beskrivelsen af økologisk tilstand i Vandrammedirektivet. Bunddyr udtages som hhv. 12 og 8 tilfældigt udvalgte uafhængige kajakprøver i de intensive og ekstensive 1 søerne. Prøverne tages i profundalsonen, dvs. den dybeste del af søen og som oftest på barbund uden undervandsvegetation. I mere lavvandede søer med udbredt undervandsvegetation kan der forekomme vegetation på prøveudtagningsstederne. Prøverne oparbejdes efterfølgende i foruddefinerede taxonomiske grupper, som tæthed og biomasse pr. m² samt antal taxa.

Biomasseopgørelserne i de præsenterede figurer er eksklusiv muslinger og snegle, og tæthederne samt antal taxa omfatter ikke copepoder og dafnier. Muslinger og snegle er taget ud af biomasseberegningerne, fordi de kan være fuldstændig bestemmende for den totale bunddyrsbiomasse i en sø.

Undersøgelsen omfatter i alt 152 forskellige søer større end 5 ha.

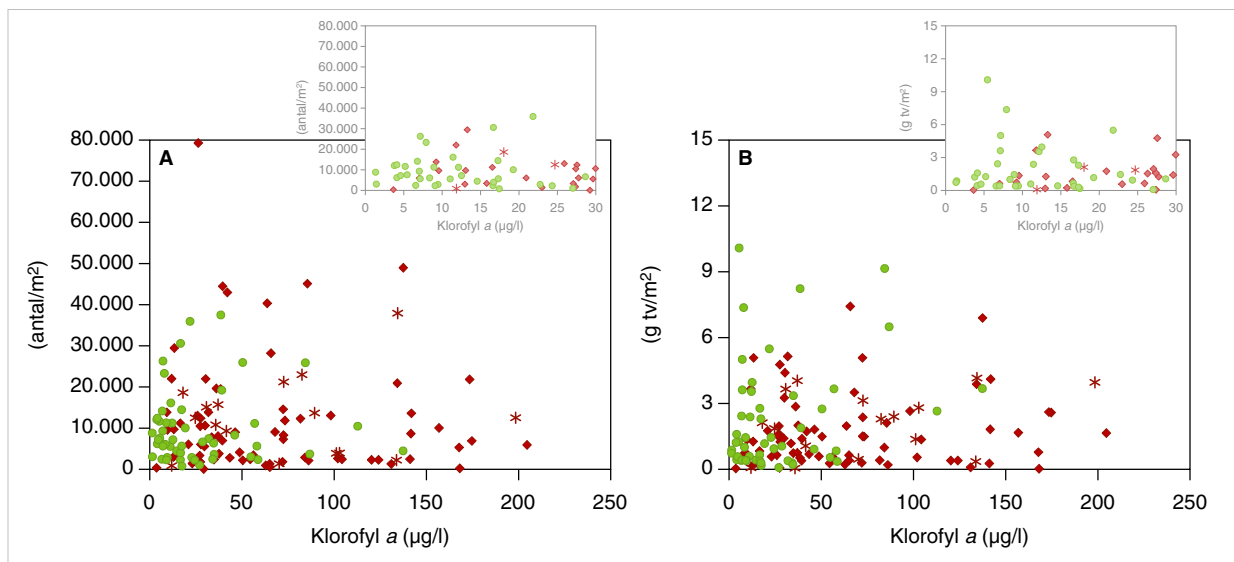
Generelt er der en meget stor variation i materialet. En af årsagerne kan være, at oparbejdningen udføres til forskelligt taxonomiske niveau i forskellige søer med risiko for at mulige mønstre sløres. Den store variation medfører, at der i materialet typisk kun kan beskrives tendenser.

6.1 Bunddyr i forhold til næringsstofniveau

Bunddyrenes levevilkår reguleres af en række forhold. Herunder fødetilgængelighed og prædation fra blandt andet fisk. Mængden af føde bestemmes især af den mængde alger, der sedimenterer fra vandfasen ned på søbunden. Algernes biomasse er reguleret af næringsstofniveauet i søen – typisk fosforkoncentrationen, og der kan således forventes en sammenhæng mellem dels fosforniveau og bunddyrsbiomasse, men også mellem alger og bunddyrenes forekomst og mængde.

Algernes biomasse kan beskrives som indholdet af klorofyl i overfladevandet, og derfor er der i det følgende vist en række sammenhænge mellem bunddyrenes forekomst og tæthed i profundalen og klorofylkoncentrationen i overfladevandet.

Det skal bemærkes, at fiskebestandens indflydelse på bunddyrene er holdt udenfor i analysen, uanset at fiskebestandens størrelse og fordeling kan have indflydelse på bunddyrenes forekomst.



Figur 6.1 Individtætheden af bunddyr (antal pr. m²) og biomasse (gram tørvægt pr. m²) i profundalzonen i relation til klorofylkoncentrationen i søvandet (sommergennemsnit) i intensiv - og ekstensiv 1 søerne. Lyse punkter angiver søer med dækningsgrad for undervandsvegetation > 10 % (dybe søer > 1 %), mørke punkter søer med dækningsgrader < 10 % (dybe søer < 1 %). * søer uden dækningsgradsanalyser.

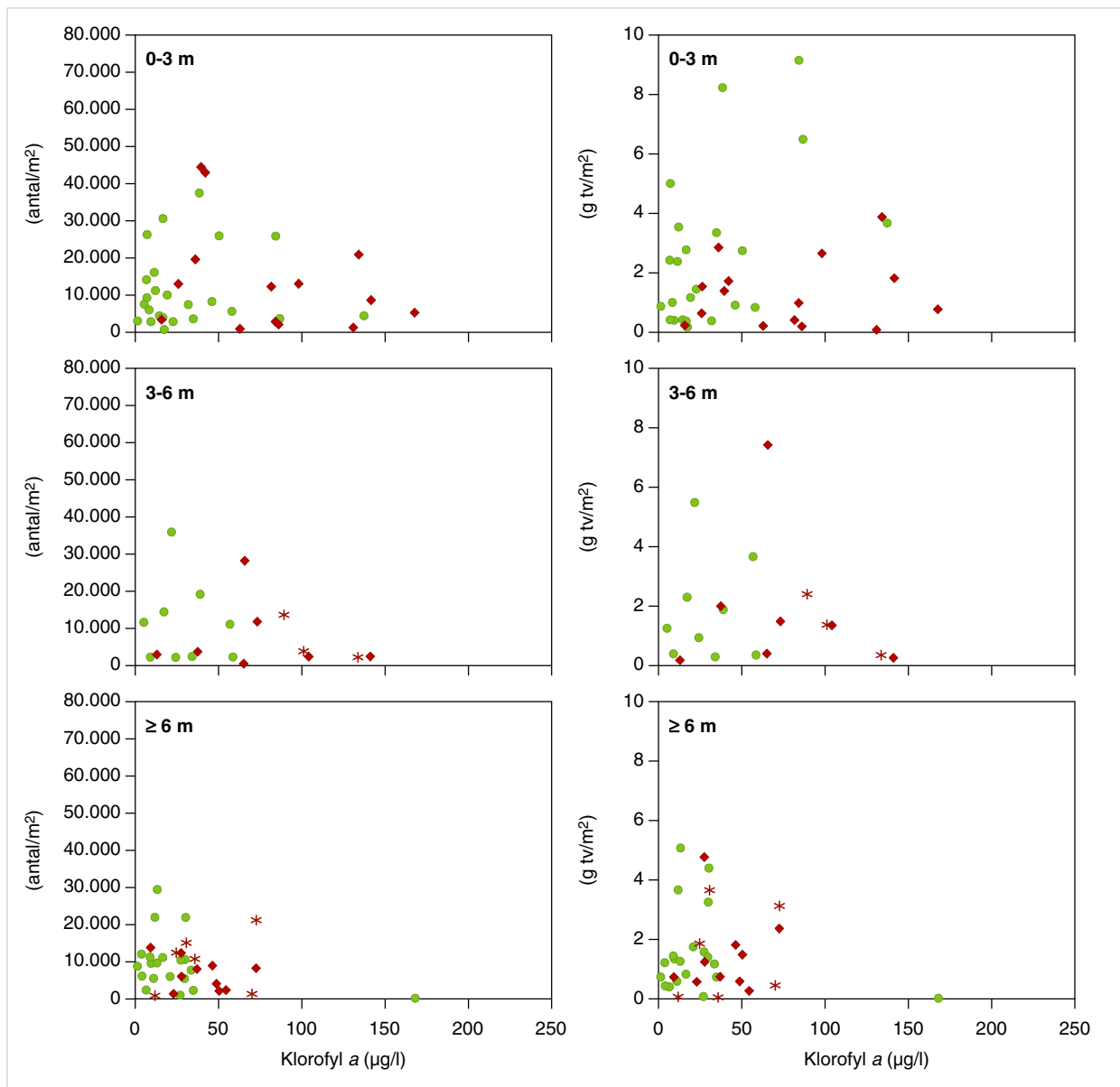
Figur 6.1 viser bunddyrenes samlede antal og biomasse i forhold til klorofylkoncentrationen i søvandet (sommergennemsnit). For alle klorofylniveauer er variationen meget stor – fra små individtætheder på omkring 1000 individer pr. m² op til 80.000 individer pr. m² og tilsvarende store variationer i biomassen.

I denne sammenhæng er det valgt at skelne mellem søer med dækningsgrader af undervandsvegetation mindre end 10 %, hvor det antages, at vegetationen har mindre betydning, fra de søer, hvor dækningsgraden er større end 10 % og hvor det dermed antages, at undervandsvegetationen kan have en væsentlig indflydelse på forekomst og udbredelse af bunddyr (se senere). Dækningsgrader på 10 % eller mere opnås sjældent i dybe søer. Derfor er skillelinjen for søer med maksimumsdybde større end 6 meter valgt til en dækningsgrad på 1 %.

Meget næringsfattige miljøer medfører såvel en lille algebiomasse som en beskeden mængde bunddyr, fordi fødegrundlaget er lille. Stigende næringsstofniveau fra et lavt udgangspunkt resulterer i et større fødegrundlag og øget biomasse. Variationen i tæthed og biomasse ved lave klorofylkoncentrationer (mindre end 30 µg/l) er vist i de små indlagte figurer i figur 6.1. Der er en svagt stigende tendens for antallet af bunddyr op til klorofylniveauer omkring 5 µg/l.

Der er som nævnt meget stor variation i såvel individantal som biomasse men maksimal tætheder og biomasser opnås ved klorofylniveauer mellem 50 til 150 µg/l for antal og mellem 50 til 100 µg klorofyl/l for bunddyrbiomassen i de danske søer større end 5 ha (intensive søer + ekstensiv 1 søer).

Særligt i dybe, næringsrige søer vil der opstå dårlige iltforhold i løbet af sommeren. Bunddyrsbiomassen må således forventes at aftage ved høje klorofylniveauer.



Figur 6.2 Individtætheden af bunddyr (antal pr. m^2) og biomasse (gram tørvægt pr. m^2) i profundalzoneen i relation til klorofylkoncentrationen i søvandet (sommergennemsnit) i intensiv - og ekstensiv 1 søerne. Øverst søer med maksimumsdybde mindre end 3 meter, i midten søer med maksimumsdybde mellem 3 og 6 meter og nederst søer med maksimumsdybde større end 6 meter. Lyse punkter angiver søer med dækningsgrad for undervandsvegetation $> 10\%$ (dybe søer $> 1\%$), mørke punkter søer med dækningsgrader $< 10\%$ (dybe søer $< 1\%$). * søer uden dækningsgradsanalyser.

Dybdens betydning for biomasse og antal er vist i figur 6.2. Umiddelbart har dybden ikke den store indflydelse på bunddyrstætheden, hvilket kan hænge sammen med at stort set alle dybe søer med høje næringsstofniveauer har iltfrie forhold i kortere eller længere perioder. De største antal og biomasser opnås dog i de lavvandede søer.

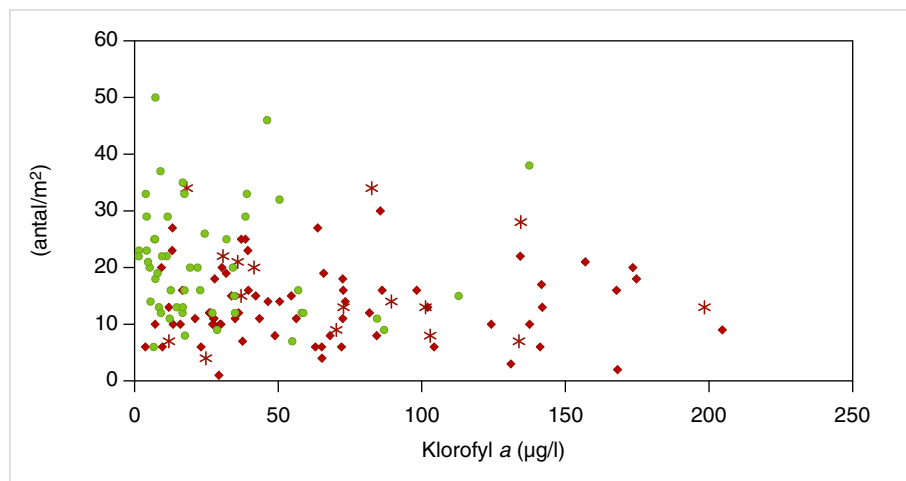
I de lavvandede søer er der aftagende antal og biomasse med stigende klorofylkoncentration (næringsstofniveau) De største biomasser er registreret i søer med klorofylkoncentrationer omkring $75 \mu\text{g/l}$. Her er der målt biomasser op til $10 \text{ g tv}/m^2$. Tilsvarende har søer med maksimumsdybder større end 6 meter biomasser på maksimalt $3\text{-}4 \text{ g tv}/m^2$ ved et klorofylniveau omkring $75 \mu\text{g/l}$. I de dybe søer opnås biomassemaksimum (omkring $5 \text{ g tv}/m^2$) for bunddyrene ved et klorofylniveau omkring $25 \mu\text{g/l}$.

Som for biomasse og individtæthed er der stor variation i antallet af taxa i de undersøgte søer. I søer med gennemsnitlige klorofylkoncentrationer på mindre end 50 µg/l varierer antallet af taxa fra 1 til 50. De fleste søer med større dækning af undervandsvegetation har et lavt klorofylniveau, og i disse søer er der registreret et relativt stort antal bunddyrstaxa. En af årsagerne er, at undervandsplanterne sikrer fysisk variation i søen og mulighed for forekomst af plantetilknyttede arter.

I takt med et stigende klorofylniveau aftager antallet af arter, men der er dog fortsat et relativt stort antal taxa ved gennemsnitlige klorofylkoncentrationer op til ca. 150 µg/l. Det skal nævnes, at den taxonomiske detaljeringsgrad varierer mellem søerne, og at dette kan influere på opgørelsen af artsantallet.

Figur 6.3 Antal taxa af bunddyr som funktion af de intensive og ekstensive 1 søernes klorofylkoncentration (sommergennemsnit) Lyse punkter angiver søer med undervandsvegetation > 10 % dækningsgrad, mørke punkter søer med dækningsgrad af undervandsvegetation < 10 %.

* Søer uden dækningsgradsanalyser.



Undervandsvegetation kan have betydning for forekomsten af bunddyr, blandt andet fordi bundvegetation skaber et mere forskelligartet miljø og gør det muligt for plantetilknyttede arter at forekomme i søen.

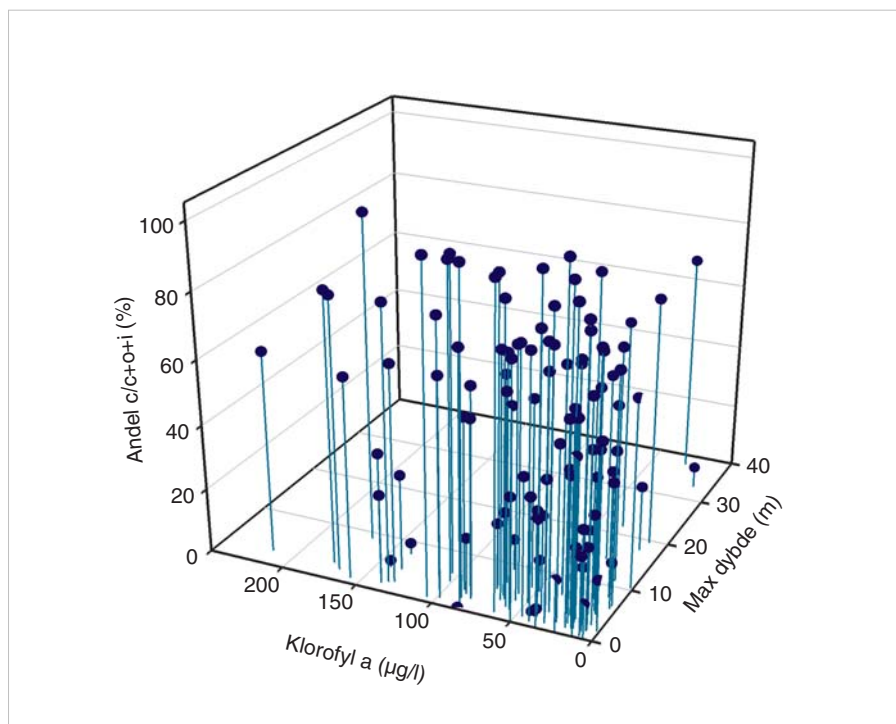
I lavvandede søer kan undervandsvegetation forekomme på store dele af søbunden og dermed skabe varierende bundforhold. I dybe søer vil undervandsvegetation sjældent have mulighed for at vokse helt ud i profundalزونen.

I de lavvandede søer er bunddyrenes biomasse væsentligt større i søer med undervandsvegetation end i søer uden, hvorimod der ikke er nogen forskel i antallet af bunddyr. I dybere søer med maksimumsdybder større end 3 meter er der derimod ikke nogen forskel i hverken biomasse eller antal, hvad enten søen har et væsentligt vegetationsdække eller ej. Uanset dækningsgrad har vegetationen således ikke den samme indflydelse på bunddyrenes forekomst på søbunden i de dybe søer som i de lavvandede, hvilket hænger sammen med, at vegetationen i højere grad har mulighed for at vokse over hele søbunden i de lavvandede søer end i de dybe.

Ved test af antal og biomasse for søer med dækningsgrader henholdsvis større og mindre end 10 % (dybe søer større eller mindre end 1 %) er der en statistisk signifikant højere biomasse i søer med stor dækningsgrad af undervandsplanter end i søer med relativt lille dækningsgrad (t-test, $p < 0,01$). Denne forskel kan dog ikke eftervises i forhold til antal.

Mængde og sammensætning af bunddyr afhænger af flere faktorer. I profundalزونen er bunddyrene som nævnt følsomme over for lave ilt-

Figur 6.4 Chironomidernes procentvise andel af den samlede biomasse af chironomider+oligochaeter+andre insektlarver som funktion af klorofylniveau (sommern gennemsnit) og maksimumsdybde i de undersøgte NOVANA-søer.



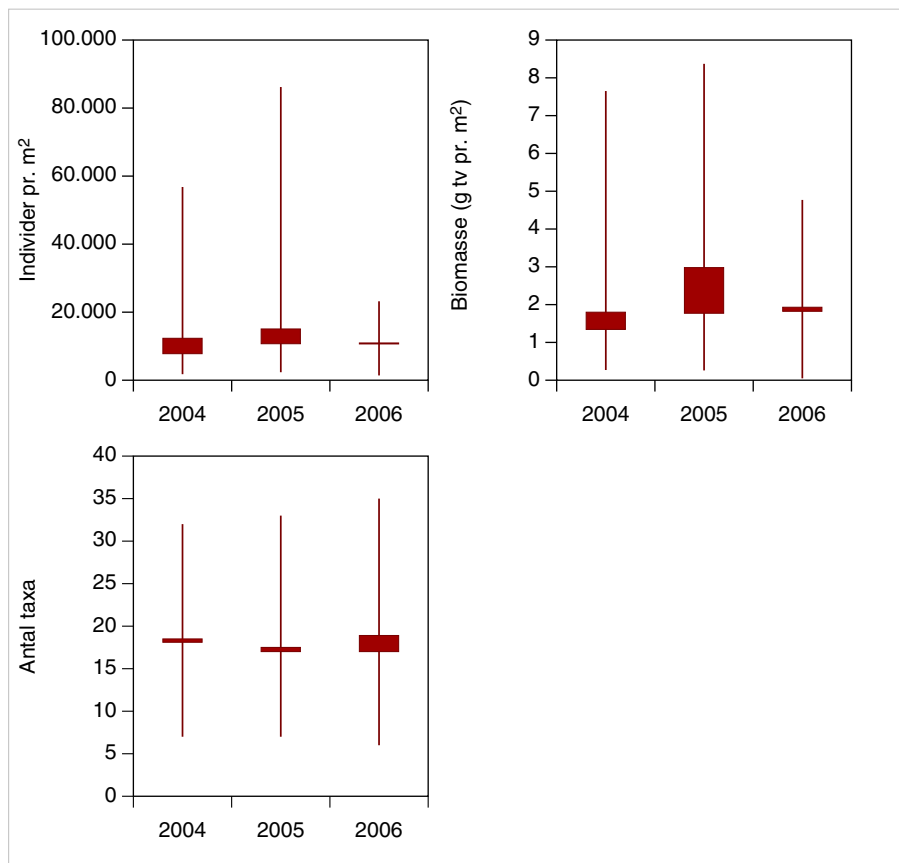
koncentrationer og dermed også eutrofiering. Der kan ligeledes være forskel på de forskellige gruppers tolerance, fx er chironomider generelt mere tolerante over for lave iltkoncentrationer, end oligochaeter er det.

Næringsrige og periodevist iltfattige forhold i de dybere søer favoriserer chironomider frem for andre bunddyr, fordi de kan tolerere lavere iltindhold. Figur 6.4 viser, at insekter og oligochaeter udgør en større andel af biomassen i lavvandede og næringsfattige søer (lave værdier på figuren), mens dybe søer med højt klorofylindhold oftest er domineret af chironomider.

6.2 Årsvariation i de intensive søers bunddyr

Som det er beskrevet i foregående afsnit er variationen i bunddyrbiomasse og antal i de undersøgte søer stor. Derimod er variationen i de intensivt undersøgte søer, hvor der nu er undersøgelser fra 2004, 2005 og 2006, generelt betragtet temmelig beskeden.

Figur 6.5 Individtætheden af bunddyr (antal pr. m²) og biomasse (gram tørvægt pr. m²) samt antal taxa i profundalzonen i de 23 intensive søer i 2004, 2005 og 2006. (min. -, median -, gennemsnits- og maksimumsværdier).



Figur 6.5 viser udviklingen i bunddyrstæthed, biomasse og antal taxa i de 23 intensivt overvågede søer fra 2004 til 2006. Der er meget lille variation mellem de tre år. Såvel middel- som medianværdierne for de 23 søer er stort set konstante for perioden, hvilket i øvrigt fint modsvarer, at der ikke været nogen væsentlige ændringer i de kemiske og biologiske forhold i de tre år for gruppen af intensive søer generelt. Dog forekommer det, at der har været en mindre tilbagegang i såvel individantal som biomasse fra 2005 til 2006.

Maksimumværdierne for antal bunddyr i 2004 og 2005 skyldtes høje forekomster af henholdsvis Ostracoder (muslinge krebs) i 2004 og Chironomidslægten Tanytarsus i 2005 i Engelsholm Sø. De næsthøjeste værdier i de to år lå omkring 30.000 individer pr m² og dermed nogenlunde på 2006-niveau.

7 NOVANA søernes fordeling på naturtype

I det følgende præsenteres en opgørelse over NOVANA søernes fordeling på beskyttede naturtyper i Habitatdirektivet.

De fem beskyttede naturtyper er:

Naturtype 3110 – Lobeliesø: Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (lobeliesøer).

Naturtype 3130 – Ret næringsfattige søer og vandhuller: Søer og vandhuller, hvor der vokser små amfibiske planter på lavt vand eller på tidvis udtørret bund.

Naturtype 3140 – Kransnålalgesø: Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger.

Naturtype 3150 – Næringsrig sø: Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks

Naturtype 3160 – Brunvandet sø: Brunvandede søer og vandhuller.

NOVANA søprogrammet omfatter over en 6-årig programperiode i alt 23 intensive større søer og 1064 ekstensive større søer, mindre søer samt småsøer og vandhuller.

I dette afsnit indgår alle intensive og ekstensive 1 søer samt de ekstensive 2 og 3 søer, som er undersøgt i perioden 2004-2006.

For naturtype 3110 og 3130 er datamaterialet suppleret med data indsamlet i forbindelse med undersøgelse af forekomsten af Lobeliesøer i Danmark før og nu (*Andersen et al., 2005*). Denne undersøgelse omfatter søer mindre end og større end 1 ha..

Habitattyperne er som udgangspunkt plantesamfundstyper (*Søgaard et al., 2003*). Derfor er det plantesamfundet, der er afgørende, og vandkemi, der understøtter en given bedømmelse (*Buchwald, E., pers. medd.*) Derfor kan der som udgangspunkt være flere naturtyper i en og samme sø. I denne opgørelse er den enkelte sø dog kun henført til én naturtype baseret på plantesamfundet.

Til bestemmelse af naturtype i Habitatdirektiv-sammenhæng er en prioriteringsrækkefølge defineret i " Nøgle til identifikation af danske naturtyper på habitatdirektivet" Appendix 4.a, Habitatnøgle og Appendix 4.b, Habitatbeskrivelser, på linket:

<http://www.dmu.dk/Overvaagning/Fagdatacentre/Biodiversitet+og+terrestrisk+natur/Tekniske+anvisninger/>.

For at præsentere udbredelsen af de karakteristiske arter så fyldestgørende som muligt er det i denne sammenhæng valgt også at vise forekomster af eksempelvis lobelie under naturtype 3110 – Lobeliesøer, selvom den på-

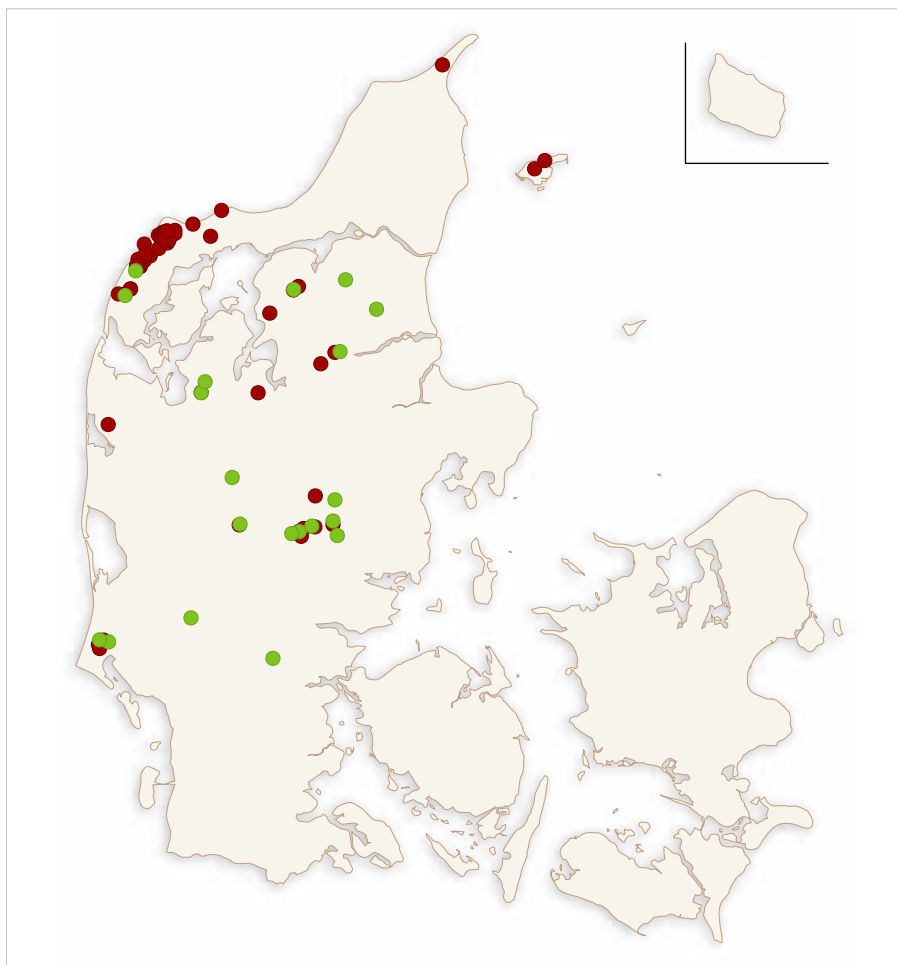
gældende sø er brunvandet med et farvetal større end 60 og derfor i Habitatdirektiv-sammenhæng skal karakteriseres som brunvandet sø.

Lobeliesø - Naturtype 3110

Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (lobeliesøer) på sandbund med forekomst af grundskudsplanter. Grundskudsplanterne udviser ofte en typisk zonerings, hvor strandbo og lobelie dominerer på lavt vand og brasenføde på dybere vand.

En sø karakteriseres som lobeliesø, hvis der er forekomst af tvepibet lobelie, sortgrøn- og gulgrøn brasenføde og/eller sylblad og fin bunke.

Figur 7.1 Kendte eksisterende forekomster af lobeliesøer i Danmark. Et punkt kan repræsentere flere små og nært placerede vandområder. Lyse punkter – NOVANA søer, mørke punkter – søer registreret af Andersen *et al.* (2005).



Tyve NOVANA-søer kan karakteriseres som lobeliesøer bedømt ud fra NOVANA-programmets vegetationsundersøgelser. I analysen er der desuden anvendt datamateriale indsamlet af Troels Andersen, Ole Pedersen og Frede Østergård Andersen over danske Lobelieforekomster i de seneste 100 år (Andersen *et al.*, 2005).

I alt er der 97 registrerede recente lobelie-lokaliteter i Danmark.

Søtypen forekommer primært på sandede jorder i den vestlige og nordlige del af Jylland, herunder på Læsø. Derudover findes lobeliesøerne fortsat på sandede jorder i det midtjyske søhøjland samt i den nordlige del af Jylland mellem Mariager Fjord og Limfjorden. Der er ikke lobeliesøer på Sjælland og øerne længere.

Ret næringsfattige søer og vandhuller - Naturtype 3130

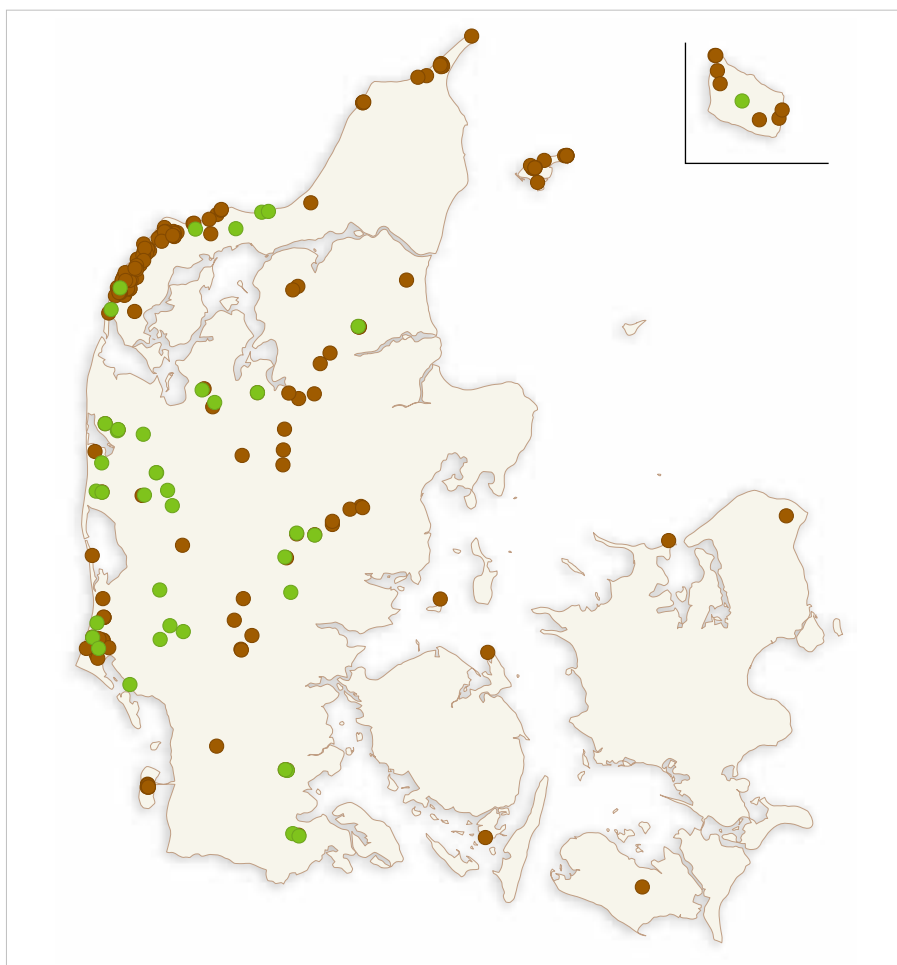
Næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden.

Søer og vandhuller, hvor der vokser små amfibiske planter på lavt vand eller på tidvis udtørret bund. Søerne har forholdsvis næringsfattigt vand (oligo- til mesotrofe) og er ofte små og temporære.

Der er 39 undersøgte NOVANA-søer i gruppen. Figur 7.2 viser både NOVANA-søer og søer, der er registreret af Andersen *et al.* (2005).

Søer med forekomst af strandbo, men ikke andre grundskudsplanter er i denne sammenhæng henført til denne kategori. I alt er der registreret 190 lokaliteter af denne søtype.

Figur 7.2 Kendte eksisterende forekomster af naturtype 3130 i Danmark. Lyse punkter er NOVANA-søer, mørke punkter er søer registreret af Andersen *et al.* (2005).



Naturtypen forekommer spredt i Danmark men dog med en væsentlig hovedvægt i det vestlige Jylland. På Bornholm er der registreret 7 lokaliteter, der tilhører naturtype 3130. Dog skal det nævnes, at Strandbo kun er registreret på en enkelt af lokaliteterne ved undersøgelser i 2006 (Simonsen, S., pers. medd.).

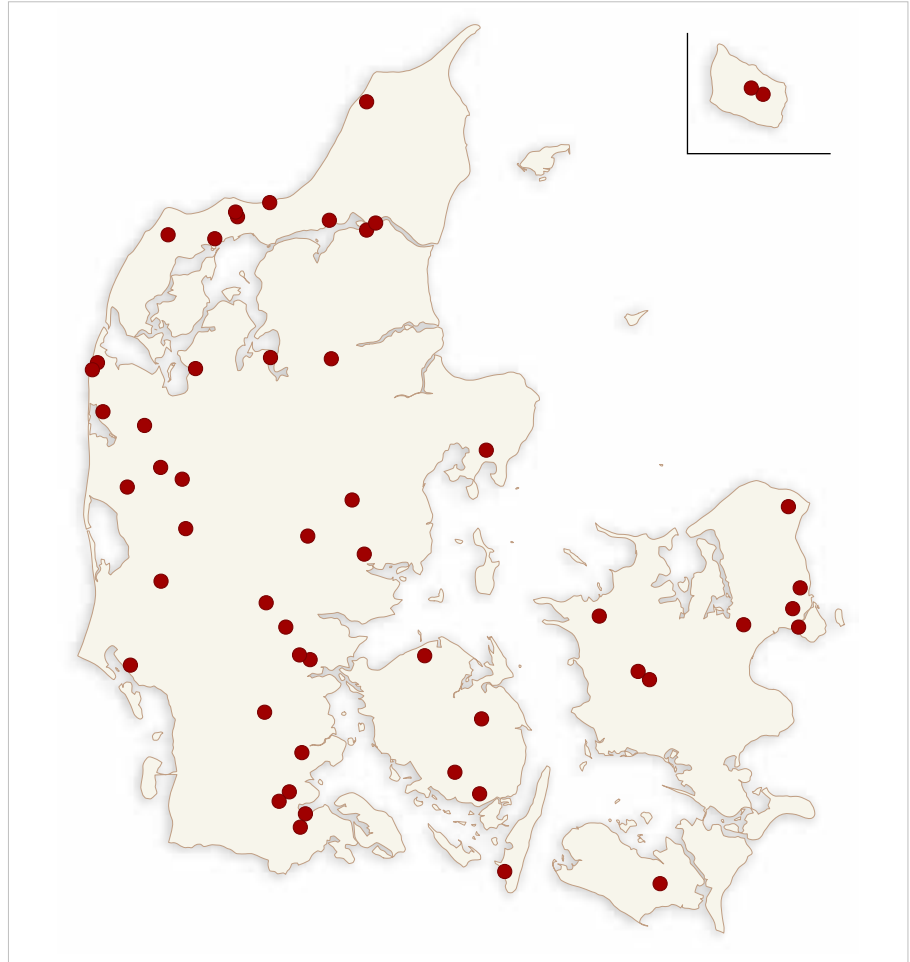
Kransnålalgesø - Naturtype 3140

Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger, der typisk forekommer i ret kalkrige søer, som er rene eller kun lidt forurenede. Søtypen er i denne sammenhæng karakteriseret som søer, hvor kransnålalger udgør en del af vegetationen.

Ca. 60 undersøgte NOVANA-søer er placeret i denne kategori. Søtypen har en relativt ringe forekomst i Danmark, hvor alkaliske søer alene på grund af den naturlige tilførsel af næringsstoffer fra oplandet typisk vil resultere i så højt næringsniveau, at søen skal henføres til naturtype 3150.

Yderligere vil der være en række søer, som huser såvel grundskudsplanter som kransålbølger. Disse søer er som nævnt henført til naturtyperne 3110 – lobeliesøer eller 3130 – ret næringsfattige søer og vandhuller.

Figur 7.3 Undersøgte NOVANA-søer klassificeret som kransålbølgesøer.



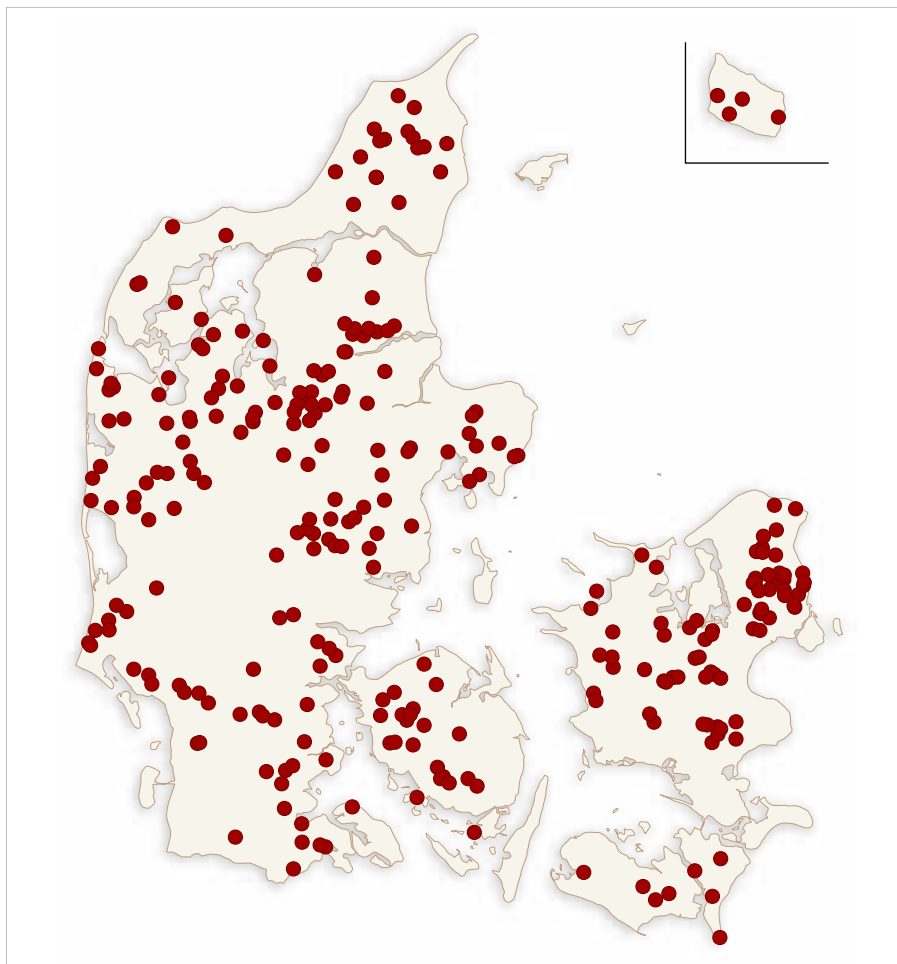
Naturtypen forekommer spredt over hele Danmark, men antallet af lokaliteter er reduceret i de sidste 100 år på grund af eutrofiering og dræning/opfyldning.

Næringsrige søer - Naturtype 3150

Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller visse store vandaks.

Vandet kan være rent og klart med mange undervandsplanter eller mere eller mindre uklart på grund af tilførsel af næringsstoffer med udelukkende flydeplanter i søen.

Figur 7.4 Undersøgte NOVANA-søer større end 1 ha tilhørende naturtype 3150.



I alt 283 undersøgte NOVANA-søer i alle størrelseskategorier kan karakteriseres som naturtype 3150-næringsrige søer. På figur 7.4 er kun præsenteret data for søer større end 1 ha. Da en sø tilhører naturtypen, blot der er registreret et enkelt eksemplar af eksempelvis liden andemad (*lemna minor*), vil en forholdsvis stor del af vandhuller og småsøer i ekstensiv 3 programmet tilhøre naturtypen. For overskuelighedens skyld er vandhullerne derfor ikke medtaget i figur 7.4.

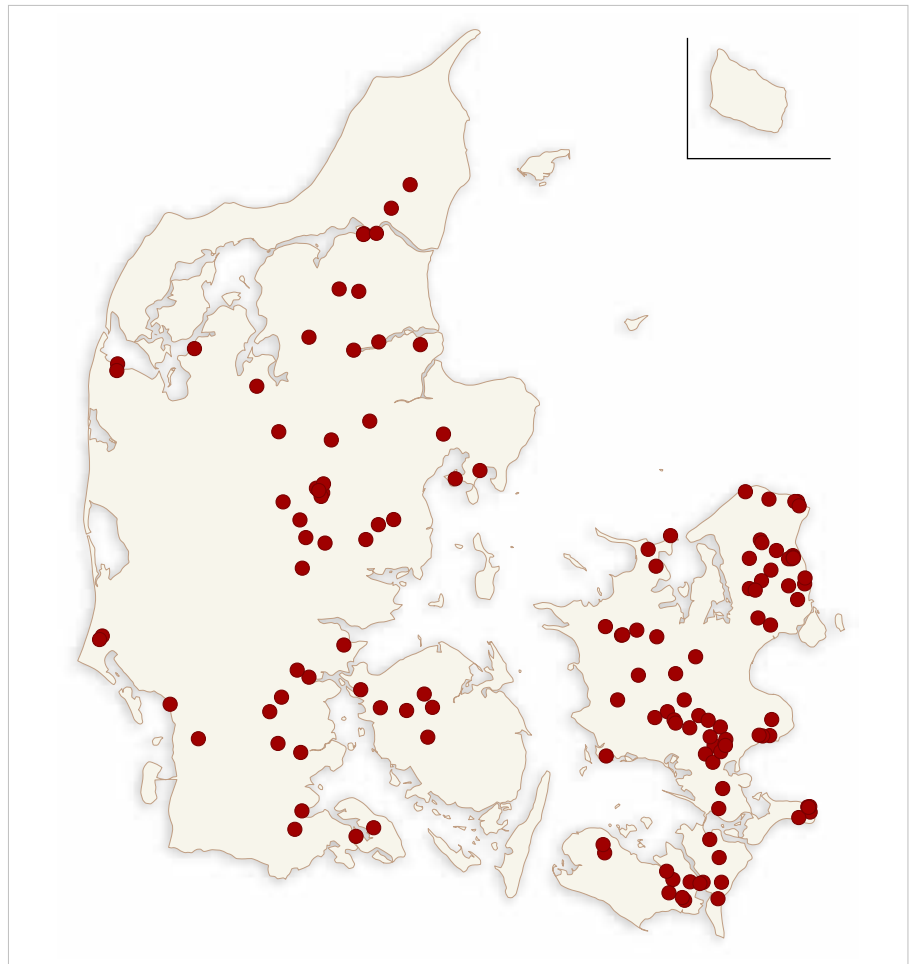
Naturtypen forekommer spredt over hele Danmark.

Søer, der ikke er omfattet af Habitatdirektivet

Figur 7.5 viser de NOVANA-søer, som ikke er omfattet af Habitatdirektivet – 135 i alt. Disse søer er uden forekomst af de karakteristiske undervandsplanter, og farvetallet er mindre end 60 mg Pt/l.

Der er primært tale om mindre søer og vandhuller blandt ekstensiv 2 og 3 søerne. Dog tilhører 32 ekstensiv 1 søer og en intensiv sø (Utterslev Mose) denne kategori.

Figur 7.5 NOVANA-søer, der ikke er omfattet af Habitatdirektivet.



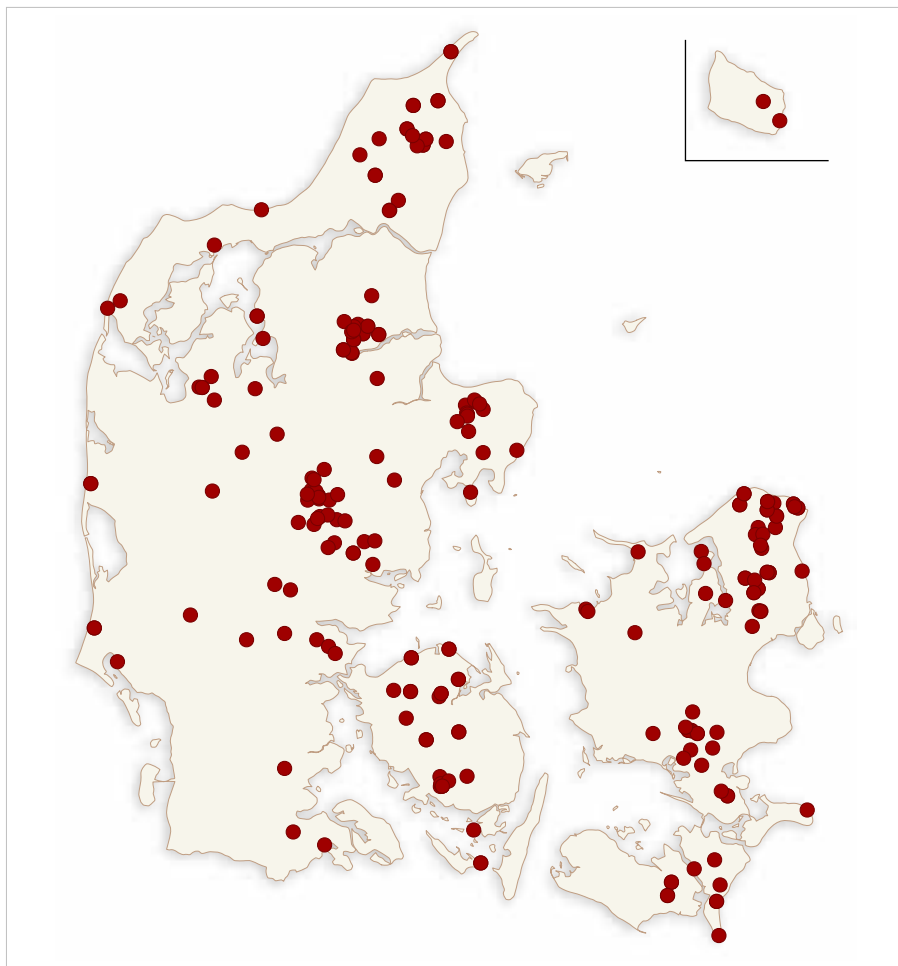
Søerne er meget næringsrige typisk med høje fosforkoncentrationer og meget lav sigtddybde. Som man kan se på figur 7.5, forekommer denne gruppe af søer primært i Østjylland, delvist på Fyn men specielt på Sjælland, Lolland og Falster.

Brundvandede søer - Naturtype 3160

Søer og vandhuller med brunligt vand foranlediget af indhold af humus-stoffer.

Farvetal er større end 60 mg Pt/l (*Søndergaard et al., 2003b*): Definition på brunvandede og kraftigt brunvandede søer).

Figur 7.6 Undersøgte NOVANA-søer med farvetal større end 60 mg Pt/l.



Ifølge nøgle til identifikation af danske naturtyper i Habitatdirektivet skal type 3160-brunvandede søer og vandhuller defineres som humøs/brunvandet, uafhængigt af hvilke planter, der er til stede, eller om der er nogen overhovedet. Der kan i Habitatdirektivsammenhæng således være plantesamfund/-arter fra de andre sønaturtyper, uden at det skal komme til udtryk i typebestemmelsen (fx lobelia, kransnålalger eller andemad) (*Buchwald E., pers. medd.*).

Figur 7.6 omfatter derfor alle undersøgte NOVANA-søer med et farvetal større end 60 mg Pt/l, uanset om søerne også findes i en af de foregående figurer for de øvrige beskyttede naturtyper, som er defineret ud fra forekomsten af karakteristiske arter.

Alt i alt er der registreret 227 brunvandede NOVANA-søer. Heraf er 120 søer uden nogen af de arter af undervandsvegetation, som henfører til en beskyttet sønaturtype og med stor sandsynlighed uden undervandsvegetation overhovedet.

Søtypen findes spredt over hele landet på tørvejord, i hede- og moseområder samt i skove med lav pH i jordbunden.

Småsøer og vandhuller udgør en relativ stor andel af de brunvandede søer. Da disse søtyper af logistiske hensyn typisk bliver undersøgt i afgrænsede områder i de enkelte år, er fordelingen af de undersøgte søer klumpet og ikke jævnt fordelt over landet.

Fordeling af NOVANA-søer på naturtyper

Tabel 7.1 Oversigt over antallet og den procentvise fordeling af undersøgte NOVANA-søer på de beskyttede naturtyper i Habitatdirektivet.

Naturtype	3110	3130	3140	3150	3160	ikke omfattet	I alt
Antal NOVANA-søer	20	39	60	283	120(227*)	135	657
Fordeling i %	3	6	9	43	18 (35*)	21	100

*) Nogle søer er "dobbeltregistreret" som både type 3160 og en af de andre naturtyper. I forhold til Habitatdirektivet har naturtype 3160 forrang over for de øvrige naturtyper. I Habitatdirektiv-sammenhæng er det rette antal brunvandede NOVANA søer 227, som udgør 35 % af det samlede antal. Øvrige nævnte naturtyper skal i denne sammenhæng dermed reduceres i antal.

Hovedparten af NOVANA-søerne tilhører de næringsrige søer i naturtype 3150 (43 %). De mest næringsfattige naturtyper, lobeliesøerne (naturtype 3110) og de ret næringsfattige søer og vandhuller (naturtype 3130) udgør mindre end 10 % af det samlede antal (Tabel 7.1). Af de hidtil 657 undersøgte NOVANA søer er der endvidere 135 eller 21 %, som ikke er omfattet af Habitatdirektivet.

Naturtype 1150 – Kystlaguner og strandsøer omfatter vandområder med mere eller mindre brakt vand, som er helt eller næsten helt adskilt fra havet (*Pihl, 2000*). Blandt de 657 undersøgte NOVANA søer er der 7 søer, der har en saltholdighed mellem 0,5 og 2,0 promille, 2 søer mellem 2,0 og 5,0 promille og 6 søer med en promille større end 5,0. I opgørelsen i tabel 7.1 er der ikke taget hensyn til søernes saltholdighed. Saltholdigheden er heller ikke inddraget ved udvælgelsen af NOVANA søerne og de nævnte antal er altså ikke repræsentative for fordelingen af brakvandssøer i Danmark i forhold til det samlede antal søer.

8 Klimatiske forhold

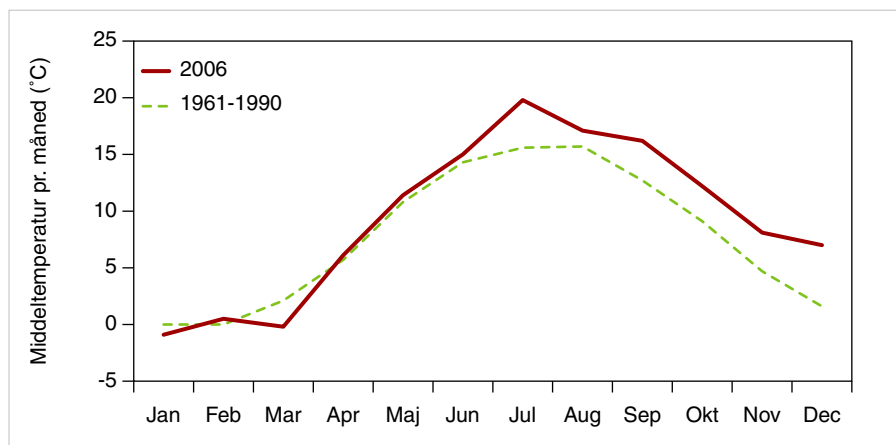
Variationer i de klimatiske forhold kan både direkte og indirekte influere på søernes miljøtilstand. I nedbørsrige år med stor afstrømning vil der generelt være en større næringsstofftilførsel til søerne – specielt af kvælstof. Vandopholdstiden vil til gengæld være kort, og derfor vil der være tendens til, at stoff tilbageholdelsen 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.

I dette afsnit gives derfor en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2006 sammenlignet med "normalperioden", som er defineret som årene 1961-1990. De klimatiske data er baseret på oplysninger fra Statens Plantevlvsforsøg, Afdeling for Arealdata (data før 1998,) samt Meteorologisk Institut (Cappelen, 2007 og www.dmi.dk).

8.1 Temperatur

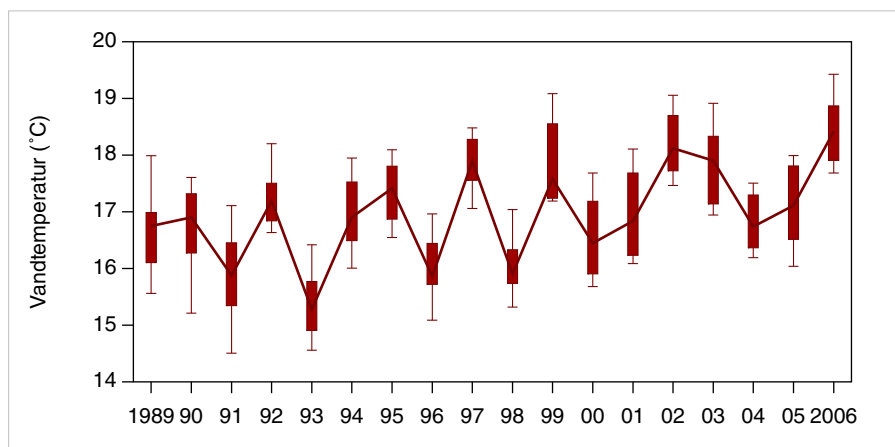
2006 var varmere end normalt, og tendensen i de senere år imod stigende temperaturer blev dermed fortsat. Årsmiddeltemperaturen var 9,4 °C imod 7,7 °C som normalen for sammenligningsperioden 1961-1990.

Figur 8.1 Sammenligning af den månedlige middeltemperatur (°C) i 2006 og middelen for perioden 1961 til 1990. Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



Figur 8.1 viser den månedlige middeltemperatur gennem 2006. I årets første halvdel indtil juni måned varierede middeltemperaturen ikke væsentligt fra normalen. Den største afvigelse var i marts, som var ca. 2 °C koldere end normalen. Fra og med juli og året ud var det i 2006 imidlertid varmere end normalt og alt i alt resulterede den varme periode fra juli til december i, at middeltemperaturen var 1,7 °C højere end normalen (1961-1990).

Figur 8.2 Den gennemsnitlige vandtemperatur i overfladevandet i de 20 overvågningssøer for sommerperioden for de enkelte år fra 1989 til 2006.



Vandtemperaturerne i søerne responderer på de aktuelle lufttemperaturer og indstrålingsforhold, hvorfor vandtemperaturen i overvågningssøerne også var høj i 2006 (figur 8.2) og var de højeste gennemsnitstemperaturer siden 1989. År til år variationer i temperaturen har dog væsentlig indflydelse på udviklingen i vandtemperaturen i søerne. De lavere gennemsnitstemperaturer i eksempelvis 2004 og 2005 vurderes således at være et resultat af relativt kolde sommermåneder i de pågældende år (Lauridsen et al., 2005).

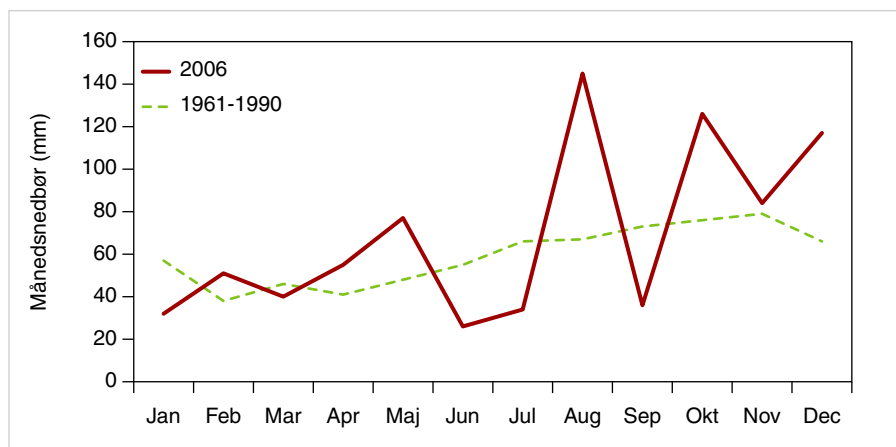
8.2 Nedbør

Årsnedbøren var som gennemsnit over hele landet (ekskl. Bornholm) 823 mm, hvilket er 15 % mere end gennemsnittet for perioden 1961-1990 (Cappelen, 2007). Som normalt faldt den største del af nedbøren over den vestlige del af Danmark. 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 fortsat i 2006 (figur 8.3).

Den generelt stigende nedbør dækker dog over store udsving fra måned til måned. Fra januar til maj var nedbøren tæt på normalen. Juni og juli var derimod meget tørre med et nedbørsniveau, der kun var omkring 50 % af normalniveauet. De to tørre måneder blev i august afløst af en meget våd periode med en nedbørsmængde på 145 mm pr. måned (normal = 67 mm pr. måned). September var relativt tør, og endelig var årets tre sidste måneder i 2006 igen mere våde end sammenligningsperioden.

Alt i alt var nedbøren altså 15 % større end gennemsnittet for årene 1961-1990 med relativt store afvigelser fra måneds-normalen, specielt i årets sidste 7 måneder fra juni til december.

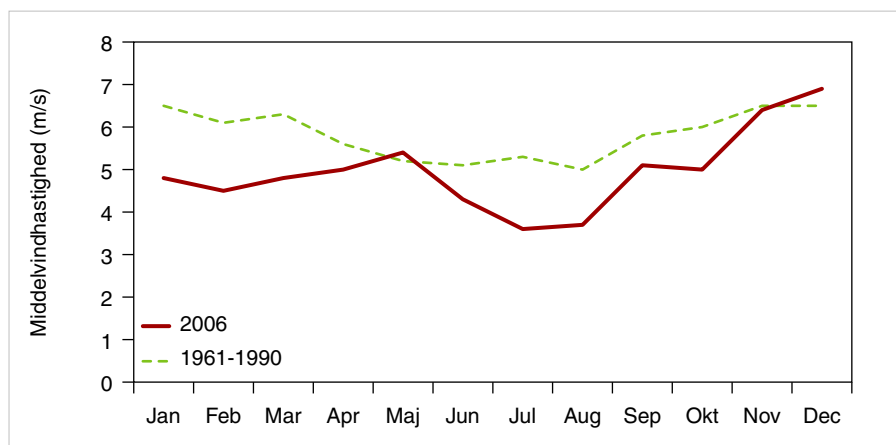
Figur 8.3 Sammenligning af den månedlige nedbør (mm/l md¹) i 2006 og middelen for perioden 1961 til 1990. Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



8.3 Vindforhold

Den gennemsnitlige vindhastighed for hele Danmark var i 2006 mindre end gennemsnittet for perioden fra 1961-1990. 5 m/s imod et gennemsnit på 5,8 m/s.

Figur 8.4 Sammenligning af den månedlige middelvind-hastighed (m/s) i 2006 og middelen for perioden 1961-1990. Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



Kun i maj og november, december var middel vindhastigheden lige så høj som i sammenligningsperioden. I den øvrige del af året var der mere vindstille end normalt (figur 8.4).

8.4 Sammenfatning

2006 var relativ varm, nedbørsrig og med mindre vind sammenlignet med "normalen" fra 1961-1990.

Lufttemperaturen var dog først højere end normalen fra juni og året ud. Men den varmere sommer var tilstrækkelig til at sikre, at gennemsnits-temperaturen i overfladevandet i de 20 intensive overvågningssøer var den højeste siden 1989.

Årsnedbøren var som gennemsnit for hele landet 15 % over normalen. Specielt var august og oktober væsentlig mere nedbørsrige end normalt, hvorimod der kun kom halvdelen af normalnedbøren i juni og juli.

9 Referencer

Andersen, T., Pedersen, O. & Østergård Andersen, F. (2005): Udbredelse af Strandbo før og nu. *Vand & Jord* 4: 136-139.

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

Cappelen, J. (2007): Teknisk rapport 07-01. Danmarks klima 2006 med Torshavn, Færøerne og Nuuk, Grønland. Danmarks Meteorologiske Institut.

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.

Jeppesen, E., Søndergaard, M., Søndergaard, M. & Christoffersen, K. (eds.) 1998: The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. Springer. - Ecological Studies 131: 423 pp. *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>

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

Søgaard, B., Skov, F., Ejrnæs, R., Nielsen, K.E., Pihl, S., Lauersen, K., Bregnballe, T., Madsen, J., Baattrup-Pedersen, A., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Møller, P.F., Riis-Nielsen, T., Butteschøn, R.M., Fredshavn, J., Aude, E. & Nygaard, B. (2003): Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 462 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 457. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

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. (2003a): 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. (redaktører), Bradshaw, E., Skovgård, H. & Grünfeld, S. (2003b): Vandrammedirektivet og danske søer. Del 1: Søtyper, referencetilstand og økologiske kvalitetsklasser. Danmarks Miljøundersøgelser. 142s. – Faglig rapport fra DMU nr. 475. http://:faglige_rapporter.dmu.dk

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet. På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.

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

Yderligere information: www.dmu.dk

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

Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afdeling for Systemanalyse
Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Afdeling for Marin Økologi
Afdeling for Miljökemi og Mikrobiologi
Afdeling for Arktisk Miljø

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

Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afdeling for Marin Økologi
Afdeling for Terrestrisk Økologi
Afdeling for Ferskvandsøkologi

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/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

Nr./No.	2007
635	Håndbog om dyrearter på habitatdirektivets bilag IV – til brug i administration og planlægning. Af Søgaard, B. et al. 226 s.
634	Skovenes naturtilstand. Beregningsmetoder for Habitatdirektivets skovtyper. Af Fredshavn, J.R. et al. 52 s.
633	OML Highway. Phase 1: Specifications for a Danish Highway Air Pollution Model. By Berkowicz, R. et al. 58 pp.
632	Denmark's National Inventory Report 2007. Emission Inventories – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1990-2005. By Illerup, J.B. et al. 638 pp.
631	Biologisk vurdering og effektundersøgelser af faunapassager langs motorvejsstrækninger i Vendsyssel. Af Christensen, E. et al. 169 s.
630	Control of Pesticides 2005. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krøngård, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 24 pp.
629	A chemical and biological study of the impact of a suspected oil seep at the coast of Marraat, Nuussuaq, Greenland. With a summary of other environmental studies of hydrocarbons in Greenland. By Mosbech, A. et al. 55 pp.
628	Danish Emission Inventories for Stationary Combustion Plants. Inventories until year 2004. By Nielsen, O.-K., Nielsen, M. & Illerup, J.B. 176 pp.
627	Verification of the Danish emission inventory data by national and international data comparisons. By Fauser, P. et al. 51 pp.
626	Trafikdræbte større dyr i Danmark – kortlægning og analyse af påkørselsforhold. Af Andersen, P.N. & Madsen, A.B. 58 s.
625	Virkemidler til realisering af målene i EU's Vandrammedirektiv. Udredning for udvalg nedsat af Finansministeriet og Miljøministeriet: Langsigtet indsats for bedre vandmiljø. Af Schou, J.S. et al. 128 s.
624	Økologisk Risikovurdering af Genmodificerede Planter i 2006. Rapport over behandlede forsøgsudsætninger og markedsføringsager. Af Kjellsson, G. et al. 24 s.
623	The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2006. By Kemp, K. et al. 41 pp.
622	Interkalibrering af marine målemetoder 2006. Hjorth, M. et al. 65 s.
621	Evaluering af langtransportmodeller i NOVANA. Af Frohn, L.M. et al. 30 s.
620	Vurdering af anvendelse af SCR-katalysatorer på tunge køretøjer som virkemiddel til nedbringelse af NO ₂ forureningen i de største danske byer. Af Palmgren, F., Berkowicz, R., Ketzel, M. & Winther, M. 39 s.
619	DEVANO. Decentral Vand- og Naturovervågning. Af Bijl, L. van der, Boutrup, S. & Jensen, P.N. 35 s.
618	Strategic Environmental Impact Assessment of hydrocarbon activities in the Disko West area. By Mosbech, A., Boertmann, D. & Jespersen, M. 187 pp.
617	Elg i Danmark. Af Sunde, P. & Olesen, C.R. 49 s.
616	Kvælstofreduktionen fra rodzonen til kyst for Danmark. Fagligt grundlag for et nationalt kort. Af Blicher-Mathiesen, G. et al. 66 s.
615	NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-09. Del 2. Af Bijl, L. van der, Boutrup, S. & Jensen, P.N. 119 s.
614	Environmental monitoring at the Nalunaq Gold Mine, South Greenland 2006. By Glahder, C.M. & Asmund, G. 26 pp.
613	PAH i muslinger fra indre danske farvande, 1998-2005. Niveauer, udvikling over tid og vurdering af mulige kilder. Af Hansen, A.B. 70 s.
612	Recipientundersøgelse ved grønlandske lossepladser. Af Asmun, G. 110 s.
611	Projection of Greenhouse Gas Emissions – 2005-2030. By Illerup, J.B. et al. 187 pp.
610	Modellering af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning. Af Sørensen, P.B. et al. 41 s.
609	OML : Review of a model formulation. By Rørdam, H., Berkowicz, R. & Løfstrøm, P. 128 pp.

Rapporten giver en status for den nationale søovervågning i 2006 og beskriver udviklingen i udvalgte indikatorer siden overvågningsprogrammets start i 1989.

Samlet set er miljøtilstanden forbedret siden 1989. Forbedringerne kan tydeligst ses i vandkemien, men søvandet er generelt også blevet mere klart.