

NOVANA

Søer 2004

Indikator- og fokusrapport

NATUR- og VANDMILJØovervågning



Fyns Amt

Maj 2005

NOVANA

Søer 2004

Indikator- og fokusrapport

NATUR- og VANDMILJØovervågning



Fyns Amt

Maj 2005

Titel: Søer 2004. NATUR- og VANDMILJØovervågning

Udgiver: Fyns Amt
Natur- og Vandmiljøafdelingen
Ørbækvej 100
5220 Odense SØ

Telefon: 6556 1000
Telefax: 6556 1505
E-mail: anv@fyns-amt.dk

Udgivelsesår: Maj 2005

Forfattere: Jonas Hansen
Tom Rugaard
Kjeld Sandby Hansen

Grafik: Lene Hildebrandt
Morten Kruse

Teknisk assistance: Susanne Roed Christensen
Hans Brendstrup
Lene Hildebrandt
Jette Christiansen
Birgit Jacobsen
Morten Kruse

Forside: Foto: Jette Christiansen

Kortmateriale: Copyright Kort- og Matrikelstyrelsen 1992/KD.86.1023

ISBN 87-7343-593-7

Tryk: Fyns Amt Svanemærket. Licensnr. 541.528

Oplag: 100

Indholdsfortegnelse

	Side
Forord	4
1. Indledning	6
2. Klima	8
3. Arreskov Sø	10
3.1 Generel karakteristik	10
3.2 Total-fosfor	14
3.3 Total-kvælstof	16
3.4 Klorofyl og sigtddybde	18
3.5 Vegetation	20
Fokusemne	
3.6 Fosfor	24
3.6.1 Kilder til fosforbelastningen	24
3.6.2 Fosforkoncentration og -tilbageholdelse	24
3.6.3 Fosfor i relation til biologien i søen	27
3.7 Bunddyr	30
3.7.1 Beskrivelse af artssammensætningen	30
3.7.2 Bunddyr i relation til total-fosfor og dybde	31
3.7.3 Bunddyr i relation til fiskesammensætning og -tæthed	32
3.8 Målsætning, sammenfatning og konklusioner	34
4. Søholm Sø	36
4.1 Generel karakteristik	36
4.2 Total-fosfor	40
4.3 Total-kvælstof	42
4.4 Klorofyl og sigtddybde	44
4.5 Vegetation	46
Fokusemne	
4.6 Fosfor	48
4.6.1 Kilder til fosforbelastningen	48
4.6.2 Fosforkoncentration og -tilbageholdelse	48
4.6.3 Fosfor i relation til biologien i søen	50
4.7 Målsætning, sammensætning og konklusioner	52
5. Ekstensive søer	54
6. Referencer	60
7. Bilag - Metodik anvendt ved bestemmelse af belastningen af Arreskov Sø	62

Forord

Tilbage i 1987 vedtog Folketinget den første danske vandmiljøplan (VMP I), der havde til formål at nedbringe næringsstofbelastningen af det danske vandmiljø. Målet med planen var således at reducere den samlede kvælstofudledning til vandmiljøet med 50% og fosforudledningen med 80%. Som led i planen blev der fra 1989 iværksat en øget overvågning af vandmiljøplanen.

VMP I indebar bl.a. en indsats målrettet mod en reduktion af spildevandsudledningen fra husholdninger og industri, samt en indsats målrettet en reduktion af landbrugets kvælstofudledning.

Siden er der kommet en vandmiljøplan II til i 1998, der skal sikre at landbruget lever op til VMP I's reduktionsmål for kvælstofudledningen. I 2004 blev vedtaget en Vandmiljøplan III målrettet en yderligere reduktion af landbrugets kvælstofudledning, samt som noget nyt en reduktion af landbrugets fosforudledning.

Vandmiljøplan III løber frem til 2015 - med evalueringer i 2008 og 2011:

- Landbrugets overskud af fosfor skal halveres - reduktion på ca. 25% frem til 2009 og yderligere 25% frem til 2015
- Udledningen af fosfor skal reduceres - der etableres 50.000 ha randzoner langs vandløb og søer
- Udvaskningen af kvælstof fra landbruget skal reduceres med minimum 13% frem til 2015
- Sårbar natur beskyttes - stop for udvidelse af husdyrbrug inden for 180.000 ha nye beskyttelseszoner
- Vandmiljøplan III forskningsprogram
- Styrkelse af økologien
- Gyllehandlingsplan - skærpede afstandskrav
- Forsøgsprojekter med balancemodeller til regulering af miljøtab

Vandmiljøplanerne samt vandmiljøovervågningen skal også medvirke til at sikre, at Danmark lever op til de internationale reduktionsmål for belastning af vandmiljøet og internationale krav om overvågning af vandmiljøet fastsat i Helsinki-konventionen, OSPAR-konventionen, og i EU's direktiver om vandmiljøforhold (Vandrammedirektivet, Habitatdirektivet, Fuglebeskyttelsesdirektivet, Nitratdirektivet m.fl.).

Vandmiljøplanens overvågningsprogram blev revideret i 1998, hvor et nyt nationalt overvågningsprogram for vandmiljøet trådte i kraft (NOVA 2003). Dette program er fra og med 2004 afløst af et kombineret vand- og naturovervågningsprogram, NOVANA. Overvågningen i NOVANA omfatter alle de forskellige led i vandkredsløbet samt naturen. Amterne er ansvarlige for gennemførelse af overvågningsaktiviteterne, der omfatter følgende områder: Naturområder, grundvand, vandløb, søer, særlige landovervågningsoplande, punktkilder (kommunale og industrielle spildevandsudledninger) samt kystnære havområder.

I 2000 vedtog EU Vandrammedirektivet. Vandrammedirektivet blev implementeret i dansk lovgivning i 2003, og de nuværende amtsråd blev udpeget som vanddistriktsmyndigheder. Fyns Amt har i denne forbindelse udarbejdet en basisanalyse af vanddistrikt 42 (Fyns Amt, 2004), der er indberettet til Miljøstyrelsen.

Vandrammedirektivet opererer med 3 typer overvågning: kontrolovervågning, operationel overvågning og undersøgelsesovervågning. I NOVANA indgår Vandrammedirektivets overvågningsforpligtelse vedrørende kontrolovervågning af grundvand og overfladevand. Endvidere vil NOVANA for de vandområder/vandforekomster og oplande hertil som er omfattet af programmet, kunne dække helt eller delvist den operationelle overvågning. På baggrund af erfaringer fra NOVANA og arbejdet i EU om fastlæggelse af overvågningsstrategien og -kravene foretages i løbet af 2005 og 06 de fornødne justeringer af NOVANA og det regionale tilsyn/den regionale overvågning for at dække direktivets krav med virkning fra 1. januar 2007.

Amterne udarbejder årligt rapporter over resultater af den regionale overvågning. Tilsvarende udarbejder Danmarks Miljøundersøgelser rapport om atmosfærisk stoftilførsel via nedbør og nedfald. Dette års rapporter vil således være den første afrapportering af NOVANA.

Rapporterne danner baggrund for landsdækkende oversigter, som udarbejdes af Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser. Endelig sammenfattes de landsdækkende oversigter til en årlig redegørelse til Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg.

Nærværende rapport udgør en del af Fyns Amts samlede rapportering af vandmiljøovervågningen i 2004, som omfatter følgende rapporter:

- Punktkilder 2004 (ISBN 87-7343-591-0)
- Kystvande 2004 (ISBN 87-7343-603-3)
- Grundvand 2004 (ISBN 87-7343-589-9)
- Atmosfærisk nedfald 2004 (ISBN 87-7343-587-2)
- Vandløb 2004 (ISBN 87-7343-599-6)
- Søer 2004 (ISBN 87-7343-593-7)
- Landovervågning 2004 (ISBN 87-7343-601-1).
- Lillebælt 2004 (ISBN 87-7343-603-8)

Resultaterne af overvågningen af den terrestriske natur rapporteres i særskilt notat. Endvidere er udarbejdet et internt notat om de klimatiske forhold.

Rapporten "Lillebælt 2004" udgives af Lillebæltsamarbejdet, dvs. Vejle, Sønderjyllands og Fyns amter i fællesskab.

Rapporterne fra årene 1998-2004 og notat om terrestrisk natur 2004 kan hentes fra Fyns Amts hjemmeside på adressen <http://www.fyns-amt.dk>.

1. Indledning

NOVANA-programmet (det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur) er det tredje nationale program til overvågning af vandmiljøets tilstand i Danmark. For søernes vedkommende blev der med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i 1989-1998 gennemført undersøgelser i 37 danske søer, herunder 3 søer i Fyns Amt. I 1999 blev overvågningsprogrammet revideret (NOVA 2003) og gennemført i perioden 1999-2003. Det omfattede 27 ferskvandssøer, herunder Arreskov Sø og Søholm Sø i Fyns Amt.

I 2004 blev NOVANA iværksat. Det omfatter 1097 søer i Danmark, herunder Arreskov Sø og Søholm Sø og 99 andre søer i Fyns Amt.

Formålet med NOVANA-programmet for søer er at give et grundlæggende og tilstrækkeligt billede af de danske søers miljø- og naturtilstand og udviklingen heri, herunder at kunne adskille effekter af naturgivne og menneskeskabte påvirkninger. Overvågningen skal derigennem dokumentere effekten af nationale vandmiljø- og naturhandlingsplaner. Desuden skal overvågningen opfylde Danmarks forpligtelser i henhold til EU-lovgivning, internationale konventioner og national lovgivning og bidrage til at styrke det faglige grundlag for fremtidige internationale tiltag, nationale handlingsplaner og andre foranstaltninger til forbedring af vandmiljø og natur, herunder at bidrage til at udvikle forskellige værktøjer til forvaltning af danske søer.

Det nye overvågningsprogram er på flere områder blevet ændret væsentligt. Således er langt

flere søer - også små søer og vandhuller - omfattet af overvågningsprogrammet. Hertil er der kommet ændringer og tilføjelser af selve overvågningsprogrammets indhold. Bl.a. indgår padder, fugle og bunddyr som nye elementer i overvågningen.

Programmet, som omfatter såvel dybe som lavvandede søer, er opdelt i flere programtyper: 1) "intensive søer" omfatter søer som undersøges årligt og hvor også tilførsel og fraførsel af vand og næringsstoffer måles, 2) "ekstensive søer", som overvåges med en lavere frekvens og mindre omfattende programtype. De ekstensive søer er udvalgt tilfældigt, indenfor 3 størrelseskategorier: Større søer (>5 ha), mindre søer (0,1-5 ha) og små søer/vandhuller (<0,1 ha).

I denne rapport beskrives resultaterne af den overvågning, som Fyns Amt har udført i Arreskov Sø og Søholm Sø og 18 (af de 99) ekstensivt undersøgte søer i 2004. Der er tale om en såkaldt indikatorrapportering, hvor der for de intensive søer Arreskov Sø og Søholm Sø er lagt vægt på en kortfattet beskrivelse af søernes miljø- og naturtilstand og hidtidige udvikling. Endvidere vurderes de to søers fremtidige udviklingsmuligheder. For de 18 ekstensivt undersøgte søer er lavet en kort sammenfatning af resultaterne bl.a. i form af nøgletabeller.

På <http://miljodata.Fyns-amt.dk> er det muligt at se og downloade opdaterede data fra Fyns Amts samlede overvågning af vandmiljøet.

2. Klima

Klimaet og variationer heri vil på såvel års- som sæsonbasis kunne påvirke miljøtilstanden i vandmiljøet. Det gælder for såvel vandløb, søer, fjorde og mere åbne kystnære områder. De væsentligste klimatiske forhold for året 2004 vurderes overordnet i forhold til perioden 1980-2004.

2004 i forhold til gennemsnit for 1980-2003

Nedbøren over Fyns Amt og den samlede ferskvandsafstrømning til kystvandene omkring Fyn blev i 2004 lidt større end gennemsnittet for perioden 1980-2003. Nedbøren på 904 mm var således 14 % større og ferskvandsafstrømningen på 307 mm var 7 % større end gennemsnittet. Året 2004 blev med en temperatur på 9,1 °C omkring 8 % varmere end gennemsnittet. I sommerhalvåret afveg ferskvandsafstrømningen (56 mm) og lufttemperaturen (14,7°C) i 2004 ikke væsentligt fra gennemsnittet for perioden forud. Derimod faldt der om sommeren lidt mere nedbør (376 mm) end gennemsnitligt. Hverken lysindstråling eller vindhastighed afveg som gennemsnitsværdier for året 2004 særlig meget fra gennemsnittet for perioden 1980-2003.

Variation og udvikling 1980-2004

Fra år til år har der i perioden siden 1980 været ret store variationer i nedbøren og ferskvandsafstrømningen fra Fyns Amt, (figur 1). Nedbøren har således varieret fra **godt 500 mm** i 1996 til **knap 1000 mm** i 1994 og ferskvandsafstrømningen har varieret fra **omkring 100 mm** i 1996 til **godt 450 mm** i 1994. Lysindstrålingen og de gennemsnitlige vindhastigheder har – som årsgennemsnit – ikke varieret meget fra år til år i perioden siden 1980. Derimod er det tydeligt, at temperaturen først og midt i 1980'erne var noget mindre end gennemsnittet for hele perioden. De seneste 8 år har lufttemperaturen været over gennemsnittet for hele perioden siden 1980.

Årstidsvariation 2004 i forhold til gennemsnittet for 1980-2003

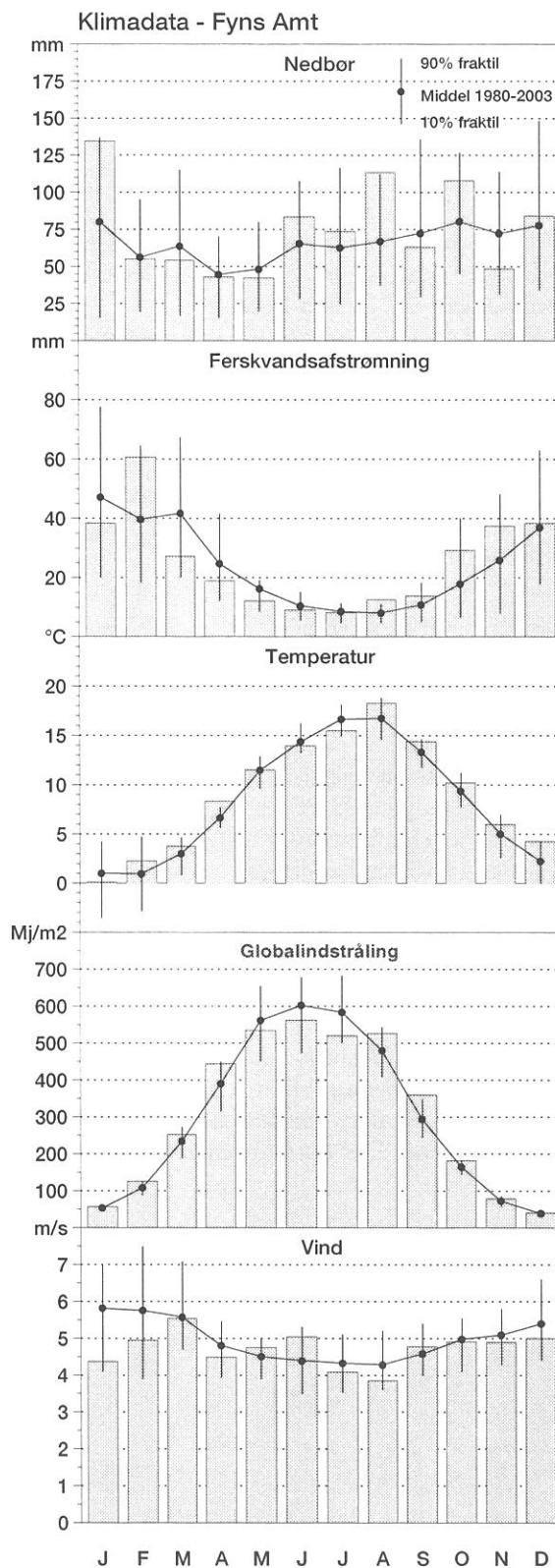
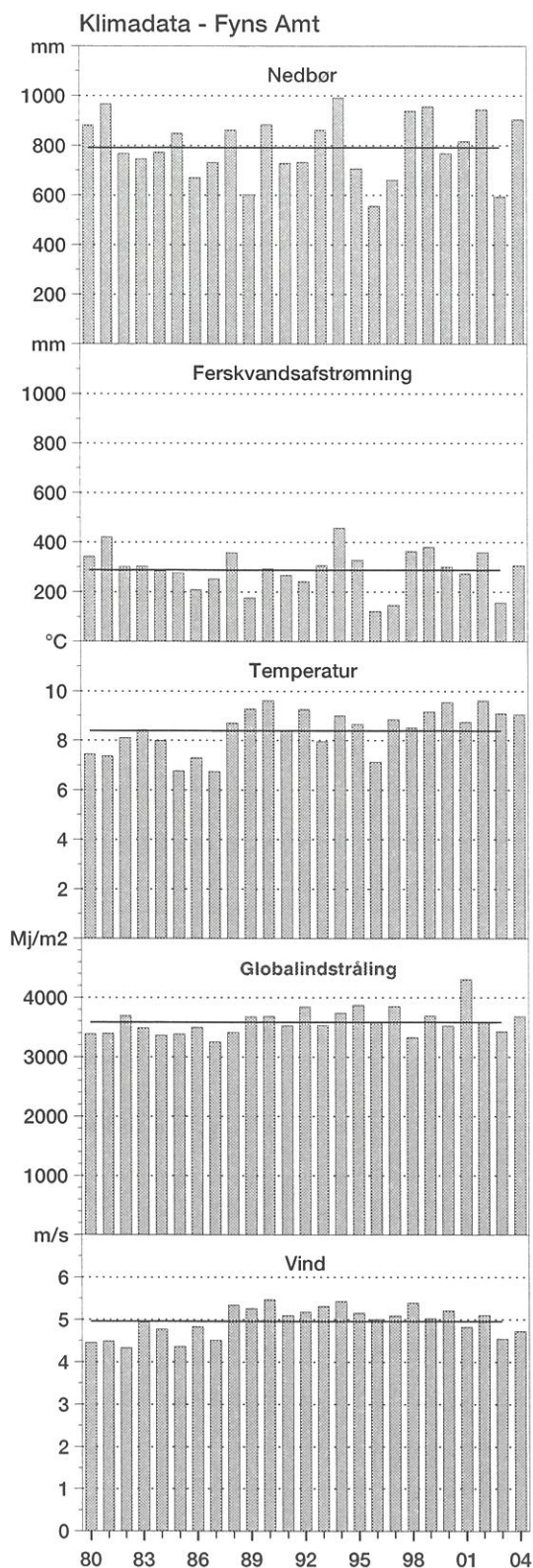
Nedbøren over Fyn har siden 1980 været mindst tidligt på året i perioden februar-maj. Dette gjaldt generelt også i 2004, men der er stor år til år variation i nedbøren de enkelte måneder, (figur 1). I 2004 faldt der megen nedbør i januar, midt på året samt i oktober. Ferskvandsafstrømningen i 2004 fulgte generelt den sæsonvariation, der har været gældende for hele perioden siden 1980, hvor vandafstrømningen i vinter-

månederne typisk er omkring fire gange større end om sommeren. Dog var afstrømningen i februar 50% større end gennemsnittet for februar for perioden siden 1980. I de øvrige måneder af første halvår 2004 var ferskvandsafstrømningen mindre end normalt, mens den i resten af årets måneder blev noget større end normalt, (figur 1).

Lufttemperaturen var i februar-april 2004 noget større end normalt og også fra august og året ud var det varmere end gennemsnitligt for perioden siden 1980. Kun i juli måned 2004 var temperaturen noget mindre end gennemsnitligt.

Sæsonvariationen i lysindstrålingen fulgte det typiske mønster med værdier med maksimumværdier om sommeren, der typisk er 30 gange større end om vinteren, (figur 1). Der var i 2004 lidt mindre lysindstråling i maj-juli i forhold til gennemsnittet, mens indstrålingen i specielt april og august-september blev noget større end gennemsnittet siden 1980.

Vindhastighederne er generelt mindst om sommeren med et gennemsnitligt niveau på godt 4 m/s og størst om vinteren (6 m/s). I 2004 var vindhastighederne i januar-februar betydeligt mindre end gennemsnittet. Også i juli-august var vindhastighederne gennemsnitligt lavere end normalt, (figur 1).



Figur 1
Års- og månedsafstrømningen af ferskvand fra nedbør samt vandløb, middeltemperatur, globalindstråling samt middelvindhastigheder over Fyn. I årstidsserien er vist en middelværdi for 1980-2003, mens der i månedsplottet tillige er vist fraktilbånd (10 % og 90 %) for de enkelte måneder.

3. Arreskov Sø

3.1 Generel karakteristik

Arreskov Sø er Fyns største sø (317 ha) og relativt lavvandet (middeldybde 1,9 m).

Søen ligger nordøst for Fåborg i et randmorænelandskab, der udgør en del af Svaninge Bakker. Afstrømningsoplandet til søen er på 25,3 km². Jordbunden består overvejende af lerblandet sand, og er således noget lettere end jordbunden på Fyn som helhed.

53 % af oplandet udgøres af landbrugsområder og 40 % af skovområder. I forhold til både Fyn og resten af Danmark har oplandet til Arreskov Sø forholdsvis meget skov og lidt landbrug. Tætheden af husdyr i oplandet er lille, 0,21 DE/ha, og dermed mindre end halvt så stor som tætheden på Fyn som helhed. Dette dækker dog over store variationer indenfor oplandet.

Der blev i 2004 registreret 33 ejendomme med udledning af spildevand til grøfter, dræn eller vandløb, der fører til søen. Som følge af forbedret rensning ved mange ejendomme, er dette antal faldet fra ca. 120 i midten af 1990'erne. I 2000 var der 88 og i 2003 var der 54. Tætheden af den spredte bebyggelse med udledning af spildevand er nu på 0,03 PE/ha, og dermed kun 25 % af tætheden på Fyn som helhed.

I 1983 blev en udledning til søen af mekanisk rensset spildevand fra Korinth afskåret fra søen. Herved blev søens fosforbelastning reduceret til en tredjedel. Der tilføres stadig regnvand fra den vestlige del af Korinth, og i forbindelse med større regnskyl tilføres der også urensset spildevand via et overløbsbygværk.

Efter afskæringen af spildevandet fra Korinth i 1983 skete der ikke umiddelbart en forbedring i søens tilstand. Der optrådte snarere en forvær-

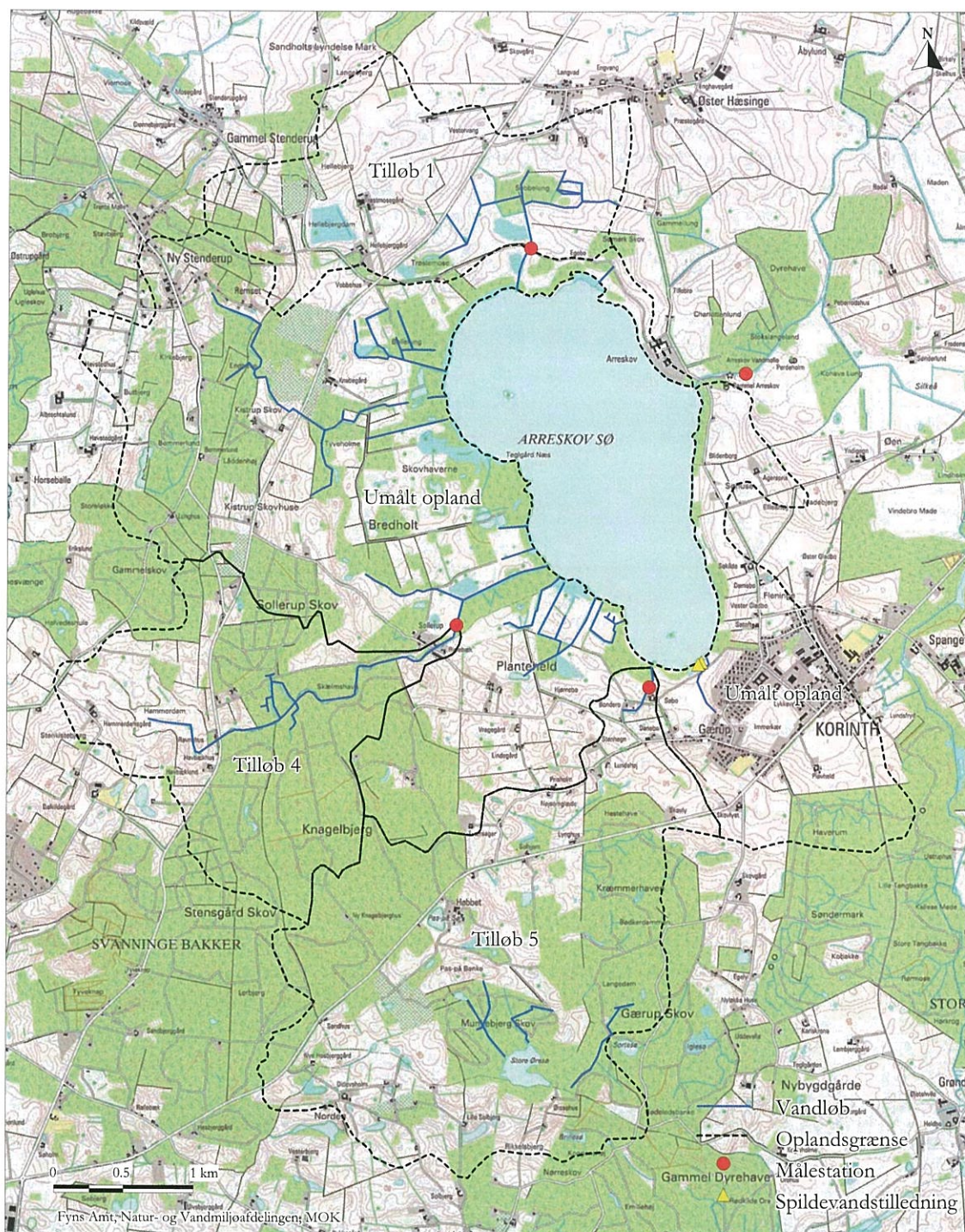
ring op igennem 1980'erne, hvor søen havde meget uklart vand og stor algeproduktion. Først i 1992 skete nogle markante ændringer. Vandet blev usædvanlig klart, og indholdet af kvælstof og fosfor faldt. Årsagen var et drastisk fald i antallet af dyreplanktonædende fisk. Faldet skyldtes dels opfiskning i 1989-1991, dels at fiskene døde i vinteren 1991/92 og sommeren 1992. Fiskenes fravær gav mulighed for tilstedeværelsen af store dafnier, som er effektive algespisere. Dafnierne kunne derefter holde algemængden på et meget lavt niveau det meste af året. Samtidig faldt indholdet af næringsstoffer i søvandet. Som følge af bedre lysforhold i det klare vand, begyndte undervandsplanterne at brede sig i 1993.

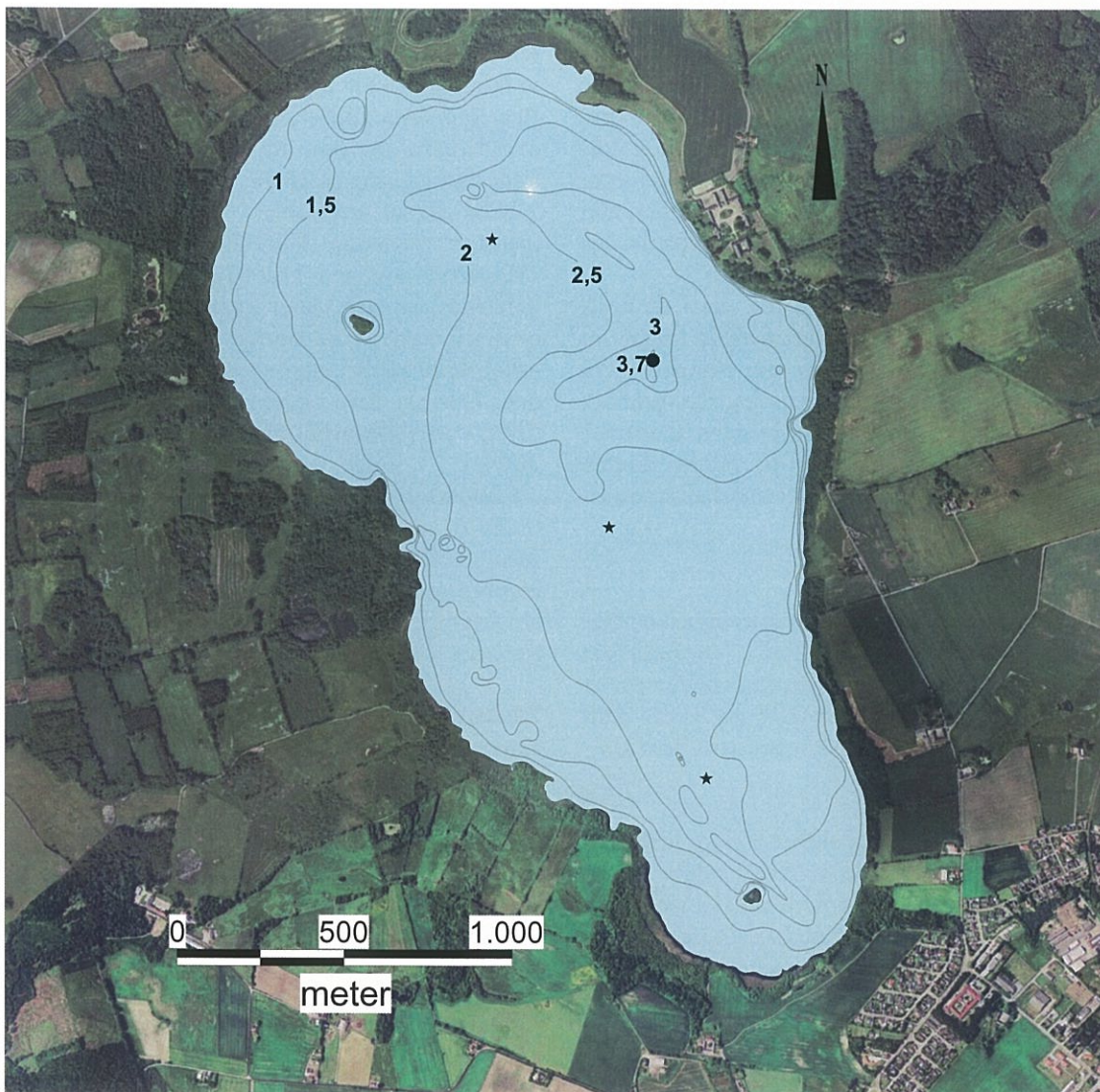
For at holde bestanden af dyreplanktonspisende fisk på et lavt niveau, og dermed medvirke til at fastholde den klarvandede tilstand, har Fyns Amt i 1993-1997 opfisket brasen og udsat geddeyngel i søen. I årene 1994-1998 forblev vandet klart, men undervandsplanternes udbredelse mindskedes fra 1997 til 1998. I 1999-2003 skete der igen opblomstringer af blågrønalger om sommeren. Som følge heraf faldt sigtgybden og undervandsplanterne gik tilbage. Det vurderes, at dette tilbagefald skyldes at tilførslen af næringsstoffer til søen fortsat er for høj samtidig med, at der frigives næringsstoffer fra det næringsholdige sediment om sommeren. Desuden kan græsningstrykket fra søens dyreplankton ikke holde algerne nede i samme omfang som tidligere. En medvirkende årsag hertil er, at den dominerende algeart, blågrønalgen *Aphanizomenon flos-aquae* kan vokse til græsningsresistent størrelse på søbunden før den stiger op i vandet. Herved kan den undgå at blive ædt af søens dyreplankton.

Arreskov Sø, 2004			Gennemsnit	Median	Minimum	Maksimum	
Oplandsareal	(km ²)		25,2	-	-	-	
	heraf dyrket areal (km ²)		13,5	-	-	-	
Søareal	(ha)		317	-	-	-	
Middeldybde	(m)		1,9	-	-	-	
Maks-dybde	(m)		3,7	-	-	-	
Opholdstid	(år)		1,1	1,3	0,4	4,6	
Ptot indløb	(mg P l ⁻¹)	år	0,068	-	-	-	
		sommer	0,052	-	-	-	
Ptot	(mg P l ⁻¹)	år	0,229	0,177	0,053	0,620	
		sommer	0,273	0,183	0,065	0,620	
Opløst fosfat-P	(mg P l ⁻¹)	år	0,071	0,058	0,002	0,170	
		sommer	0,082	0,088	0,002	0,224	
Fosforbelastning	(tons pr år)		0,58	-	-	-	
	(gram pr. m ² pr. dag)		0,50	-	-	-	
Fosfor-retention	(mg pr. m ² pr. dag)		-0,49	-	-	-	
	(%)		-98	-	-	-	
Ntot indløb	(mg N l ⁻¹)	år	3,60	-	-	-	
		sommer	1,48	-	-	-	
Ntot	(mg N l ⁻¹)	år	3,72	3,72	1,80	6,40	
		sommer	3,74	3,21	1,80	6,40	
Uorganisk N	(mg N l ⁻¹)	år	1,05	0,79	0,02	2,86	
		sommer	0,38	0,27	0,02	1,30	
Kvælstofbelastning	(tons pr år)		30,6	-	-	-	
	(mg pr. m ² pr. dag)		26,5	-	-	-	
Kvælstof-retention	(mg pr. m ² pr. dag)		3,4	-	-	-	
	(%)		13	-	-	-	
Sigtdybde	(m)	år	1,51	1,37	0,40	3,00	
		sommer	1,24	0,99	0,40	3,00	
Klorofyl	(µg l ⁻¹)	år	112	50	1	540	
		sommer	142	86	7	540	
Farvetal	(Pt units)	år	47	42	24	90	
		sommer	51	44	29	90	
Alkalinitet	(mekv l ⁻¹)	år	1,99	1,97	1,39	2,60	
		sommer	1,85	1,92	1,39	2,11	
pH		år	8,7	8,7	8,0	9,7	
		sommer	9,0	9,2	8,2	9,7	
Suspenderet stof	(mg SS l ⁻¹)	år	14,53	9,00	2,70	54,00	
		sommer	16,47	14,92	2,70	42,00	
Sediment	PTOT	(mg P kg ⁻¹ tv)	-	-	-	-	
	FeTOT	(mg P kg ⁻¹ tv)	-	-	-	-	
	Fe:P	(vægtbasis)	-	-	-	-	
Plantep planktonbiomasse	vægt	(mm ³ l ⁻¹)	år	59,12	31,67	0,011	331
			sommer	81,85	48,54	1,92	331
Plantep planktonbiomasse	blågrønalger	(%)	sommer	100	99	0	100
Dyreplanktonbiomasse	vægt	(mg tv l ⁻¹)	år	0,97	0,95	0,08	2,82
			sommer	1,29	1,33	0,35	2,82
Dyreplanktonbiomasse	hjuldyr	(%)	sommer	2	2	0	13
	copepoder	(%)	sommer	6	4	1	15
	cladocerer	(%)	sommer	92	94	71	99
Dyreplankton	Daphnia af cladocerer	(%)	sommer	99	100	93	100
	Middelvægt af Daphnia	(µg TV)	sommer	20,06	18,64	6,49	47,42
	Middelvægt af Cladoceer	(µg TV)	sommer	17,20	17,47	5,04	25,39
Græsningstryk	Pot. græsning	(µg C l ⁻¹ dag ⁻¹)	sommer	570	580	166	1267
	af plantep planktonbiomasse	(%)	sommer	90	13	2	328
Undervandsplanter	RPA	(%)	15,7	-	-	-	
	RPV	(%)	3,6	-	-	-	
	dybdegrænse	(m)	2,15	-	-	-	
	Arter	(antal)	8	-	-	-	
Bunddyr, tæthed	tæthed	(antal m ⁻²)	4669	3766	942	10829	
	vægt	(g m ⁻²)	3,17	2,84	0,4	9,62	
	taxa	(antal)	12	-	-	-	
Fugle	Maks. tæthed ynglefugle	(pr. ha)	0,34	-	-	-	
	Maks. tæthed rastende	(pr. ha)	8,8	-	-	-	

Tabel 3.1.1
Nøgetabel til beskrivelse af miljøtilstanden i Arreskov Sø 2004 med gennemsnit, median, minimum og maksimum for en række standardparametre.

Figur 3.1.1
Kort over oplandet til
Arreskov Sø med angivelse af deloplande,
målestationer i tilløb
og afløb samt punktkilder.





Figur 3.1.2
Dybdekort over Arreskov Sø med indtegnede overvågningsstationer:
Vandkemi og planteplankton, ●,
Dyreplankton, ★.

3.2 Total-fosfor

Relevans

Fosfor i vandmiljøet skyldes primært udvaskning fra landbrugs- og naturarealer, spildevand fra byer og spredt bebyggelse og i mindre omfang fra industrier og dambrug. Der er dog ikke tilførsel af spildevand fra byer, industrier eller dambrug til Arreskov Sø, bortset fra perioder med kraftig regn, hvor der tilføres opspædet byspildevand fra et overfaldsbygværk.

Fosfor er et plantenæringsstof, der i de fleste søer betragtes som den begrænsende faktor for algevæksten. Dvs. fosfor har stor betydning for vandmiljøet og mange af de biologiske forhold i søerne. Fosfor akkumuleres i bunden af søerne, hvilket kan forsinke effekten på vandkvaliteten når den eksterne spildevandstilførsel afskæres eller reduceres.

Målsætning

Arreskov Sø er målsat som naturvidenskabeligt interesseområde. For total-fosfor vurderes det i øjeblikket at denne målsætning indebærer, at fosforindholdet er på højst 0,06 mg/l som gennemsnit for sommerperioden gennem flere år.

Belastning

Der blev gennemsnitligt tilført 558 kg fosfor årligt i perioden 2000-2004. Heraf udgør bidraget fra det åbne land (dyrkede arealer og spredt bebyggelse) og det naturlige basisbidrag de primære kilder til fosforbelastningen. Herudover tilføres ligeledes fosfor fra atmosfæren, punktkilder (regnvandsbetingede udløb), grundvand samt fra Grågæs (figur 3.2.1) (jf. desuden fokuspunkt fosfor).

I 2004 blev der tilført 579 kg fosfor, og den vandføringsvægtede total-fosforkoncentration (total stoftilførsel divideret med total vandtilførsel inkl. nedbør og grundvand) var på 0,068 mg/l (figur 3.2.2), hvilket svarer til gennemsnittet for perioden 1989-2003 (0,07 mg/l). Gen-

nem hele perioden er der sket et fald i middeldkoncentrationen på ca. 8 % siden 1989, men det er ikke signifikant pga. stor årlig variation i data. Betragtes kun indløbskoncentrationen for den overfladiske afstrømning er der sket et signifikant fald i denne på 16 %.

Udløbskoncentrationen varierer meget igennem perioden 1989-2004. I 1989-1992, 1998-1999 og igen i 2001-2004 har udløbskoncentrationerne været større end indløbskoncentrationerne. I de øvrige år har indløbs- og udløbskoncentrationerne været meget lig hinanden. Der har ikke været nogen signifikant ændring i udløbskoncentrationen i perioden 1989-2004.

I 2004 løb der 1147 kg fosfor ud af søen, svarende til at der blev frigivet 568 kg fosfor fra søen, hvilket er en usædvanlig stor frigivelse, idet sedimentet som gennemsnit for 1989-2003 har frigivet 36 kg årligt svarende til 11 % af tilførslen.

Tilstand

Koncentrationen af total-fosfor var høj gennem hele 2004 (figur 3.2.3), og steg derudover voldsomt i august-september, hvorefter den faldt igen i slutningen af oktober-november. Fosforkoncentrationen toppede i midten af september med 0,62 mg/l, hvilket er den højst målte koncentration i hele overvågningsperioden siden 1989.

Udvikling

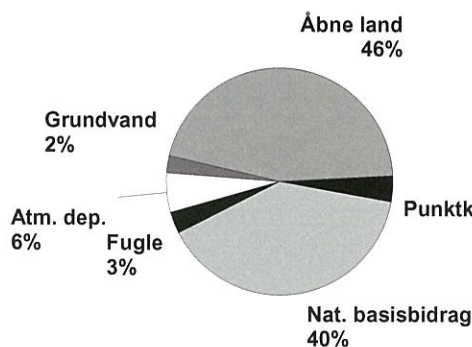
Indholdet af total-fosfor i sommerperioden faldt efter fiskedøden/opfiskningen i 1991/1992 og nåede et minimum i 1997 på 0,06 mg/l (figur 3.2.4). Herefter steg koncentrationen markant igen for at nå 0,27 mg/l i 2004. Årsmiddeldkoncentrationen var ligeledes høj med 0,23 mg/l i 2004. Sommer- og årsgennemsnit var dermed de højeste siden 1990.

Set over hele perioden 1989-2004 er der ikke sket nogen signifikant ændring i total-fosforkoncentrationen for års- og sommergennemsnit.

På baggrund af de eksterne fosfor-tilførsler kan man beregne en ligevægtskoncentration af total-fosfor i søvandet ud fra en fosformodel (Kristensen et al., 1990), hvor model nr. 12, vurderes at passe bedst på søen.

I 2004 er den beregnede total-fosforkoncentration markant lavere end den observerede total-fosforkoncentration, hvilket fortsætter tendensen fra de senere år (figur 3.2.5).

Figur 3.2.1
Kilder til fosforbelastningen af Arreskov Sø i perioden 2000-2004.



3.3 Total-kvælstof

Relevans

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

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof og har betydning for algemængden i søerne, selvom 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.

I søerne foregår der en 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.

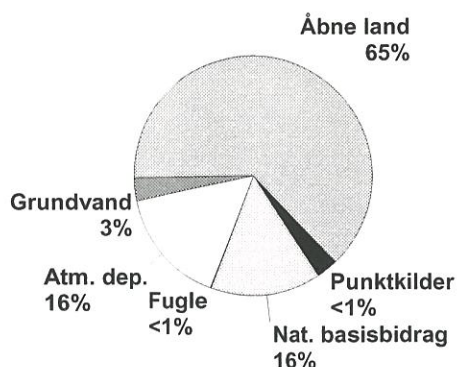
Målsætning

Arreskov Sø er målsat som naturvidenskabeligt interesseområde. For total-kvælstof vurderes det i øjeblikket at denne målsætning indebærer, at kvælstofindholdet er på højst 1,3 mg/l som gennemsnit for sommerperioden gennem flere år.

Belastning

Der blev gennemsnitligt tilført 28,3 tons kvælstof årligt i perioden 2000-2004. Heraf udgør bidraget fra det åbne land (dyrkede arealer og spredt bebyggelse), atmosfærisk deposition og det naturlige basisbidrag de primære kilder til kvælstofbelastningen. Herudover tilføres ligeledes kvælstof fra grundvand, punktkilder (regnvandsbetingede udløb) samt fra Grågæs (figur 3.3.1).

Figur 3.3.1
Kilder til kvælstofbelastningen af Arreskov Sø i perioden 2000-2004.



I 2004 blev der tilført 30,6 tons kvælstof, og den vandføringsvægtede total-kvælstofkoncentration (total stoftilførsel divideret med total vandtilførsel inkl. nedbør og grundvand) var på 3,60 mg/l (figur 3.3.2), hvilket er markant lavere end gennemsnittet for perioden 1989-2003 (4,06 mg/l). Gennem hele perioden er der sket et signifikant fald i middelkoncentrationen på 27 % siden 1989 (test for linear regression på logaritmetransformererede data, $p=0,014$).

Udløbskoncentrationen er generelt faldet gennem perioden 1989-2004. I perioden 1989-1990 og igen i 2004 var udløbskoncentrationerne større end indløbskoncentrationerne. I de øvrige år har udløbskoncentrationerne generelt været noget lavere end indløbskoncentrationerne. Der er ikke nogen signifikant ændring i udløbskoncentrationen i perioden 1989-2004.

I 2004 blev der fraført 26,7 tons kvælstof fra søen, svarende til at der blev tilbageholdt knap 4 tons kvælstof i søen. Dette svarer til 13 % af det tilførte kvælstof, hvilket er en meget lille tilbageholdelse sammenlignet med gennemsnittet for 1989-2003, hvor 49 % af den tilførte kvælstofmængde blev tilbageholdt. Den lave tilbageholdelse i 2004 skyldes en usædvanlig stor frigivelse af kvælstof fra sedimentet.

Tilstand

Koncentrationen af total-kvælstof var høj gennem hele 2004 (figur 3.3.3). Især i de første måneder og i forbindelse med opblomstringen af blågrønalger i juni, juli og særligt i august-september. Her steg koncentrationen af kvælstof til ekstremt høje værdier (maksimum 6,1 mg/l). Koncentrationen af kvælstof forblev relativt høj i slutningen af året, hvilket bl.a. skyldes meget høje ammonium-koncentrationer på dette tidspunkt. Sommergennemsnittet for 2004 var med en ammoniumkoncentration på 0,292 mg/l således den højest registrerede værdi i hele perioden 1989-2004. Der forekom ligeledes ammoniakkoncentrationer $>0,025$ mg/l i store dele af juli-september, som kan være giftige for bl.a. fisk.

Udvikling

Sommerperiodens gennemsnitlige indhold af total-kvælstof faldt efter fiskedøden/opfiskningen i 1991 og nåede et minimum i 1997 på 1,16 mg/l (figur 3.3.4). Herefter steg koncentrationen markant igen for at nå 3,74 mg/l i 2004. Dette er klart det højest registrerede gennemsnit i hele overvågningsperioden.

Set over hele perioden 1989-2004 er der ikke sket nogen signifikant ændring i total-kvælstofkoncentrationen for års- og sommergennemsnit.

På baggrund af de eksterne kvælstof-tilførsler kan man beregne en ligevægtskoncentration af total-kvælstof i søvandet ud fra en model (Jensen et al., 1994), hvor model b, vurderes at passe bedst på søen.

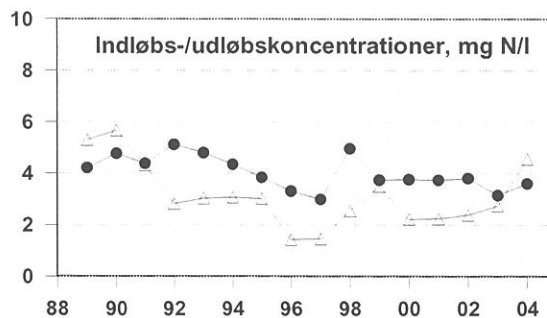
I 2004 er den observerede total-kvælstofkoncentration markant højere end den beregnede koncentration, hvilket fortsætter tendensen fra de senere år (figur 3.3.5).

Diskussion

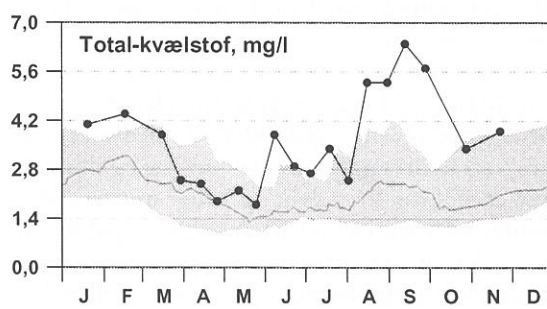
I starten af 2004 var kvælstof-koncentrationen usædvanligt høj pga. en meget stor kvælstof-tilførsel i januar-februar. I sommeren 2004 nåede middel-kvælstofkoncentrationen et hidtil maksimum for hele overvågningsperioden. Dette skyldes primært store kvæstoffrigivelser fra sedimentet i forbindelse med massive opblomstringer af blågrøn alger i sommerperioden (se f.eks. Jacobsen, 1994). Afvigelsen af den beregnede sø-koncentration af kvælstof i forhold til det observerede, bekræfter at der har været en markant intern frigivelse af kvælstof. Der kan dog også i et vist omfang være tale om en kvæstoffiksering af de mange blågrøn alger, men da de opløste uorganiske kvæstofforbindelser på intet tidspunkt var under detektionsgrænsen har kvælstof næppe været begrænsende, og kvæstoffikseringen sandsynligvis meget lille.

Der er for første gang i hele overvågningsperioden blevet registreret et nettotab af kvælstof om sommeren, hvilket primært skyldes en stor fraførsel. Den øgede fraførsel kan især skyldes de ekstremt høje kvælstofkoncentrationer hen over sommeren samt at der via styring af vandstanden blev sikret afløb fra søen gennem sommerperioden.

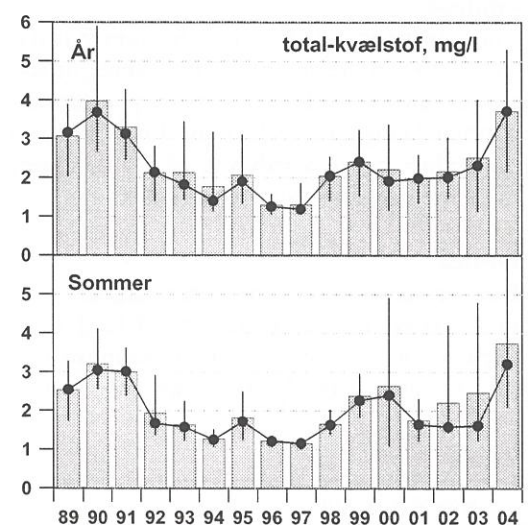
I perioden 1987-1991 (samt 1973/74) var den observerede kvælstofkoncentration markant højere end den beregnede kvælstofkoncentration. Fra 1992-1998 var de observerede kvælstofkoncentrationer meget lig de beregnede. I denne periode var søen klarvandet med en til tider udbredt undervandsvegetation. Siden 1999 har tendensen igen været, at de observerede kvælstofkoncentrationer har været højere end de beregnede koncentrationer, hvilket indikerer en øget kvæstoffrigivelse fra sedimentet. Særligt i 2004 er der sket en voldsom frigivelse af kvælstof fra sedimentet.



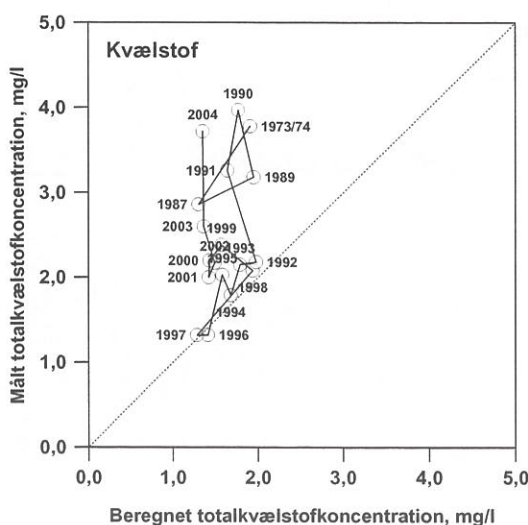
Figur 3.3.2
Total indløbskoncentration og udløbskoncentration af total-kvælstof for Arreskov Sø, 1989-2004.



Figur 3.3.3
Overfladevandets koncentration af total-kvælstof i Arreskov Sø, 2004. Samtidig er vist medianværdierne, samt 10 % og 90 % fraktilerne i perioden 1989-2003.



Figur 3.3.4
Middel- og medianværdier samt 10 % og 90 % fraktiler for total-kvælstof for de enkelte år og i sommerperioden i Arreskov Sø, 1989-2004.



Figur 3.3.5
Sammenhæng mellem søvandets målte års-middelkoncentration af total-kvælstof, og den koncentration, der beregnes ud fra den årlige kvælstof-tilførsel.

3.4 Klorofyl og sigtddybde

Relevans

Algemængden i søen angives typisk som et indirekte mål ud fra algerne klorofylmængde, som er det grønne pigment i fotosyntetiserende højere planter og alger. Klorofylindholdet er en let målemetode for algemængden, men imidlertid kan klorofylindholdet variere i de forskellige algearter, ligesom det kan variere med årstiden i den enkelte art.

Sigtddybden er et udtryk for vandets klarhed eller gennemsigtighed og kan være påvirket af vandets farve (f.eks. brunvandede søer) eller resuspenderet materiale fra søbunden i lavvandede søer. Men i de fleste søer er sigtddybden et udtryk for algemængden. Sigtdybden er således et mål for lysets nedtrængningsevne i søerne og dermed også et mål for, hvor dybt egentlige undervandsplanter vil være i stand til at vokse. Sigtdybden er således en væsentlig parameter i vurderingen af undervandsplanternes potentielle udbredelsesområde.

Målsætningen for Arreskov Sø som naturvidenskabeligt interesseområde indebærer, at søen gennem flere år skal have et artsrigt planteplankton uden længerevarende masseforekomster af blågrønalger og en sigtdybde på 1,5-2,0 meter som gennemsnit for sommerperioden.

Tilstand

I årets første måneder var algemængden (målt som klorofyl) meget lav (figur 3.4.1). I marts måned forekom et stort forårsmaksimum (490 µg/l). Herefter var algemængden lav frem til

starten af juni, hvorefter algemængden havde to toppe i juni og juli for at opnå en meget stor værdi sidst i august (540 µg/l). Fra slutningen af oktober og året ud, var algemængden igen meget lav.

Sigtddybden svingede stærkt gennem året fra 0,4 m i marts og september under algeopblomstringerne, til 3 m i starten af maj. I vintermånedene, forsommeren og efteråret var sigtdybden oftest over 2 m.

Udvikling

Udviklingen i algemængden er karakteriseret ved et markant fald i perioden 1991-1997 (figur 3.4.2). Det største fald skete i 1991-1992, hvorefter algemængden har været relativt lav indtil 1998 med de laveste mængder i 1996-97. Fra 1999-2004 er algemængden igen øget.

Sommergennemsnit og årsgennemsnit for 2004 var relativt høje med hhv. 142 µg/l og 112 µg/l (figur 3.4.2).

Set over hele perioden 1989-2004 er der ikke sket nogen signifikant ændring i klorofylmængden for års- og sommergennemsnit.

Udviklingen i sigtdybden er karakteriseret ved en markant stigning fra 1991-1993, hvorefter den toppede i 1997. Herefter er sigtdybden faldet markant igen og har ligget nogenlunde stabilt de senere år.

Sigtddybden var med et sommergennemsnit og årsgennemsnit på hhv. 1,24 m og 1,51 m (figur 3.4.3) på niveau med de foregående år.

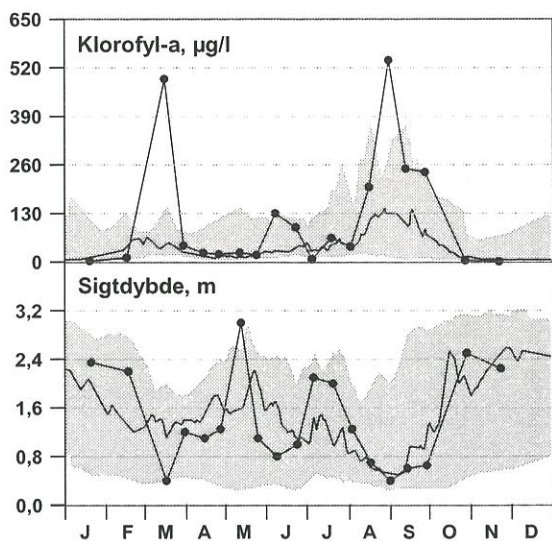
Set over hele perioden 1989-2004 er der sket en signifikant stigning i sigtdybden for både års- og sommergennemsnit ($p < 0,05$).

Sommersigtddybden kan sammenlignes med beregnede sammenhænge mellem sigtdybde og søvandets indhold af total-fosfor (Jensen et al., 1997). Ud fra denne relation ville man forvente en sommersigtddybde på 0,77 m, mens den observerede sommersigtddybde var 1,24 m. Siden 1999 har den målte sigtdybde generelt været højere end den beregnede. Dette tyder på at algerne kun delvist er fosforbegrænset, og er styret af dyreplanktonets græsning.

Til belysning af udviklingen og variationen i algemængde gives nedenfor en kort beskrivelse af udviklingen i planteplanktonsamfundet, jf. Miljøbiologisk Laboratorium (2005).

Forårsopblomstringen i marts måned bestod primært af små centriske kiselalger. Kiselalger

Figur 3.4.1
Overfladevandets
koncentration af klorofyl-a og sigtdybde i Arreskov Sø, 2004. Samtidig er vist medianværdierne, samt 10 % og 90 % fraktilerne i perioden 1989-2003.

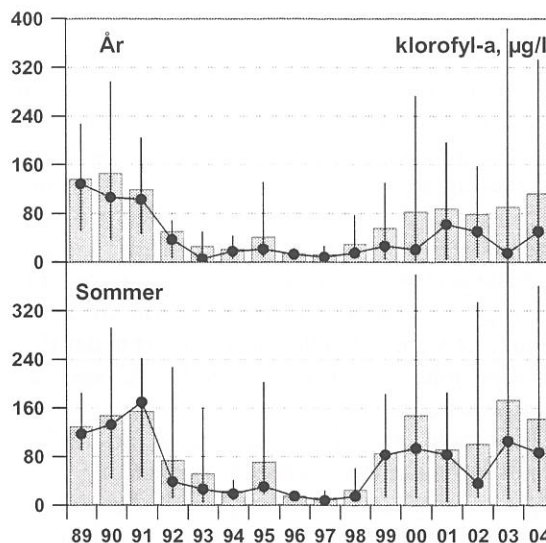


anvender silikat i deres skelet og silikatpuljen blev hurtigt opbrugt ved deres opblomstring, hvilket var medvirkende til at begrænse mængden af kiselalger. Kiselalgerne er ligeledes græsningsfølsomme og afhængige af at vandmasserne bliver cirkuleret for at blive i den fotiske zone. Faldet i algemængden i slutningen af marts skyldes således en kombination af lave silikatkoncentrationer, lav vandcirkulation og et stort græsningsstryk. Dyreplankton var herefter i stand til at regulere algemængden i maj-juni, hvilket resulterede i relativt lave algemængder og stor sigtddybde.

Fra juni indtil slutningen af oktober var blågrønalgen *Aphanizomenon flos-aquae* dominerende. Sidst i august opnåede *A. flos-aquae* således den hidtil højest målte biomasse af planteplankton i søen (331 mm³/l) svarende til toppen i klorofyl på 540 µg/l. Denne blågrønalge er normalt græsningsresistent, idet den danner store bundter på flere mm, som dyreplankton ikke kan græsse. Fødeforsøg med *Daphnia pulex* har dog vist, at de er i stand til at filtrere enkelttråde af *A. flos-aquae* op til 1,5 mm (Holm et al., 1983) og derved opretholde en population.

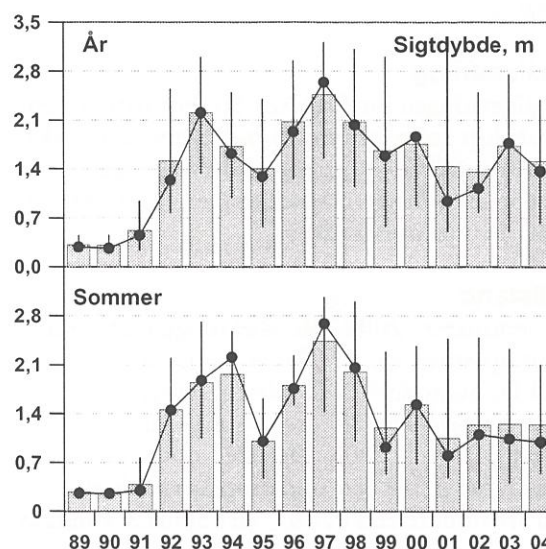
Udover kolonidannelsen kan *A. flos-aquae* optage frit kvælstof (N₂) fra atmosfæren, luksusoptage fosfor, regulere deres position i vandsøjlen samt danne akineter (hvilesporer) ved ugunstige forhold. Ugunstige forhold for *A. flos-aquae* kan bl.a. være fosformangel eller meteorologisk betingede forhold som høj lysindstråling. Sidstnævnte kan føre til at de vegetative celler opløses og en stor del af algens indhold af næringsstoffer frigives. Akineterne overlever dog de ugunstige forhold og kan genoptage algernes vækst ved at udnytte de frigjorte næringsstoffer eller ved at vente på mere gunstige forhold. Dette kan forklare de store svingninger i populationen af *A. flos-aquae* i Arreskov Sø samt de høje ammonium- og fosfatkoncentrationer der blev observeret i sommerperioden med lav algemængde.

Algemængden har svinget meget i perioden 1989-2004 og særligt i årene efter fiskedød/biomanipulation (1991-1992) blev algemængden reduceret pga. øget græsningsstryk fra dyreplankton. Forandringerne i perioden 1990-1997 skyldes især, at mængden af blågrønalger og



Figur 3.4.2
Middel- og medianværdier samt 10 % og 90 % fraktiler for klorofyl-a for de enkelte år og i sommerperioden i Arreskov Sø, 1989-2004.

□ middel
● median og 10/90 % fraktil



Figur 3.4.3
Middel- og medianværdier samt 10 % og 90 % fraktiler for sigtddybden for de enkelte år og i sommerperioden i Arreskov Sø, 1989-2004.

□ middel
● median og 10/90 % fraktil

grønalger blev kraftigt reduceret og rekyalger, gulalger og kiselalger blev mere dominerende. Fra 1998-2004 har blågrønalger igen domineret planteplankton. Planteplanktonsamfundet har i hele perioden været domineret af næringskrævende arter, der er almindelige i lavvandede, eutrofe søer. Bortset fra årene 1994 og 1997, har den vigtigste algegruppe været blågrønalger.

3.5 Vegetation

Relevans

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for fiskesammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstofkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom overfor forringelser i vandkvaliteten i form af f.eks. reduceret sigtddybde eller øget algemængde/klorofylindhold og dermed en god indikator for vandkvaliteten.

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

Målsætning

Målsætningen for Arreskov Sø som naturvidenskabeligt interesseområde indebærer, at der skal være en udbredt og artsrig undervandsvegetation gennem en længere årrække med et plantefyldt volumen på mindst 20 %.

Tilstand

I sommeren 2004 var dækningen af undervandsplanter ca. 16 % af søens areal (figur 3.5.1), mens der i 2003 blev observeret 18,3 %. Det relative plantefyldte volumen var på 3,6 % mod 11,8 % i 2003. Der blev observeret 8 arter (tabel 3.5.1) ved undersøgelserne, hvilket er én art mindre end i 2003, idet Spinkel Vandaks ikke blev fundet.

Stilket Vandkrans var søens mest udbredte undervandsplante og blev fundet på alle transekter, bortset fra to transekter i søens sydlige ende. Særligt i søens nord-vestlige ende var vegetationen meget kraftig. Dybdegrænsen var 2,15 m.

Børstebladet Vandaks havde sin hovedudbredelse i søens nordlige ende. Bortset fra enkelte eksemplarer var den fraværende i resten af søen. Særligt i den nord-østlige del af søen fandtes tætte bevoksninger i forbindelse med bevoksninger af kransnålalger. Dybdegrænsen var 1,95 m.

Kransnålalgerne var især udbredt i den nordlige del og den nord-østlige del af søen og dannede forholdsvis tætte bestande. Dybdegrænsen var 0,75 m.

Kruset Vandaks fandtes primært i den nordlige del af søen, og voksede kun sporadisk i den vestlige del af søen. Dybdegrænsen var 2,05 m.

Tornfroet Hornblad blev kun fundet i form af et enkelt eksemplar, der drev frit omkring i den sydlige ende. Den er således gået tilbage i forhold til 2003. Planten var dominerende i 1997-1998.

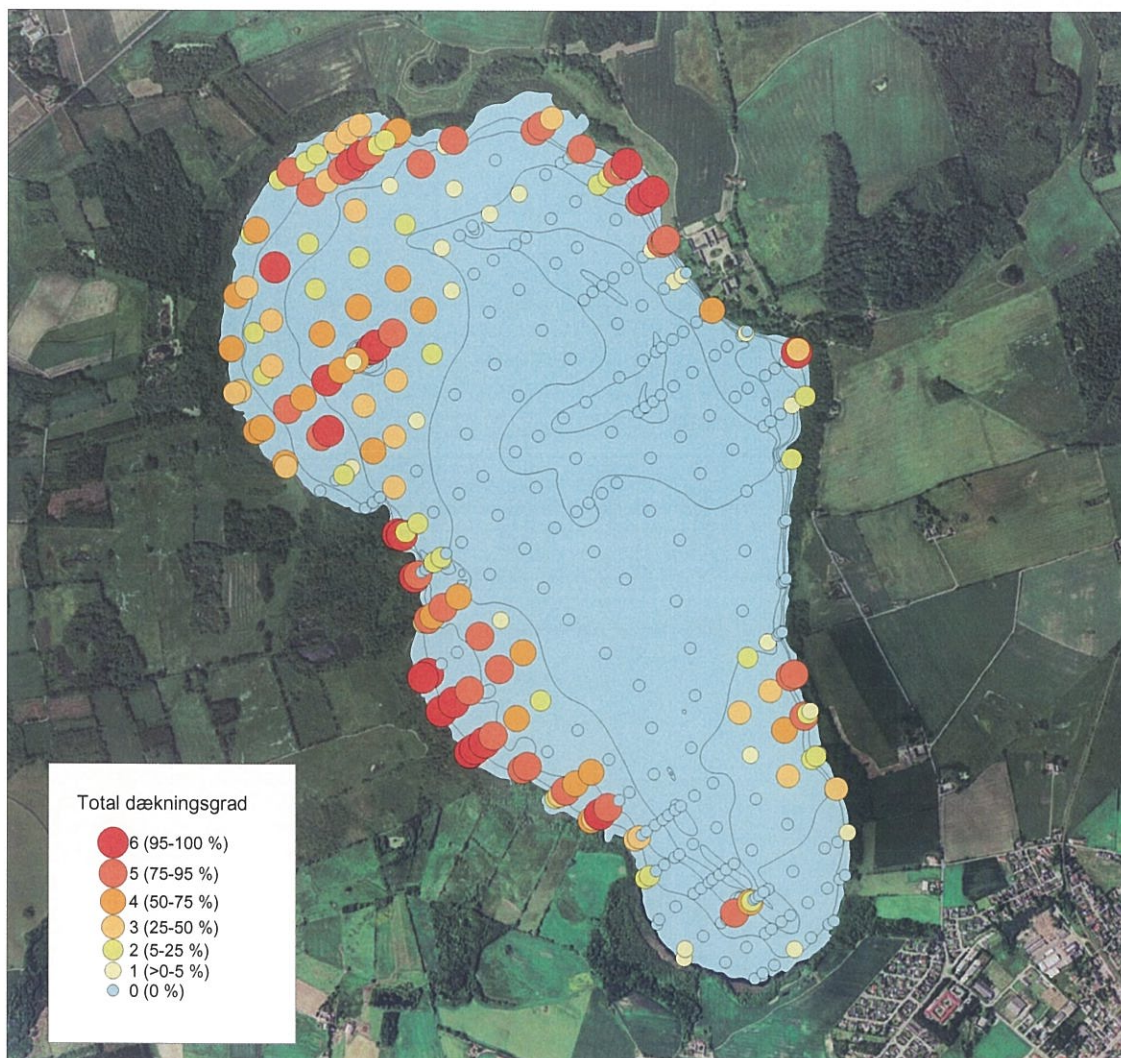
Trådalger (*Cladophora*, *Spirogyra* og *Enteromorpha*) var hyppige i søens nordlige og vestlige del, men fandtes kun sparsomt langs østsiden. *Cladophora* var den dominerende art og blev fundet på alle transekter, bortset fra to transekter i søens sydlige del. *Spirogyra* blev primært fundet i søens vestlige ende. *Enteromorpha* blev fundet i søens nordlige og østlige ende i sparsomme mængder. Dybdegrænsen for *Cladophora*, *Spirogyra* og *Enteromorpha* var hhv. 2,15, 1,25 og 0,65 m.

Udvikling

Fra 1993 og frem til 1998 medførte de øgede sigtdybder en øget udbredelse af undervandsvegetationen (figur 3.5.2). I 1999 gik undervandsvegetationen voldsomt tilbage pga. en stor opblomstring af blågrøn alger. Fra 2000-2004 er vegetationen igen begyndt at sprede sig. Det relative plantedækkede areal (RPA) var 0,8 % i 1993 og steg til 61 % i 1997, for at falde til 1,2 % i 1999. Tilsvarende var det relative plantefyldte volumen (RPV) 15 % i 1997 og 0,05 % i 1999. I 2004 var RPA 16 % og RPV 3,6 %.

Vegetationens dybdegrænse steg fra 1,5 m i 1993 til 2,9 m i 1997, hvorefter den faldt til 1,85 m i 1999. Herefter er den igen steget til 2,6 m i 2003. I 2004 var dybdegrænsen 2,15 m.

Undersøgelser i 15 danske overvågningssøer med undervandsvegetation viser, at dybdegrænsen for den fastsiddende vegetation typisk er $0,07 + 1,83 \times \text{sigtddybden (m)}$ i sommerperioden (Jensen et al., 1996). En sommersigtddybde på 1,24 m (2004), vil teoretisk set give undervandsvegetationen mulighed for at etablere sig i søen på dybder ud til 2,3 m. Dette estimat svarer nogenlunde til det observerede (2,15 m). Generelt har vegetationen ikke haft de beregnede dybdegrænser, bortset fra årene 1995, 2001-2004, hvor relationen stemmer nogenlunde overens. For at søen opnår de helt store dækningsgrader som i 1997 og til dels 1998, og for at søen kan få en udbredt og stabil undervandsvegetation, er det nødvendigt at vegetationens dybdegrænse kommer ud omkring 2,5 m kurven, hvilket svarer til, at 87 % af søens bundareal vil kunne bevokses.



Figur 3.5.1
Undervandsvegetationens udbredelse
samt dækning i Arreskov Sø 2004.

For at dette kan opnås skal sigtdybden ifølge relationen ovenfor være mindst 1,35 m som sommermiddel.

Diskussion

Med en dækningsgrad på 16 % af søens areal fastholder vegetationen den stigende tendens som søens vegetationsudbredelse har haft siden 1999. Dette til trods for at både kvælstof, fosfor og klorofyl er steget (sigtdybde mindsket) i denne periode. Det relative plantefyldte volumen på 3,6 % er en klar reduktion i forhold til 2003, hvor det plantefyldte volumen var 11,8 %. Dette kan skyldes at planterne var lavere i 2004 end i 2003, idet dækningsgraderne ikke var væsentligt forskellige. Skiftet fra dominans af Spinkel

Vandaks til Stilket Vandkrans kan være en del af forklaringen, idet Stilket Vandkrans generelt var meget lavere end Spinkel Vandaks. Yderligere var lysindstrålingen lavere end normalt i månederne maj-juli (se afsnit 2) og sigtdybden lavere i forsommeren 2004 end i 2003, idet sigtdybden var hhv. 1,23 og 1,68 m i gennemsnit for månederne marts-juni. Dette gør også at planternes dybdegrænse i 2004 kun blev på 2,15 m mod 2,6 m i 2003.

Ifølge Søndergaard et al. (1993) skal RPV > 20 % for at sikre klarvandede tilstande. Udbredelsen af vegetation skal derfor være på niveau med 1997, hvis dette skal opfyldes.

Ved undersøgelserne i 2004 blev Spinkel Vandaks ikke fundet, hvilket kan skyldes at

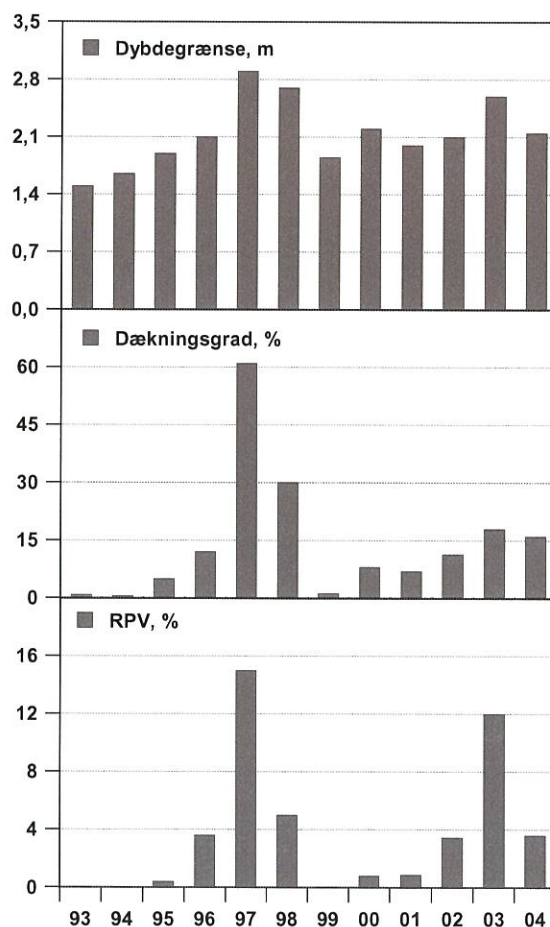
3. Arreskov Sø

Registrerede arter	Dybdegrænse, m											
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Stilket Vandkrans	1,5	1,65	1,70	2,0	2,50	1,00	1,65	2,10	1,80	2,00	2,50	2,15
Børstebladet Vandaks	0,2	1,05	1,50	1,8	2,55	2,10	1,70	2,00	2,00	2,00	2,00	1,95
Spinkel Vandaks		1,05	1,90	2,1	2,75	2,50	1,85	2,20	1,90	2,00	2,60	
Kruset Vandaks				2,1	2,75	1,50	1,70	2,20	1,60	2,00	2,30	2,05
Tråd-Vandaks					0,50							
Art(er) af Kransnål	x	1,0	1,50	1,5	2,25	2,50	1,85	2,20	1,50	2,00	1,00	0,75
<i>Chara globularis</i> v. <i>globularis</i>	x	1,0	x	x	2,25	x	x	x	x	1,80		
<i>Chara vulgaris</i> v. <i>vulgaris</i>		x	x	x	2,25	x		x	x	1,80		
<i>Chara vulgaris</i> v. <i>hispidula</i>										x		
<i>Chara aspera</i>			x	x	x				x			
Tornfrøet Hornblad		0,55	1,25	1,5	2,90	2,70	1,6	2,10	1,80	2,10	2,20	x
Aks-tusindblad										1,60		
Vandstjerne sp.										1,00		
Kors-Andemad					x	x				0,60		
Art af Rørhinde	1,2	x	x	1,9	x	x	x	x	1,0	1,80	1,70	0,65
Art af Vandhår		x		x	0,50	2,70	2,00	x	1,0	2,00	2,60	2,15
Art af Slimtråd		x	x	x	x		1,50	2,0	x	2,00	1,50	1,25
Samlet artsantal	4	9	9	11	13	10	9	10	11	14	9	8
Total dybdegrænse, m	1,5	1,65	1,9	2,1	2,9	2,7	1,85	2,2	2,0	2,1	2,60	2,15
Dækningsgrad, %	0,8	0,6	5	12	61	30	1,2	8,1	7,3	11	18	16
Relativt plantefyldt volumen, %	0,02	0,02	0,41	3,6	15	5	0,05	0,8	0,9	3,4	12	3,6

Tabel 3.5.1

Registrerede arter af undervandsplanter i Arreskov Sø med angivelse af dybdegrænser ved vegetationsundersøgelser i 1993-2004.

Figur 3.5.2
Undervandsvegetationens dybdegrænse, dækningsgrad samt det relative plantefyldte volumen i Arreskov Sø, 1993-2004.



Stilket Vandkrans havde spredt sig voldsomt på bekostning af Spinkel Vandaks. At der kun blev fundet 8 arter skyldes bl.a. at kransnålalgerne ikke blev bestemt til art.

Den voldsomme opblomstring af blågrøn alger i sensommeren i de senere år får undervandsvegetationen til at forsvinde allerede omkring midten af august. Dette medvirker bl.a. til at undervandsplanternes stabiliserende effekt på søns økologi forsvinder på et meget tidligt og kritisk tidspunkt.

3.6 Fosfor - fokusemne

3.6.1 Kilder til fosforbelastningen

Under indikatorpunktet total-fosfor er kilderne til fosforbelastningen beskrevet kort for årene 2000-2004 (jf. punkt 3.2). Herunder beskrives kilderne mere detaljeret.

Bidraget fra det åbne land er det mest betydende bidrag med 46 % af fosfortilførslen til søen. Bidraget omfatter dels en afstrømning af næringsstoffer fra dyrkede arealer, dels spildevandsudledning fra spredt bebyggelse.

Den beregnede spildevandsbelastning i 2004 fra den spredte bebyggelse var på 77 kg fosfor, svarende til 30 % af den samlede gennemsnitlige fosfortilførsel fra det åbne land på 256 kg.

Punktkilderne omfatter regnvandsbetingede udløb (fra overløbsbygværker) fra Korinth. Disse udgør ca. 4 % af fosfortilstrømningen.

Det naturlige basisbidrag er på 40 % af fosfortilførslen. Bidraget omfatter den tilstrømning, der ville være hvis hele oplandet henlå som naturområde.

Grundvandsbidraget af fosfor udgør 2 % af søens samlede belastning.

Den atmosfæriske deposition af fosfor udgør ca. 6 % af de samlede tilførsler til søen. Andelen herfra kan dog variere meget fra år til år, idet den får større betydning i tørre år.

Arreskov Sø er en vigtig rasteplass for Grågæs i månederne august-september. Gæssene søger i perioden føde på tilstødende arealer, men tilbringer nattetimerne på søen. Herved sker der med affaldsprodukterne en tilførsel af næringsstoffer fra søens omgivelser til selve søen. Tilførslen er dog af beskeden betydning med ca. 3 % af fosforbelastningen til søen.

Punktkilderne og bidraget fra det åbne land udgør sammen med en del af grundvandsbidraget

den kulturbetingede afstrømning. Endvidere antages ca. halvdelen af fosfordepositionen fra atmosfæren at være kulturbetinget.

Samlet udgjorde den kulturbetingede tilførsel af fosfor i 2000-2004 ca. 50 % af den samlede tilførsel til søen. Det er dog sandsynligt, at den kulturbetingede andel af fosforafstrømningen er større, fordi fosforafstrømningen i tilløbene bliver underestimeret med den anvendte målemetode. Fosforfrigivelse er størst i forbindelse med nedbørshændelser, og ved anvendelse af en fast målefrekvens får man ikke nødvendigvis sådanne pulser med.

Arealafstrømningen (afstrømningen pr. ha oplandsareal) af fosfor er generelt mindre til Arreskov Sø end niveauet for Fyn som helhed (figur 3.6.1). Dette kan forklares med, at der i oplandet til Arreskov Sø er en mindre andel af landbrug og flere skov- og naturområder end på Fyn som helhed. Endvidere er befolkningstætheden relativt lav.

3.6.2 Fosforkoncentration og -tilbageholdelse

Fosforkoncentrationen i søen er beskrevet i afsnittet total-fosfor, afsnit 3.2. Søens fosforbalance, herunder tilbageholdelsen af fosfor, er afhængig af vandbalancen, derfor beskrives denne først.

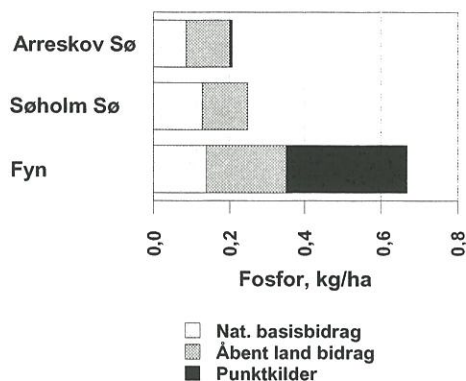
Vandbalance

Vandstanden i søen reguleres ved en opstemning af søens afløb ved Arreskov Vandmølle. Flodemålet (den højst tilladte vandstand) er fra 1. januar 1991 fastsat til 33,06 m over DNN. I forbindelse med en fredning af søen og dens omgivelser er der fastsat en minimumsvandstand til kote 32,65 m over DNN.

Gennem 2004 er vandstanden søgt styret efter følgende retningslinier: Frem til 15. maj holdes vandstanden på 32,90 m over DNN. Herefter sænkes den til 32,80 m og holdes her frem til 1. august. Frem til 15. september sænkes vandstanden gradvist til minimumsvandstanden, 32,65 m, og denne holdes frem til 1. november, hvorefter vandstanden igen øges til 32,90 m over DNN. Denne praksis skal tilgodese to formål:

- 1) En ikke for høj vandstand i foråret tillader, at de omkringliggende enge kan afgræsses.

Figur 3.6.1
Sammenligning af arealafstrømning af fosfor fra forskellige oplande. Gennemsnit for 1989-2004.



2) En ikke for lav vandstand i forsommeren sikrer, at der kan ske udstømning af vand og fosfor fra søen hen over sommeren.

Det lykkedes langt hen ad vejen, at følge disse retningslinier. Vandstanden nåede dog ikke minimumsvandstanden, bl.a. grundet en meget nedbørsrig august. I oktober-november var vandafstrømningen stor, så vandstanden nåede allerede op på 32,90 m i starten af oktober.

De til- og fraførte vandmængder i perioden 1989-2004 er opgjort på årsbasis i figur 3.6.2 og på månedsbasis i figur 3.6.3.

Den overfladiske afstrømning til søen i 2004 var tæt på et "normalår", idet ferskvandsafstrømningen var 8 % større end gennemsnittet for 1989-2003 (figur 3.6.2).

Hen over året steg vandstanden med 11 cm, svarende til en magasinændring på knap 400.000 m³.

Søen har en stor overflade, og derfor har nedbør på og fordampning fra søoverfladen stor betydning for vandbalancen. I sommerperioden var nedbør og fordampning således de vigtigste bidragsydere til vandbalancen.

Der foregår endvidere en vis vandudveksling med grundvandet, og for 2004 blev der samlet beregnet en indsvivning af grundvand svarende til 8 % af den overfladiske afstrømning. For hele perioden 1990-2003, er der beregnet en netto indsvivning på 6 %. Udvekslingen med grundvandet er således af mindre betydning for søens vandbalance.

Fosforbalance

De til- og fraførte mængder af fosfor i perioden 1989-2004 er opgjort på årsbasis i figur 3.6.4 og på månedsbasis i figur 3.6.5. Generelt følger til- og fraførslerne af fosfor vandbalancen nøje.

Den samlede tilførsel af fosfor var på 579 kg i 2004 og dermed meget tæt på gennemsnittet for perioden 1989-2003 (582 kg). Tilførslen forekom især i januar-februar og oktober-december, hvorimod månederne marts-april havde meget lave tilførsler (figur 3.6.4 og 3.6.5).

Den totale vandføringsvægtede indløbskoncentration af fosfor (den totale fosfortilførsel divideret med den totale vandtilførsel) var 0,068 mg/l i 2004, og dermed meget lig gennemsnittet for 1989-2003 (0,070 mg/l). Indløbskoncentrationen er faldet ca. 8 % siden 1989, men faldet er på grund af stor variation fra år til år ikke statistisk signifikant (se afsnit 3.2).

Den overfladiske indløbskoncentration af fosfor var 0,112 mg/l i 2004, og dermed en anelse lavere end gennemsnittet for perioden 1989-2003 (0,12 mg/l). Indløbskoncentrationen er faldet signifikant med ca. 16 % siden 1989 ($p = 0,06$). Faldet kan dels skyldes, at fosforudledningen med husspildevand er mindsket på grund af et lavere fosforindhold i vaske- og rengøringsmidler. Desuden er der igennem perioden sket afskæring eller rensning af spildevandet fra ejendomme i oplandet, samt ændret landbrugspraksis i forbindelse med braklægning og mere miljøvenlig landbrugsdrift i dele af oplandet. Dette synes dog foreløbig kun i forholdsvis begrænset omfang at have medført mindskede fosfortilførsler til søen.

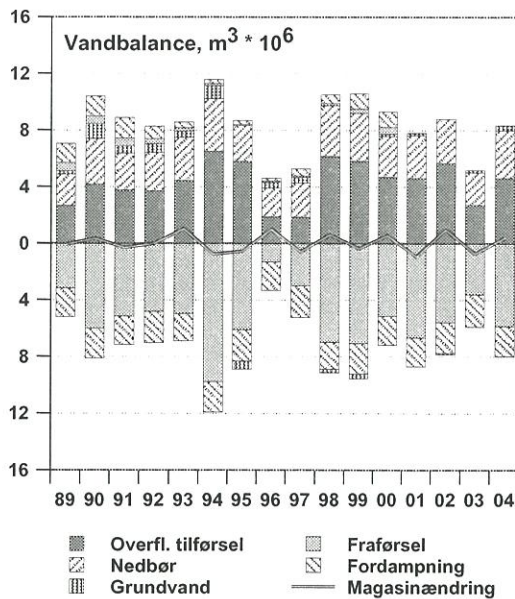
Der løb 1147 kg fosfor ud af søen, dvs. at søen frigav 568 kg mere end der blev tilført, hvilket er den største fosforfrigivelse fra søen i hele perioden 1989-2004. Denne nettofrigivelse skete først og fremmest i januar-marts og igen i august-oktober og december (figur 3.6.5). Den usædvanligt høje frigivelse i sensommeren skyldes intern fosforfrigivelse fra sedimentet. Den styring af vandstanden, der sikrede afløb fra søen i juli-september, medførte en betydelig fraførsel af fosfor i denne periode, svarende til 273 kg eller 24 % af årets totale fraførsel af fosfor. Ligeledes blev der fraført 239 kg i februar alene, svarende til 21 % af den totale fraførsel. Fosforpuljen i søvandet var 1853 kg ved årets begyndelse og 1003 kg ved årets slutning. Indregnes denne puljeændring har sedimentet hen over hele året tilbageholdt 282 kg, svarende til 49 % af tilførslen. Som gennemsnit for perioden 1990-2003 har sedimentet frigivet 89 kg årligt svarende til 15 % af tilførslen.

År	Q tilført	Q fraført	Nedbør	Fordampning	Magasinændring	Grundvand
2004	4,61	5,85	3,38	2,12	0,39	0,37
1989-2003	4,29	5,28	2,86	2,10	0,027	0,25

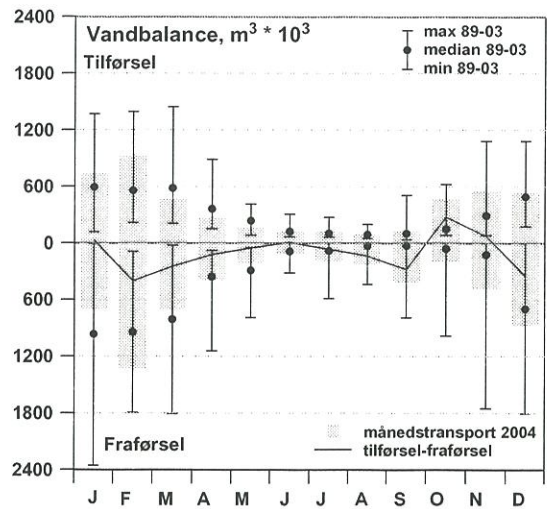
Tabel 3.6.1
Vandbalance for Arreskov Sø 2004, samt gennemsnit for perioden 1989-2003. Magasin- og grundvandsændringer er dog for perioden 1990-2003. Alle verdier i 10⁶m³.

3. Arreskov Sø

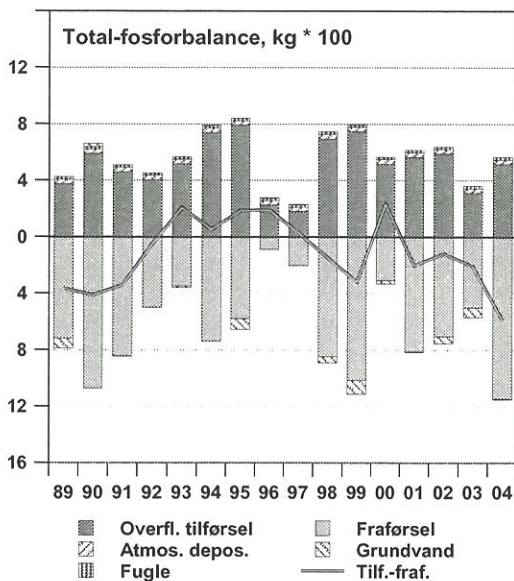
Figur 3.6.2
Tilførsel- og fraførsel af vand for Arreskov Sø på årsbasis, 1989-2004. Den angivne vandtilførsel er den overfladiske tilførsel fra oplandet.



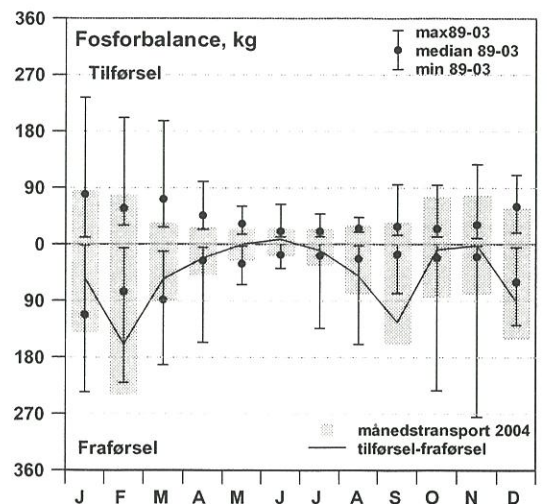
Figur 3.6.3 (th.)
Tilførsel- og fraførsel af vand for Arreskov Sø på månedsbasis, 2004. Maksimum, minimum og median for perioden 1989-2003 er ligeledes vist.



Figur 3.6.4
Tilførsel- og fraførsel af total-fosfor for Arreskov Sø på årsbasis, 1989-2004. Den angivne tilførsel af fosfor er den totale tilførsel fra samtlige kilder.



Figur 3.6.5 (th.)
Tilførsel- og fraførsel af total-fosfor for Arreskov Sø på månedsbasis, 2004. Maksimum, minimum og median for perioden 1989-2003 er ligeledes vist.



Når man inkluderer puljeændringer i beregningerne fås således et helt andet billede af fosforbalancen, idet man får en fosfortilbageholdelse, hvis puljeændringer medtages, men en frigivelse af fosfor når der ses bort fra pulje-

ændringer. Denne forskel skyldes en meget stor fosforpulje i søvandet d. 1. januar 2005, som resulterer i en tilbageholdelse når puljeændringer medtages. Dette er dog misvisende, hvis året betragtes isoleret, idet året var kendetegnet ved

Tabel 3.6.2
Fosforbalance for Arreskov Sø 2004, samt gennemsnit for perioden 1989-2003. Alle værdier i kg P.

År	P tilført	P fraført	Tilførsel - fraførsel	Atmosfærisk deposition	Grundvand	Fugle
2004	579	1147	-568	32	2	18
1989-2003	582	618	-36	32	-28	18

en meget høj frigivelse af fosfor fra sedimentet i sommerperioden.

Intern fosforfrigivelse

Arreskov Sø har i de senere år haft meget høje koncentrationer af fosfor i sensommeren, hvilket skyldes kraftig frigivelse af fosfor fra sedimentet i forbindelse med voldsomme opblomstringer af blågrønalger. Søen er således returneret til en uklar fase efter at have været i en klarvandsfase i en længere årrække efter reduktionen i fiskebestanden. Før denne var der ligeledes en stor frigivelse af fosfor fra sedimentet. Søen begyndte at tilbageholde fosfor i klarvandsperioden, men faldt så tilbage til en uklar tilstand, hvor søen igen frigav fosfor. I 2004 var der således den største frigivelse af fosfor i hele perioden 1989-2004. Dette mønster er også set i andre biomaniplerede søer (Søndergaard et al., 2003), og indikerer at der kan ske en voldsom fosforfrigivelse fra søer, hvor den interne belastning ikke er nedbragt tilstrækkeligt inden der bliver foretaget biomanipulation.

Mekanismen bag skiftene omfatter bl.a. at der ved en klarvandsfase bliver en mindre sedimentation af iltforbrugende organisk materiale, som mindsker risikoen for at fosfor bundet til jern bliver frigivet. Ligeledes fører den klarvandede fase til en øget produktion af f.eks. bentiske alger på sedimentoverfladen, som dels kan optage fosfor og dels ilte sedimentet, så fosforfrigivelsen mindskes. En årsag til den ekstreme interne fosforfrigivelse i sensommeren 2004 kan være den store kiselalgeopblomstring i foråret, som kan have øget den mikrobielle omsætning af organisk materiale relativt til tidligere år. I 1989, hvor den interne fosforbelastning ligeledes var enorm, var der således også en stor kiselalgemængde i foråret.

Fjernelse af eksempelvis brasen kan ligeledes mindske fosforfrigivelsen fra sedimentet. Ved brasens fødesøgning, kan der således laves store "huller" i sedimentet som øger frigivelsen af fosfor fra resuspenderet sediment (Breukelaar et al., 1994), og samtidig gør det vanskeligere for undervandsplanter at få rodfæste. Mængden af brasen blev reduceret voldsomt i 1991-92 og har været lav siden. Mængden af brasenyngel var dog relativt høj i 2003 og kan eventuelt have resulteret i en stigende biomasse af voksne brasen i 2004.

En klarvandsfase kan også medføre en øget udbredelse af undervandsplanter, som det skete

i Arreskov Sø. Tilstedeværelse af undervandsplanter kan øge tilbageholdelsen af fosfor.

3.6.3 Fosfor i relation til biologien i søen

Algemængden

I perioden 1989-2004 har sommermiddelkoncentrationen af total-fosfor svinget mellem 0,061 og 0,275 mg/l og klorofylmængden mellem 11 og 173 µg/l. Ved øget fosforindhold ses et markant stigende indhold af klorofyl, hvilket har været særligt udpræget de senere år. Som gennemsnit for perioden har klorofylmængden været 90 µg/l, hvilket er relativt højt for en lavvandet, højalkalin sø som Arreskov Sø. Hvis følgende relation anvendes: $Klorofyl = 293 \cdot P_{tot}^{0.59} \cdot Z^{-0.26}$, hvor Z er middeldybde (Jensen et al., 1997), fås en nogenlunde overensstemmelse. I årene 1996-97 med megen undervandsvegetation og størst græsning fra dyreplankton, er algemængden lavere end beregnet ud fra fosforkoncentrationen.

Sammensætning af alger

Planteplanktonsamfundet har i hele perioden 1989-2004 været domineret af næringskrævende arter, der er almindelige i lavvandede, eutrofe søer. Blågrønalger har været den vigtigste algegruppe, idet den har udgjort 48-100 % af biomassen i planteplankton som gennemsnit over perioden marts-oktober. Årene 1994 og 1997 er dog undtagelser herfra, idet kiselalger var dominerende sammen med rekyalger og blågrønalger.

I perioden 1989-1993 er der sket et fald i mængden af grønalger samtidigt med at der skete et fald i total-fosfor, men grønalgerne er dog ikke kommet tilbage i så store mængder som tidligere efter at fosforindholdet igen er steget. Til gengæld er blågrønalger blevet meget dominerende i de senere år. Af alle algearterne er det variationen i mængden af grønalger, blågrønalger og kiselalger der bedst forklares ved ændringer i koncentrationen af total-fosfor.

Fiskesammensætning

Fiskebiomassen i Arreskov Sø har siden 1994 været markant mindre end forventet ud fra søens total-fosforkoncentration (Fiskeøkologisk Laboratorium, 2002). Fiskebestanden har været kendetegnet ved en stor ustabilitet, idet den er præget af ekstreme vækst- og dødsrater. Fiskebestanden har således ikke nået at opbygge en

størrelse der svarer til søens fosformængde. Forudsat at mængden af skalle og brasen stiger i de kommende år, samtidig med en aftagende aborredominans og normale vækst- og dødsrater, vil det betyde en udvikling mod mere normaliserede forhold kendetegnende for det fosforniveau, søen har. Således var fiskebiomassen relativt høj i 2003, hvilket i høj grad skyldes brasenyngel, og kunne antyde at et skifte så småt er på vej. Biomassen i 2003 var dog stadig lav i forhold til fosforniveauet.

Undervandsplanter

Der er ikke nogen klar sammenhæng mellem søvandets fosforindhold og undervandsplanternes udbredelse i perioden 1993-2004. Der er dog en tendens til lavere plantedækket areal ved øgede fosformængder. Med et gennemsnitligt artsantal på ca. 10 (inklusive trådalger) i årene 1993-2004 er artsantallet relativt højt i forhold til den gennemsnitlige fosforkoncentration for sommerperioden på 0,15 mg/l.

Dybdegrænsen, dækningsgrad og plantefyldt volumen som gennemsnit for perioden 1993-2004 er alle på niveau med hvad man typisk ser for lavvandede søer med samme næringsniveau som Arreskov Sø.

Bunddyr

For bunddyrene er der ikke nogen klare tendenser mellem fosforindholdet i Arreskov Sø i perioden 1989-2004 og antal individer/m² (jf. fokuspunkt bunddyr). Når dansemyggelarver betragtes isoleret, er der dog en svag tendens til faldende tætheder ved stigende fosforindhold. Dette resulterer dog ikke i stigende mængder børsteorme, som kunne forventes ved mere eutrofe forhold. Artssammensætningen i søen afspejler ligeledes de eutrofe forhold, der er i søen.

3.7 Bunddyr - fokusemne

Relevans

Med bunddyr menes i den her sammenhæng, makroinvertebraterne som lever i sedimentet i profundalozonen, dvs. den dybeste del af søen. Bunddyrene i profundalozonen er til en vis grad følsomme overfor lave iltkoncentrationer, således at tætheden reduceres ved øget eutrofiering. Forholdet mellem de forskellige grupper kan også påvirkes. Dansemyggelarver betragtes normalt som værende mindre tolerante overfor lave iltkoncentrationer end børsteorm. Dvs. der kan forventes et skift mod flere børsteorm ved øget eutrofiering og omvendt ved en forbedring. Bunddyrene er ikke kun påvirket af eutrofiering men også af fisketætheden, således at høje fisketætheder reducerer tætheden af bunddyr.

Bunddyrene indgår som et nyt element i overvågningen, og det hidtidige danske erfaringsgrundlag af sammenlignelige studier er meget begrænset.

Bunddyr indgår som en af vandkvalitetsparametrene i Vandrammedirektivet.

3.7.1 Beskrivelse af artssammensætningen

Fire søer blev undersøgt for bunddyr i efteråret 2004; 2 intensive (Arreskov Sø og Søholm Sø) og 2 ekstensiv-1 søer (Langesø og Dallund Sø). Der blev udtaget 12 prøver i de intensive søer og 8 prøver i ekstensiv-1 søerne (tabel 3.7.1).

Af tabel 3.7.2 fremgår artssammensætningen og individtætheder i de undersøgte søer.

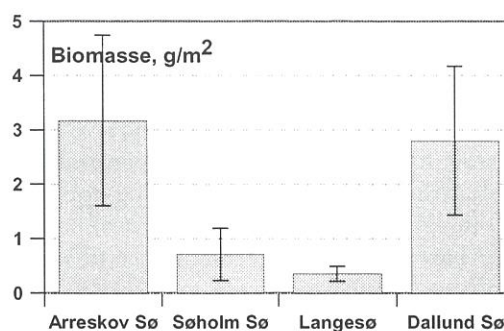
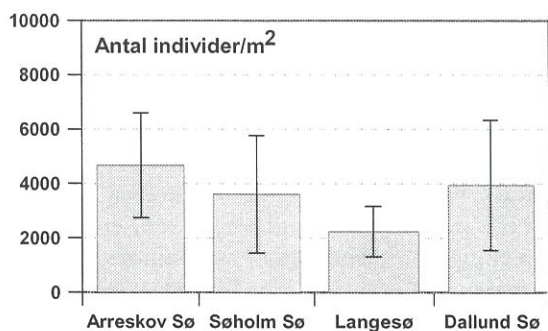
Artsantallet var lavt med 4-12 arter. Heraf blev der fundet flest i Arreskov Sø, hvilket sandsynligvis skyldes tilstedeværelsen af undervandsvegetation. Således blev der bl.a. fundet snegle og muslinger i Arreskov Sø. Disse blev ikke fundet i de øvrige vegetationsfattige søer.

Tabel 3.7.1
Bundfaunastationer i Arreskov Sø, Søholm Sø, Langesø og Dallund Sø. Dybdeinterval angiver hvilken dybde prøverne er udtaget i. Total-fosfor (overflade), temperatur (bund) og iltkoncentrationer (bund) er alle sommergennemsnit for 2004. CPUE (Catch Per Unit Effort) antal og vægt angiver mængden af alle potentielle bentivore fisk > 10 cm fanget med 4-85 mm garn: brasen, rudskalle, skalle og aborre. Fiskeundersøgelsen fra Arreskov Sø er fra 2003. Der er ikke lavet fiskeundersøgelser i Søholm Sø siden 1998.

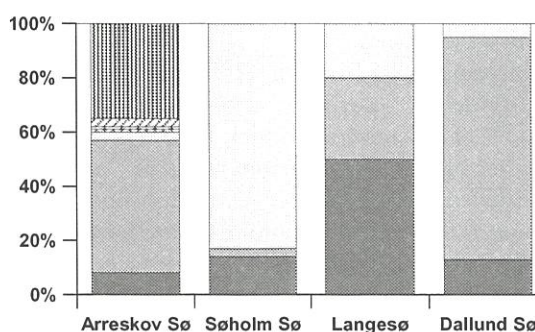
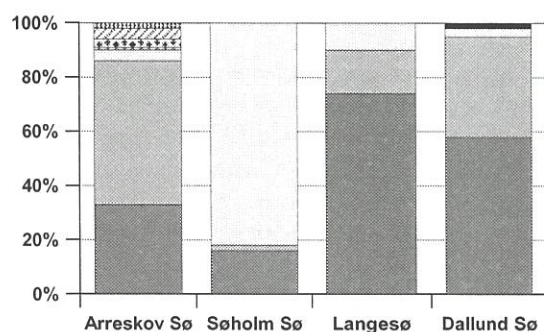
Sø	Antal prøver	Dybdeinterval (m)	Total-fosfor (mg/l)	Temp.	Iltconc. (mg/l)	CPUE, antal	CPUE, vægt (kg)
Arreskov Sø	12	2,2-2,6	0,27	17,3	8,9	17,5	3,3
Søholm Sø	12	9-12	0,049	7,3	0,3	-	-
Langesø	8	4-4,3	0,11	15,9	4,3	34	2,9
Dallund Sø	8	2-2,25	0,18	17,0	7,6	130,5	10,1

Tabel 3.7.2
Artsliste og individtætheder \pm 95 % konfidensgrænser for bundfauna i Arreskov Sø, Søholm Sø, Langesø og Dallund Sø.

Gruppe	Slægtsnavn	Artsnavn	Antal individer/m ²			
			Arreskov Sø	Søholm Sø	Langesø	Dallund Sø
Børsteorm	<i>Limnodrilus</i>	<i>hoffmeisteri</i>	118			
Dansemyg	<i>Potamotrix</i>	<i>hammoniensis</i>	1412	589	1648	2295
	<i>Chironomus</i>	<i>plumosus</i> gr.	1334		235	1412
	<i>Polypedilum</i>	<i>nubeculosum</i> gr.	39			
	<i>Procladius</i>	sp.	1020	39	118	59
	<i>Tanytarsus</i>	sp.	78			
Glasmyg	<i>Dicrotendipes</i>	sp.		39		
	<i>Chaoborus</i>	<i>flavicans</i>	196	2943	235	118
Mitter	<i>Ceratopogoninae</i>	sp.				59
Igler	<i>Helobdella</i>	<i>stagnalis</i>	39			
Krebsdyr	<i>Daphnia</i>	sp.	118			
Muslinger	<i>Pisidium</i>	sp.	78			
Snegle	<i>Valvata</i>	<i>piscinalis</i>	196			
Vandmider	<i>Hydracarina</i>	Indet.	39			
Total (\pm 95 % konf.)			4669 (\pm 1932)	3610 (\pm 2166)	2236 (\pm 935)	3943 (\pm 2398)



Figur 3.7.1 (tv.) Antalsmæssig sammensætning af bunddyr i Arreskov Sø, Søholm Sø, Langesø og Dallund Sø med $\pm 95\%$ konfidensgrænser på total og procentvis fordeling på de enkelte grupper.



Figur 3.7.2 Sammensætning af bunddyrsbiomassen i Arreskov Sø, Søholm Sø, Langesø og Dallund Sø med $\pm 95\%$ konfidensgrænser på total biomasse og procentvis fordeling på de enkelte grupper.

Individantallet varierede mellem 2236 (Langesø) til 4669 individer/m² (Arreskov Sø) (figur 3.7.1). Der var dog ingen signifikant forskel mellem individantallet i søerne (envejs ANOVA, $p=0,33$).

Biomassen varierede mellem 0,35 (Langesø) til 3,17 g/m² (Arreskov Sø). Der var dog stor variation i biomassen/m² på stationerne med høj biomasse (figur 3.7.2). Biomassen i Arreskov Sø og Dallund Sø var signifikant større end biomassen i Søholm Sø og Langesø (envejs ANOVA på logaritmetransformererede data, $p<0,001$).

Bunddyrssammensætningen er for alle søer typisk for eutrofe søer, idet der bl.a. findes dansemyggelarven *Chironomus plumosus*, som kræver et højt iltindhold i vandet, og børsteormen *Potamotrix hammoniensis*, der ligesom *C. plumosus* kan leve under lave iltforhold. *C. plumosus* blev fundet i de 3 lavvandede søer, men ikke i den dybe Søholm Sø, hvor tilførslen af alger ikke er tilstrækkelig stor.

Børsteormen *P. hammoniensis* blev fundet i alle søerne, men var mest talrig i Dallund Sø, hvor den dog kun udgjorde 13 % af biomassen. Dansemyggen *Procladius* sp. og glasmyggen *Chaoborus flavicans* forekom ligeledes i alle sø-

erne. Glasmyggen har to gasfyldte kamre, hvis volumen kan ændres, så den kan regulere sin position i vandsøjlen. Normalt ligger glasmyggen nede i sedimentet om dagen og æder dyreplankton i vandfasen om natten for at undgå prædation fra fisk. I Søholm Sø var glasmyg meget talrige og udgjorde >80 % af både det totale individantal og af den samlede biomasse. Hvis der ses bort fra glasmyggene i Søholm Sø mindskes individantal og biomasse derfor markant (til hhv. 667 individer/m² og 0,26 g/m²) og børsteorm vil udgøre langt størstedelen, både hvad angår individantal og biomasse. I Arreskov Sø udgjorde dansemyg omkring halvdelen af både individantallet og biomassen. Her var sneglene ligeledes vigtige med 35 % af biomassen mod kun 4 % af det totale antal.

3.7.2 Bunddyr i relation til total-fosfor og dybde

Total-fosfor

En øget eutrofiering og hermed øget primærproduktion fører generelt til øgede mængder benthiske invertebrater som f.eks. børsteorm, danse-

myg og snegle, men samtidig et fald i døgnfluer (Svensson et al., 1999; Leppa et al., 2003) og diversitet (Voss et al., 2004). Især børsteorme vil blive relativt mere dominerende ved meget eutrofe forhold (Wetzel, 1983), men ved hyper-trofe forhold vil også de forsvinde og størstedelen af omsætningen i bunden overtages af bakterier. Der blev ikke set nogen tendenser til et skifte mod børsteorm ved højere total-fosfor indhold i søerne, hverken mht. antal eller biomasse. Der var heller ingen sammenhænge med fosforniveau og diversitet.

Håkanson & Boulion (2003) introducerede en model til beskrivelse af bunddyr i søer som en del af en større sø-model, LakeWeb. Modellen har bl.a. total-fosfor som én ud af 7 variable. Modellen blev bl.a. testet med tilløbskoncentrationer fra 10 til 1000 μg total-fosfor/l, hvor modellen viste at biomassen af bunddyr øges med stigende fosfor-koncentration. Denne tendens ses i de 4 søer, hvis biomassen uden glasmyg, afbilledes som funktion af total-fosfor ved bunden (tabel 3.7.1 og 3.7.2).

Dybde

Ved øget dybde ændres miljøforholdene for bunddyrene på en lang række områder. I søernes littoralzone findes således de mest komplekse samfund, da der her er en meget stor variation i både de fysiske og biologiske forhold. I søens profundalzone findes de mest ensformige bundforhold, hvilket også afspejles i de bunddyr som findes her. Ved øget dybde falder både temperatur- og iltindholdet normalt, hvilket også ses i den dybe Søholm Sø (tabel 3.7.1).

Ud fra det spinkle datagrundlag var der en tendens til, at biomassen var lav ved øget dybde og lave temperatur og iltindhold. Særligt iltindholdet ved bunden syntes at påvirke biomassen

af bunddyr. Den lave biomasse i Langesø kan skyldes, at iltkoncentrationen kun var 0,1 mg/l i månederne august-september. Dette kan have reduceret biomassen af f.eks. dansemyg. Ligeledes var individbiomassen, af de tilstedeværende bunddyr, lav i forhold til de øvrige søer.

Hvis der ses bort fra glasmyg, som er mindre afhængige af iltindholdet ved bunden i sommerperioden end de øvrige bunddyr, ses en god sammenhæng mellem eksempelvis sommerens iltindhold ved bunden og individantallet (figur 3.7.3).

Ligeledes er der fundet en negativ sammenhæng mellem iltindholdet ved bunden og andelen af børsteorm i forhold til dansemyg, således at forholdet steg ved lavt iltindhold, svarende til en øget andel af børsteorm ved lavt iltindhold.

Iltindholdet ved bunden er ofte en vigtig bestemmende faktor for hyppigheden af bunddyr i dybe søer (Dinsmore & Prepas, 1997a, b; Dinsmore et al., 1999), men kan også have betydning i lavvandede søer ved kortvarige kritiske iltkoncentrationer, forårsaget af sedimenterede planktonalger ved vand-sediment overgangszonen (Lang, 1998). Effekten af vandets iltindhold på bunddyr er dog meget sværere at tolke i lavvandede, eutrofe søer, end i dybe, lagdelte søer, da disse ofte har tydelige perioder uden ilt (Kajak, 1997).

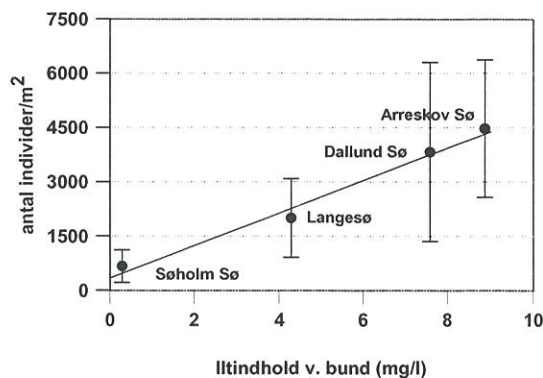
Der forekommer desuden store, naturlige variationer i populationer af bentiske invertebrater. Disse skyldes bl.a. klimatiske faktorer, fødekædedynamik (Leppa et al., 2003) og horisontale variationer i søerne, hvilket vanskeliggør tolkning af resultaterne. Eksempelvis har individantallet af bunddyr i Arreskov Sø svinget mellem 500 og 46.000 individer/ m^2 i perioden 1989-2004, hvor iltindholdet og temperaturen ved bunden ikke har ændret sig væsentligt. Disse ændringer skal nok primært tilskrives ændringer i under-vandsvegetationen samt fiskebestanden.

3.7.3 Bunddyr i relation til fiskesammensætning og -tæthed

Generelt mindskes tætheden af bunddyr ved høje fiskebiomasser, og især brasen har en markant effekt på dansemyg (Svensson et al., 1999; Leppa et al., 2003).

Der blev ikke fundet nogen sammenhænge imellem bunddyr i relation til fiskesammensætning eller -tæthed i de 4 undersøgte søer i 2004 (tabel 3.7.1).

Figur 3.7.3
Sammenhænge mellem sommerens iltindhold ved bunden (gennemsnit 1,5 – 30,9) og individantallet uden glasmyg ($\pm 95\%$ konfidensgrænser) i Arreskov Sø, Søholm Sø, Langesø og Dallund Sø.

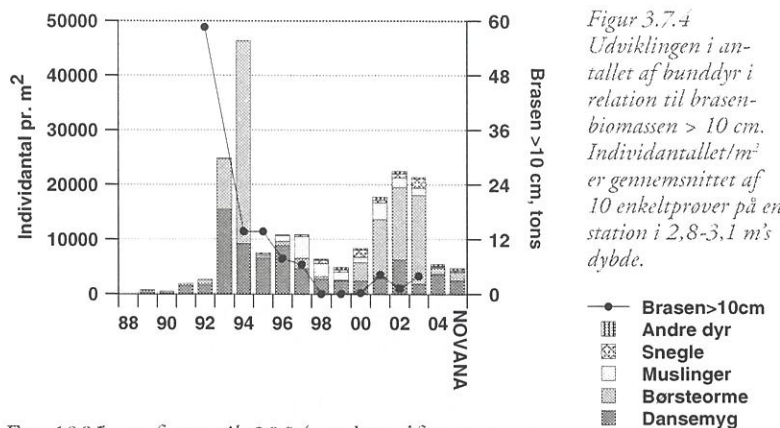


I Arreskov Sø er der foretaget undersøgelser af bunddyrsfaunaen siden 1989. Disse undersøgelser er ikke foretaget på samme måde som undersøgelserne fra efteråret 2004, og er derfor ikke direkte sammenlignelige. Prøverne blev således foretaget i forårsperioden på 3 faste stationer med 10 prøver ved hver station. Ved at sammenligne prøverne fra den dybeste station med prøverne fra den nuværende metode fås bedst overensstemmelse. Hvis bunddyrsfaunaen på den dybeste station betragtes i hele perioden 1989-2004 ses bl.a. en voldsom ændring i bunddyrsfaunaen efter en reduktion i fiskebestanden.

Før fiskedød og biomanipulation i 1991-92 var bunddyrspopulationen fåtallig og domineret af børsteorm og dansemyg. Efter fiskedød og biomanipulation, hvor særligt brasen, skalle og ål blev reduceret, eksploderede individantallet af bunddyr i 1993-94 til ca. 46.000 individer/m² (figur 3.7.4), hvilket antagelig skyldes et markant fald i prædationstrykket fra voksne brasen.

Brasen yngel og ungfisk æder primært dyreplankton, men efter et par år sker der et skift i fødevalg og større smådyr bliver det dominerende fødeemne. Voksne brasen lever oftest af bundlevende smådyr, og især myggelarver foretrakkes.

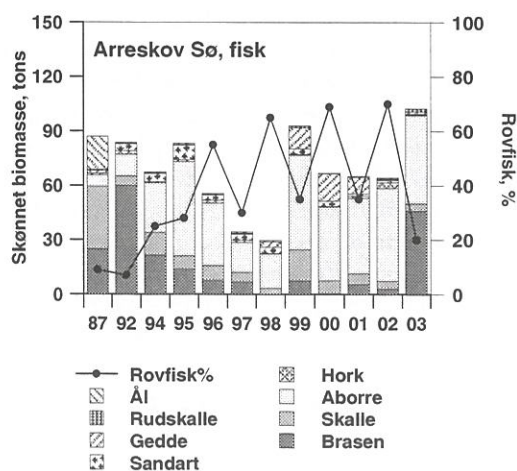
Et tilsvarende skifte i bundfaunaen blev observeret i to eutrofe søer i Sverige (Svensson et al., 1999) og Finland (Leppa et al., 2003) efter en reduktion af skalle- og brasenbiomassen. I den svenske sø blev også observeret en stigning i diversiteten efter reduktionen i fiskebiomassen. I Arreskov Sø hænger stigningen i diversiteten dog også tydeligt sammen med udbredelsen af undervandsplanter. Stigningen i diversiteten skyldes bl.a. muslingen *Pisidium* sp., som også ædes af brasen (Muus-Dahlström, 1981 citeret i Svensson et al., 1999). Forekomst af undervandsplanter kan således mindske prædationen på muslingerne. Det samme synes at være tilfældet mht. børsteorme og dansemyg. Et vegetationsdække kan derfor tilsyneladende opretholde større bestande af bunddyr, idet koblingen er tættere mellem fisk og bunddyr i vegetationsløse søer (Leppa et al., 2003). Ligeledes mindskes risikoen for resuspension ved øget plantedække, hvilket stabiliserer miljøforholdene i sedimentet for bunddyrene. Der har på intet tidspunkt i overvågningsperioden været vegetation på den station, som beskrives her. Arter som snegle og muslinger, der normalt er associerede med vegetation, blev dog også fundet på denne station.



Figur 3.7.4 Udviklingen i antallet af bunddyr i relation til brasenbiomassen > 10 cm. Individantallet/m² er gennemsnittet af 10 enkeltprøver på en station i 2,8-3,1 m's dybde.

Fra 1995 og frem til 2004 er bundfaunaen generelt ændret i forhold til perioden før ændringen i fiskebestanden. Hvis perioden 1995-2004 sammenlignes med perioden 1989-92, er medianen af individantallet og taxa blevet hhv. 7,1 og 2,5 gange større. Bundfaunaen er således blevet mere talrig og artsrig i perioden efter fiskedøden og biomanipulationen.

Bunddyrsfundet i Arreskov Sø i 1989-2004, er relativt ensartet og domineret af børsteorm og dansemyg (figur 3.7.4), hvilket er kendetegnende for profundalfaunaen i eutrofe søer. Ved meget eutrofe forhold vil børsteorm dominere frem for dansemyg. I perioden 1989-2004 har dansemyg været dominerende i de fleste år, men børsteorm har dog været mest talrig i de senere år. Stigningen i mængden af børsteorm i årene 2000-2003, kan skyldes en øget sedimentation af organisk materiale (Lang, 1998; Svensson et al., 1999) i disse år, hvor algemængden og totalfosfor også var stigende, men det forklarer ikke faldet i 2004. Dette kan eventuelt tilskrives den rekordhøje mængde af brasenyngel i 2003 (figur 3.7.5), som er begyndt at æde bunddyr i 2004.



Figur 3.7.5 Fiskesammensætning i Arreskov Sø 1987-2003. Fiskebiomassen i 2003 var den største der er blevet registreret i søen (325 kg/ha). Det skyldes primært brasen- og aborre yngel, som udgjorde hhv. 41 % og 29 % af den totale fiskebiomasse. Rovfiskene udgjorde kun 20 % af den totale biomasse, mod 70 % året før.

3.8 Målsætning, sammenfatning og konklusioner

Målsætning

Søen er i Regionplan 2001-2013 målsat som "referenceområde for naturvidenskabelige studier". For at opfylde denne målsætning, er det tidligere blevet vurderet, at søen gennem flere år bør have en sigt dybde på mindst 1,5-2,0 meter, et fosforindhold på højst 0,06 mg/l og et kvælstofindhold på højst 1,3 mg/l som gennemsnit for sommerperioden. Der skal være et artsrigt plankton uden længerevarende masseopblomstringer af blågrønalger, en udbredt rankegrøde og en artsrig smådyrsfauna, også på dybder større end 1 m. Fiskebestanden skal være præget af store, rovlevende aborrer, og i øvrigt have en størrelse, sammensætning og vækst, der svarer til det lave næringsstofindhold. Der må ikke forekomme kritisk lave iltindhold i vandet. Det er sandsynligt, at kravene til fosfor- og kvælstofindhold vil blive skærpet i forbindelse med gennemførelsen af Vandrammedirektivet (VRD).

Målsætningen er ikke opfyldt i dag.

Arreskov Sø tilhører i VRD-sammenhæng søtype 9 (kalkrig, ikke-humøs, lavvandet og fersk), der udgør omkring halvdelen af alle danske søer.

Søen er udpeget som EF-habitatområde. Udpegningsgrundlaget er af naturtype 3150: Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks. Denne naturtype skal have en gunstig bevaringsstatus indenfor habitatområdet, dvs. at arealet med naturtypen skal være stabilt eller stigende. Gunstig bevaringsstatus er ikke opfyldt på grund af eutrofiering.

Udvikling i miljøtilstand

Tabel 3.1.1 viser en række nøgleparametre til beskrivelse af miljøtilstanden i Arreskov Sø i 2004.

Bortset fra et betydeligt forårsmaksimum af planktonalger i marts måned, var søen relativt klarvandet gennem foråret og forsommeren. Dette skyldtes hovedsagelig en betydelig græsning fra store cladocerer. I juni påbegyndtes en opvækst af blågrønalger, og i de meget varme og solrige sommermåneder august-september forekom en voldsom opblomstring af blågrønalgen *Aphanizomenon flos-aquae*. Denne alge har en konkurrencemæssig fordel i søer med stor græsning, idet den kan vokse til græsningsresistent størrelse på søbunden, før den stiger op i vandet. Den har da også været dominerende de fleste af de senere år.

Koncentrationen af total-fosfor var meget høj (sommergennemsnit 0,27 mg/l), og både års- og sommergennemsnit nåede de højeste niveauer siden 1990. I september målte den hidtil højeste fosforkoncentration i hele perioden 1989-2004 (0,62 mg/l). Koncentrationen af total-kvælstof var ligeledes høj (sommergennemsnit 3,74 mg/l), idet både års- og sommergennemsnit var de højeste i perioden 1989-2004. Årsagen til de høje koncentrationer var en særdeles høj frigivelse af fosfor og kvælstof fra sedimentet i sommermånederne i forbindelse med algeopblomstringen, idet tilførslerne af både fosfor og kvælstof er reduceret de senere år.

Klorofylkoncentrationerne var ligeledes relativt høje, med det højeste årsgennemsnit siden 1991. Sigtdybden var på niveau med de tre foregående år.

Undervandsvegetationen dækkede ca. 16 % af søbunden, hvilket var på niveau med det foregående år, men langt fra den maksimale dækning i 1997 (61 %). I 2004 udgjorde det plantefyldte volumen 4 % af søens volumen. Hvis planterne effektivt skal være med til at holde søen klarvandet, skal det plantefyldte volumen være omkring 20 %.

Kvælstof- og fosforbelastning

Hovedparten af kvælstof- og fosforbelastningen stammer fra det åbne land, dvs. landbrug og spredt bebyggelse.

I 2004 tilførtes søen 31 tons kvælstof, hvilket er lidt mindre end gennemsnittet for perioden 1989-2003. Kvælstoftilførslen er faldende, idet den totale indløbskoncentration (total tilført kvælstof mængde divideret med den totale vandtilførsel) er faldet signifikant med ca. 27 % i perioden 1989-2004. I søen sker der en tilbageholdelse af kvælstof som følge af bundfældning og denitrifikation. Denne tilbageholdelse har i perioden 1989-2003 været på i gennemsnit 49 % af det tilførte kvælstof. I 2004 var tilbageholdelsen på kun 13 %, da en stor kvælstoffrigivelse fra sedimentet i sommer- og efterårsperioden medførte høje koncentrationer i vandet, og dermed også en høj afstrømning af kvælstof fra søen.

Fosfortilførslen på 579 kg var under gennemsnittet for overvågningsperioden. Tilførslen er faldet svagt, idet den totale indløbskoncentration af fosfor er faldet ca. 8 % (ikke signifikant) i perioden 1989-2004. Betragtes udviklingen i koncentrationen for den overfladiske afstrømning er der dog sket et signifikant fald på 16 %.

I 2004 skete der en betydelig frigivelse af fosfor fra søen, idet der løb næsten dobbelt så meget fosfor fra søen, som der blev tilført. Der er dermed tale om en usædvanlig stor frigivelse, idet sedimentet som gennemsnit for 1989-2003 har frigivet 89 kg årligt svarende til 15 % af tilførslen.

Med henblik på at aflaste søen for en del af det fosfor, der er ophobet i bunden, bliver der foretaget en styring af vandstanden i søen, der skal sikre, at der kan løbe vand ud af søen i sommermånederne, hvor fosforindholdet i søvandet er højt. I 2004 medførte dette en betydelig fraførsel af fosfor i juli-september svarende til 24 % af årets totale fraførsel af fosfor.

Bunddyr

Bunddyrssammensætningen i de 4 undersøgte søer i 2004 var forholdsvis artsfattig, med flest arter i Arreskov Sø. Dette skyldes sandsynligvis tilstedeværelsen af undervandsvegetation i denne sø. Iltindholdet ved bunden om sommeren var den eneste parameter der kunne forklare forskellene i antal og biomasse af bunddyr i de 4 søer.

Datagrundlaget for tolkning af resultaterne fra bunddyrsundersøgelserne er relativt spinkelt, idet det kun bygger på en enkelt undersøgelse af 4 søer og erfaringsgrundlaget generelt er dårligt i Danmark. I Arreskov Sø er der dog blevet foretaget undersøgelser af bunddyrene siden 1989. Af disse undersøgelser kan man bl.a. se en tydelig effekt af en reduktion i fiskebestanden, idet mængden af dansemyg og børsteorm stiger.

Søens fremtidige tilstand

For at opnå en miljøtilstand, der er i overensstemmelse med målsætningen for Arreskov Sø og søens status som EF-habitatområde, skal tilførslen af fosfor og kvælstof reduceres yderligere i forhold til i dag. Følgende tiltag er allerede besluttet eller gennemført:

Der skal gennemføres forbedret rensning af spildevandet fra den spredte bebyggelse, f.eks. ved nedsivning eller biologisk rensning med fosforfjernelse. Ifølge Fyns Amts Regionplan skulle en forbedret rensning være gennemført i størstedelen af oplandet inden udgangen af 2002. Der mangler dog stadig 33 ejendomme.

I efteråret 2003 blev der etableret et vådområde i søens nordlige tilløb, Geddebækken. I 2004 har dette område reduceret tilførslen med ca. 4 tons kvælstof og 50 kg fosfor svarende til hhv. 12 og 8 % af den totale belastning. Der er desuden planer om at etablere et mindre vådområde ved Rislebækken i 2005.

Vandmiljøplan III sigter generelt mod at nedbringe fosforafstrømningen fra jordbruget ved etablering af dyrkningsfrie bræmmer og ved at mindske overskudstilførslen af fosfor til landbrugsjorde. Desuden skal planen nedbringe kvælstofafstrømningen yderligere.

Herudover kan næringsstofftilførslen som følge af jordbrugsdrift begrænses, f.eks. ved ekstensiveret jordbrug i visse områder, dyrkningsfrie bræmmer langs vandløb og evt. etablering af yderligere vådområder i forbindelse med tilløbene til søen. For at undgå en fremtidig stigning i fosforafstrømningen fra landbrugsjorden, bør der endvidere gennemføres fosforbalance på landbrugsjorden, således at der ikke tilføres mere fosfor til markerne end der fjernes med afgrøderne.

Ifølge EU's Vandrammedirektiv skal alt overfladevand inden udgangen af 2015 opnå mindst en "god økologisk tilstand". For at opnå dette skal der udarbejdes og gennemføres indsatsplaner, hvor man samlet vurderer de nødvendige tiltag og deres omkostninger.

Det kan i den forbindelse komme på tale at nedbringe den interne fosforbelastning i søen, f.eks. ved at opgrave sedimentet eller ved kemisk at binde fosfor i sedimentet.

4. Søholm Sø

4.1 Generel karakteristik

Søholm Sø, som ligger i en tunneldal, umiddelbart nordøst for Glamsbjerg i Glamsbjerg Kommune, er ca. 26 ha stor og gennemstrømmes af Hårby Å. Søen er Fyns dybeste naturlige sø med en maksimumdybde på knapt 15 m og en middeldybde på lidt under 7 m. Søens dybde bevirker at vandmassen er lagdelt i lange perioder om sommeren. I søens bredzone findes en forholdsvis smal rørsump, en smal flydebladszone og en forholdsvis svagt udviklet rankegrøde.

Søens opland, som er knapt 600 ha, har generelt ret sandede jordbundsforhold (lerblandet sand og sandblandet ler). Omkring 2/3 af oplandet består af landbrugsarealer og resten især af skov. Landbruget drives i dag mindre intensivt end typisk for Fyn som helhed, og husdyrholdet er ligeledes ret lille.

Tætheden af bebyggelse udenfor for kloakopland (spredte bebyggelse) er lidt større end på Fyn som helhed. Der er dog ingen renseanlæg i oplandet, hvorimod søen tilføres spildevand fra spredt bebyggelse, enten via dræn eller vandløb.

Søholm Sø er målsat som referenceområde for naturvidenskabelige studier. Dette, sammenholdt med den søtype Søholm Sø er, indebærer, at søen bør have en sigtdybde på mindst 3,5 m som gennemsnit for sommerperioden. Herudover bør der være et artsrigt planteplankton med dominans af rentvandskrævende alger, et veludviklet bælte af rankegrøde, en artsrig smådyrfauna og en fiskefauna, som bl.a. omfatter en bestand af aborre med en alsidig størrelsesfordeling. Målsætningen er i dag ikke opfyldt.

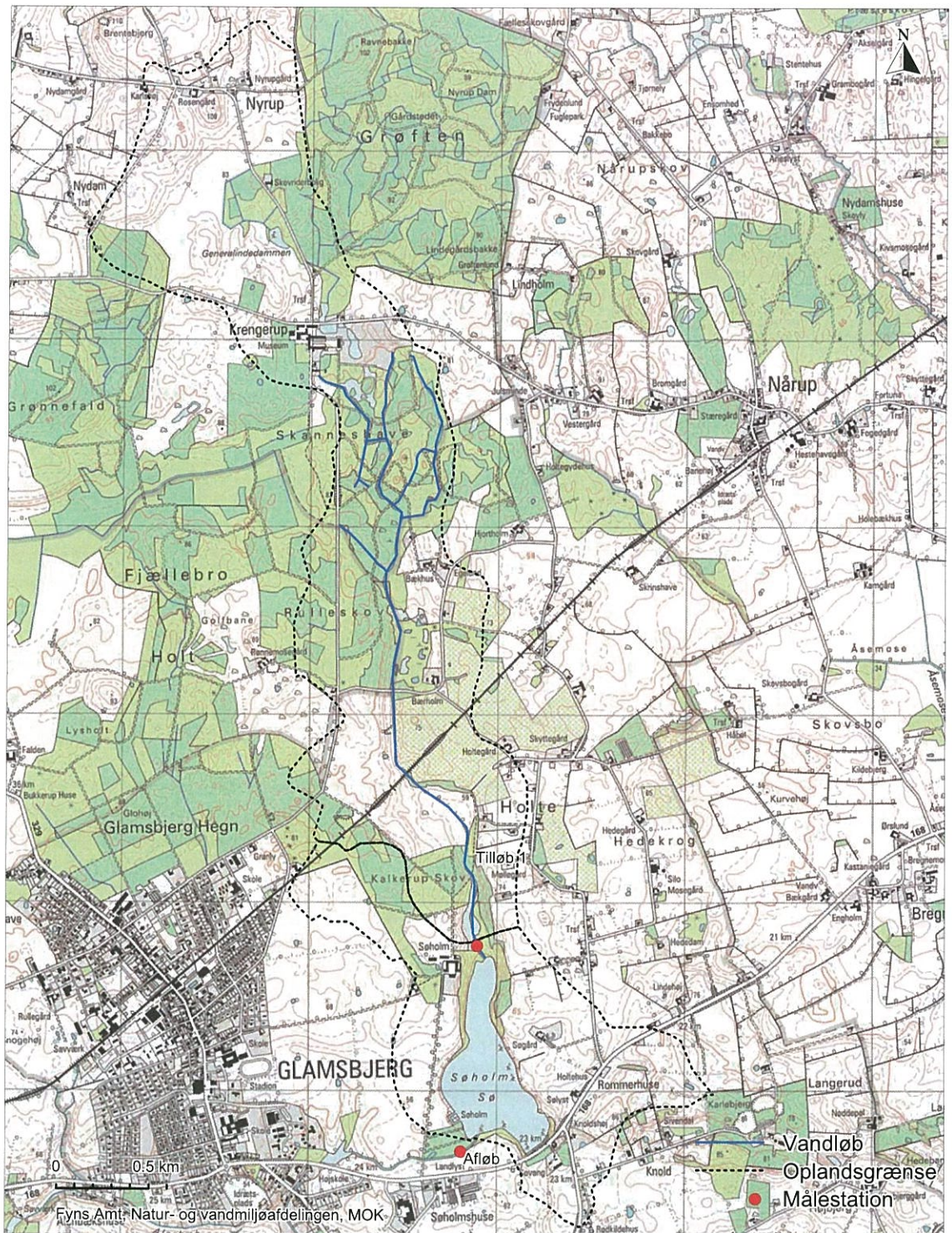
På <http://miljodata.Fyns-amt.dk> er det muligt at se og downloade opdaterede data fra Fyns Amts samlede overvågning af vandmiljøet.

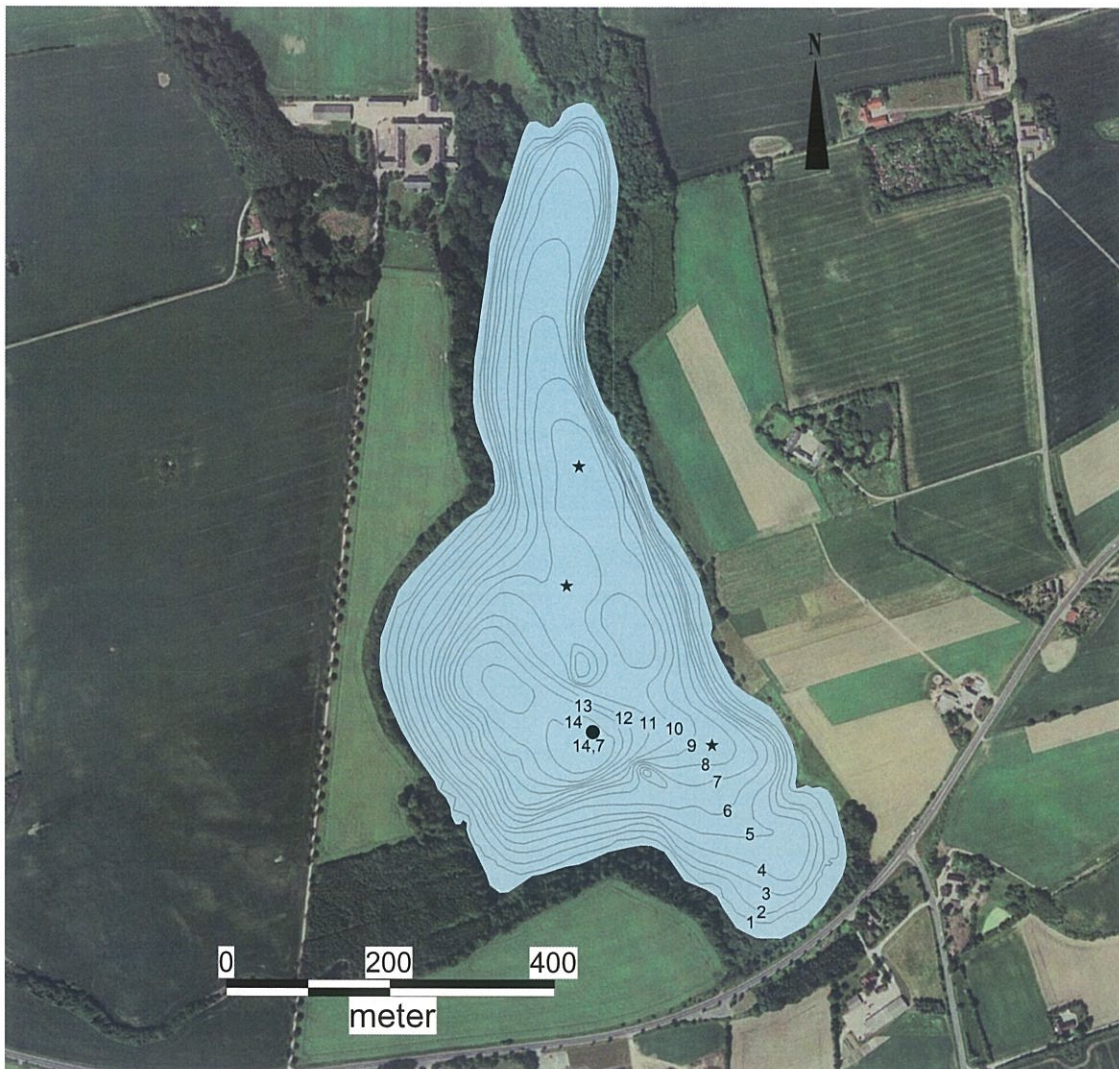
Søholm Sø, 2004			Gennemsnit	Median	Minimum	Maksimum
Oplandsareal		(km ²)	5,7	-	-	-
	heraf dyrket areal		3,3	-	-	-
Søareal		(ha)	26,4	-	-	-
Middeldybde		(m)	6,5	-	-	-
Maks-dybde		(m)	14,7	-	-	-
Opholdstid		(år)	1,3	1,4	0,4	446
Ptot indløb		(mg P l ⁻¹)	år 0,082	-	-	-
			sommer 0,098	-	-	-
Ptot		(mg P l ⁻¹)	år 0,064	0,068	0,032	0,094
			sommer 0,049	0,046	0,032	0,094
Oplost fosfat-P		(mg P l ⁻¹)	år 0,026	0,013	0,002	0,066
			sommer 0,007	0,002	0,004	0,013
Fosforbelastning		(tons pr år)	0,16	-	-	-
		(gram pr. m ² pr. dag)	1,70	-	-	-
Fosfor-retention		(mg pr. m ² pr. dag)	0,59	-	-	-
		(%)	36	-	-	-
Ntot indløb		(mg N l ⁻¹)	år 4,81	-	-	-
			sommer 2,49	-	-	-
Ntot		(mg N l ⁻¹)	år 1,30	1,33	0,18	2,50
			sommer 1,92	2,06	1,10	2,60
Uorganisk N		(mg N l ⁻¹)	år 1,41	1,41	0,24	2,54
			sommer 1,14	1,26	0,24	1,96
Kvælstofbelastning		(tons pr år)	9,3	-	-	-
		(mg pr. m ² pr. dag)	35,5	-	-	-
Kvælstof-retention		(mg pr. m ² pr. dag)	20,2	-	-	-
		(%)	57	-	-	-
Sigt dybde		(m)	år 1,87	1,75	0,60	3,20
			sommer 1,71	1,71	0,60	3,00
Klorofyl		(µg l ⁻¹)	år 26	28	4	59
			sommer 23	23	4	48
Farvetal		(Pt units)	år 23	22	14	28
			sommer 22	22	15	28
Alkalinitet		(mmol l ⁻¹)	år 2,55	2,64	1,88	2,75
			sommer 2,46	2,64	1,88	2,75
pH			år 8,3	8,2	7,0	8,8
			sommer 8,4	8,3	8,0	8,7
Suspenderet stof		(mg SS l ⁻¹)	år 3,25	3,12	1,10	9,00
			sommer 3,89	3,44	1,90	9,00
Sediment	PTOT	(mg P kg ⁻¹ tv)	-	-	-	-
	FeTOT	(mg P kg ⁻¹ tv)	-	-	-	-
	Fe:P	(vægtbasis)	-	-	-	-
Planteplanktonbiomasse	vægt	(mm ³ l ⁻¹)	år 5,06	3,90	0,34	19,04
			sommer 6,57	5,98	0,38	19,04
Planteplanktonbiomasse	blågrønalger	(%)	sommer 3	1	0	39
Dyreplanktonbiomasse	vægt	(mg tv l ⁻¹)	år 0,30	0,24	0,08	0,90
			sommer 0,34	0,32	0,15	0,90
Dyreplanktonbiomasse	hjuldyr	(%)	sommer 2	2	0	9
	copepoder	(%)	sommer 53	60	3	60
	cladocerer	(%)	sommer 45	38	34	95
Dyreplankton	Daphnia af cladocerer	(%)	sommer 34	30	12	73
	Middelvægt af Daphnia	(µg TV)	sommer 2,36	2,31	1,61	3,83
	Middelvægt af Cladoceer	(µg TV)	sommer 1,90	1,90	1,50	2,44
Græsningstryk	Pot. græsning af planteplanktonbiomasse	(µgC l ⁻¹ dag ⁻¹)	sommer 130	106	51	309
		(%)	sommer 147	12	4	663
Undervandsplanter	RPA	(%)	0,98	-	-	-
	RPV	(%)	0,01	-	-	-
	dybdegrænse	(m)	2,5	-	-	-
	Arter	(antal)	6	-	-	-
Bunddyr, tæthed	tæthed	(antal pr. m ²)	3610	2119	471	10358
	vægt	(biomasse pr. m ²)	0,71	0,39	0,16	2,74
	taxa	(antal)	4	-	-	-
Fugle	Maks. tæthed ynglefugle	(pr. ha)	0,85	-	-	-
	Maks. tæthed rastende	(pr. ha)	15,8	-	-	-

Tabel 4.1.1
Nøgetabel til beskrivelse af miljøtilstanden i Søholm Sø 2004 med gennemsnit, median, minimum og maksimum for en række standardparametre.

4. Søholm Sø

Figur 4.1.1
Kort over oplandet
til Søholm Sø med
angivelse af delop-
lande, målestatio-
ner i tilløb og aftøb.





Figur 4.1.2
Dybdekort over
Søholm Sø med ind-
tegnede overvågnings-
stationer og stations-
numre.

● kemistation,
✱ zoostation.

4.2 Total-fosfor

Relevans

Fosfor i vandmiljøet skyldes typisk udvaskning fra landbrugs- og naturarealer, spildevand fra byer og spredt bebyggelse og i mindre omfang fra industrier og dambrug (Søholm Sø tilføres ikke spildevand fra byer, industri eller dambrug).

Fosfor er et plantenæringsstof, der i de fleste søer betragtes som den begrænsende faktor for algevæksten. Fosfor har således stor betydning for vandmiljøet og mange af de biologiske forhold i søerne. Fosfor kan ophobes i søbunden og efterfølgende frigives til vandmasserne. En forbedring af vandkvaliteten i søen kan derfor forsinkes, når den eksterne tilførsel af fosfor til søen reduceres.

Belastning

Der tilføres Søholm Sø i gennemsnit ca. 150 kg fosfor årligt. Omkring halvdelen stammer fra det åbne land (fx landbrug og spildevand fra spredt bebyggelse), mens den anden halvdel er naturligt bidrag (figur 4.2.1).

Fosforindholdet i tilløbsvandet til søen er steget signifikant siden 1989 (lineær regression på log-transformerede data: $r = 0,43$, $p < 0,1$) (fig. 4.2.2). Tidligere resultater har førhen vist en større stigning i fosforindholdet i tilløbet siden 1989. Imidlertid har en forbedret beregningsmetode vist at fosforafstrømningen fra oplandet sandsynligvis har været underestimeret førhen.

Afløbskoncentrationerne er ofte på niveau med eller under tilløbskoncentrationerne. Dette viser at søen hyppigst tilbageholder fosfor, hvilket også var tilfældet i 2004.

Tilstand

Indholdet af total-fosfor i overfladevandet er typisk højt om efteråret/vinteren, sammenhængende med at fosforafstrømningen på dette tidspunkt af året er størst og fosforrigt bundvand blander sig med overfladevandet (figur 4.2.3). Først et godt stykke ind i foråret falder forforindholdet markant, som følge af en øget mængde planteplankton optager og fælder fosforen ud i søbunden, når planktonet henfalder. Samtidig bevirker lagdelingen i søen i sommerperioden en nedsat opblanding af fosforrigt bundvand med overfladevandet. Fosforindholdet er derfor relativt lavt i store dele af sommeren. Først i august/september stiger fosforindholdet igen, når lagdelingen brydes og fosforrigt bundvand igen bliver opblandet med overfladevandet.

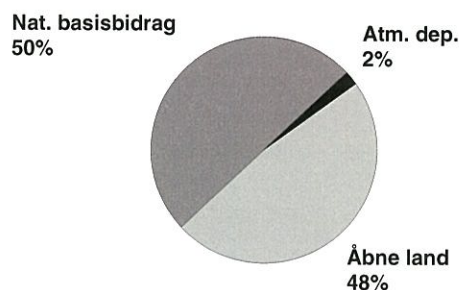
I 2004 var forforindholdet i sensommeren/efteråret noget højere end medianen for 1989-2003 (figur 4.2.3). Dette skyldes, at der var forholdsvis meget nedbør i månederne juni-august, med en efterfølgende stor fosforafstrømning.

Koncentrationen af opløst fosfor var meget lav (under detektionsgrænsen) gennem en stor del af sommeren. Det er derfor sandsynligt, at fosfor var begrænsende for væksten af planteplanktonet i en del af vækstsæsonen 2004.

Udvikling

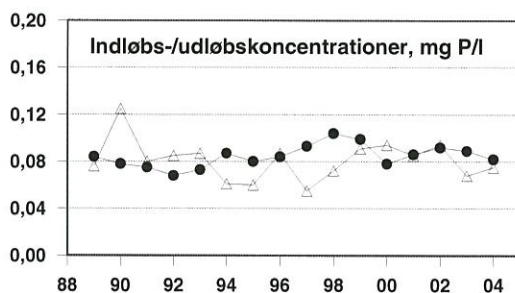
Som gennemsnit for sommerperioden var total-fosfor indholdet i søen 0,049 mg/l, hvilket er på niveau med gennemsnittet for 1998-2003, men den højeste værdi siden 1996 (figur 4.2.4). Som gennemsnit for sommeren har fosforindholdet i overfladevandet været faldende fra 1989 til 1995. Efter en mindre stigning synes fosforkoncentrationen i sommerperioden at være nogenlunde konstant efter 1998. I alt har der dog siden 1989 været et signifikant fald i fosforindholdet på i gennemsnit 40-45 % (lineær regression på log-transformerede data: $r = -0,61$, $p < 0,05$). Fosforindholdet på årsbasis viser samme signifikante fald som for sommerperioden ($r = -0,53$, $p < 0,05$).

Figur 4.2.1
Kilder til fosforbelastningen af Søholm Sø i perioden 2000-2004.



Figur 4.2.2
Total indløbskoncentration og udløbskoncentration af total-fosfor for Søholm Sø, 1989-2004.

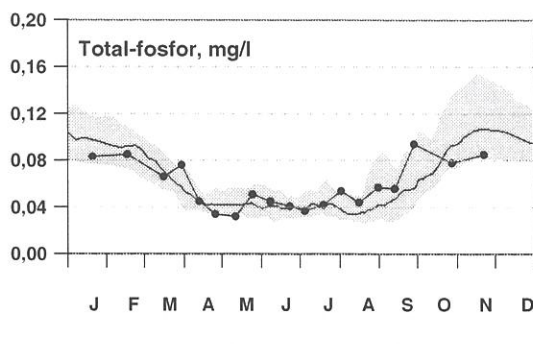
● indløb
△ udløb



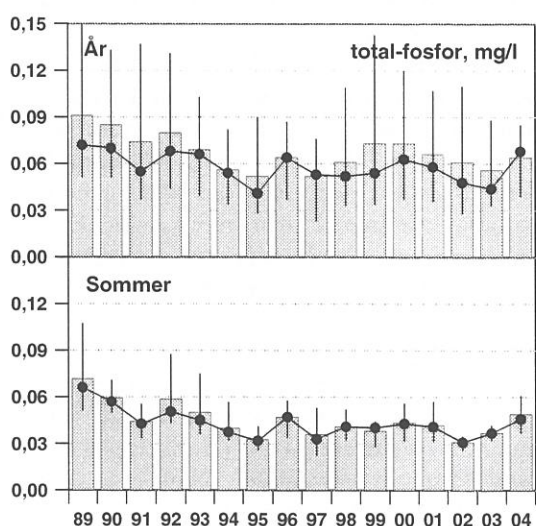
Diskussion

Sammenhængen mellem fosfortilførslen til søen og søvandets fosforindhold kan beskrives ud fra en model udviklet af Vollenweider (1976), der har vist sig særlig velegnet til dybe danske søer (se Kristensen, Jensen og Jeppesen, 1990): $(P)_{sø} = (P)_{ind} / (1 + Tw^{0.5})$, hvor $(P)_{sø}$ og $(P)_{ind}$ er årsmiddelkoncentrationen af total-fosfor i henholdsvis søvandet og i tilløbsvandet og Tw er vandets opholdstid i søen. $(P)_{ind}$ er her beregnet som den årlige overfladiske fosfortilførsel delt med den årlige overfladiske ferskvandstilførsel, mens Tw er beregnet på basis af afstrømningen fra søen via afløbet.

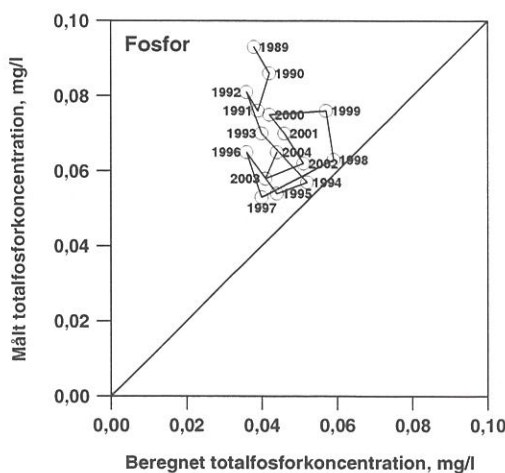
Sammenhængen mellem modelberegning og aktuelle forhold har i alle årene været forholdsvis ringe (figur 4.2.5). Således underestimerer modelberegningen fosforindholdet med i gennemsnit 35 % i forhold til de aktuelle målinger. Afvigelserne kan skyldes en forholdsvis stor intern belastning i søen. Bundvandet er således fosforrigt, og en del af denne fosfor transporteres op i overfladevandet på trods af lagdelingen i søen. Transporten kan bl.a. ske fra mobile alger, såsom furealger, som kan bevæge sig ned i mere fosforrige vandlag og hente fosfor op i overfladevandet.



Figur 4.2.3
Overfladevandets koncentration af total-fosfor i Søholm Sø, 2004. Samtidig er vist medianværdierne, samt 10 % og 90 % fraktile i perioden 1989-2003.



Figur 4.2.4
Middelt- og medianværdier samt 10 % og 90 % fraktiler for total-fosfor for de enkelte år og i sommerperioden i Søholm Sø, 1989-2004.



Figur 4.2.5
Sammenhæng mellem søvandets målte årsmiddelkoncentration af total-fosfor, og den koncentration, der beregnes ud fra den årlige fosfortilførsel.

4.3 Total-kvælstof

Relevans

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

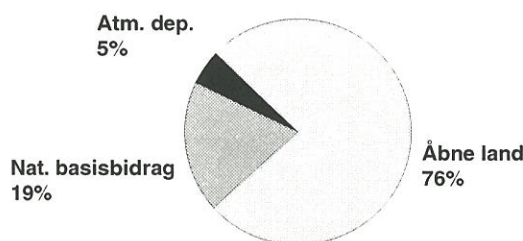
Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof og har betydning for algerne i søerne, selvom fosfor i de fleste søer oftest vil være den begrænsende faktor. Nyere resultater peger dog på at kvælstof spiller en væsentlig rolle for undervandsplanterne og at høje kvælstofkoncentrationer kan gøre det vanskeligere at opnå klarvandede forhold.

I søerne foregår der en 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 søens evne til at omsætte kvælstof til luftform via denitrifikation og giver dermed muligheder for at vurdere søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof.

Belastning

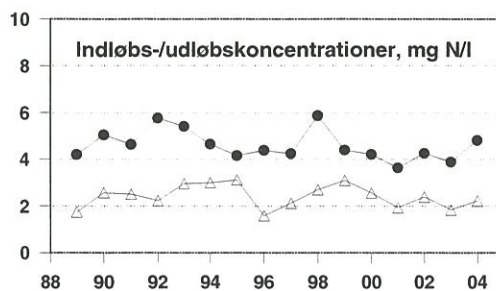
Der tilføres Søholm Sø i gennemsnit ca. 7900 kg kvælstof årligt. Den overvejende del (ca. $\frac{3}{4}$) stammer fra det åbne land (landbrug og spildevand fra spredt bebyggelse), mens knap en femtedel er naturligt bidrag (se figur 4.3.1).

Figur 4.3.1
Kilder til kvælstofbelastningen af Søholm Sø i perioden 2000-2004.



Figur 4.3.2
Total indløbskoncentration og udløbskoncentration af total-kvælstof for Søholm Sø, 1989-2004.

● indløb
△ udløb



Der er en svag tendens til at kvælstofindholdet i tilløbsvandet er faldet siden 1989, men faldet er ikke signifikant (figur 4.3.2). Kvælstofindholdet i afløbsvandet er ca. 40-50 % mindre end i tilløbsvandet. Dette kan tages som udtryk for den mængde tilført kvælstof som omsættes via denitrifikation. Således tilbageholder/omsætter Søholm Sø i gennemsnit 3-4 ton kvælstof årligt.

Tilstand

Indholdet af kvælstof i overfladevandet er typisk højest om vinteren og foråret (figur 4.3.3), og afspejler i høj grad afstrømningsforholdene fra oplandet. Kvælstofindholdet falder jævnt henover foråret og sommeren, og når et minimum i august/september måneder. I oktober stiger kvælstofindholdet igen i forbindelse med at nedbøren og dermed afstrømningen fra oplandet bliver større.

Med undtagelse af perioden juni til august var indholdet af kvælstof i 2004 tæt på medianen for 1989-2003. I disse måneder var kvælstofindholdet højere end medianen, og som for fosfor afspejlede det de forholdsvis store nedbørs- og afstrømningsmængder der var i denne periode.

Udvikling

I sommerperioden var total-kvælstof indholdet som middel 1,9 mg/l, kun overgået i årene 1993-95 og 1998-99, hvor også kvæstofafstrømningen, med undtagelse af 1993, var meget høj (figur 4.3.4). Kvælstofindholder på årsbasis viser samme forløb som for sommerperioden og var som gennemsnit 2,1 mg N/l. Indholdet af kvælstof varierer meget fra år til år, først og fremmest afhængig af afstrømningen, men der er ingen tendenser til ændringer i indholdet set over hele perioden 1989-2004. Imidlertid synes der at være sket et mindre fald siden 1998.

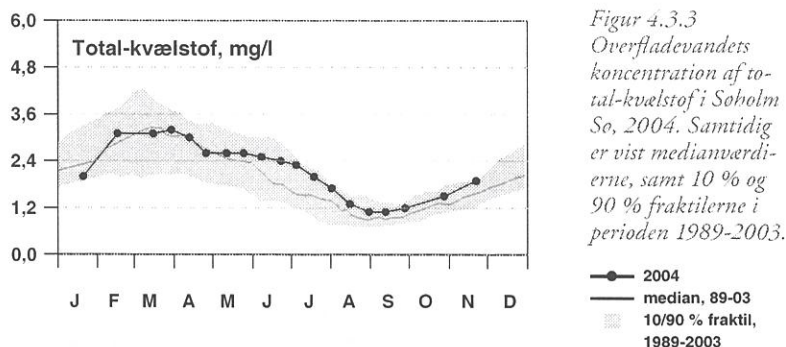
Kvælstof begrænsede formodentlig ikke algerne vækst i 2004. Kvælstofmangel optræder normalt i år, hvor den eksterne kvælstoftilførsel er lille i vinteren inden vækstsæsonens start (f.eks. i 1989, 1992 og 1996-1997).

Diskussion

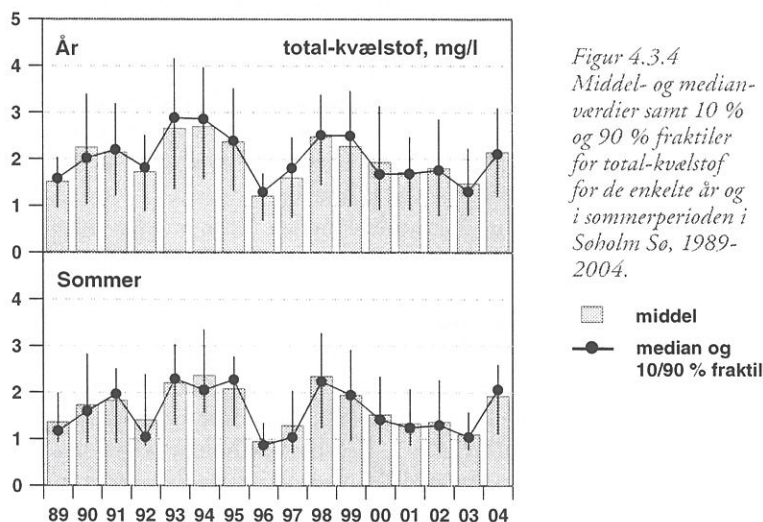
Sammenhængen mellem kvælstoftilførslen til søen og søvandets kvælstofindhold er her beskrevet ud fra en model opstillet på baggrund af resultater fra de nationale overvågningssøer (se Jensen m.fl., 1994): $(N)_{sø} = 0,23 * (N)_{ind} * Tw^{-0,27} * z^{0,27}$, hvor

(N)sø og (N)ind er henholdsvis årsmiddelkoncentrationen af total-kvælstof i selve søvandet og i det tilførte vand, Tw er vandets opholdstid i søen (beregnet ud fra afstrømningen i afløbet) og z er søens middeldybde. (N)ind er beregnet som den vandføringsvægtede koncentration for den samlede kvælstoftilførslen (dvs. både via overfladisk afstrømning og deposition).

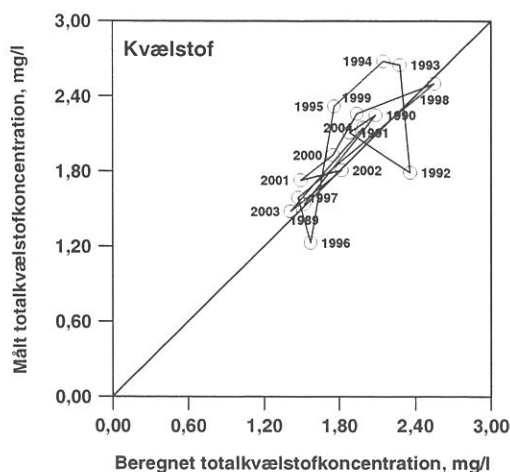
Der har siden 1997 været en god overensstemmelse mellem den beregnede og målte koncentration af total-kvælstof (figur 4.3.5). Dette afspejler, at variationen i søens kvælstofindhold især skyldes variationer i kvælstofafstrømningen. I 1992 og 1996 var der store afvigelser, hvilket formentlig skyldes, at størstedelen af kvælstoffet i disse år blev tilført søen sidst på året (dvs. efter at hovedparten af vækstsæsonen var afsluttet).



Figur 4.3.3
Overfladevandets koncentration af total-kvælstof i Søholm Sø, 2004. Samtidig er vist medianverdiene, samt 10 % og 90 % fraktile i perioden 1989-2003.



Figur 4.3.4
Middelt og medianverdi samt 10 % og 90 % fraktiler for total-kvælstof for de enkelte år og i sommerperioden i Søholm Sø, 1989-2004.



Figur 4.3.5
Sammenhæng mellem søvandets målte årsmiddelkoncentration af total-kvælstof, og den koncentration, der beregnes ud fra den årlige kvælstoftilførsel.

4.4 Klorofyl og sigtgybde

Relevans

Algemængden i søen angives typisk som et indirekte mål ud fra algerne klorofylmængde, som er det grønne pigment i fotosyntetiserende højere planter og alger. Klorofylindholdet er en let målemetode for algemængden, men imidlertid kan klorofylindholdet variere i de forskellige algearter, ligesom det kan variere med årstiden i den enkelte art.

Sigtgybden er et udtryk for vandets klarhed eller gennemsigtighed og kan være påvirket af vandets farve (f.eks. brunvandede søer) eller resuspenderet materiale fra søbunden i lavvandede søer. Men i de fleste søer er sigtgybden et udtryk for algemængden. Sigtdybden er således et mål for lysets nedtrængningsevne i søerne og dermed også et mål for hvor dybt egentlige undervandsplanter vil være i stand til at vokse. Sigtdybden er således en væsentlig parameter i vurderingen af undervandsplanternes potentielle udbredelsesområde.

Tilstand

Sigtgybden i Søholm Sø er forholdsvis stor i begyndelsen af året, hvor vandet er koldt og næsten algefrit (figur 4.4.1). Således er klorofylindholdet samtidig lavt. Klorofylindholdet stiger markant i marts/april for dernæst at falde markant i forsommeren, hvor der typisk sker et sammenbrud i kiselalgesamfundet. Efterfølgende stiger klorofylindholdet igen og topper flere gange i august-september. Samtidig falder sigtdybden, hvor den kan variere mellem 0,75 og 2,0 m. Først sidst på året, når algemængden og dermed klorofylindholdet falder betydeligt, sker igen en betydelig stigning i sigtdybden.

Klorofylindholdet var meget højt i april måned i 2004 i forbindelse med kiselalgerne forårsmaksimum (figur 4.4.1). Det medførte at sigtdybden kom betydeligt under normalen i samme måned. En forholdsvis lun april gav sandsynligvis særligt gode vækstforhold for kiselalgerne, som var hovedårsag til det meget uklare vand. Igen i juli/august måneder var der meget høje klorofylværdier. Sigtdybden i denne periode var tilsvarende ekstremt lavt. Det var især en kraftig opblomstring af grønalger og fu-realger, som nød godt af den øgede afstrømning af fosfor, som fandt sted i juli/august måneder. Året sluttede med en forholdsvis lille sigtdybde og usædvanlige høje klorofylværdier forårsaget af grønalger, som normalt ikke findes i så store mængder på dette tidspunkt af året.

Udvikling

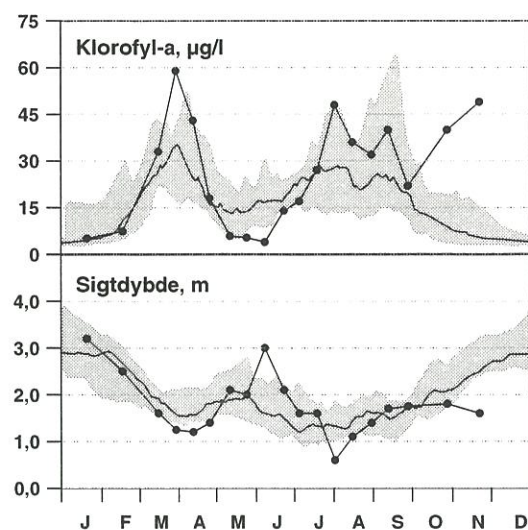
Klorofylkoncentrationen i 2004 var i gennemsnit 23 µg/l i sommerperioden. For året som helhed var 26 µg/l og den anden højst værdi siden 1989 (se figur 4.4.2). De meget høje klorofylmængder forekom hovedsageligt udenfor sommerperioden. Det medførte en forholdsvis pæn sigtdybde for sommerperioden på 1,71 m, og over gennemsnittet af de foregående år. Sigtdybden for hele året (1,87 m) var i modsætning hertil under gennemsnittet af de foregående år (figur 4.4.3).

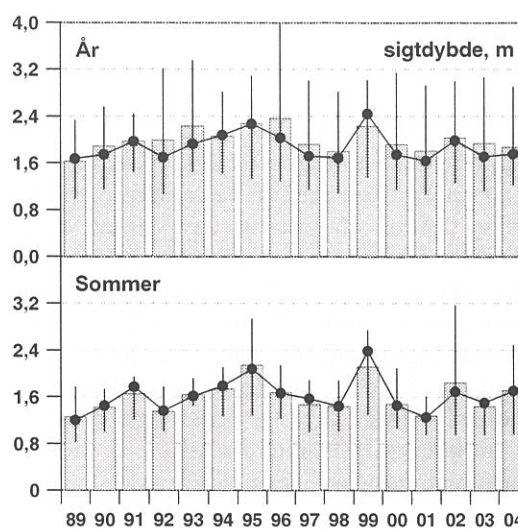
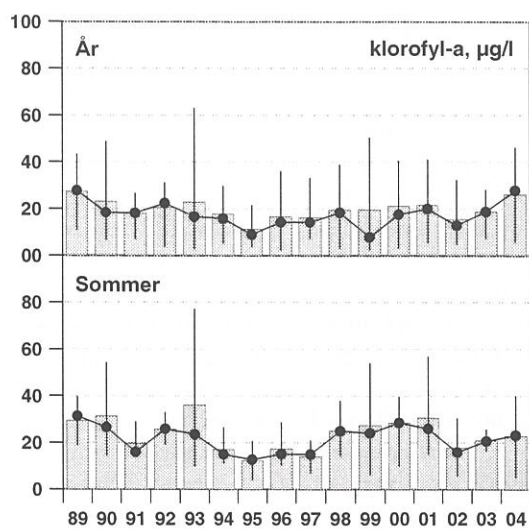
Der kan ikke ses nogen umiddelbar udvikling i hverken klorofylindhold eller sigtdybden siden 1989.

Diskussion

Til trods for at fosforindholdet i Søholm Sø har vist et signifikant fald i fosforindholdet i overfladevandet, har dette ikke afspejlet sig i et reduceret klorofylindhold eller øget sigtdybde. Årsagen hertil skyldes sandsynligvis, at mange planteplanktonarter kan hente fosfor i det dybereliggende fosforrige vandlag og dermed bibeholde en høj biomasse. Endvidere har dyreplanktonet ikke effektivt kunnet kontrollere mængden af planteplankton, dels fordi planteplanktonet hyppigt består af store græsningsresistente arter, dels at der sandsynligvis er et højt prædationstryk på dyreplanktonet fra fisk.

Figur 4.4.1
Overfladevandets
koncentration af klorofyl-a og sigtdybde
i Søholm Sø, 2004.
Samtidig er vist
medianværdierne,
samt 10 % og 90 %
fraktilerne i perioden
1989-2003.





Figur 4.4.2 (tv.)
Middel- og median-
værdier samt 10 %
og 90 % fraktiler for
klorofyl-a for de en-
kelte år og i sommer-
perioden i Søholm Sø,
1989-2004.

Figur 4.4.3
Middel- og median-
værdier samt 10 %
og 90 % fraktiler for
sigt dybden for de en-
kelte år og i sommer-
perioden i Søholm Sø,
1989-2004.

4.5 Vegetation

Relevans

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for fiskesammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstofkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom overfor forringelser i vandkvaliteten i form af f.eks. reduceret sigtddybde eller øget algemængde/klorofylindhold og dermed en god indikator for vandkvaliteten.

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

Tilstand

Rørsumpen i Søholm Sø dækker i alt ca. 6-8 % af søens overflade-areal, og er således forholds-

vis svagt udviklet. Dette skyldes dybdeforholdene, hvor stejle skrænter findes forholdsvis tæt under land lange dele af søens øst og vest bred. Rørsumpen domineres af Tagrør (*Phragmites australis* Trin. ex. Steudel), men arterne Sø-kogleaks (*Scirpus lacustris* L.), Smalbladet Dunhammer (*Typha angustifolia* L.) og Grenet Pindsvineknop (*Sparganium erectum* L.) er også ret hyppige.

Flydebladsplanter, som kun er fundet i søens nordlige del, udgør omkring 0,5 % af søens overfladeareal. Langs den nordvestlige kyst findes hovedsagelig Gul Åkande (*Nuphar lutea* (L.) Sm.), hvorimod den dominerende art langs den nordøstlige bred er Vand-pileurt (*Polygonum amphibium* L.).

Undervandsvegetationen er forholdsvis sparsomt udviklet i Søholm Sø (figur 4.5.1). Der i perioden 1993-2004 fundet 7 arter (ekskl. trådalger), hvoraf en enkel hører til kransnålgærerne, herudover er fundet forskellige arter af trådalger. I 2004 blev der kun fundet 6 arter, idet kransnålgærerne *Chara globularis* ikke blev genfundet dette år. Dybdegrænsen for undervandsplanterne og trådalger blev målt til 2,5 m, hvilket er samme niveau som de foregående år (figur 4.5.2). Den gennemsnitlige dækningsgrad for hele søen var 1,0 % og på samme niveau som de 3 foregående år. Det relativt plantefyldte volumen var derimod meget lille, (0,01 %) og betydeligt mindre end i de foregående år.

Til trods for en forholdsvis pæn dækningsgrad (sammenlignet med de foregående år) bestod vegetationsdækket i 2004 således af meget lave planter. Årsagen til dette kan være særligt dårlige lysforhold i vækstperiodens start, hvor der forekom meget store algemængder (meget lille sigtddybde) i søen og efterfølgende en forholdsvis lille indstråling i månederne juni-juli (jf. afsnit 2).

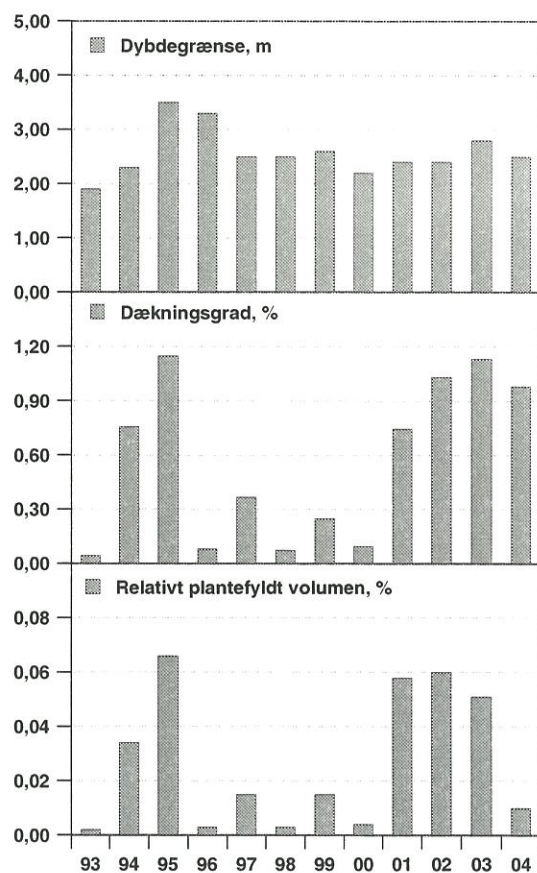
Udvikling

Dybdegrænsen for undervandsvegetationen har i perioden 1993-2004 varieret mellem 2,2 og 3,5 m (figur 4.5.2), men for trådalger er der i enkelte år blevet målt en dybdegrænse på 5 m.

Den gennemsnitlige dækningsgrad for hele søen er generel lav, men især i 1993 og perioden 1996-2000 var den ekstrem lav (figur 4.5.2).

Med undtagelse af 2004 følger forløbet at det relativt plantefyldte volumen dækningsgraden.

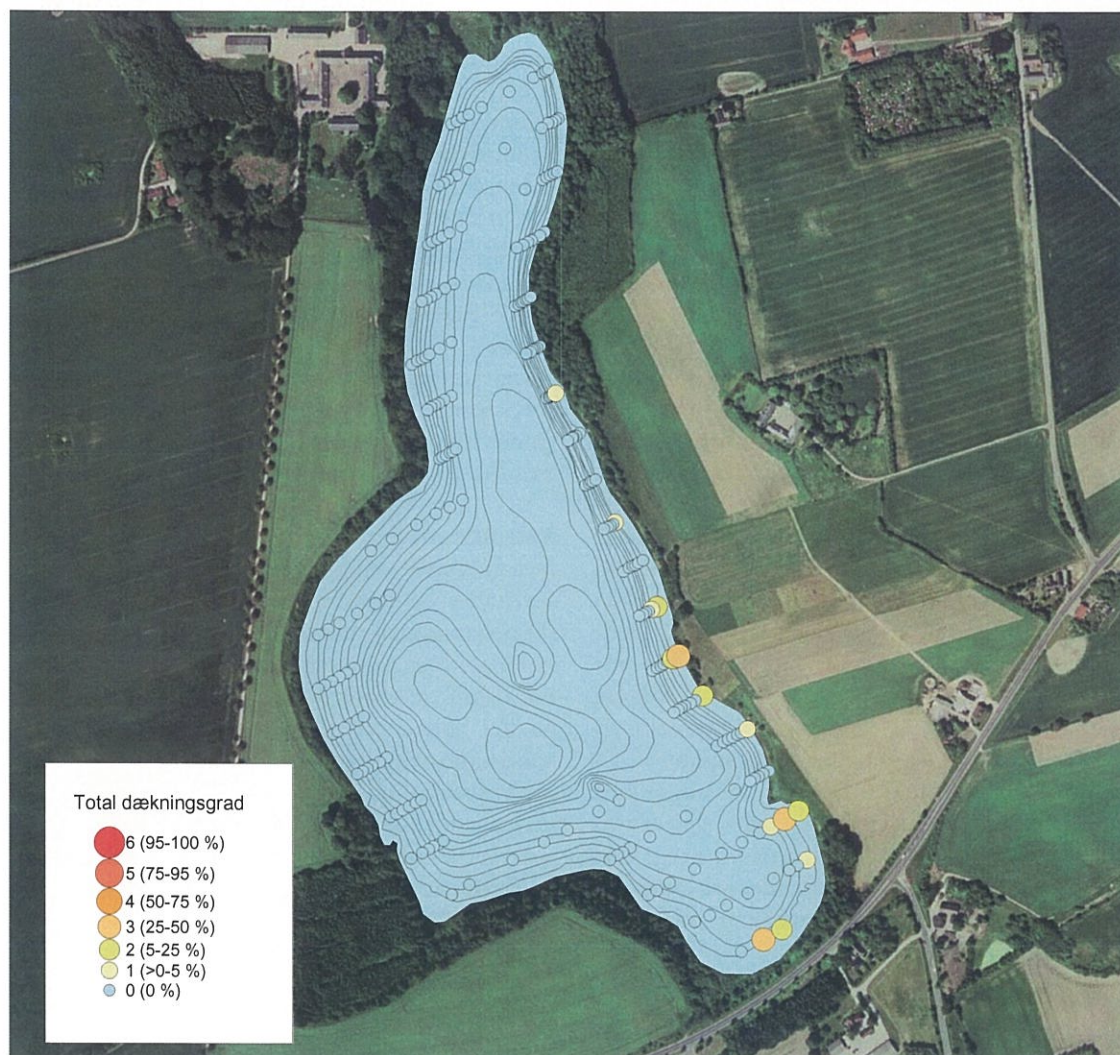
Figur 4.5.2
Undervandsvegetationens dybdegrænse, dækningsgrad samt det relative plantefyldte volumen i Søholm Sø, 1993-2004.



Der ingen tendenser i udviklingen for hverken dybdegrænse, dækningsgrad eller det relativt plantefyldte volumen siden 1996 (figur 4.5.2)

I 2004 er metoden til vegetationsundersøgelserne blevet ændret. En direkte sammenligning

med de foregående års resultater skal derfor tages med forbehold. Imidlertid vurderes resultaterne ved den nye metode, at være sammenlignelig med tidligere års resultater, hvor en anden metode blev anvendt.



Figur 4.5.1
Undervandsvegetationens udbredelse samt dækning i Søholm Sø 2004.

Tabel 4.5.1
Registrerede arter af undervandsplanter i Søholm Sø med angivelse af dybdegrænser ved vegetationsundersøgelser i 1993-2004. X = arten er kun registreret.

Registrerede arter	Dybdegrænse, m											
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Vandaks, Børsteblandet	1,8	2,3	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,2	2,4	2,5	2,4	2,0
Vandaks, Kruset	x	2,3	3,0	2,5	2,5	2,4	2,6	2,0	2,4	2,0	2,0	2,0
Vandaks, Liden	x	2,0	2,5	2,0	2,0	2,2	2,5	2,2	2,0	2,0	2,0	1,1
Vandkrans, Krybende	1,0	1,5	2,0	0,3	2,0	2,0	2,0	1,5	2,0	2,5	2,2	1,9
Vandpest	x	2,3	2,5	2,5	2,5		2,5	2,2	2,0	2,5	2,8	2,0
Vandranunkel, Kredsbladet	2,0	2,3	3,5	3,3	2,5	2,0	2,5	2,2	2,4	2,5	2,8	2,5
<i>Chara globularis</i>		2,0	2,0	2,5		2,3	2,6	2,2	2,4	2,1	2,2	
Trådalger	3,6	4,4	4,5	2,0	5,0	2,5	4,0		3,0	3,0		2,5

4.6 Fosfor - fokusemne

4.6.1 Kilder til fosforbelastning

Der findes kun ét større tilløb til Søholm Sø. Oplandet til dette udgør hovedparten, dvs. i alt 73 %, af det samlede oplandsareal, mens det såkaldte umålte opland udgør resten. Oplandet til hovedtilløbet indeholder en del skov og desuden landbrugsarealer med en ret ringe husdyrtæthed.

Den største belastningskilde i 2004 var - som i de tidligere år - afstrømningen fra oplandet (ca. 98 % af totaltilførslen, svarende til 157 kg). 46 % af bidraget stammede fra det åbne land som udgøres af et bidrag fra spildevandet fra spredt bebyggelse og fosforafstrømningen fra landbrugsjorder. Det naturlige basisbidrag udgjorde 52 %. Dette er den samme fordeling som gennemsnittet for hele perioden 1989-2004 (figur 4.2.1)

Det potentielle bidrag fra den spredte bebyggelse er beregnet til 106 kg fosfor i 2004, heraf udgør 77 kg fosfor den aktuelle fosforbelastning dvs. den mængde som afledes til vandløb eller søer. Den aktuelle belastning er således betydelig større end den samlede kulturbetingede belastning fra det åbne land (73 kg i 2004, 68 kg, middel for 1989-04). Der vil således ikke forekomme noget bidrag fra landbruget, hvilket næppe er sandsynligt. Det er således stor usikkerhed med, hvor stor en del af den diffuse fosforafstrømning, der stammer fra henholdsvis den spredte bebyggelse og landbrugsjorden.

Den **atmosfæriske tilførsel** af fosfor udgør kun 2 % af den samlede tilførsel. En del af den atmosfæriske tilførsel skyldes kulturpåvirkning, formentlig omkring 43 % af fosfordepositionen.

Den kulturbetingede afstrømning udgør så-

ledes, som gennemsnit i perioden 1989-2004, ca. 50 % af den samlede afstrømning. Det er dog sandsynligt, at den kulturbetingede andel af fosforafstrømningen er større, fordi fosforafstrømningen i tilløbene bliver underestimeret med den anvendte målemetode.

Arealafstrømningen af fosfor fra oplandet er lille i forhold til Fyn som helhed, men dog væsentlig større end fra naturarealer (figur 4.6.1). Imidlertid har husdyrholdet været stigende siden 1995 og de seneste opgørelser viser, at husdyrholdet er blevet omtrent 3 gange større siden da. Dette kan være medvirkende til at afstrømningen af næringsstoffer øges, som det er set for fosfors vedkommende (jf. afsnit 4.2).

4.6.2 Fosforkoncentration og -tilbageholdelse

Fosforkoncentrationen er beskrevet i afsnittet total-fosfor, afsnit 4.2. Søens fosforbalance, herunder tilbageholdelsen af fosfor, er afhængig af vandbalancen, derfor beskrives denne først.

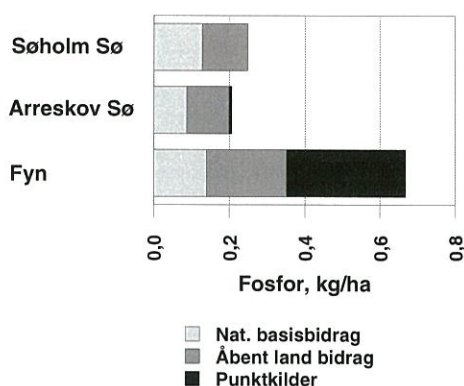
Vandbalance

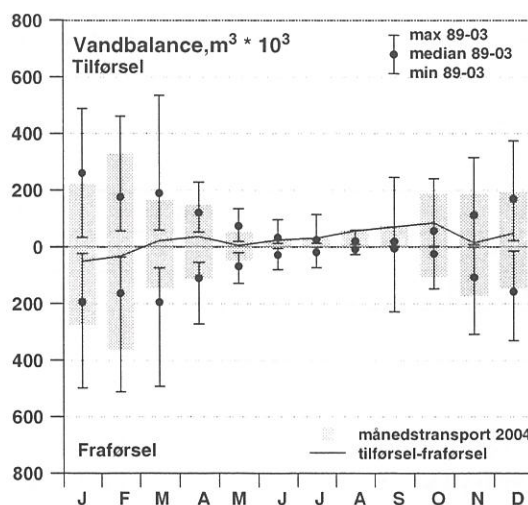
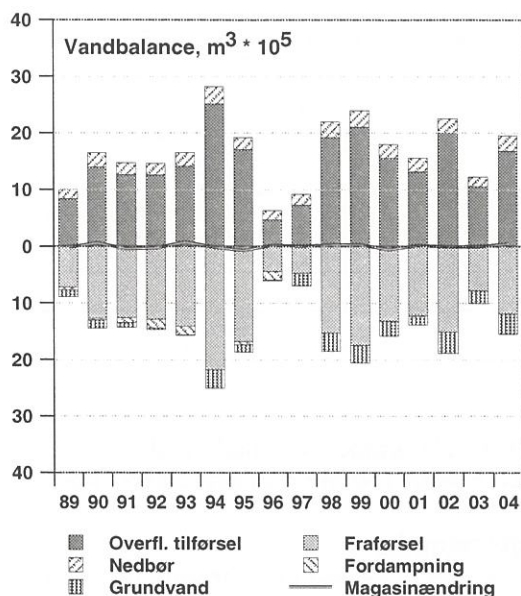
Vandstanden i Søholm Sø varierer typisk med nedbøren og ferskvandsafstrømningen. Månederne januar, august og oktober var meget nedbørsrige. Der var forholdsvis også meget nedbør i juni-juli (se afsnit 2). Vandstanden var således en del højere end normalt sidst på året, men vandstandsstigningen skyldes sandsynligvis også opstuvning i afløbet. Vandstanden var som gennemsnit for året 49,92 m over DNN og for sommerperioden 49,84 m over DNN, hvilket er henholdsvis 13 og 14 cm højere end gennemsnittet 1989-2003.

I 2004 var vandtilførslen fra oplandet og vandfraførslen via afløbet på årsbasis ca. 5-15 % større end gennemsnittet for 1989-2003. Variationen i fraførslen havde stort set samme forløb som tilførslen (figur 4.6.2). Generelt er vandmængden fraført via afløbet dog noget mindre end tilførslen fra oplandet (figur 4.6.2).

På årsbasis blev der i 2004 beregnet en udsivning af vand fra søen til grundvandet, svarende til 21 % af tilførslen fra oplandet (tabel 4.6.1 og figur 4.6.3). Det vurderes imidlertid, at grundvandsbidraget ligger indenfor måleusikkerheden. Som følge heraf medtages ud- og indsivning ikke ved opstilling af næringsstofbalancen for søen. Der kan dog forekomme en reel grundvandsudsivning.

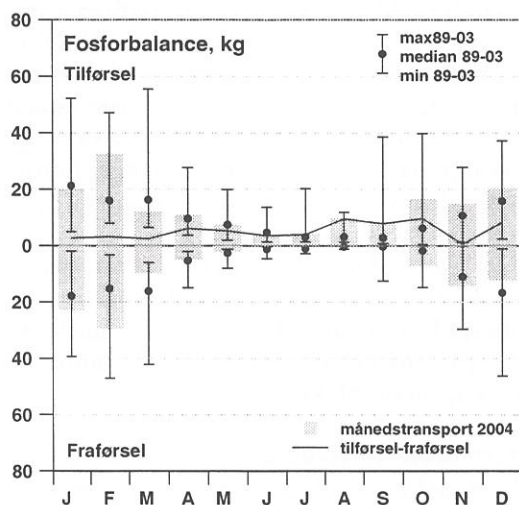
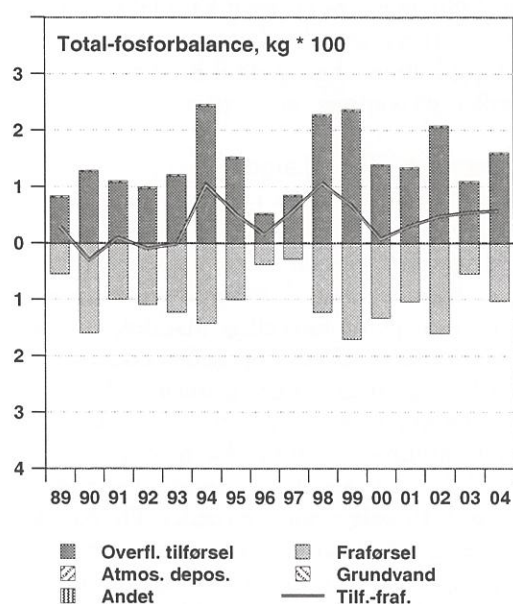
Figur 4.6.1
Arealafstrømningen af total-fosfor fra oplandet til Søholm Sø, Arreskov Sø og for Fyn som helhed, (gennemsnit for 1989-2004).





Figur 4.6.2 (tv)
Tilførsel- og fraførsel af vand for Søholm Sø på årsbasis, 1989-2004. Den angivne vandtilførsel er den overfladiske tilførsel fra oplandet.

Figur 4.6.3
Tilførsel- og fraførsel af vand for Søholm Sø på månedsbasis, 2004. Maksimum, minimum og median for perioden 1989-2003 er ligeledes vist.



Figur 4.6.4 (tv.)
Tilførsel- og fraførsel af total-fosfor for Søholm Sø på årsbasis, 1989-2004. Den angivne tilførsel af fosfor er den totale tilførsel fra samtlige kilder.

Figur 4.6.5
Tilførsel- og fraførsel af total-fosfor for Søholm Sø på månedsbasis, 2004. Maksimum, minimum og median for perioden 1989-2003 er ligeledes vist.

Fosforbalance

De til- og fraførte mængder af fosfor i perioden er opgjort på årsbasis i figur 4.6.4 og på månedsbasis i figur 4.6.5.

Den eksterne tilførsel af fosfor til Søholm Sø omfatter overfladisk afstrømning fra oplandet og tilførsel via nedbør/deposition (tabel 4.6.2). Der regnes derimod ikke med andre væsentlige belastningskilder, herunder heller ikke tilførsel via direkte indsvivning af grundvand til søen.

I 2004 var den samlede tilførsel af fosfor på 160 kg, 12 % mere (svarende til 18 kg) end gen-

nemsnittet for 1989-2003 (figur 4.6.4). Hovedparten af tilførslen kom i årets første og sidste kvartal, men der var en relativ stor afstrømning august-september (figur 4.6.5). Det gav sig bl.a. udslag i at tilførslen i sommerperioden var ca. 25 % større end gennemsnittet for 1989-2003.

Den vandføringsvægtede middelmiddelt koncentration af fosfor i hovedtilløbet var 0,09 mg/l i 2004 og er på årsbasis generelt lavere end i mange andre fynske vandløb. Fosforkoncentrationen varierede fra 0,06-0,11 mg/l i 1989-2003. Imidlertid kan det konstateres, at der for perioden 1989-2004

Tabel 4.6.1
Vandbalance for
Søholm Sø, 2004.
Alle værdier i m³ *
10⁶.

År	Qtilført	Qfracført	Nedbør	Fordampning	Magasinændring	Grundvand
2004	1,7	1,4	0,3	0,2	0,05	-0,4
1989-03	1,4	1,3	0,2	0,2	0	-0,2

Tabel 4.6.2
Fosforbalance for
Søholm Sø, 2004.
Alle værdier i kg.

År	Ptilført	Pfracført	Ptil-Pfra	Atm. deposition
2004	160	103	57	3
1989-03	142	107	37	3

er sket en signifikant stigning i fosforkoncentrationen på ca. 30 % (se afsnit 4.2). En del af forklaringen på en stigning kan være, at både 1996 og 1997 var relativt tørre år, hvorved husspildvand i tilløbet er blevet mindre fortyndet end normalt. Endvidere var der i de to efterfølgende år en forholdsvis stor ferskvandsafstrømning, hvormed der kan være sket en stor udvaskning af den fosfor, som var blevet ophobet i landbrugsjorden i de to foregående tørre år. Medvirkende til en øget fosforafstrømning kan også være øget udbringning af husdyrgødning og øget husdyrhold. Således er husdyrholdet i oplandet blevet betydeligt større siden 1995.

Der blev fraført 103 kg fosfor i 2004. Således blev der i alt tilbageholdt ca. 57 kg fosfor i søen. Fosforpuljen i søen faldt hen over året med 9 kg. Indregnes denne puljeændring, har sedimentet i alt tilbageholdt 66 kg.

Intern fosforfrigivelse

I forbindelse med lagdeling i sommerperioden frigives betydelige mængder fosfor fra søbunden. Således blev der i sommerperioden alene fra søbunden frigivet 119 kg fosfor, hvilket er 3-4 gange mere end mængden tilført fra oplandet i samme periode. Som gennemsnit for 1989-2003 frigives ca. 130 kg fosfor i sommerperioden. Selvom frigivelsen fra søbunden i sommerperioden er forholdsvis stor i forhold til den årlige eksterne fosfortilførsel, sker en aflastning af fosfor fra søen kun i enkelte år.

Uanset, at der er en stabil lagdeling af vandmasserne om sommeren, vil en del af det fosfor, som frigives under springlaget, kunne udnyttes

af planteplanktonet i overfladevandet.

4.6.3 Fosfor i relation til biologien i søen

Algemængden

Søholm Sø fosfor-indhold har som sommergennemsnit varieret mellem 0,073 og 0,031 mg P/l siden 1989, men vist et signifikant fald (se afsnit 4.2). Klorofylmængden har varieret mellem 11 og 26 µg/l, men til gengæld ikke vist noget fald - hverken på sommer- eller årsbasis.

Sammensætning af alger

Algesamfundet har kun i mindre omfang reageret på det aftagende fosforindhold i søen. Algesamfundet er domineret af arter/grupper, som er tilpasset den aktuelle tilstedeværelse af fosfor i søen på de forskellige årstider, samt søens morfometri. Således optræder kiselalger og til en hvis grad grønalger primært i forårs og efterårsperioden, hvor de kan udnytte den fosfor, som kommer i forbindelse med omrøring i søen. Ved søens lagdeling i sommerperioden er det typisk furealger som optræder. De har den specielle egenskab, at kunne bevæge sig ned under springlaget, hvor der findes rigelige mængder fosfor. Kun mængden af blågrønalger har vist en tendens til fald (målt som gennemsnitlige biomasse i sommerperioden) med faldende fosforindhold i overfladevandet. Fosfor bliver begrænsende for blågrønalger ved en koncentration under 0,05 mg/l. Netop omkring denne værdi balancerer fosforindholdet i Søholm Sø sig i sommerperioden.

Fiskesammensætning

Sidst der blev lavet fiskeundersøgelser i søen var i 1998. Fiskebestanden rummede en langt mindre bestand af rovlevende aborre end forventet ud fra søkarakteristikken og en relativ stor bestand af planktivore og benthivore fisk. Antalsmæssigt var bestanden relativ stor, hvorimod biomassen var relativ lille, som det oftest er tilfældet i søer med et forholdsvist lavt næringsstofniveau. Endvidere er fiskebestanden, siden de sidste fiskeundersøgelser i 1988 og 1993, blevet mere planktivor. Der er ikke nogen klar sammenhæng mellem søens fiskebestand og fosforniveauet, men fiskebestandens skift til at blive mere planktivor, kan være medvirkende til at søens interne belastning af fosfor er faldet. Således vil et mindre antal benthivore fisk rode i søbunden og dermed nedbringe frigivelsen næringsstoffer herfra.

Undervandsplanter

Der er ikke nogen klar sammenhæng mellem søvandets fosforindhold og undervandsplanternes

udbredelse i perioden 1993-2004. Der er dog en tendens til at dybdegrænsen, udbredelsen og den efterfølgende vækst er tæt korreleret med lysforholdene (sigtdybden) i vækstperiodens start (marts-maj), (Fyns Amt, 2001).

Bunddyr

Bunddyrssammensætningen i de 4 undersøgte søer på Fyn i 2004 var forholdsvist artsfattig, med færrest i Søholm Sø. Dette skyldes sandsynligvis den beskedne tilstedeværelse af undervandsvegetation samt forholdsvist ringe iltforhold ved bunden i denne sø. Således var iltindholdet ved bunden om sommeren den eneste parameter, der kunne forklare forskellene i antal og biomasse af bunddyr i de 4 søer.

Datagrundlaget for tolkning af resultaterne fra bunddyrsundersøgelserne er relativt spinkelt, idet det kun bygger på en enkelt undersøgelse af 4 søer og erfaringsgrundlaget generelt er dårligt i Danmark (se også afsnit 3.7.2).

4.7 Målsætning, sammenfatning og konklusioner

Målsætning

Søen er i Regionplan 2001-2013 målsat som ”referenceområde for naturvidenskabelige studier”. Baggrunden herfor er, at søen er den dybeste og samtidig en af de mest klarvandede søer i Fyns Amt.

For at opfylde denne målsætning, er det tidligere blevet vurderet, at søen gennem flere år bør have en sigtddybe på mindst 3,5 meter. Der skal være et artsrigt planteplankton uden længerevarende masseopblomstringer af blågrønalger, en udbredt masseopblomstringer af blågrønalger, en udbredt masseopblomstringer af blågrønalger, en udbredt masseopblomstringer af blågrønalger, en udbredt masseopblomstringer af blågrønalger. Fiskebestanden skal være præget af store, rovlevende aborrer, og i øvrigt have en varieret størrelse, sammensætning og vækst.

Målsætningen er ikke opfyldt i dag.

Søholm Sø tilhører i Vandrammedirektivsammenhæng søtype 10 (kalkrig, ikke-humøs, dyb og fersk), der udgør omkring en fjerdedel af alle danske søer.

Udvikling i miljøtilstand

Tabel 4.1.1 viser en række nøgleparametre til beskrivelse af miljøtilstanden i Søholm Sø i 2004.

Bortset fra et betydeligt forårsmaksimum af planktonalger i marts måned, var søen relativt klarvandet gennem foråret og forsommeren 2004. Først sidst i juli forekom en betydelig opvækst af bl.a. grønalger efterfulgt i august-september af furealger. Den kraftige opvækst i august-september var begunstiget af de forholdsvise varme og solrige sommermåneder august-september, samt en for disse måneder forholdsvis stor fosforafstrømning. Da den kraftige algevækst især forekom sidst i sommerperioden, blev sigtddybden forholdsvis god som gennemsnit for sommerperioden som helhed (1,71 m). Derimod var sigtddybden for året temmelig ringe (1,87 m).

Koncentrationen af total-fosfor var som gennemsnit for sommerperioden temmelig høj i 2004 og noget over gennemsnittene af de foregående 10 år. I lighed med fosfor var også kvælstof indholdet som gennemsnit for sommerperioden noget over gennemsnittene af de nærmeste foregående år. En forklaring for de forholdsvise høje fosfor og kvælstof værdier i sommeren 2004, skyldes utvivlsomt de forholdsvis store afstrømninger som forekom i juni, juli og især august. Der er sket et signifikant fald i søens fosforkoncentration siden 1989, hvorimod der ikke er sket ændringer i kvælstofkoncentrationen.

Undervandsvegetations dækningsgrad var forholdsvis lille, men svarede til hvad der er fundet de 3 foregående år. Til gengæld bestod vegetationen af små planter, hvilket resulterede i, at den relative plantefyldte volumen var meget lille.

Kvælstof- og fosforbelastning

Hovedparten af kvælstof- og ca. halvdelen af fosforbelastningen stammer fra det åbne land, dvs. landbrug og spredt bebyggelse.

I 2004 blev der samlet tilført 160 kg fosfor til søen, hvilket var 12 % mere end gennemsnittet for overvågningsperioden. Indløbskoncentration har været svagt, men signifikant stigende siden 1989. Det ikke muligt at give en entydig forklaring på dette, men en medvirkende årsag kan være ændret landbrugsdrift oplandet. Således er antallet af husdyr øget kraftigt siden 1995.

Kvælstoftilførslen var på ca. 9,3 ton i 2004, hvilket er ca. 20 % mere end gennemsnittet for perioden 1989-2003. Kvælstoftilførslen varierer meget fra år til år og er i vidt omfang betinget af nedbøren, men der kan ikke ses nogen væsentlig udvikling i tilførslen, til trods at der for Fyn som helhed er sket en reduktion i kvælstofafstrømningen på ca. 36 % (Fyns Amt, 2004). I søen sker der en tilbageholdelse af kvælstof som følge af bundfældning og denitrifikation. Denne tilbageholdelse har i perioden 1989-2004 i gennemsnit været på 59 % af det tilførte kvælstof.

Bunddyr

Bunddyrsfaunaen er forholdsvis lille, både biomasse- og antalmæssigt og er domineret af børsteorme. Den forholdsvis beskedne bunddyrsfaunaen hænger sandsynligvis sammen med søens temmelig beskedne vegetationsdækning og ringe iltforhold ved bunden.

Søens fremtidige tilstand

For at opnå en miljøtilstand, der er i overensstemmelse med målsætningen for Søholm Sø skal tilførslen af fosfor og kvælstof reduceres yderligere i forhold til i dag. De hidtidige virkemidler har således kun haft begrænset effekt i Søholm Sø opland. Mod forventning er der således sket en stigning i fosforafstrømningen til søen og der er ikke sket nogen væsentlig reduktion i kvælstofafstrømningen.

Der skal gennemføres forbedret rensning af spildevandet fra den spredte bebyggelse, f.eks. ved nedsivning eller biologisk rensning med fos-

forfjernelse. Ifølge Fyns Amts Regionplan skulle en forbedret rensning være gennemført i størstedelen af oplandet inden udgangen af 2002. Imidlertid har Glamsbjerg Kommune, hvori Søholm Søes opland ligger, besluttet at udskyde den vejledende tidsfrist til rensning af spildevandet til 2005.

Vandmiljøplan III sigter mod at nedbringe fosforafstrømningen fra jordbruget ved etablering af dyrkningsfrie bræmmer og ved at mindske overskudstilførslen af fosfor til landbrugsjorde. Desuden skal planen nedbringe kvælstofafstrømningen yderligere.

Herudover kan næringsstoftilførslen som følge af jordbrugsdrift begrænses, f.eks. ved ekstensi-

veret jordbrug i visse områder, dyrkningsfrie bræmmer langs vandløb og evt. etablering af vådområder i forbindelse med tilløbene til søen. For at undgå en fremtidig stigning i fosforafstrømningen fra landbrugsjorden, bør der endvidere gennemføres fosforbalance på landbrugsjorden, således at der ikke tilføres mere fosfor til markerne end der fjernes med afgrøderne.

Ifølge EU's Vandrammedirektiv skal alt overfladevand inden udgangen af 2015 opnå mindst en "god økologisk tilstand". For at opnå dette skal der udarbejdes og gennemføres indsatsplaner, hvor man samlet vurderer de nødvendige tiltag og deres omkostninger.

5. Ekstensive søer

Der er i alt undersøgt 18 tilfældigt udvalgte ekstensive søer i 2004 fordelt på 4 ekstensiv-1 søer (> 5 ha), 7 ekstensiv-2 søer (0,1-5 ha) og 7 ekstensiv 3 søer (< 0,1 ha). Der foretages dog ikke en egentlig beskrivelse af resultaterne fra de ekstensive søer, idet denne indgår i den såkaldte integrerede rapportering hvert tredje år.

I nedenstående figur 5.1 gives en oversigt over de undersøgte søers fosfor- og kvælstofindhold, algemængde (målt som klorofyl-a), sigtddybe samt en evt. undervandsvegetations dækningsgrad og artsantal. Desuden er søtypen efter vandrammedirektivet angivet. I tabellerne 5.1-5.3 er anført middel-, minimum- og maksimumværdier for alle målte parametre i de ekstensive søer.

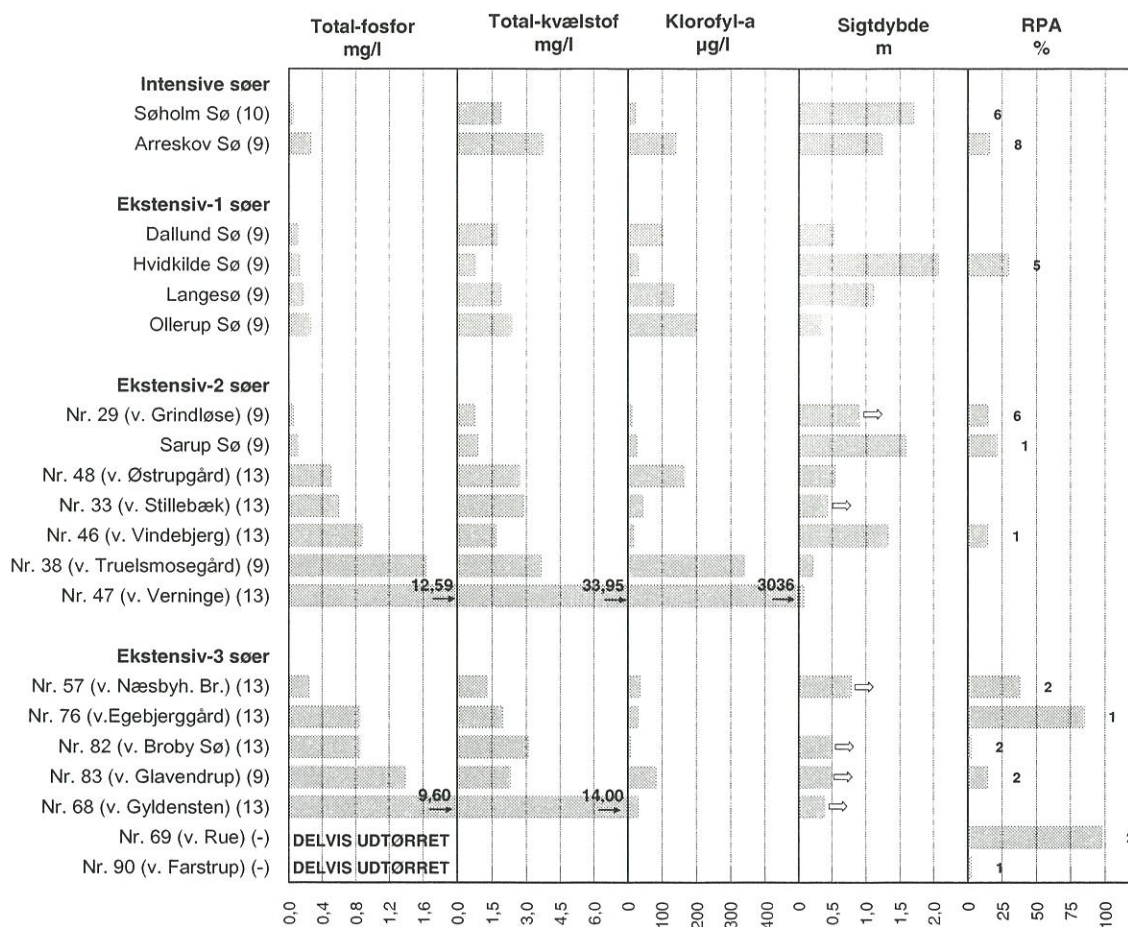
En foreløbig gennemgang af resultaterne viser store variationer i vandkvaliteten i specielt de mindre søer (ekstensiv-2 og -3 søerne). Mange

af dem har således meget høje fosfor- og kvælstofindhold samt store algemængder. Der er dog en tydelig tendens til lavere algemængde i forhold til næringsstofindholdet i de mindste søer, ligesom disse kan have en betydelig udbredelse af undervandsvegetation på trods af store næringsstofindhold. Der er da som regel kun tale om en enkelt eller to forureningstolerante arter.

Denne undersøgelse af tilfældigt udvalgte søer bekræfter således tidligere undersøgelser, der har peget på, at småsøerne er mindst lige så forurenede med fosfor og kvælstof som amtets større søer (Fyns Amt, 2002).

Desuden viser undersøgelsen, at de fleste mindre søer karakteriseres som humøse (brunvandede), da farvetallet er større end 60 mg Pt/l. Brunfarvningen skyldes antagelig naturlige humusstoffer, der kan stamme fra nærliggende moseområder.

Figur 5.1
Overfladevandets indhold af total-fosfor, total-kvælstof, klorofyl-a og sigtddybe (gennemsnit for sommerperioden 1. maj – 30. september; ekstensiv-1 søerne dog kun én sommerværdi fra juli-august), samt dækningsgrad og artsantal for undervandsplanter i intensiv, ekstensiv-1, ekstensiv-2 og ekstensiv-3 søerne i 2004. I parentes er angivet søernes typer i Vandrammedirektivsammenhæng; Søtype 9: kalkrig, ikke-humøs, lavvandet og fersk, 10: kalkrig, ikke-humøs, dyb og fersk og 13: kalkrig, humøs, lavvandet og fersk.
En pil ved sigtddybden angiver, at der på flere tidspunkter har været sigtddybe til bunden, og at vandet derfor er klarere end sigtddybden angiver.



Ekstensiv 1 søer			Dallund Sø			Hvidkilde sø		
			Gns.	Min.	Maks.	Gns.	Min.	Maks.
Oplandsareal		(km ²)	1,46			9,94		
	heraf dyrket areal	(km ²)	0,788			6,62		
Søareal		(ha)	15			61		
Middeldybde		(m)	1,9			2		
Maks-dybde		(m)	2,6			3,6		
Ptot		(mg P l-1)	sommer 0,11	0,03	0,14	0,13	0,06	0,22
Ntot		(mg N l-1)	sommer 1,74	0,71	2,70	0,81	0,64	2,30
Sigtdybde		(m)	sommer 0,54	0,25	2,00	2,08	0,80	3,50
Klorofyl		(µg l-1)	sommer 10,3	12	190	34	4	110
Farvetal		(Pt units)	sommer 24	17	31	20	15	27
Alkalinitet		(mmol l-1)	sommer 2,99	1,74	3,80	2,96	2,59	3,59
pH			sommer 8,4	7,9	8,7	8,3	7,9	8,7
Salinitet		(‰)	sommer <0,5			<0,5		
Sulfat		(mg SO ₄ l-1)	vinter	59,00	59,00		40,00	40,00
Plantep planktonbiomasse		(mm ³ l-1)	sommer 12,41			3,31		
Plantep planktonbiomasse	blågrønalger	(%)	sommer 55,37			46,88		
Dyreplanktonantal		(antal l-1)	sommer 339,3			175,2		
Dyreplanktonantal	hjuldyr (Asplanchnoidea)	(%)	sommer 0,0			21,9		
	copepoder	(%)	sommer 70,5			70,3		
	cladocerer	(%)	sommer 29,5			7,8		
Dyreplankton	Daphnia af cladocerer	(%)	sommer 17,37			17,65		
Undervandsplanter	RPA	(%)				29,7		
	RPV	(%)				4,2		
	dybdegrænse	(m)				2,9		
	Arter (eks. trådalger)	(antal)				5,0		
Bunddyr	tæthed	(antal pr. m ²)	3988	1412	1358			
	vægt (g)	(biomasse pr. taxa)	2,83	0,79	5,77			
		(antal)	5					
Fisk, (CPUE, garn, inkl 68 og 85 mm)	Total antal	(CPUE antal)	420,8					
	Total biomasse	(CPUE kg)	12,9					
	andel rovfisk (antal)	(%)	4,9					
	andel rovfisk (biomasse)	(%)	13,1					
Fisk, (CPUE, garn, ekskl 68 og 85)	Total antal	(CPUE antal)	417,1					
	Total biomasse	(CPUE kg)	9,6					
	andel rovfisk (antal)	(%)	4,8					
	andel rovfisk (biomasse)	(%)	8,8					
Fisk, (CPUE, el)	Total antal	(CPUE antal)	317,8					
	Total biomasse	(CPUE kg)	0,4					
	andel rovfisk (antal)	(%)	0,2					
	andel rovfisk (biomasse)	(%)	45,5					

Tabel 5.1

Middel-, minimum- og maksimumværdier for målte parametre i ekstensiv-1 søerne (> 5 ha).

5. Ekstensive søer

Ekstensiv 1 søer			Langesø			Ollerup Sø		
			Gns.	Min.	Maks.	Gns.	Min.	Maks.
Oplandsareal		(km ²)	5,61			26,9		
	heraf dyrket areal	(km ²)	3,719			17,243		
Soareal		(ha)	18			23		
Middeldybde		(m)	3,1			1,3		
Maks-dybde		(m)	4,5			2,3		
Ptot		(mg P l ⁻¹) sommer	0,18	0,04	0,31	0,26	0,08	0,32
Ntot		(mg N l ⁻¹) sommer	1,90	1,10	4,40	2,38	1,50	3,90
Sigt dybde		(m) sommer	1,13	0,50	2,25	0,36	0,20	1,90
Klorofyl		(µg l ⁻¹) sommer	134		360	203	10	340
Farvetal		(Pt units) sommer	30	25	34	30	26	31
Alkalinitet		(mmol l ⁻¹) sommer	2,94	1,50	3,70	3,31	2,79	4,61
pH		sommer	8,6	7,9	9,4	8,4	7,7	8,6
Salinitet		(‰) sommer	<0,5			<0,5		
Sulfat		(mg SO ₄ l ⁻¹) vinter		26,00	26,00		45,00	45,00
Plantep planktonbiomasse		(mm ³ l ⁻¹) sommer	74,44			31,06		
Plantep planktonbiomasse	blågrønalger	(%) sommer	4,99			52,69		
Dyre planktonantal		(antal l ⁻¹) sommer	90,2			301,9		
Dyre planktonantal	hjuldyr (Asplanchnoidea)	(%) sommer	0,0			0,0		
	copepoder	(%) sommer	60,8			32,5		
	cladocerer	(%) sommer	39,3			67,5		
Dyre plankton	Daphnia af cladocerer	(%) sommer	30,23			24,67		
Undervandsplanter	RPA	(%)						
	RPV	(%)						
	dybdegrænse	(m)						
	Arter (eks. trådalger)	(antal)						
Bunddyr	tæthed	(antal pr. m ²)	2262	942	3766			
	vægt (g)	(biomasse pr. taxa)	0,36	0,10	0,56			
	total antal	(CPUE antal)	120,0					
	total biomasse	(CPUE kg)	3,3					
	andel rovfisk (antal)	(%)	7,8					
	andel rovfisk (biomasse)	(%)	15,9					
Fisk, (CPUE, garn, inkl 68 og 85 mm)	Total antal	(CPUE antal)	119,4					
	Total biomasse	(CPUE kg)	2,9					
	andel rovfisk (antal)	(%)	7,8					
	andel rovfisk (biomasse)	(%)	18,1					
Fisk, (CPUE, garn, ekskl 68 og 85 mm)	Total antal	(CPUE antal)	44,8					
	Total biomasse	(CPUE kg)	0,9					
	andel rovfisk (antal)	(%)	0,7					
	andel rovfisk (biomasse)	(%)	0,1					

Tabel 5.1 fortsat

Middel-, minimum- og maksimumværdier for målte parametre i ekstensiv-1 søerne (> 5 ha).

Ekstensiv 2 søer				Sarup Sø			Nr. 29 (sø v. Grindløse)		
				Gns.	Min.	Maks.	Gns.	Min.	Maks.
Oplandsareal		(km ²)	0,350			2,192			
	heraf dyrket areal	(km ²)	0,237			1,846			
Soareal		(ha)	4,000			1,108			
Middeldybde		(m)	1,70			1,07			
Maks-dybde		(m)	4			1,6			
Ptot		(mg P l-1)	sommer 0,11	0,07	0,18	0,06	0,03	0,12	
Ntot		(mg N l-1)	sommer 0,90	0,64	1,70	0,77	0,69	1,30	
Sigtdybde		(m)	sommer 1,60	0,80	2,60	>0,92	0,60	1,40	
Klorofyl		(µg l-1)	sommer 26	5	53	14	5	24	
Farvetal		(Pt units)	sommer 23		29		15	18	
Alkalinitet		(mmol l-1)	sommer 3,31	3,19	3,61	4,34	4,01	4,69	
pH			sommer 8,06	7,71	8,38	7,75	7,51	8,02	
Salinitet		(‰)	sommer <0,5			<0,5			
Undervandsplanter	RPA	(%)	21,2			15,3			
	RPV	(%)	5,85			7,03			
	dybdegrænse	(m)	2			1,6			
	Arter (eks. trådalger)	(antal)	1			6			

Ekstensiv 2 søer				Nr. 33 (sø v. Stillebæk)			Nr. 38 (sø v. Truelsmosegård)		
				Gns.	Min.	Maks.	Gns.	Min.	Maks.
Oplandsareal		(km ²)	0,335			0,343			
	heraf dyrket areal	(km ²)	0,287			0,28			
Soareal		(ha)	0,160			0,520			
Middeldybde		(m)	0,75						
Maks-dybde		(m)	0,9						
Ptot		(mg P l-1)	sommer 0,61	0,14	0,95	1,64	0,21	1,80	
Ntot		(mg N l-1)	sommer 2,88	2,00	4,30	3,66	2,80	6,50	
Sigtdybde		(m)	sommer 0,44	0,20	0,60	0,22	0,15	0,30	
Klorofyl		(µg l-1)	sommer 44	2	110	341	190	600	
Farvetal		(Pt units)	sommer 74		112		30	43	
Alkalinitet		(mmol l-1)	sommer 6,43	5,90	6,93	4,80	3,86	5,98	
pH			sommer 7,90	7,4	8,6	8,2	7,8	9,1	
Salinitet		(‰)	sommer <0,5			<0,5			
Undervandsplanter	RPA	(%)	0						
	RPV	(%)	0						
	dybdegrænse	(m)							
	Arter (eks. trådalger)	(antal)	0						

Tabel 5.2

Middel-, minimum- og maksimumværdier for målte parametre i ekstensiv-2 søerne (0,1 - 5 ha).

5. Ekstensiv søer

Ekstensiv 2 søer			Nr. 46 (sø v. Vindebjerg)			Nr. 47 (sø v. Vervinge)		
			Gns.	Min.	Maks.	Gns.	Min.	Maks.
Oplandsareal		(km ²)	0,108			0,464		
	heraf dyrket areal	(km ²)	0,056			0,397		
Søareal		(ha)	0,166			0,130		
Middeldybde		(m)	0,85					
Maks-dybde		(m)	1,6					
Ptot		(mg P l ⁻¹)	sommer 0,88	0,65	1,00	12,59	5,30	15,00
Ntot		(mg N l ⁻¹)	sommer 1,67	1,20	2,00	33,95	16,00	48,00
Sigrdybde		(m)	sommer >1,34	1,00	1,60	0,09	0,05	0,20
Klorofyl		(µg l ⁻¹)	sommer 20	2	66	3036	65	4000
Farvetal		(Pt units)	sommer	62	75		200	388
Alkalinitet		(mmol l ⁻¹)	sommer 3,54	3,12	3,89	4,02	2,54	7,39
pH			sommer 7,6	7,3	7,7	8,1	7,4	8,6
Salinitet		(‰)	sommer <0,5			<0,5		
Undervandsplanter	RPA	(%)	14,84					
	RPV	(%)	5,13					
	dybdegrænse	(m)	1,6					
	Arter (eks. trådalger)	(antal)	1					

Ekstensiv 2 søer			Nr. 48 (sø v. Østrupgård)		
			Gns.	Min.	Maks.
Oplandsareal		(km ²)	0,028		
	heraf dyrket areal	(km ²)	0		
Søareal		(ha)	0,138		
Middeldybde		(m)	0,91		
Maks-dybde		(m)	1,35		
Ptot		(mg P l ⁻¹)	sommer 0,51	0,29	0,94
Ntot		(mg N l ⁻¹)	sommer 2,71	1,50	3,90
Sigrdybde		(m)	sommer 0,56	0,35	0,80
Klorofyl		(µg l ⁻¹)	sommer 166	14	310
Farvetal		(Pt units)	sommer 90	85	95
Alkalinitet		(mmol l ⁻¹)	sommer 4,51	4,11	4,98
pH			sommer 7,4	7,2	7,6
Salinitet		(‰)	sommer <0,5		
Undervandsplanter	RPA	(%)			
	RPV	(%)			
	dybdegrænse	(m)			
	Arter (eks. trådalger)	(antal)			

Tabel 5.2 fortsat

Middel-, minimum- og maksimumværdier for målte parametre i ekstensiv-2 søerne (0,1 - 5 ha).

Ekstensiv 3 søer			Nr. 69 (vandhul v. Rue)	Nr. 57 (vandhul v. Næsbyh. Broby)	Nr. 68 (vandhul v. Gyldensten)	Nr. 76 (vandhul v Egebjerggård)	Nr. 82 (vandhul v. Broby Sø)	Nr. 83 (vandhul v. Glavendrup)	Nr. 90 (vandhul v. Farstrup)
			Gns.	Gns.	Gns.	Gns.	Gns.	Gns.	Gns.
Oplandsareal		(km ²)	0,005	0,011	0,049	0,018	0,101	0,044	0,009
	heraf dyrket areal	(km ²)	0,003	0,009	0,037	0,017	0,05	0,043	0,007
Søareal		(ha)	0,047	0,096	0,190	0,027	0,096	0,092	0,059
Middeldybde		(m)		0,80	0,40		0,50	0,50	
Maks-dybde		(m)							
Prot		(mg P l-1)	sommer	0,25	9,60	0,86	0,86	1,40	
Ntot		(mg N l-1)	sommer	1,30	14,00	2,00	3,10	2,30	
Sigdybde		(m)	sommer	>0,80	>0,40		>0,50	>0,50	
Klorofyl		(µg l-1)	sommer	37	33	30	8	84	
Farvetal		(Pr units)	sommer	66	87	85	115	3	
Alkalinitet		(mmol l-1)	sommer	4,06	6,31	3,76	5,93	6,84	
pH			sommer	7,2	7,8	7,1	7,6	7,6	
Salinitet		(‰)	sommer	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Undervandsplanter	RPA	(%)	95-100	25-50		75-95	0-5	5-25	0-5
	RPV	(%)							
	dybdegrænse	(m)	0,8	1,0		0,4		0,75	0,4
	Arter (eks. trådalger)	(antal)	2	2	0	1	2	2	1
Padder	Maks. tæthed	(pr. ha)							
	Maks. antal arter	(antal)							

Tabel 5.3

Værdier for målte parametre (enkeltmåling) i ekstensiv-3 søerne (< 0,1 ha).

6. Referencer

- Barbiero, R. P. & E. B. Welch, 1992: Contribution of benthic blue-green algal recruitment to lake populations and phosphorous translocation. *Freshwater Biology* 27, s. 249-260.
- Breukelaar, A. E. Lammens, J. Breteler & I. Tatrai 1994: Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of chlorophyll a. *Freshwater Biology* 32(1): 113-121.
- Dinsmore W.P. & E.E. Prepas 1997a: Impact of hypolimnetic oxygenation on profundal macroinvertebrates in a eutrophic lake in central Alberta. 1. Changes in macroinvertebrate abundance and diversity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54 (9): 2157-2169.
- Dinsmore W.P. & E.E. Prepas 1997b: Impact of hypolimnetic oxygenation on profundal macroinvertebrates in a eutrophic lake in central Alberta. 2. Changes in Chironomus spp. abundance and biomass. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54 (9): 2170-2181.
- Dinsmore W.P., G.J. Scrimgeour & E.E. Prepas 1999: Empirical relationships between profundal macroinvertebrate biomass and environmental variables in boreal lakes of Alberta, Canada. *Freshwater Biology* 41 (1): 91-100.
- Fiskeøkologisk Laboratorium, 2002: Fiskebestanden i Arreskov Sø, 2002. VANDMILJØovervågning. Rapport til Fyns Amt, 55 s. + bilag.
- Fyns Amt, 2001 (Rugaard, T): Søholm Sø, 2000. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, rapport, 83 s.
- Fyns Amt, 2002 (Fog, A. & P. Wiberg-Larsen): Miljøtilstanden i 110 fynske småsøer og vandhuller 1997-2000. SØovervågning i Fyns Amt, nr. 10, 63 s.
- Fyns Amt, 2004 (Windolf, J. (red.)): Vandløb, 2003. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, rapport, 70 s + bilag.
- Fyns Amt, 2005 (Windolf, J. (red.)): Vandløb, 2004. NATUR- og VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, bilagsdel.
- Holm, N.P., G.G. Ganf, & J. Shapiro, 1983: Feeding and assimilation rates of *Daphnia pulex* fed *Aphanizomenon flos-aquae*. *Limnol. Oceanogr.* 28 (4) 1983: 677-687.
- Håkansson L. & V.V. Boulion, 2003: Modelling production and biomasses of zoobenthos in lakes. *Aquatic Ecology* 37:277-306.
- Jacobsen, B.A., 1994: Bloom formation of Gloeotrichia-echinulata and Aphanizomenon flos-aquae in a shallow, eutrophic, danish lake. *Hydrobiologia* 289 (1-3): 193-197.
- Jensen, H. S. og F. Ø. Andersen, 1990: Fosforbelastning i lavvandede eutrofe søer. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen Nr. C4, Miljøstyrelsen, 94 s.
- Jensen, J.P., E. Jeppesen, J. Bøgestrand, A. R. Petersen, M. Søndergaard, J. Windolf & L. Sortkjær, 1994: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Ferske vandområder - søer. Faglig rapport fra DMU nr. 121, Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, 93 s.
- Jensen, J. P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, T. L. Lauridsen & L. Sortkjær, 1997: Ferske vandområder - Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Faglig rapport fra DMU nr. 211. Danmarks Miljøundersøgelser. 106 s.
- Jensen, J.P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, T. Lauridsen & L. Sortkjær, 1997: Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Faglig rapport fra DMU nr. 211. Danmarks Miljøundersøgelser, 106 s.
- Kajak, Z. 1997: *Chironomus plumosus* - what regulates its abundance in a shallow reservoir? *Hydrobiologia* 342/343: 133-142.
- Kristensen, P., J.P. Jensen og E. Jeppesen 1990: Eutrofieringsmodeller for søer. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. C4, Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.
- Lang, C. 1998: Contrasting responses of oligochaetes (Annelida) and chironomids (Diptera) to the abatement of eutrophication in Lake Neuchâtel. *Aquat. Sci.* 61: 206-214.

Leppa, M., H. Hamalainen & J. Karjalainen 2003: The response of benthic macroinvertebrates to whole-lake biomanipulation. *Hydrobiologia*, 498 (1-3): 97-105.

Miljøbiologisk Laboratorium, 2004: Arreskov Sø 2004, Plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt, 29 s. + bilag.

Svensson, J.M., E. Bergman & G. Andersson 1999: Impact of cyprinid reduction on the benthic macroinvertebrate community and implications for increased nitrogen retention. *Hydrobiologia*, 404: 99-112.

Søndergaard, M., J.P. Jensen & E. Jeppesen 2003: Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia*, 506-509: 135-145.

Voss, J.H., E.T.H.M. Peeters, R. Gylstra, M.H.S. Kraak & W. Admiraal 2004: Nutritional value of sediments for macroinvertebrate communities in shallow eutrophic waters. *Arch. Hydrobiol.* 161(4), 469-487.

Wetzel, R. 1983. *Limnology* 2nd ed. Chapter 21 (Benthic animals and Fish Communities).

Metodik anvendt ved bestemmelse af belastningen af Arreskov Sø

Beregningen foretages gennem hele tidsperioden fra 1989 og frem, så eventuelle beregningstekniske metodeskift slår igennem i hele perioden.

Beregning af bidrag fra umålt opland

Vandtransporten i det umålte opland er beregnet under antagelse af, at arealafstrømningen er ens i det målte og det umålte opland.

Den diffuse kvælstofafstrømning fra det umålte opland bestemmes ud fra vandtransport og dyrkningsgrad i oplandet, således at der på årsbasis beregnes en middeldyrkningskoncentration ud fra en middeldyrkningsgrad i oplandene til de 15 større vandløbsmålestationer der indgår i Fynstransportberegningen (jf. Fyns Amt, 2005). Herefter opstilles QC-sammenhænge der justeres efter dyrkningsgraden i det aktuelle opland i forhold til føromtalt middeldyrkningsgrad for de 15 oplande. Ved at benytte disse årligt justerede QC-sammenhænge kan der for hver måned beregnes en koncentrationensværdi, idet afstrømningsværdien kendes.

Den diffuse fosforkoncentration er bestemt ud fra transportdata ved vandløbsmålestationen i Odense Å, Kratholm (72 % dyrkningsgrad) samt vandløbsmålestationen i Holstenhus (0 % dyrkningsgrad). Belastningen fra Kratholm vurderes på baggrund af den intensive prøvetagning og arealfordelingen, at være repræsentativ for den diffuse fosforafstrømning fra Fyn, mens belastningen fra Holstenhus vurderes at være repræsentativ for det rene baggrundsbidrag. Koncentrationen for et givet opland bestemmes som summen af et naturbidrag (Holstenhus) og af et dyrkningsbidrag (det givne opland).

Beregning af naturligt basisbidrag

Ved basisbidraget forstås den næringsstofftilførsel til søen, som ville forekomme fra oplandet, såfremt dette var praktisk taget uberørt af menneskelig aktivitet ("naturområder").

Beregningen af basisbidraget for henholdsvis kvælstof og fosfor er foretaget ved anvendelse af en vandføringsvægtet årskoncentration på 1.0 mg kvælstof/l og 0.05 mg fosfor/l gennem hele perioden 1989-2004.

Basisbidraget er herefter beregnet ved at gange disse koncentrationer med den samlede ferskvandsafstrømningen til selve søen.

Beregning af grundvandsbidrag

Da der til Arreskov Sø er en betydelig indflydelse fra grundvand, medtages dette i beregningen, idet grundvandsflowet (der findes ud fra en differensbetragtning af øvrige "kendte" vandpåvirkninger) tillægges næringsstofkoncentrationer målt i boringer i oplandet til Arreskov Sø

Særlig forhold til beregning af belastningen fra oplandet til Arreskov Sø

I perioden 1989-94 er i oplandet til Arreskov Sø målt på 6 tilløb og afløbet.

Fra årsskiftet 1994/95 er måleprogrammet reduceret til at omfatte fysisk-kemiske målinger i 3 tilløb og afløbet.

Målingerne af næringsstofafstrømningen til søen dækker i alt ca. 47 % af søens samlede oplandsareal, men ved at udnytte kendskab til vand- og stofafstrømningen i de 3 tilløb, hvor der ikke længere måles, opnås en dækningsgrad af søens samlede oplandsareal på ca. 80 %.

Afstrømningen fra den del af oplandet hvor der tidligere blev foretaget fysisk-kemiske målinger, bestemmes ved at hvert af de tidligere målte oplande, relateres til et opland hvor der fortsat måles.

Relationerne er fundet gennem sammenligning af den arealspecifikke vandafstrømning mellem et tidligere målt opland og de 3 eksisterende oplande igennem perioden 1989-94.

Herefter benyttes forskellen i den årlige medianferskvandsafstrømning for perioden 1989-93 til beregning af den korrektionsfaktor der benyttes i forbindelse med beregning af ferskvandsafstrømningen i et af de umålte oplande, hvor der tidligere blev målt.

Bestemmelsen af total-kvælstof- og total-fosfor-afstrømningen fra de 3 udgåede vandløbssystemer foregår efter samme princip, idet der dog er benyttet forskel i den årlige middelfafstrømning af total-N henholdsvis total-P i perioden 1989-93 til beregning af korrektionsfaktoren.

Ferskvandsafstrømningen fra den resterende del af søoplandet (de sidste 20 %), er derpå beregnet under antagelse af, at arealafstrømningen i de målte samt estimerede oplande kan overføres til den sidste rest umålt opland.

Næringsstofafstrømningen beregnes fra dette umålte opland ved at benytte koncentrationseværdier bestemt fra hele det "målte" opland (dvs. baseret på 6 tilløbsstationer).

I oplandet til Arreskov Sø indgår punktkilde-data kun fra enkelte regnvandsbetingede udløb

i et af de tidligere målte oplande. Belastningen fra regnvandsbetingede udløb er modelbereg-nede data, idet belastningen er opgjort ud fra nedbørsdata og befæstigelsesgrad pr. arealenhed i oplandet. Belastningen fra den spredte bebyg-gelse inkluderes i den diffuse belastning.

Rapporten indeholder en status for miljøtilstanden i Arreskov Sø, Søholm Sø samt 18 ekstensivt undersøgte søer i 2004. Søerne indgår i det nationale overvågningsprogram, NOVANA, der i alt omfatter 101 søer i Fyns Amt og 1097 søer i hele Danmark. For Arreskov Sø og Søholm Sø beskrives også udviklingen i miljøtilstanden. Ud over en kortfattet indikatorrapportering beskrives fokuspunkterne "fosfor" og "bunddyr" mere indgående.

I Vandmiljøplanen, der blev vedtaget i 1987, blev der fastlagt nationale mål for nedbringelse af næringsstofbelastningen af vandmiljøet, og indgået en aftale mellem stat og amter om en landsdækkende overvågning af vandmiljøet. Siden er vedtaget Vandmiljøplan II i 1998 og Vandmiljøplan III i 2004. I 2004 trådte et nyt integreret overvågningsprogram for vandmiljø og natur, NOVANA, i kraft. Vandmiljøplanerne samt vandmiljøovervågningen skal medvirke til at sikre, at Danmark lever op til de internationale reduktionsmål for belastning af vandmiljøet og internationale krav om overvågning af vandmiljøet fastsat i Helsinki-konventionen, OSPAR-konventionen, og i EU's direktiver om vandmiljøforhold. Hvert år udarbejder amterne rapporter over resultaterne af overvågningen. Amterne er efter lovgivningen myndighed for miljøovervågning og -planlægning. Amterne udarbejder regionplaner, hvor målsætninger for vandmiljøets kvalitet og naturens tilstand fastsættes, og gennemfører en regional overvågning for at kunne vurdere om de fastlagte målsætninger bliver fulgt.