

Arreskov Sø 1994

Løbenr.: 41 1995

Eksemplar nr.: 2/3



Fyns Amt



Arreskov Sø 1994



Titel: VANDMILJØovervågning - Arreskov Sø 1994

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

Telefon 66 15 94 00
Telefax 66 15 45 59

Udgivelsesår: Maj 1995

Tryk: Fyns Amt

Oplag: 150

Forside: Mimi Fuglsang

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

ISBN 87-7343-238-5

Indholdsfortegnelse

	Side
Forord	5
Indledning	7
1. Beskrivelse af søen	9
1.1 Søens beliggenhed og morfometri	9
1.2 Målsætning for søens kvalitet og anvendelse	9
1.3 Søens miljøtilstand	14
2. Meteorologiske og hydrologiske forhold	15
3. Søens opland og eksterne belastning	19
3.1 Oplandet til søen	19
3.2 Total ekstern belastning med kvælstof og fosfor	20
3.3 Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor	22
3.4 Afmosfærisk deposition	29
3.5 Grundvand	30
3.6 Øvrige belastningskilder	31
3.7 Vurdering af de enkelte tilløb	31
3.8 Udviklingstendenser i søens stofbelastning	36
3.9 Vurdering af muligheder for begrænsning af næringsstoffiltørserne til søen	36
4. Vand- og stofbalance	39
4.1 Vandbalance	39
4.2 Stofbalance	44
5. Fysisk-kemiske forhold i søen	49
5.1 Søvand	49
5.2 Sammenhæng mellem stoftilførsel og stofkoncentration i søen	55
6. Biologiske forhold i søen	59
6.1 Planteplankton	59
6.2 Dyreplankton	61
6.3 Fiskebestand/biomanipulation	69
6.4 Vegetation	72
7. Udvikling i søens miljøtilstand	78
7.1 Udvikling i 1989-1994	78
7.2 Tilstanden i 1994	83
7.2 Fremtidig udvikling	84
8. Sammenfatning og konklusion	87

Referencer	93
Bilag 1. Anvendt metodik	97
Bilag 2. Arealanvendelse, jordbundsforhold m.v. i søens opland	108
Bilag 3. Kildeopsplitning af den totale eksterne næringsstofbelastning	109
Bilag 4. Vandbalance på måneds-, sommer- og årsbasis	110
Bilag 5. Stofbalance på måneds-, sommer- og årsbasis	111
Bilag 6. Oversigt over fysisk-kemiske parametre: Års- sommer og vintergennemsnit, 1974-94	112
Bilag 7. Månedlig nettoudveksling af total-kvælstof via interne processer	115
Bilag 8. Månedlig nettoudveksling af total-fosfor med sediment ...	116
Bilag 9. Oversigt over øvrige biologiske forhold, 1987-94	117
Bilag 10. Bundvegetation, plantedækket areal og -volumen i del- områder	119
Bilag 11. Oversigt over undersøgelser udført før vandmiljøplan- overvågningen	121
Bilag 12. Oversigt over morfometriske grunddata	123

Forord

I foråret 1987 vedtog Folketinget en handlingsplan (Vandmiljøplanen), der skal nedbringe næringsstofbelastningen af det danske vandmiljø.

Målet med Vandmiljøplanen er at reducere den samlede kvælstofudledning til overfladevand og grundvand med 50% fra 290.000 til 145.000 tons pr. år og fosforudledningen med 80% fra 15.000 til 3.000 tons pr. år.

Vandmiljøplanen indebærer bl.a. øget spildevandsrensning for kommuner og industri samt krav til jordbruget med henblik på at mindske tilførslerne af næringsstoffer til vandmiljøet.

Samtidig er der med Vandmiljøplanen iværksat en øget overvågning af vandmiljøet med det formål at følge effekten af Vandmiljøplanen. Overvågningen omfatter alle de forskellige led i vandkredsløbet. Amterne er ansvarlige for gennemførelse af overvågningsaktiviteterne, der omfatter følgende områder: Grundvand, vandløb, søer, særlige landovervågningsoplande, punktkilder (kommunale og industrielle spildevandsudledninger) samt kystnære havområder.

Amterne udarbejder årligt rapporter over resultater af disse overvågningsopgaver. Tilsvarende udarbejder Danmarks Miljøundersøgelser rapporter over tilstanden i de åbne havområder og om stoftilførsler via nedbør/nedfald.

Rapporterne danner baggrund for landsdækkende oversigter, som udarbejdes af Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Geologiske Undersøgelser. Endelig sammenfatter Miljøstyrelsen de landsdækkende oversigter til en årlig redegørelse.

Denne rapport er et led i Fyns Amts samlede rapportering af vandmiljøovervågningen i 1994, der i alt omfatter følgende rapporter:

- Vandløb 1994 (ISBN 87-7343-239-3)
- Arreskov Sø 1994 (ISBN 87-7343-238-5)
- Langesø 1994 (ISBN 87-7343-236-9)
- Søholm Sø 1994 (ISBN 87-7343-237-7)
- Landovervågning 1994 (ISBN 87-7343-241-5)
- Punktkilder 1994 (ISBN 87-7343-234-2)
- Kystvande 1994 (ISBN 87-7343-240-7)
- Grundvand 1994 (ISBN 87-7343-233-4)
- Atmosfærisk nedfald 1994 (ISBN 87-7343-235-0)
- Fyns vandmiljø (ISBN 87-7343-242-3)

I tilknytning til sø- og vandløbsrapporterne er der endvidere udarbejdet følgende to tekniske rapporter: Fiskebestanden i Langesø, august 1994 (ISBN 87-7343-243-1) og Trådalger i vandløb 1994 (ISBN 87-7343-245-8). Endvidere udsendes medio august 1995 notat vedrørende udviklingen i kvælstofafstrømningen i fynske vandløb frem til juni 1995.

Indledning.

Denne rapport beskriver resultater af de undersøgelser af Arreskov Sø, som Fyns Amt har foretaget i perioden 1989-1994 som et led i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram.

Arreskov Sø er således udpeget som én ud af ialt 37 nationale overvågningssøer. Undersøgelserne i dette udsnit af danske søer skal om muligt give svar på, om Vandmiljøplanens gennemførelse medfører forbedringer af danske søers miljøtilstand. De pågældende søer er derfor udvalgt således, at de er beliggende i områder med forskellig grad af arealudnyttelse og med forskellige kilder til næringsstofftilførsel. Desuden indgår både lavvandede og dybe søer i overvågningsprogrammet.

Årets tema for Vandmiljøplan-rapporteringen er grundvand. Da der ud fra søens vandbalance kan beregnes en betydelig grundvandstilstrømning til Arreskov Sø, er der i rapporten lagt vægt på en vurdering af tilstrømningen af vand, kvælstof og fosfor med grundvandet. Desuden er der lagt vægt på dels at foretage en kortfattet beskrivelse af resultatet af undersøgelserne i 1994, dels at vurdere udviklingstendenser i søens miljøtilstand siden overvågningen blev sat i gang.

1. Beskrivelse af søen

1.1 Søens beliggenhed og morfometri

Arreskov Sø ligger nordøst for Fåborg i et randmorænelandskab, der udgør en del af Svanninge Bakker (jf. figur 1.1.1).

Fund af stenalderbopladser 100-200 m fra den nuværende søbred tyder på, at søens vandspejl dengang har været 3-4 m højere, end det er i dag.

Vandstanden i søen er blevet sænket flere gange. I 1924-25 blev vandspejlet således sænket ca. 75 cm, og i 1967 blev det yderligere sænket 17-25 cm efter ønske fra en kreds af lodsejere. I afløbet fra søen ligger Arreskov Vandmølle, hvor vandstanden i søen reguleres ved hjælp af et stigningsbord. Den seneste vandstandssænkning betød bl.a., at det ikke længere var muligt for møllen at udnytte vandkraften. Flodemålet (den højst tilladte vandstand) er fra og med 1. januar 1991 fastsat til 33,06 m over DNN.

Arreskov Sø er Fyns største sø med et overfladeareal på 317 ha. Søen er lavvandet, idet middeldybden kun er på 1,9 m. Da søen samtidig ligger vindeksponeret, bliver vandet normalt omrørt helt til bunden af vinden. Arreskov Sø er omkranset af en tæt, men ikke særlig bred rørsump. De nære omgivelser er naturprægede med enge, moser, marker og skov.

Søens dybdeforhold og morfometriske data fremgår af figur 1.1.2 og tabel 1.1.1.

Afstrømningsoplandet til Arreskov Sø er på 24,9 km². Heraf består 58% af landbrugsområder og 35% af skovområder. I forhold til både Fyn og resten af Danmark er oplandet til Arreskov Sø naturpræget med forholdsvis meget skov og lidt landbrug. En nærmere beskrivelse af søens opland fremgår af afsnit 3.1.

Jorden i oplandet til Arreskov Sø består overvejende af lerblandet sand, og er således noget lettere end på Fyn som helhed. Det er også karakteristisk, at der er en relativt stor andel af humusjord i oplandet. Dette skyldes at store arealer, som for år tilbage var eng eller mose, er inddraget i dyrkningen.

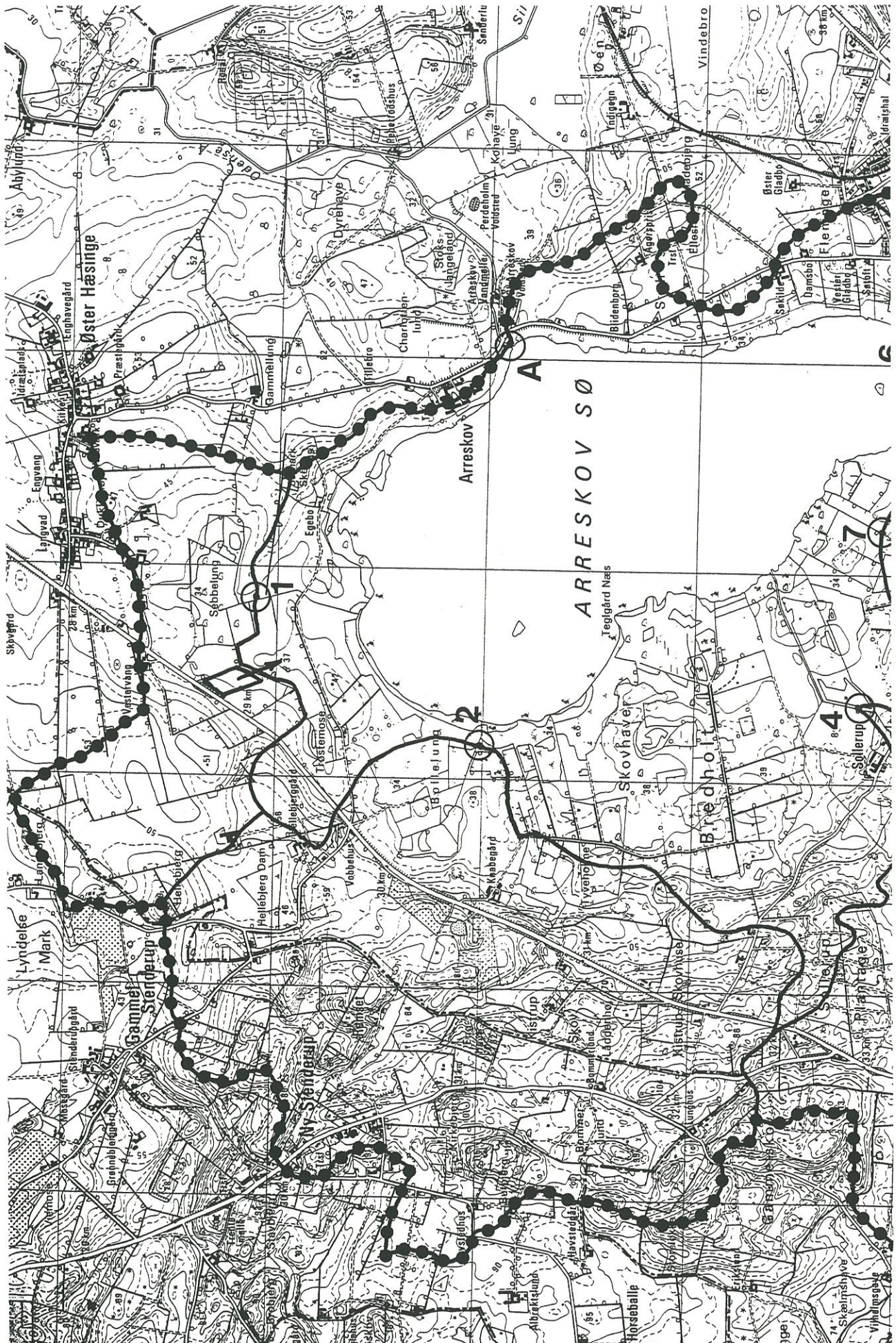
Arreskov Sø	
Overfladeareal, ha	317
Middeldybde, m	1,9
Maksimumdybde, m	3,7
Vandvolumen, m ³	5.880.000
Kystlængde, km	8,50

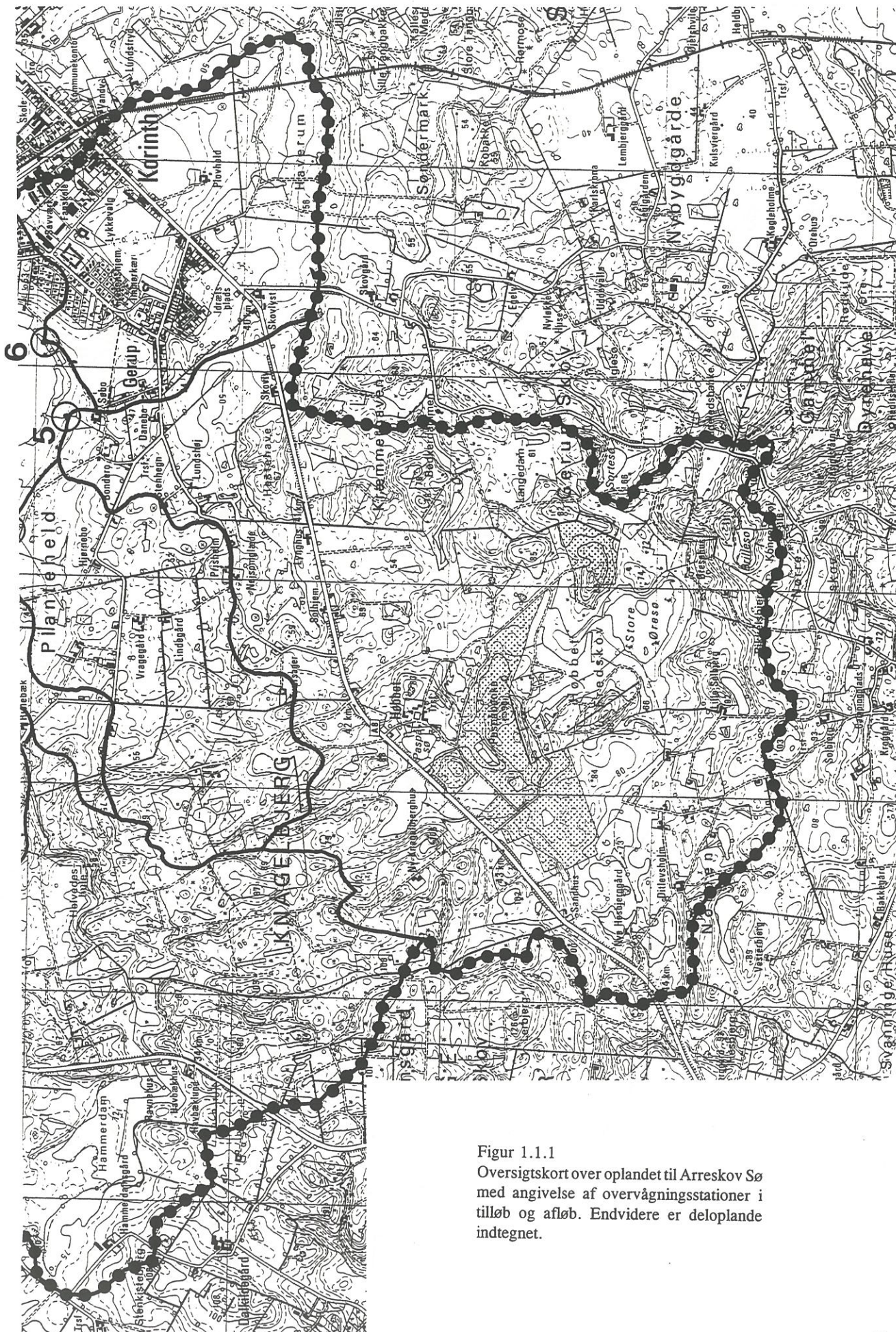
Tabel 1.1.1.
Fysiske forhold i Arreskov Sø.

1.2 Målsætning for søens kvalitet og anvendelse

Arreskov Sø er i Fyns Amts Regionplan 1993-2005 målsat som "Referenceområde for naturvidenskabelige studier". Baggrunden herfor er primært søens betydning som levested og rasteplass for fugle, specielt vandfugle, for hvilke søen er af international betydning. Søen er endvidere udpeget som EF-fuglebeskyttelsesområde. Den nordlige del af søen (ca. 240 ha) er siden 1985 vildtreservat.

Regionplanen fastsætter ingen direkte krav til søens miljøkvalitet. Det indgår imidlertid som en retningslinie i planen, at al spildevandsafledning til Arreskov Sø og andre søer i videst muligt omfang skal undgås. Da oplandet til Arreskov Sø endvidere er udpeget som særligt prioriteret område, bør der være gennemført forbedret spildevandsrensning i den spredte bebyggelse inden udgangen af 1998.





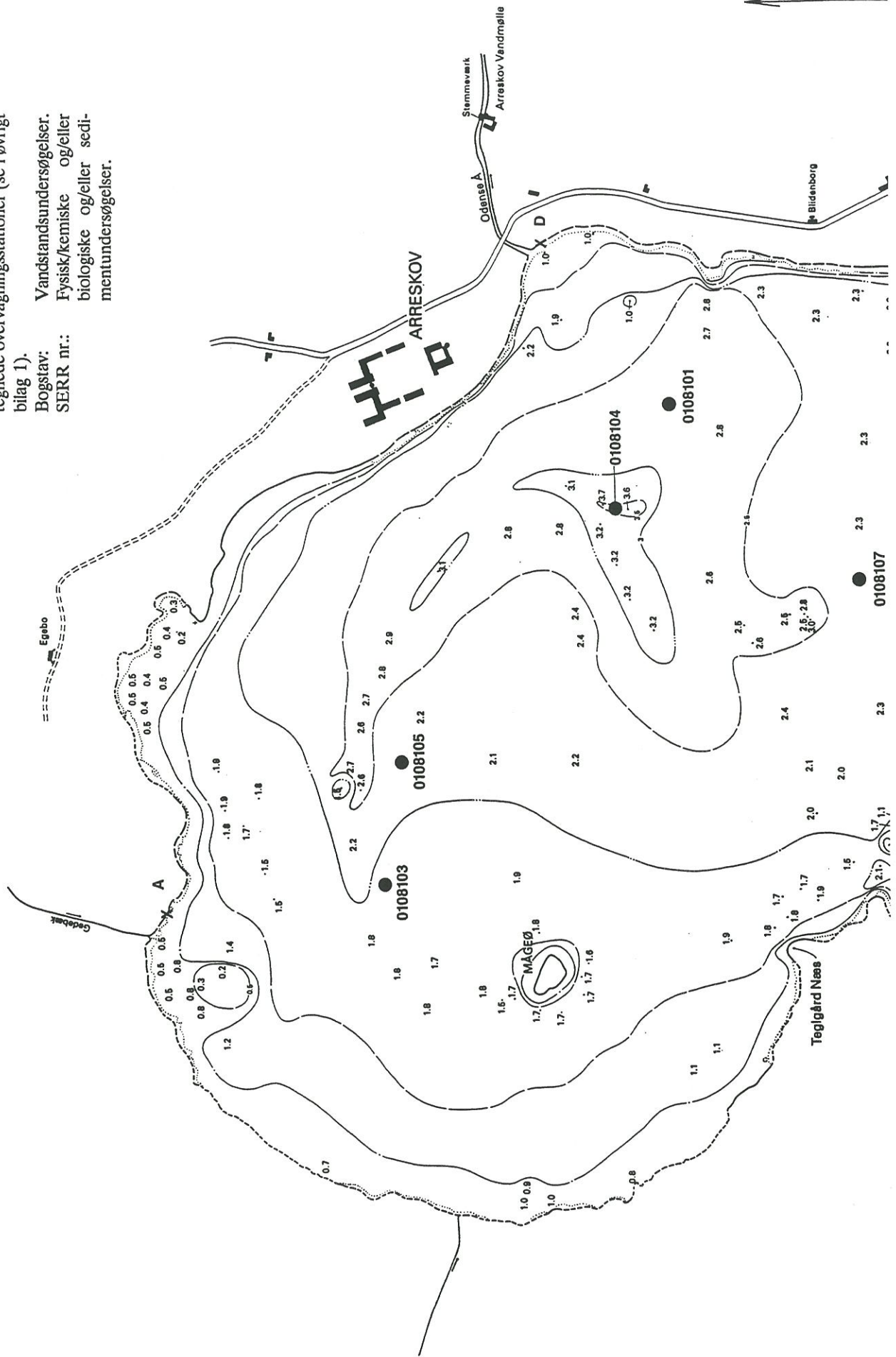
Figur 1.1.1
 Oversigtskort over oplandet til Arreskov Sø
 med angivelse af overvågningsstationer i
 tilløb og afløb. Endvidere er deloplande
 indtegnet.

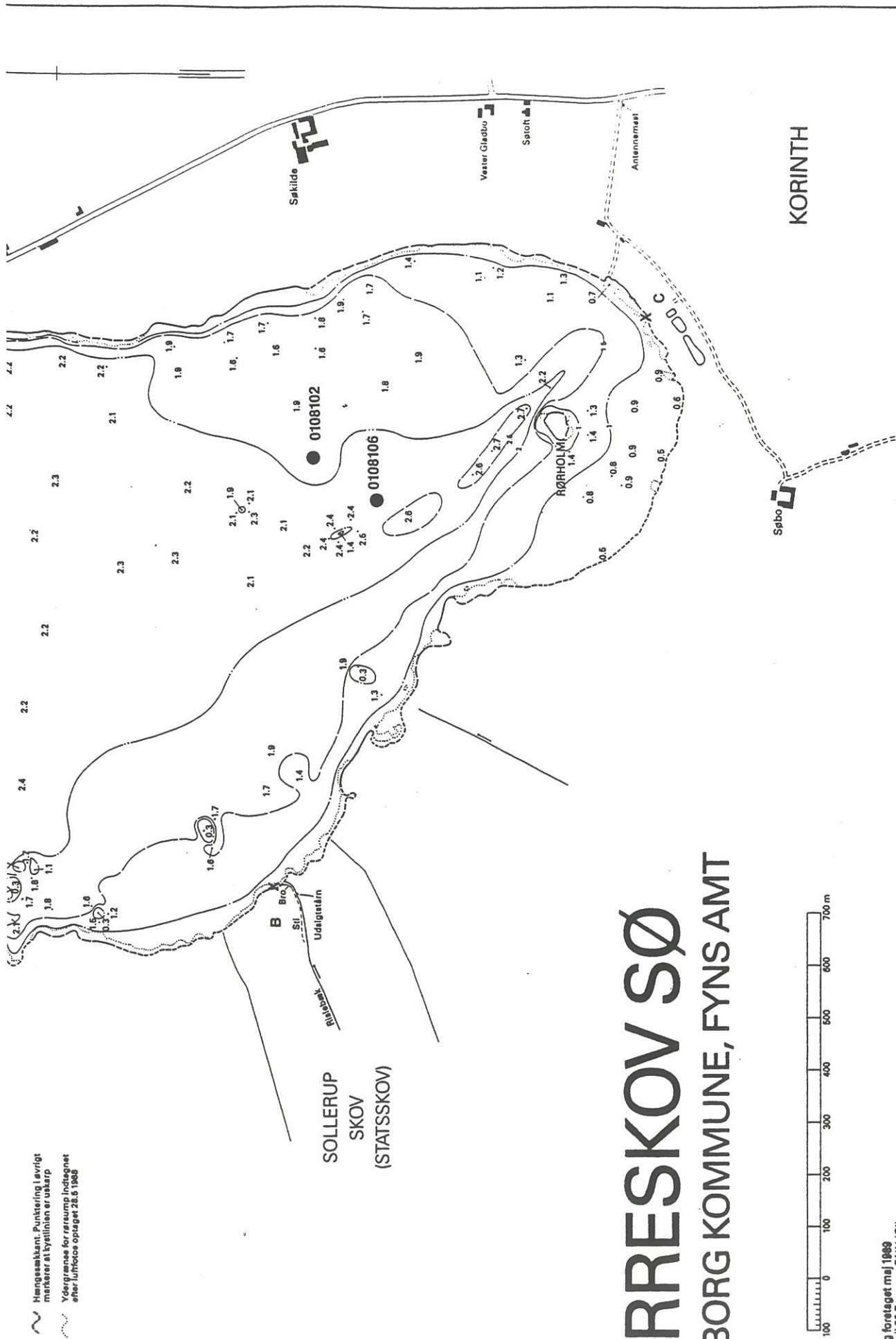
Figur 1.1.2

Dybdekort over Arreskov Sø med indtegnede overvågningsstationer (se i øvrigt bilag 1).

Vandstandsundersøgelser.
Fysisk/kemiske og/eller biologiske og/eller sedimentundersøgelser.

Bogstav: SERR nr.:





Hængesækkant. Puntering lavrigt
 marker at bytlinien er uakarp
 Ydergrænse for rearsump indtegnet
 efter luftfoto optaget 28.6.1988

SOLLERUP
 SKOV
 (STATSSKOV)

ARRESKOV SØ

FÅBORG KOMMUNE, FYNs AMT



Ekkolodning foretaget maj 1989
 ved vandpejli 32,7 m over DNN (GI)
 Tegnet af Tom Thorkildsen
 Publiceret af landmålepæktar Thorkild Høy juli 1989

Endvidere fremgår det af regionplanen, at hvis det er nødvendigt af hensyn til opfyldelse af søens målsætning, bør der gennemføres naturgenopretningsprojekter såvel i oplandet som i selve søen.

Målsætningen indebærer, at søen skal have et naturligt og alsidigt plante- og dyreliv, som er upåvirket eller næsten upåvirket af forurening. Det vurderes, at søen for at opfylde målsætningen skal have en middelsigt dybde på mindst 1 m, et artsrigt plante- og dyreliv uden masseopblomstring af enkelte algegrupper (især blågrønalger), samt en (stedvist) veludviklet rankegrøde (Fyns Amt, 1991). Endelig skal fiskebestanden have en naturlig alders- og artsfordeling med balance mellem fredfisk og rovfisk. Denne målsætning er ikke opfyldt.

1.3 Søens miljøtilstand

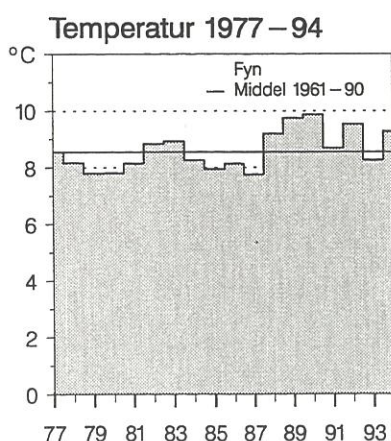
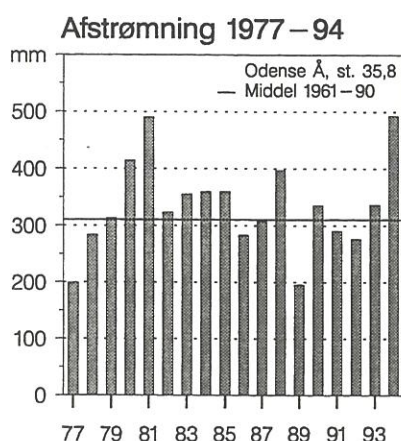
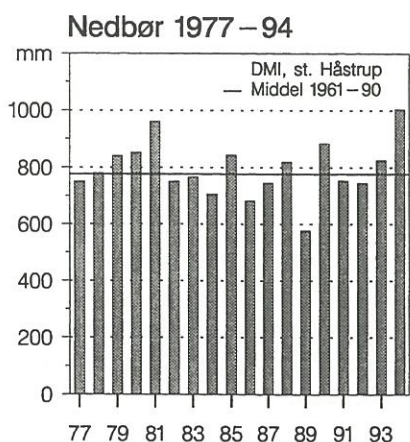
Der er gennem de seneste år sket en ganske betydelig ændring af Arreskov Sø's miljøtilstand. Frem til 1991 havde søen meget uklart vand og stor algeproduktion i sommerperioden.

I 1992 skete nogle markante ændringer, idet vandet blev usædvanlig klart, og indholdet af kvælstof og fosfor faldt. Årsagen til ændringerne var flere:

- 1) En stor tilførsel af spildevand til søen blev afskåret i 1983. Dette medførte dog ikke umiddelbart en forbedring i søens tilstand, idet der snarere optrådte en forværring op igennem 1980'erne.
- 2) I 1991-92 skete der et drastisk fald i antallet af dyreplanktonædende fisk. Årsagen var bl.a. en aktiv opfiskning, samt at fiskene døde under perioder med dårlige iltforhold. Fiskenes fravær gav mulighed for tilstedeværelsen af store dafnier, som er effektive algespisere. Som følge heraf kunne de holde algemængden på et meget lavt niveau det meste af året.

Ændringen holdt sig i 1993, og som følge af det klare vand, begyndte undervandsplanterne at brede sig. Som det fremgår af denne rapport, er denne udvikling fortsat i 1994, men der er også tegn på, at udviklingen er begyndt at vende.

2. Meteorologiske og hydrologiske forhold



Figur 2.1
Nedbør, ferskvandsafstrømning og temperatur på årsbasis 1977-1994.

De meteorologiske og hydrologiske forhold, der havde betydning for Arreskov Sø og dens opland i 1994 beskrives kortfattet i det efterfølgende. Årstidsvariationer i nedbør, ferskvandsafstrømning, lufttemperatur, soltimer og vindhastighed for perioden 1989-1994 er illustreret i henholdsvis figur 2.1, 2.2 og 2.3.

De meteorologiske og hydrologiske forhold er sammenlignet med normalværdier, der er beregnet på baggrund af en længere periode. De anvendte tidsserier er beskrevet i bilag 1.

Nedbør

1994 var et vådt år, idet der i oplandet faldt 31% mere nedbør end normalt. For Fyn som helhed faldt i 1994 25% mere nedbør end normalt.

Det var især i årets første og tredje kvartal, der faldt megen nedbør, idet månederne marts, august og september var meget våde.

Ferskvandsafstrømning

Ferskvandsafstrømningen følger i vid udstrækning nedbørens undtagen i sommermånederne, hvor størstedelen af nedbørens optages i planterne eller fordamper.

På basis af afstrømningsmålinger i Odense Å ved Nr. Broby vurderes, at afstrømningen til Arreskov Sø i 1994 var ekstrem stor. Ferskvandsafstrømningen i Odense Å ved Nr. Broby lå i 1994 60% over normalen. For Fyn som helhed lå afstrømningen 53% over normalen.

I årets første kvartal var afstrømningen ekstrem stor. Afstrømningen i tredje kvartal var ligeledes større end normalt. Set på månedsbasis var afstrømningen af ferskvand stor i januar, marts og september.

Lufttemperatur

Lufttemperaturen er af betydning for søens opvarmning og dermed for de biologiske og kemiske processer i søen.

Årsmiddeltemperaturen for Fyn som helhed lå i 1994 lidt over normalen (+1,1°C). Temperaturen i årets sidste to kvartaler lå noget over det normale. Det var især månederne juli, august, november og december som havde temperaturer over normalen.

Soltimer

Solindstrålingen har betydning for søens opvarmning og for plantevæksten, herunder væksten af planktonalger i søen.

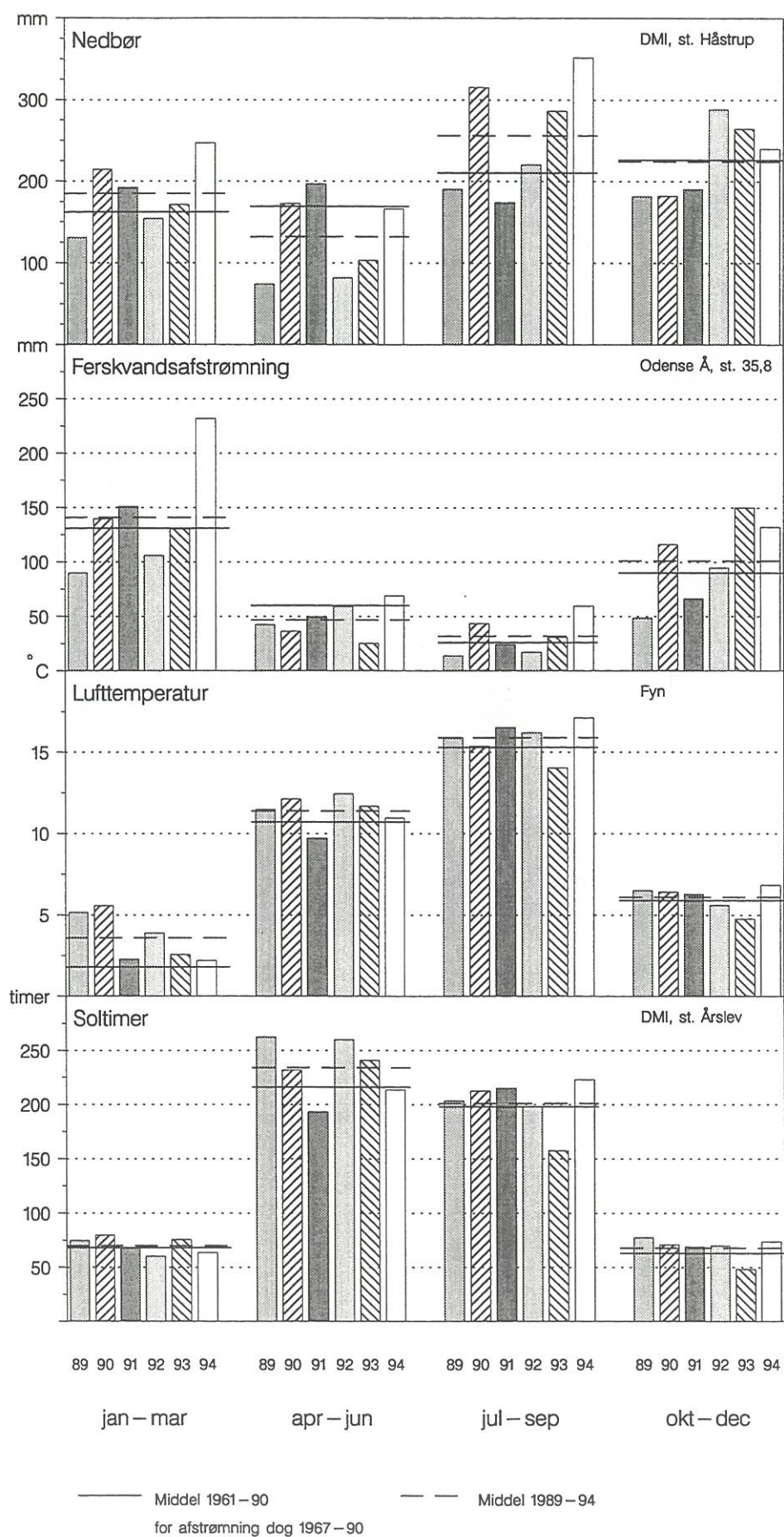
Antallet af soltimer lå i 1994 10% over normalen. Antallet af soltimer i årets to sidste kvartaler var, som lufttemperaturen, noget højere end normalt. Antallet af soltimer var i august måned rekordstor. Til gengæld skinnede solen relativt lidt i oktober.

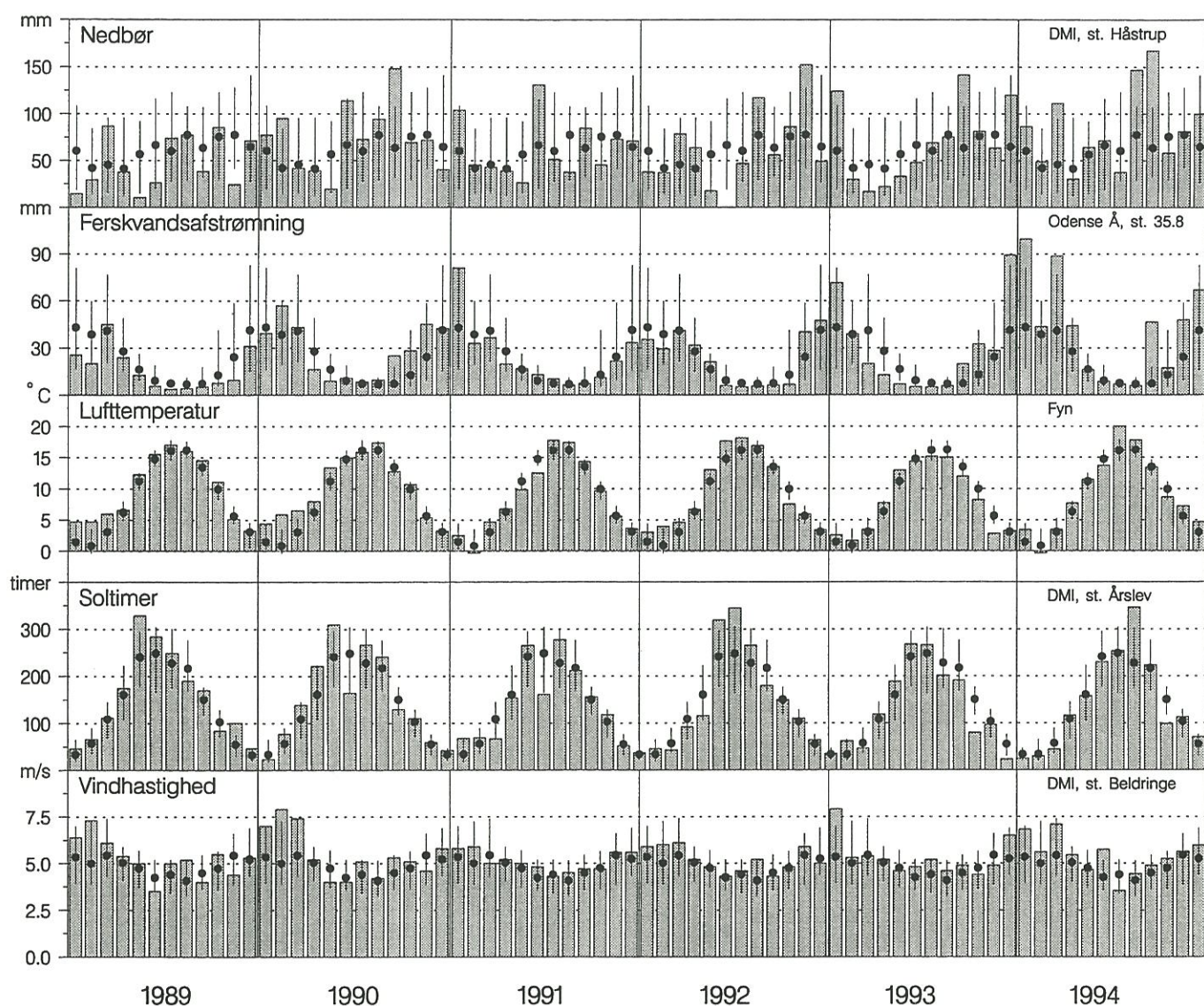
Vindhastighed

Vinden påvirker opblandingen af vandmasserne i en sø og har blandt andet betydning for, hvor dybt et eventuelt springlag dannes/nedbrydes. Dermed har vinden også betydning for udvekslingen af næringsstoffer mellem bundvand/-sediment og de mere overfladenære vandmasser. Vinden spiller også en rolle ved gasudvekslingen mellem vandet og atmosfæren.

1994 var forholdsvis vindrig. Specielt i månederne januar, marts og juni blæste det meget. Derimod var den varme juli måned ret vindstille.

Figur 2.2
Kvartalsvis sammenstilling af nedbør, ferskvandsafstrømning, lufttemperatur og soltimer 1989-1994. For nedbør og ferskvandsafstrømning er vist kvartalsmidler, for lufttemperatur og soltimer er vist kvartalsmånedsmidler.





Figur 2.3
 Nedbør, ferskvandsafstrømning, lufttemperatur, soltimer og vindhastighed på månedsbasis 1989-1994. 10-, 50- og 90%-fraktillerne fremgår ligeledes af figuren.

3. Søens opland og eksterne belastning

I dette afsnit beskrives oplandet til og den eksterne (udefra kommende) næringsstofbelastning af Arreskov Sø i perioden 1989-1994.

Den eksterne belastning omfatter afstrømning via vandløb og grundvand, den atmosfæriske deposition på søen samt belastningen fra rastende fugle på søen.

Endvidere vurderes kilderne til søens næringsstofbelastning samt belastningen via de enkelte hovedtilløb. Derudover foretages en vurdering af kulturbetingede udviklingstendenser i søens stofbelastning. Endelig vurderes muligheder for begrænsning af næringsstofftilførslerne til Arreskov Sø.

3.1 Oplandet til søen

En oversigt over arealanvendelse, jordtyper, husdyr- og befolkningstæthed i oplandene til de enkelte tilløb, det umålte opland og søens samlede opland fremgår af bilag 2.

Afgrænsningen af søens opland og deloplande samt placering af målestationer er vist på figur 1.1.1.

Arealanvendelse og jordbundsforhold

Afstrømningsoplandet til Arreskov Sø er på ialt 2490 hektar.

Oplandet til Arreskov Sø er ret naturpræget med mere skov, flere ekstensivt dyrkede arealer samt færre landbrugsarealer end på Fyn som helhed og Danmark (se figur 3.1.1).

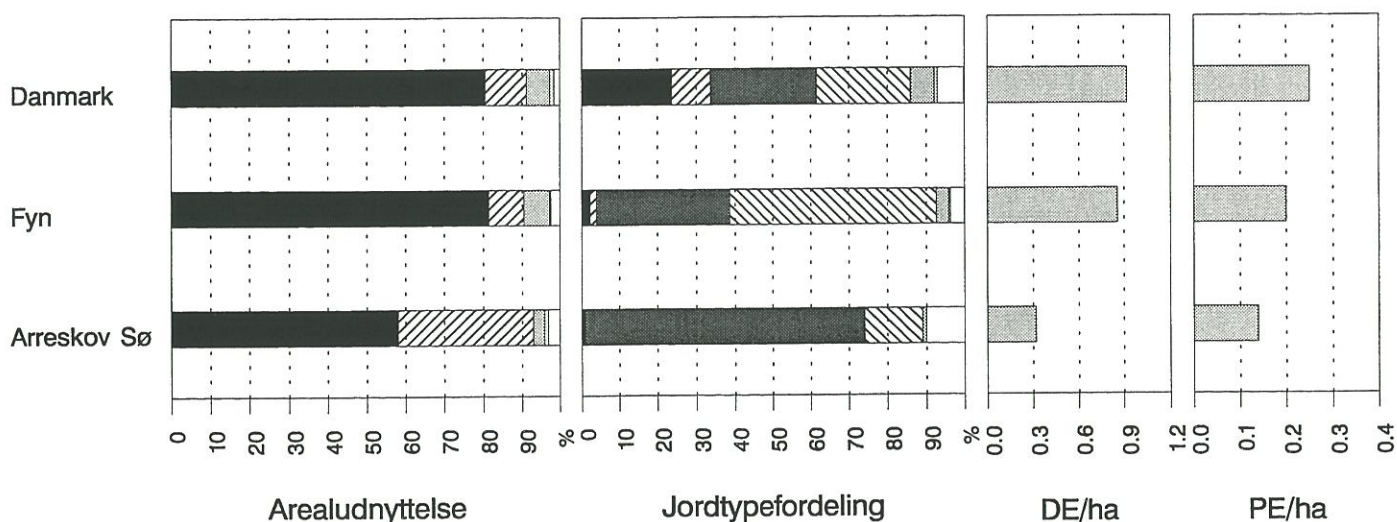
Jordbunden i oplandet består hovedsageligt af lerblandet sand, men der er også områder med sandblandet ler og humus. Jorden i oplandet er således noget lettere end på Fyn som helhed, men ikke lettere i forhold til hele landet, hvor dog store regionale forskelle gør sig gældende.

Husdyrhold

Husdyrtætheden i oplandet til Arreskov Sø, målt som dyreenheder (DE) pr. ha., ligger en del under gennemsnittet for Fyn som helhed og på landsplan. Der er dog stor forskel på tætheden i de enkelte deloplande til søen (0 DE/ha i tilløb 6 - 1,8 DE/ha i tilløb 1).

Spildevandsforhold

Der er idag ingen udledning af spildevand fra kommunale renseanlæg til Arreskov Sø. En udledning af mekanisk rensed spildevand fra Korinth blev afskåret i 1983. Belastningen var på det tidspunkt 970 personækvivalenter (PE), hvor 1 PE svarer til den mængde spildevand 1 person producerer.



Figur 3.1.1
Arealanvendelse, jordtypefordeling, husdyrtæthed og befolkningstæthed i oplandet til Arreskov Sø, Fyn og i Danmark.

Arealudnyttelse

- Rest
- Ferskvand
- By
- Skov
- Landbrug

Jordtypefordeling

- Humus
- Svær lerjord
- Lerjord
- Sandblandet ler
- Lerblandet sand
- Finsandet jord
- Grovsandet jord

Imidlertid udledes der regnvand til søen fra den vestlige del af Korinth via tilløb 6, og i forbindelse med større regnskyl tilføres der også urensset spildevand til tilløbet via et overfaldsbygværk. Dette regnvand/spildevand passerer normalt et regnvandsbassin, inden det løber ud i vandløbet/søen.

Søen tilføres også spildevand fra den spredte bebyggelse. Der er i 1993/1994 registreret 121 ejendomme i oplandet til Arreskov Sø. Det vides ikke, hvor mange ejendomme, der har nedsivningsanlæg eller udleder til samletank.

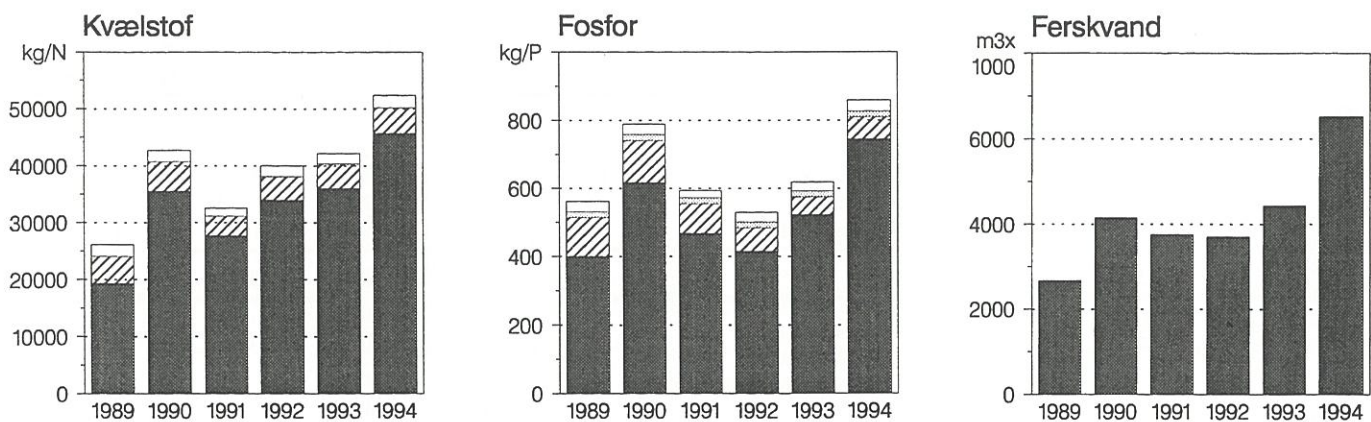
Tætheden af den spredte bebyggelse i oplandet til søen ligger en del under tætheden for Fyn og Danmark som helhed. Der er dog stor variation i tætheden i oplandene til de forskellige tilløb (0,09 PE/ha i tilløb 4 - 0,27 PE/ha i tilløb 7). I oplandet til tilløb 2 er sket en kloakering af en del af de spredtliggende ejendomme i oplandet, således at tætheden af den spredte bebyggelse er faldet fra 0,28 til 0,12 PE/ha.

Den potentielle spildevandsbelastning fra den spredte bebyggelse er beregnet under afsnit 3.3.

3.2 Total ekstern belastning med kvælstof og fosfor

Den totale eksterne belastning af Arreskov Sø i perioden 1989-1994, dels på årsbasis, dels i sommerperioden (1.5.-30.9.) fremgår af tabel 3.2.1 og 3.2.2. Belastningen er desuden illustreret på figur 3.2.1.

Det fremgår, at langt den største kilde til næringsstofbelastning af søen er afstrømning fra oplandet til søen. På årsbasis udgør belastningen herfra 3/4 eller mere af søens samlede belastning. Bidraget fra grundvand, rastende fugle og atmosfærisk deposition på søen er således mindre betydende.



Figur 3.2.1
Total eksterne belastning af Arreskov Sø
1989-1994.

- Grundvand
- ▨ Fugle
- ▧ Atmosfærisk deposition
- Afstrømning

Tabel 3.2.1
Den totale eksterne belastning af Arreskov Sø på årsbasis i perioden 1989-1994.

Den atmosfæriske deposition kan dog i sommerperioden udgøre en væsentlig del af den samlede belastning, og i sommermåneder med lav afstrømning være den væsentligste kilde til kvælstofbelastningen.

Det er dog kun 9-17% af den årlige kvælstofbelastning, og 21-37% af fosforbelastningen, der kommer i sommerperioden.

	1989 kg	1990 kg	1991 kg	1992 kg	1993 kg	1994 kg
Kvælstof:						
Afstrømning	19300	35400	27600	33800	35900	45600
Atmosfærisk deposition	4800	5260	3510	4250	4430	4590
Fugle	42	42	42	42	42	42
Grundvand	2000	2000	1380	1860	1750	2130
Ialt	26100	42800	32500	40000	42100	52400
Fosfor:						
Afstrømning	399	615	466	414	521	743
Atmosfærisk deposition	115	127	89	70	54	66
Fugle	18	18	18	18	18	18
Grundvand	30	30	21	28	26	32
Ialt	561	789	593	530	618	852

Tabel 3.2.2

Den totale eksterne belastning af Arreskov Sø i sommerperioden (1.5.-30.9.) 1989-1994.

	1989 kg	1990 kg	1991 kg	1992 kg	1993 kg	1994 kg
Kvælstof:						
Afstrømning	2110	4559	3740	2660	1970	4870
Atmosfærisk deposition	1750	2470	1350	1420	1840	1970
Fugle	39	39	39	39	39	39
Grundvand	140	140	96	130	122	149
Ialt	4040	7210	5210	4250	3970	7030
Fosfor:						
Afstrømning	98	185	135	77	91	160
Atmosfærisk deposition	68	88	56	30	22	34
Fugle	16	16	16	16	16	16
Grundvand	2	2	1	2	2	2
Ialt	185	292	208	126	132	213

3.3 Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor

Karakteristika for næringsstofafstrømningen

Variationerne i kvælstof- og fosforafstrømningen følger i høj grad variationerne i ferskvandsafstrømningerne, som især i vinterhalvåret er betinget af variationer i nedbøren (se afsnit 2).

Store nedbørmængder kan specielt i vinterhalvåret udløse en frigivelse af næringsstoffer fra en række depoter i tilknytning til de dyrkede arealer. Følgende begivenheder i søens opland har betydning for afstrømningen af næringsstoffer:

- Udvaskning fra dyrkede arealer til dræn og grundvand. Dette gælder især kvælstof, men også fosfor kan under store nedbørshændelser udvaskes i større mængder via landbrugsdræn (Fyns Amt, 1995b).
- Overfladisk afstrømning til vandløbene fra især pløjemarken og vintersædsarealer tæt ved vandløbene. Under kraftig nedbør kan der ske erosion fra arealer med overfladisk afstrømning til følge, hvorved især fosforholdige jordpartikler tilføres vandløbene. Den overfladiske afstrømning er afhængig af graden af plantedækkede arealer, den maskinelle bearbejdnings-/såretning på landbrugsarealer, terrænets hældningsforhold mod vandløbet samt bredden af plantedækkede bræmmer langs vandløbet (Sibbesen, 1995).
- Ophvirling af aflejret fosforholdigt materiale fra vandløbsbunden i forbindelse med store ferskvandsafstrømninger. Det ophvirvlede materiale kan typisk stamme fra dyrkede arealer eller spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse.

Se iøvrigt Fyns Amt 1995a for en uddybende beskrivelse af karakteristika for næringsstofafstrømningen i fynske vandløb.

Afstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø i perioden 1989-1994 på årsbasis og i sommerperioden (1.5.-30.9.) fremgår af henholdsvis tabel 3.3.1 og 3.3.2.

Tabel 3.3.1

Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø i perioden 1989-1994.

	Ferskvand		Kvælstof		Fosfor	
	m ³ x10 ³	l/s km ²	kg	kg/ha	kg	kg/ha
1989	2670	3,40	19300	7,73	399	0,16
1990	4150	5,28	35400	14,2	615	0,25
1991	3750	4,78	27600	11,1	466	0,19
1992	3700	4,71	33800	13,6	414	0,17
1993	4430	5,64	35900	14,4	521	0,21
1994	6510	8,29	45600	18,3	743	0,30

Tabel 3.3.2

Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø i sommerperioden (1.5.-30.9.) 1989-1994.

	Ferskvand		Kvælstof		Fosfor	
	m ³ x10 ³	l/s km ²	kg	kg/ha	kg	kg/ha
1989	519	0,66	2110	0,85	98	0,04
1990	856	1,09	4550	1,83	185	0,07
1991	808	1,03	3740	1,50	135	0,05
1992	558	0,71	2660	1,07	77	0,03
1993	506	0,64	1970	0,79	91	0,04
1994	1110	1,42	4870	1,95	160	0,06

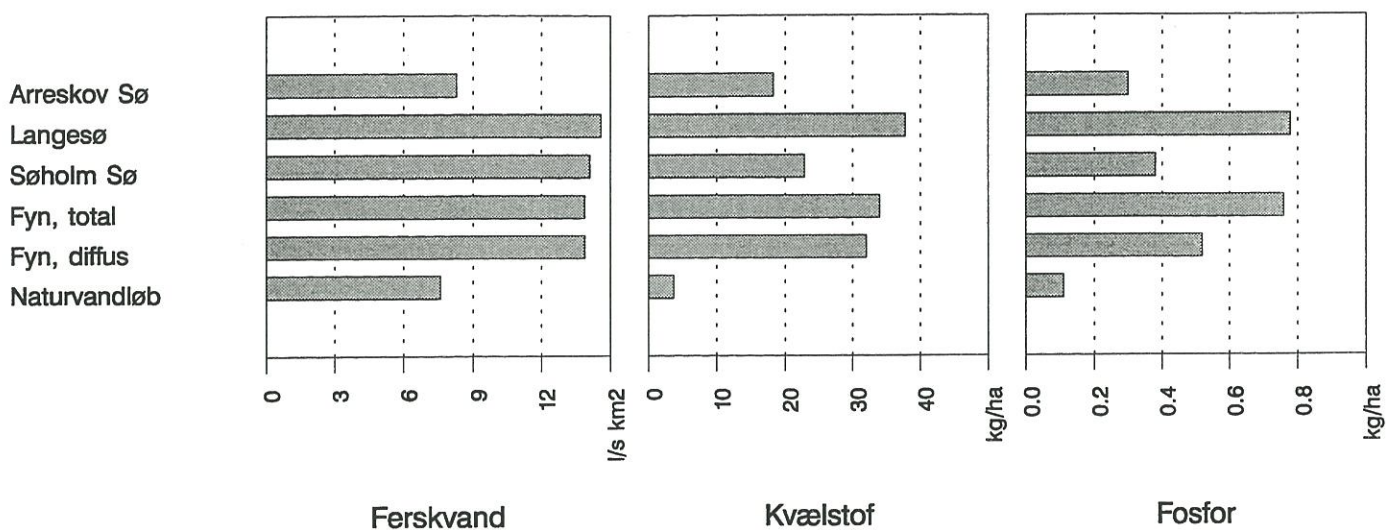
Ferskvandsafstrømningen 1989-1994

Ferskvandsafstrømningen til søen i 1994 var den største i den seksårs-periode, hvor overvågningen af søen har fundet sted. Ferskvandsafstrømningen til søen lå på årsbasis 74% over gennemsnittet for perioden 1989-1993. I sommerperioden (1.5.-30.9.) lå afstrømningen 71% over gennemsnittet for førnævnte periode.

Kvælstofafstrømningen 1989-1994

Kvælstofafstrømningen til søen i 1994 var den største registreret i perioden 1989-1994. Kvælstofafstrømningen lå 50% over gennemsnittet for den forudgående femårs-periode. I sommerperioden (1.5.-30.9.) lå afstrømningen tilsvarende 62% over gennemsnittet for perioden 1989-1993.

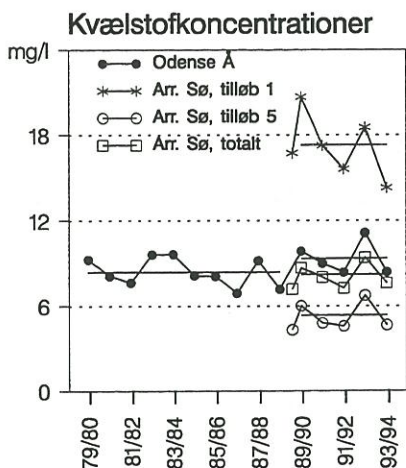
Arealafstrømningen af ferskvand og kvælstof til søen i 1994 var lavere end niveauet for Fyn som helhed. Dette kan forklares med, at der i oplandet til Arreskov Sø er mere skov og færre landbrugsarealer end gennemsnitligt på Fyn. Arealafstrømningen af kvælstof var dog højere end afstrømningen heraf fra naturoplande.



Figur 3.3.1
Sammenligning af arealafstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor fra forskellige oplande 1994.

Kvælstofafstrømningen er uforandret høj

Kvælstofafstrømningen til Arreskov Sø har ikke været for nedadgående i perioden 1989-1994. Kvælstofafstrømningen i 1994 lå dog ikke så markant over gennemsnittet for perioden 1989-1993 som ferskvandsafstrømningen.



Figur 3.3.2
Vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer vist for tilløb 1 og 5 til Arreskov Sø og afstrømningen fra oplandet som helhed i perioden 1989/90-1993/94 samt Odense Å 1979/80-1993/94.

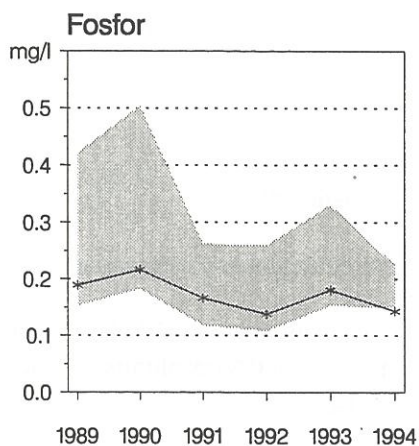
Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af kvælstof har udvist en stigende tendens i perioden 1989/90-1993/94. Dette er tilsvarende det, der ses i andre fynske vandløb (figur 3.3.2). Koncentrationsniveauet i de fynske vandløb og år til år variationer i den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration er dog af samme størrelsesorden, som det der blev målt i de fynske vandløb før Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987. Ser man på gennemsnittet for perioden 1989-1994 har dette været lidt større end gennemsnittet for perioden før Vandmiljøplanen (figur 3.3.2).

Kvælstofkoncentrationsniveauet i tilløb 1 til Arreskov Sø ser dog ud til at være faldende, jf. figur 3.3.2. Se endvidere afsnit 3.7.

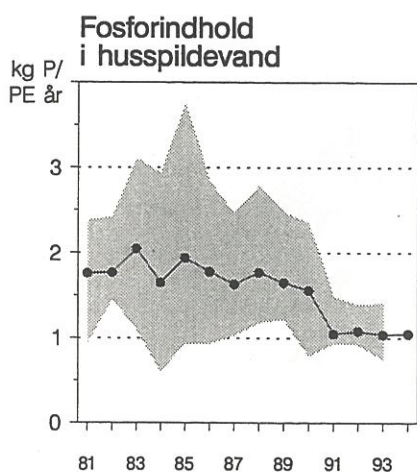
Ser man på samtlige tilløb under et og man tager højde for de nedbørsbetingede år til år variationer i kvælstofafstrømningen, er der ikke noget, der tyder på et fald i den nedbørsbetingede kvælstofafstrømning til Arreskov Sø.

Fosforafstrømningen 1989-1994

Indledningsvis skal det understreges, at der er meget stor usikkerhed på beregningen af fosforafstrømningen. Forsøg med intensive målinger af stofafstrømningen i mindre vandløb har vist, at fosforafstrømningen er meget



Figur 3.3.3
Den vandføringsvægtede koncentration af fosfor til Arreskov Sø i sommerperioden (1.5.-30.9.) 1989-1994. 25-75%-fraktiler for fynske vandløb er vist som bånd.



Figur 3.3.4
Fosforindhold i husspildevand 1981-1994. Middel beregnet på baggrund af indløbsværdier til 7-10 renseanlæg uden industribelastning i Fyns og Århus amter. Minimums- og maksimumsværdier for perioden 1981-1993 er vist som bånd (Miljøstyrelsen, 1994a).

usikkert bestemt med den nuværende overvågningsstrategi (26 stikprøver/år). Se endvidere bilag 1.

På basis af undersøgelser i 13 vandløb i 1994 kan det således konstanteres, at afstrømningen af total-fosfor generelt underestimeres (medianværdi: -26%, max.: -80%) (Danmarks Miljøundersøgelser, 1995).

Fosforafstrømningen skal derfor tages med et vist forbehold, indtil en forbedret prøvetagningstrategi er iværksat. Kvælstofafstrømningen er generelt mere sikkert bestemt med den nuværende overvågningsstrategi.

Afstrømningen af fosfor var i 1994 den største, som er målt i perioden 1989-1994. Afstrømningen lå i 1994 på årsbasis og i sommerperioden (1.5.-30.9.) henholdsvis 54% og 37% over gennemsnittet for perioden 1989-1993.

Arealafstrømningen af fosfor til Arreskov Sø i 1994 var noget mindre end gennemsnitligt for Fyn, men lå dog langt højere end fosforafstrømningen fra naturoplande. Årsagen skal igen findes i det faktum, at en stor del af oplandet til Arreskov Sø er dækket af skov. Endvidere er befolkningstætheden i det åbne land mindre end for Fyn som helhed, hvilket betyder, at der udledes forholdsvis mindre spildevand fra den spredte bebyggelse.

Hidtil højeste fosforafstrømning målt i 1994

Afstrømningen af fosfor i 1994 var ligesom ferskvandsafstrømningen den markant største i perioden 1989-1994. At fosforafstrømningen i 1994 var væsentlig større end de foregående år må tilskrives de store nedbørsmængder, der udløste en stor diffus fosforafstrømning fra dyrkningsjorden. Der henvises iøvrigt til efterfølgende afsnit om kilderne til fosforafstrømningen, samt Fyns Amt 1995a.

Kulturbetinget fosforafstrømning uændret?

Med ferskvandsafstrømningen taget i betragtning synes afstrømningen af fosfor i sommerperioden 1989 til 1994 at være faldet (se figur 3.3.3.). Dette kan måske indikere, at fosfortilførelsen fra husspildevand fra spredt bebyggelse i oplandet er faldet som følge af en faldende fosforudledning fra husholdningerne på grund af et lavere fosforindhold i vaske- og rengøringsmidlerne. I perioden 1989-1993 er der sket en reduktion på 46% af fosformængden i disse midler. Reduktionen har været mest markant i perioden 1989-1991 (Miljøstyrelsen, 1994a).

Undersøgelser baseret på spildevandstilledning til 7-10 kommunale renseanlæg i Fyns og Århus amter viser, at fosforindholdet i husspildevand er faldet, især fra 1990 til 1991. Desuden er variationen af fosforindholdet i husspildevandet blevet mindre. Reduktionen har været mest markant fra 1989 til 1991 (Miljøstyrelsen, 1994b) (Se endvidere figur 3.3.4).

Datamaterialet er for spinkelt til at udtale sig om udviklingstendenser i den kulturbetingede fosforafstrømning fra dyrkningsjorden. Undersøgelser baseret

på intensiv prøvetagning i Odense Å siden 1987 synes dog at vise, at der ikke er sket et fald i fosforafstrømningen fra dyrkningsjorden (Fyns Amt, 1995a).

Kilder til næringsstofafstrømningen

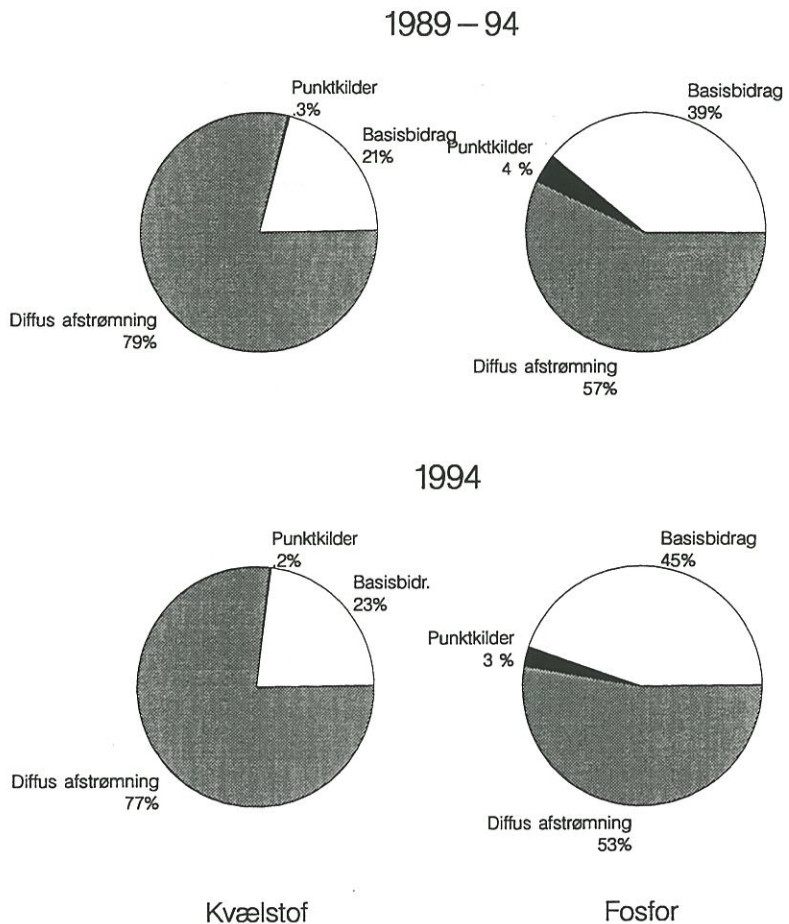
Kilder til kvælstof- og fosforbelastningen kan generelt opdeles i følgende kategorier:

- Basisbidrag (naturlig afstrømning)
- Punktkilder (renseanlæg og regnvandsbetingede udløb)
- Diffus afstrømning (afstrømning fra spredt bebyggelse og åbent land)

Figur 3.3.5 viser opdelingen af afstrømningen i henholdsvis basisbidrag, diffus afstrømning og bidrag fra regnvandsbetinget udløb. Kildeopsplitning af søens næringsstofbelastning fremgår endvidere af bilag 3.

I 1994 udgjorde den kulturbetingede kvælstof- og fosforafstrømning henholdsvis 77% og 56% af den samlede afstrømning. Tilsvarende udgjorde den naturlige kvælstof- og fosforafstrømning i 1994 23% og 45% af den totale afstrømning til søen.

Figur 3.3.5
Kilder til kvælstof- og fosforafstrømningen til Arreskov Sø i perioden 1989-1994 og i 1994.



Som gennemsnit for perioden 1989-1994 har den kulturbetingede kvælstof- og fosforafstrømning udgjort henholdsvis 79% og 61%.

På grund af usikkerheder med hensyn til bestemmelsen af fosforafstrømningen i små vandløb, er det sandsynligt, at den kulturbetingede andel af fosforafstrømningen er større end de ovenstående tal viser. Den kulturbetingede fosforafstrømning skønnes at kunne have udgjort op til ca. 64% af den samlede afstrømning i 1994. Der henvises iøvrigt til det efterfølgende afsnit vedrørende usikkerheden ved vurdering af fosforkilderne.

Kvælstofafstrømningen sker primært fra landbruget

Hovedparten af kvælstofafstrømningen skyldes et kulturbetinget bidrag fra det åbne land, primært afstrømning fra landbrugsarealer.

Kvælstofudledningen fra den spredte bebyggelse er ubetydelig sammenholdt med, hvad der afstrømmer fra landbrugsarealer (sammenhold tabel 3.3.1 og tabel 3.3.3), men udledningen fra spildevandet kan alligevel have en meget negativ effekt i de små vandløb på grund af det store indhold af ammoniak og organisk stof.

Usikkert at vurdere fosforkilderne

En opgørelse af den potentielle spildevandsbelastning fra den spredte bebyggelse i oplandet til Arreskov Sø (baseret på Miljøstyrelsens normtal) fremgår af tabel 3.3.3.

Den potentielle spildevandsbelastning omfatter spildevandsproduktionen før en evt. rensning for ejendomme med afledning til sø, vandløb eller dræn. Der regnes således ikke med belastning fra ejendomme med nedsivning eller samletank.

Den potentielle spildevandsbelastning af Arreskov Sø vurderes at være usikkert bestemt, bl.a. fordi de foreliggende oplysninger om spildevandsafledningsforhold er usikre. På nuværende tidspunkt vurderes det at være usikkert at fastlægge, hvor stor en del af den diffuse fosfortilledning til søen, der stammer fra den spredte bebyggelse og hvor stor en del, der stammer fra dyrkningsjorden. Dette skyldes primært 3 forhold:

- 1) Målinger af fosforafstrømningen i mindre vandløb er usikker med den nuværende målestrategi. Man undervurderer generelt fosforafstrømningen (Fyns Amt, 1995b og Danmarks Miljøundersøgelser, 1995).
- 2) Bestemmelsen af fosformængden, der produceres i husholdningerne (jf. tabel 3.3.3) har tidligere været baseret på forældede normtal. Fosformængden er tilsyneladende faldet (jf. figur 3.3.4). De nye normtal nærmer sig formentlig de faktiske forhold.

- 3) Der foreligger endnu ikke veldokumenterede metoder til at fastlægge, hvor stor en andel af spildevandet fra den spredte bebyggelse, der når frem til recipienterne.

Se endvidere bilag 1, hvor forhold vedrørende usikkerheden af fosforbestemmelsen er beskrevet.

Der er dog ingen tvivl om, at både fosforudledningen fra den spredte bebyggelse og afstrømningen af fosfor fra dyrkningsjorden er kilder til belastning af Arreskov Sø.

Kvælstof	1340 kg N/år
Fosfor	305 kg P/år

Tabel 3.3.3

Den potentielle spildevandsbelastning fra spredt bebyggelse i oplandet til Arreskov Sø baseret på normtal fra Miljøstyrelsen:

Der er med forskellige beregningsforudsætninger gennemført 4 scenarier for en kildeopsplitning af næringsstofafstrømningen til Arreskov Sø. Resultatet heraf, vist i tabel 3.3.5, viser den store usikkerhed, der er forbundet med at foretage kildeopsplitning af fosforafstrømningen fra det åbne land.

Ved scenarierne er der anvendt forskellige forudsætninger/antagelser for beregning af spildevandsbidraget fra den spredte bebyggelse samt forskellige antagelser om usikkerheden på beregning af fosforafstrømningen i vandløbet.

Tabel 3.3.4

Oversigt over forudsætninger/antagelser anvendt ved kildeopsplitningen.

Beregningsforudsætninger	Reduktionsfaktor for tilbageholdelse af spildevand inden udløb til recipient	Fosfornormtal kg P/PE år	Fosfortransport i vandløb. Korrektionsfaktor for underestimeret transport
Scenarie 1	1,0	1,0	1,0
Scenarie 2	1,0	1,0	1,26
Scenarie 3	0,5	1,0	1,0
Scenarie 4	0,5	1,0	1,26

Tabel 3.3.5

Kildeopsplitning af kvælstof- og fosforafstrømningen til Arreskov Sø 1994 gennemført med forskellige beregningsforudsætninger.

	Kilde	Kvælstof		Fosfor	
		kg	%	kg	%
Scenarie 1	Basisbidrag	10400	23	332	45
	Dyrkningsbetinget bidrag	33800	74	874	12
	Spredt bebyggelse	1340	3	305	41
	Regnvandsbetinget udløb	107	<1	19	3
	Ialt	45600	100	743	100
Scenarie 2	Basisbidrag	10400	23	332	36
	Dyrkningsbetinget bidrag	33800	74	280	30
	Spredt bebyggelse	1340	3	305	33
	Regnvandsbetinget udløb	107	<1	19	2
	Ialt	45600	100	936	100
Scenarie 3	Basisbidrag	10400	23	332	45
	Dyrkningsbetinget bidrag	34400	75	239	32
	Spredt bebyggelse	670	1	153	21
	Regnvandsbetinget udløb	107	<1	19	3
	Ialt	45600	100	743	100
Scenarie 4	Basisbidrag	10400	23	332	36
	Dyrkningsbetinget bidrag	34400	75	432	46
	Spredt bebyggelse	670	1	153	16
	Regnvandsbetinget udløb	107	<1	19	2
	Ialt	45600	100	936	100

Det fremgår, at der for fosfor er stor forskel på resultatet afhængig af, hvilke beregningsforudsætninger der anvendes. Det dyrkningsbetingede bidrag til den totale fosforafstrømning varierer således mellem 12% og 46% og bidraget fra den spredte bebyggelse mellem 16% og 41%.

Hvilken af de 4 scenarier, der kommer tættest på sandheden, er svært at sige.

3.4 Atmosfærisk deposition

Den atmosfæriske deposition på Arreskov Sø er skønnet på baggrund af depositions målinger fra målestationer i Årslev, Boelsmose og Grøftehøj. Ingen af disse stationer er placeret i oplandet til Arreskov Sø, men ligger henholdsvis på Midt- og Østfyn.

Der henvises til rapporten Fyn Amt 1995d for en nærmere beskrivelse af den atmosfæriske deposition, herunder blandt andet årsagssammenhænge i år til år variationer.

Tabel 3.4.1
Atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor på Arreskov Sø 1989-1994.

	Kvælstof kg/ha	Fosfor kg/ha
1989	15,1	0,36
1990	16,6	0,40
1991	11,1	0,28
1992	13,4	0,22
1993	14,7	0,29
1994	14,5	0,21

3.5 Grundvand

Der er til beregning af den direkte grundvandstilførsel til Arreskov Sø anvendt en ny beregningsmetode i forhold til tidligere år (se bilag 1).

Med den ny beregningsmetode er kvælstof- og fosforbidraget blevet større set på årsbasis (84-184% for kvælstof, 5-60% for fosfor for perioden 1989-93), mens bidraget i sommerperioden (1.5-30.9) er blevet mindre (52-69% for kvælstof, 75-88% for fosfor).

Den direkte grundvandstilførsel til Arreskov Sø er beregnet ud fra søens vandbalance, afsnit 4. Denne vandmængde vurderes at have en koncentration på 2 mg kvælstof pr. liter og 0,3 mg fosfor pr. liter (se afsnittet om grundvand i bilag 1).

Med disse forudsætninger beregnes for 1994 den i tabel 3.5.1 anførte tilførsel af vand, kvælstof og fosfor. Det ses, at tilførslen med grundvand udgør en betydelig andel (16%) af vandtilførslen, men en mindre del af stoftilførslen til søen (4% for både kvælstof og fosfor).

Dette indebærer samtidig, at den betydelige usikkerhed, der er på stofkoncentrationen i grundvandet (bilag 1), har mindre betydning for den samlede stoftransport til søen. En usikkerhed på 50% på de beregnede stoftilførsler med grundvandet, vil således kun slå igennem med et par procent på den samlede stoftransport til søen.

Grundvandets betydning for Arreskov Sø's vand- og stofbalance er nærmere omtalt i afsnit 4.

Tabel 3.5.1
Skønnet tilførsel af ferskvand, kvælstof og fosfor via grundvand til Arreskov Sø i 1994.

Ferskvand		Kvælstof		Fosfor	
Bidrag via grundvand	Andel af total tilførsel	Bidrag via grundvand	Andel af total tilførsel	Bidrag via grundvand	Andel af total tilførsel
1070 m ³ x10 ³	16%	2.130 kg N	4%	32 kg P	4%

3.6 Øvrige belastningskilder

Arreskov Sø er en vigtig rasteplads for grågæs i månederne august-september. Gæssene søger i perioden føde på tilgrænsende arealer, men tilbringer nattetimerne på søen. Herved sker der med affaldsprodukterne en tilførsel af næringsstoffer fra søens omgivelser til selve søen.

Belastningens størrelse er skønnet ud fra en vurdering af antallet af grågåsedage ved søen og den daglige tilførsel af kvælstof og fosfor pr. grågå (oplysninger fra Jesper Madsen, Miljøministeriets Vildtforvaltning, 1989).

3.7 Vurdering af de enkelte tilløb

Hovedtilløbene til søen benævnes tilløb 1, 2, 4, 5, 6 og 7 og udgør henholdsvis 7%, 19%, 14%, 26%, 7% og 7% af søens samlede opland.

Tilløb 1 (Gedderenden)

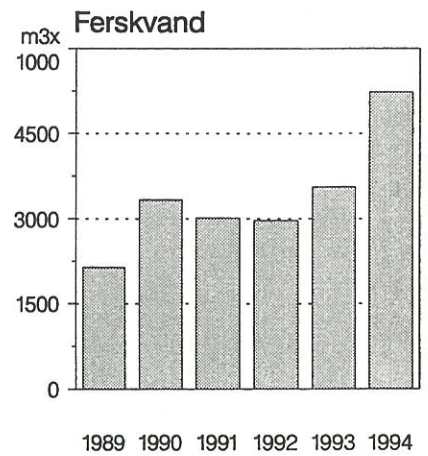
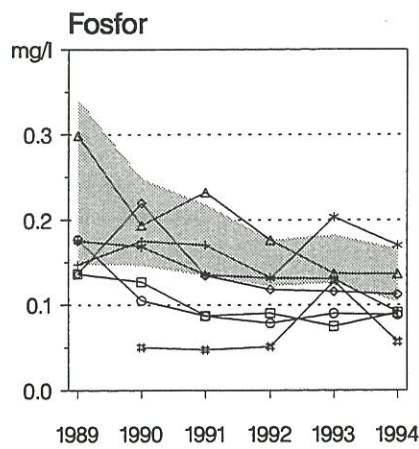
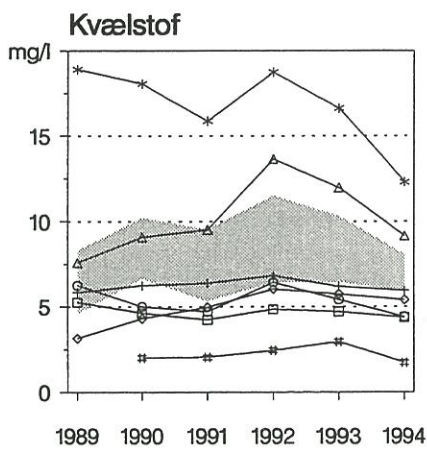
De beregnede årsmiddelkoncentrationer af kvælstof ligger markant over niveauet for andre fynske vandløb. Der synes dog at være en faldende tendens i tilløbets kvælstofkoncentrationsniveau, jf. figur 3.7.1, måske på grund af en bedre udnyttelse af husdyrgødningen (der er et stort dyrehold i oplandet). Årstidsvariationen i vandløbets kvælstofindhold i 1994 var endvidere ikke så markant som de foregående år (figur 3.7.2).

Gedderenden er det betydeligste tilløb til Arreskov Sø for så vidt angår kvælstofbelastning.

Fosforkoncentrationsniveauet i Gedderenden lå indtil 1992 nogenlunde lavt i forhold til øvrige fynske vandløb, men i 1993 og 1994 lå niveauet i dette tilløb over andre vandløb. Det er uvist af hvilken grund.

Langt hovedparten af arealerne i oplandet til Gedderenden anvendes til landbrugsmæssigt formål og husdyrtætheden er høj. Andelen af spredt bebyggelse ligger omtrent på niveau med søens opland som helhed.

Tilløbet anses for at være meget belastet af intensiv landbrugsdrift.



Figur 3.7.1
Vandføringsvægtede årsmiddelkoncentrationer af kvælstof og fosfor i hovedtilløbene til Arreskov Sø og naturvandløbet Holstenshuus 1989-1994. Naturvandløbet afstrømmer ikke til søen. 25-75%’s-fraktiler for fynske vandløb er vist som bånd. Endvidere er vist ferskvandsafstrømningen via hovedtilløbene til søen 1989-1994.

- #—# Naturvandløb, Holstenshuus
- *—* Tilløb 1
- +—+ Tilløb 2
- Tilløb 4
- Tilløb 5
- ◇—◇ Tilløb 6
- ▲—▲ Tilløb 7

Tilløb 2 (Afløb fra Bollelung)

Kvælstofkoncentrationsniveauet i dette tilløb, som gennemgående er ret lavt, udviser ikke store variationer fra år til år.

Tilløbet har derimod vist tendenser til svagt faldende indhold af fosfor.

Andelen af landbrugsområder i dette opland er begrænset. Derimod findes en del skov i oplandet. Husdyrtætheden i oplandet er lav. Tætheden af den spredte bebyggelse var til og med 1993 høj, men grundet kloakering af en del ejendomme i oplandet er denne tæthed faldet betydeligt.

Det vurderes, at Afløbet fra Bollelung tidligere var noget belastet af spildevand fra spredt bebyggelse. Det skønnes, at det idag er svagt belastet af landbrugsdrift og spildevand fra spredt bebyggelse.

Tilløb 4 (Rislebæk)

Rislebækken har generelt et lavt kvælstofindhold, som ikke varierer meget fra år til år.

Fosforindholdet er også gennemgående lavt og der synes derudover at være tendenser til faldende indhold heraf.

Oplandet til tilløb 4 består af landbrugsarealer og skov. Andelen af skov er i dette område stort. Hverken husdyrtætheden eller andelen af spredt bebyggelse i oplandet er højt.

Det skønnes, at Rislebækken er svagt belastet af landbrugsdrift.

Tilløb 5 (Søbo Afløb)

Kvælstofindholdet i dette søtilløb er gennemgående lavt. Der er heller ikke de store variationer i årsmiddelkoncentrationen af kvælstof fra år til år.

Fosforniveauet faldt fra 1989 til 1990, hvorefter det har ligget nogenlunde stabilt. Det er dog stadig det mest betydende tilløb med hensyn til fosforbelastning af Arreskov Sø.

Andelen af landbrugsarealer i oplandet til Søbo Afløbet er forholdsvis lille, mens skovområderne dækker en hel del af oplandet. Husdyrtætheden er lav. Andelen af spredt bebyggelse er ligeledes ret lav, men ligger dog en anelse over oplandet som helhed.

Det vurderes, at Søbo Afløbet er noget belastet af landbrugsdrift og spildevand fra spredt bebyggelse.

Tilløb 6 (Korinth Regnvand)

Kvælstofniveauet i tilløb 6 til Arreskov Sø er ret lavt og udviser ikke de store år til år variationer.

Fosforkoncentrationsniveauet i dette søtilløb har, bortset fra 1990, ligget lavt i forhold til andre fynske vandløb.

Oplandet består af landbrugsarealer, skov- og byområder. Der er ingen husdyr i oplandet og befolkningsandelen udenfor kloakopland er lille.

Tilløbet skønnes at være svagt belastet af landbrugsdrift, spildevand fra spredt bebyggelse samt regnvand/spildevand via overløbsbygværket.

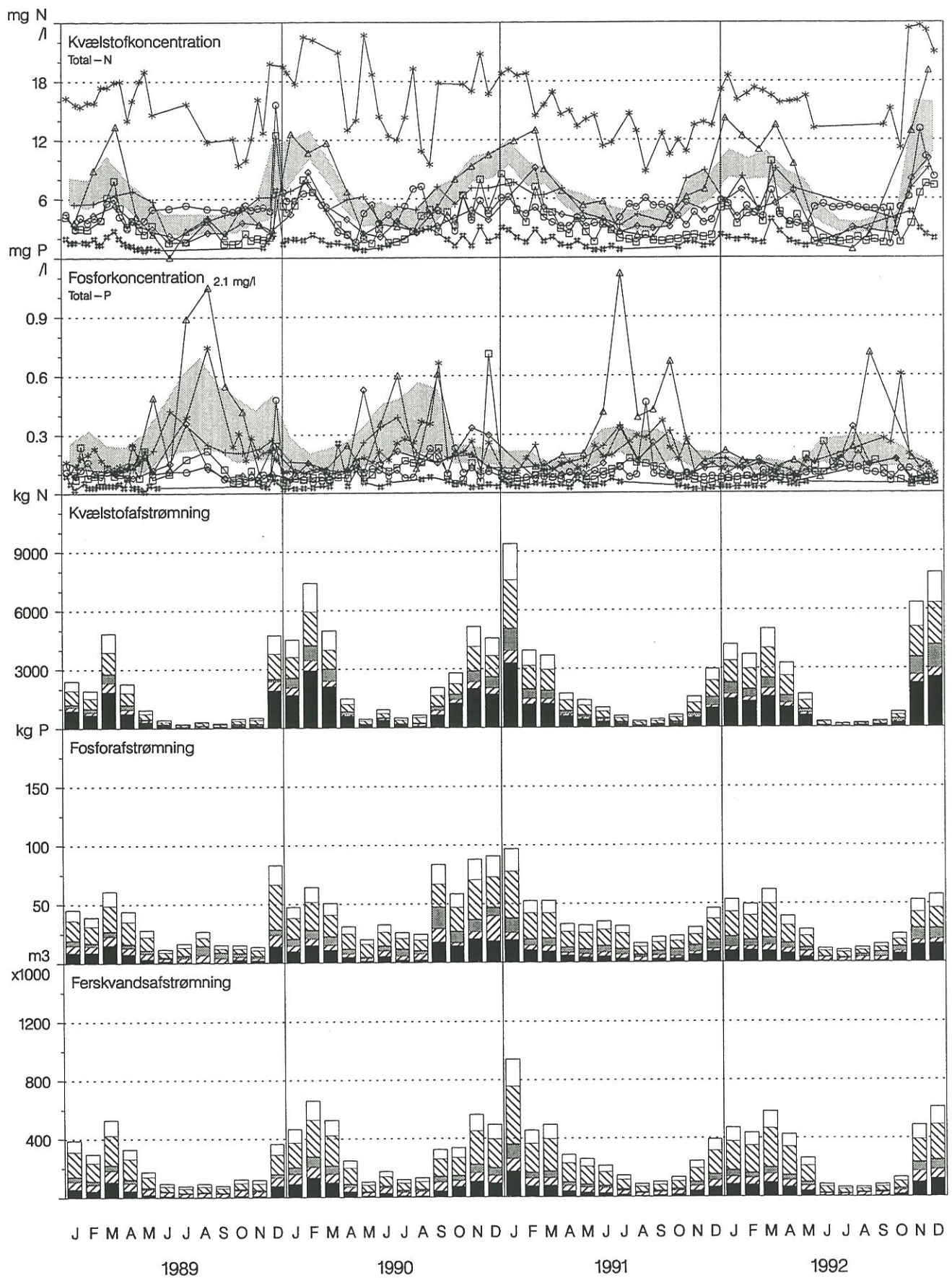
Tilløb 7 (Afløb fra Planteheld)

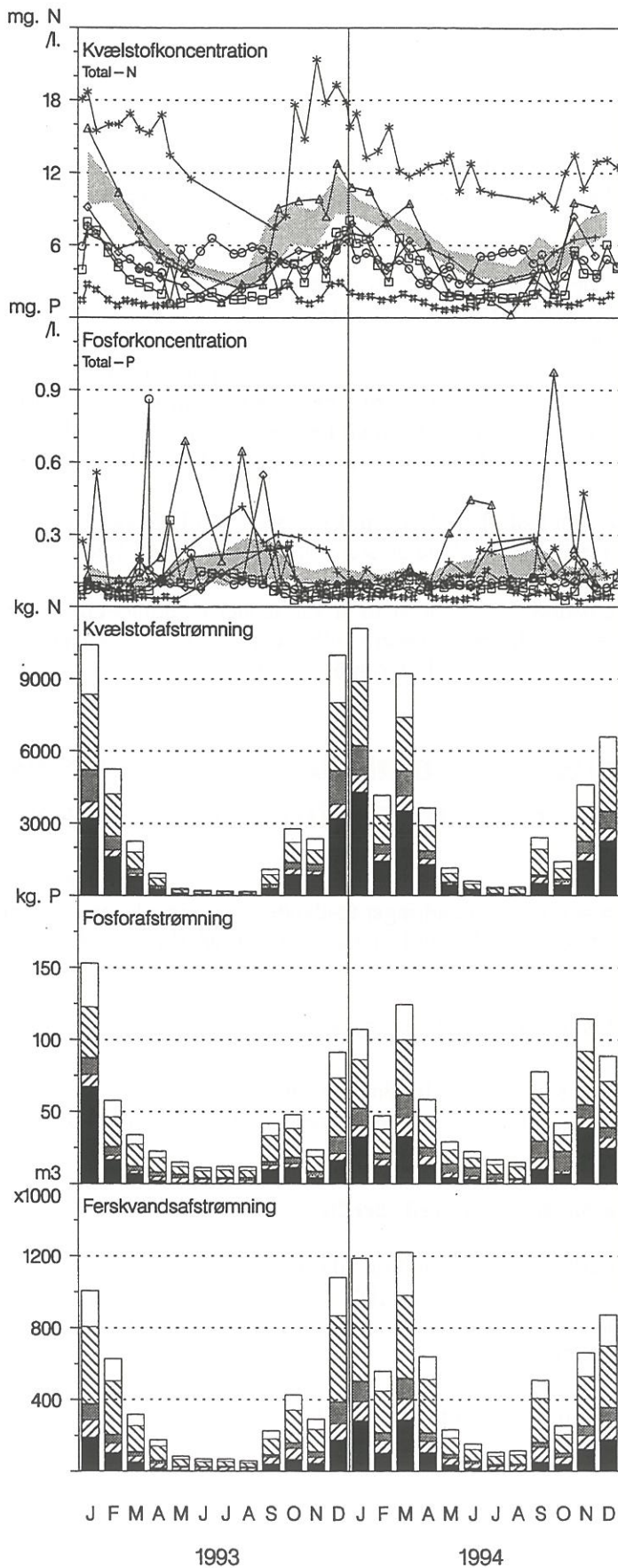
Det kunne tyde på, at kvælstofkoncentrationsniveauet i Afløbet fra Planteheld er for opadgående. Indtil 1992 lå niveauet omtrent som andre fynske vandløb, mens det fra 1992 konsekvent har ligget over.

Fosforniveauet i tilløb 7 til Arreskov Sø synes at være faldende.

Oplandet består primært af landbrugsområder, men også skovarealer er stærkt repræsenteret. Både andelen af husdyr og spredt bebyggelse er stort i dette opland.

Tilløb 7 til Arreskov Sø må karakteriseres som noget belastet af landbrugsdrift og spildevand fra spredt bebyggelse.





Figur 3.7.2

Belastningen fra de enkelte deloplande til Arreskov Sø 1989-1994. Øverst er vist de målte koncentrationer af kvælstof og fosfor sammenholdt med værdier i fynske vandløb. Nederst er vist afstrømningen af kvælstof, fosfor og ferskvand på månedsbasis.

- *-* Tilløb 1, Gedderenden
- +--+ Tilløb 2, Bollelung
- Tilløb 4, Rislebæk
- Tilløb 5, Sæbo Afløb
- ◇-◇ Tilløb 6, Korinth Regnvand
- △-△ Tilløb 7, Planteheld
- #-# Naturvandløb, Holstenshuus (afstrømmer ikke til søen)
- ▨ Variationsinterval (25% - 75% - fraktiler) for fynske vandløb
- Tilløb 1, Gedderenden
- ▨ Tilløb 2, Bollelung + Tilløb 6, Korinth Regnvand + Tilløb 7, Planteheld
- ▨ Tilløb 4, Rislebæk
- ▨ Tilløb 5, Sæbo Afløb
- Umålt opland

3.8 Udviklingstendenser i søens stofbelastning

På baggrund af vurderinger af søens eksterne belastningskilder kan det konkluderes, at den kulturbetingede kvælstoftilførsel er uforandret i perioden 1989-1994.

Hvad angår fosforbelastningen synes der at være indikationer på en reduktion i belastningen fra spredte bebyggelser, hvilket underbygges af undersøgelser, der viser et generelt fald i forbruget af fosfor i husholdningernes vaskemidler samt undersøgelser, der viser et fald i fosformængden i spildevand fra husholdninger (Miljøstyrelsen, 1994b). Hvor stor denne reduktion i spildevandsudledningen til søen er og hvor meget den vil betyde for den samlede belastning af Arreskov Sø, er usikkert, bl.a på grund af måletekniske usikkerheder.

At såvel kvælstof- som fosforbelastningen af Arreskov Sø i 1994 var den største i perioden 1989-1994 skyldes alene de store nedbørsmængder i 1994.

På grund af store nedbørsbetingede år til år variationer i næringsstofafstrømningen er det generelt usikkert at vurdere kulturbetingede udviklingstendenser i søens stofbelastning på baggrund af kun 6 års data.

3.9 Vurdering af muligheder for begrænsning af næringsstofftilførslerne til søen

Der er gennem de senere år sket betydelige forbedringer i Arreskov Sø's miljøtilstand, men skal disse forbedringer fastholdes og regionplanens målsætning for søen opfyldes, er det nødvendigt med en yderligere reduktion i næringsstofftilførslerne til søen.

Der kan peges på følgende muligheder for en reduktion af belastningen:

- Bedre rensning af spildevandet fra den spredte bebyggelse.
- Initiativer til begrænsning af næringsstofftabene som følge af jordbrugsdrift.

Forbedret spildevandsrensning ved spredte bebyggelser

Vandmiljøplanen stiller ingen udlederkrav til spildevand fra spredt bebyggelse. Imidlertid har Fyns Amt i Regionplan 1993-2005 lagt op til gennemførelse af en forbedret spildevandsrensning for den spredte bebyggelse i oplandet til søen inden udgangen af 1998.

Der henvises iøvrigt til Fyns Amt, 1995e og Fyns Amt 1995f for en nærmere beskrivelse af tiltagsmuligheder.

Initiativer til begrænsning af næringsstoffabene fra dyrkningsjorden

De foranstaltninger, der er iværksat med henblik på opfyldelse af Vandmiljøplanens mål for reduktion af udledning af næringsstoffer, forventes ad åre at reducere kvælstofafstrømningen med 20% for amtet som helhed (Fyns Amt, 1994b), mens der ikke umiddelbart forventes en reduktion i fosforafstrømningen fra landbrugsarealer som følge af disse foranstaltninger.

Udover generelle foranstaltninger på landbrugsjorden vedrørende gødningshåndtering m.v. til begrænsning af næringsstoffabene fra landbrugsdriften, jf. Fyns Amt, 1995b og Fyns Amt 1995c, kan der for Arreskov Sø peges på følgende tiltag:

- Permanent braklægning og ekstensiveret landbrugsdrift langs vandløb/sø i søoplandet, målrettet mod følgende miljøbeskyttelsesforanstaltninger:
 - * Genetablering af våde enge samt vådområder med henblik på omsætning/tilbageholdelse af næringsstoffer, der afstrømmer fra intensivt dyrkede landbrugsområder.
 - * Etablering af permanent plantedækkede bræmmer langs vandløb og vådområder, med henblik på tilbageholdelse af fosfor, der ved jorderosion afstrømmer overfladisk fra dyrkede arealer.
- Sikre miljøvenlig vandløbsvedligeholdelse eller evt. helt ophøre med vedligeholdelse på udvalgte strækninger, med henblik på at nedsætte erosion i vandløbene samt forøge selvrensningsevnen.

Gennemførte og planlagte miljøforanstaltninger som et led i EU's landbrugsreform vil måske ad åre bidrage til reduktion i kvælstof og fosfortabene fra landbrugsjorden. Disse foranstaltninger omfatter frivillige tilskudsordninger til miljøvenlig landbrugsdrift, hvor der pt. er afsat midler til miljøaftaler for ca. 5% af landbrugsarealet i Danmark. Der er pt. kun gennemført statslige tilskudsordninger, men en supplerende amtslig tilskudsordning omfattende bl.a. tilskud til genetablering af våde enge med henblik på næringsstoffjernelse under godkendelse i EU.

Det skal bemærkes, at en del af oplandet til Arreskov Sø er udpeget som særligt miljøfølsomt område, hvilket giver særlige muligheder for EU-tilskud til miljøvenlig landbrugsdrift jf. ovenstående.

4. Vand- og stofbalance

4.1 Vandbalance

Dette afsnit beskriver vandbalancen for Arreskov Sø i perioden 1989-94. Vandbalancen angiver til- og fraførslen af vand til søen, idet der skal være balance mellem den vandmængde, der strømmer til søen og den mængde, der strømmer fra søen:

$$Q_{\text{overfl.}} + \text{Nedbør} + \text{Grundvand} = Q_{\text{aflob}} + \text{Fordampning} + \text{Magasinændring}$$

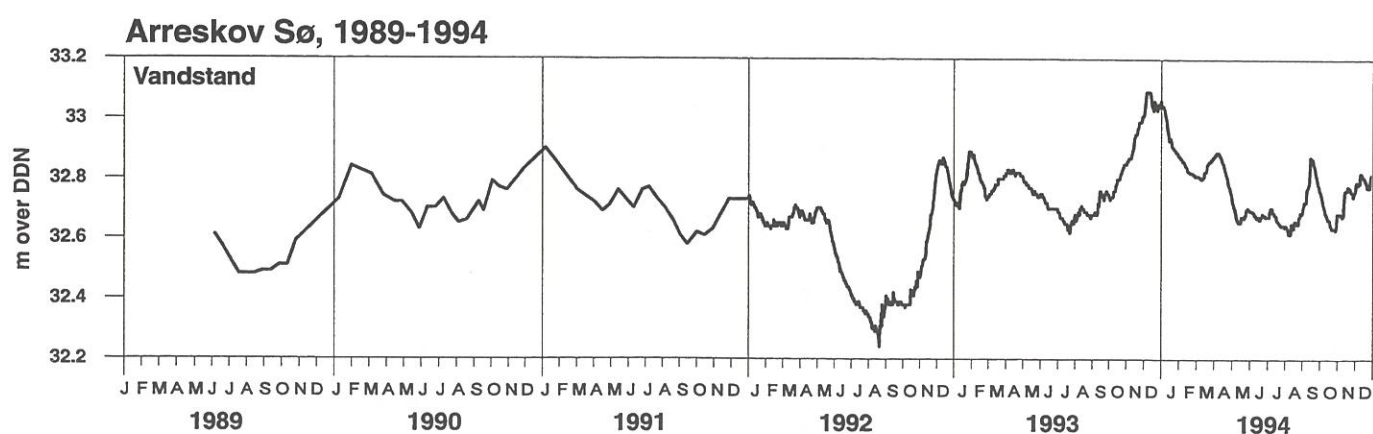
$Q_{\text{overfl.}}$ betegner den samlede overfladiske tilstrømning fra det topografiske opland. Q_{aflob} betegner den samlede vandføring i afløbet. Grundvandsbidraget er ikke målt, men beregnes ud fra vandbalanceligningen. Magasinændringen beregnes ud fra ændringer i vandstanden og regnes positiv, når der ophobes vand.

Vandstand

Vandstanden i søen reguleres ved en opstemning ved Arreskov Vandmølle i søens afløb. Vandstanden blev i 1994 holdt på samme høje niveau som i 1993 på trods af den i perioder meget tørre sommer (figur 4.1.1 og tabel 4.1.1). Vandstanden var således kun i en meget kort periode under den minimumsvandstand på kote 32,65 DNN, som blev fastsat i fredningskendelsen af 22. juni 1993 for Arreskov Sø med omgivelser (Fredningsnævnet for Fyns Amts sydlige Fredningskreds, 1993).

Vandstanden var især høj i begyndelsen af året, men blev sænket samtidig med, at der var en stor tilstrømning til søen. Herved fremkom der en rekordhøj stor afstrømning fra søen i januar måned. I april og oktober blev der ligeledes lukket meget vand ud af søen.

I løbet af året faldt vandstanden 23 cm, svarende til ca. 750.000 m³. Derimod skete der i sommerperioden 1. maj - 30. september en lille stigning i vandstanden på 5 cm.



Figur 4.1.1
Vandstand i Arreskov Sø 1989-93 målt i meter over "Dansk Normal Nul".

Tabel 4.1.1

Vandstande i Arreskov Sø, 1989-94. Værdierne for 1989 er usikre, da målingerne først startede i juni. Fra og med 1992 er værdierne baseret på en kontinuert registrering af vandstanden.

	År			Sommer		
	Middel	Max.	Min.	Middel	Max.	Min.
1989	32,55	32,71	32,48	32,50	32,70	32,48
1990	32,73	32,88	32,63	32,67	32,76	32,63
1991	32,71	32,90	32,58	32,69	32,76	32,58
1992	32,64	32,97	32,24	32,39	32,70	32,24
1993	32,77	33,09	32,62	32,70	32,81	32,62
1994	32,76	33,05	32,61	32,69	32,88	32,61

Vandbalancen

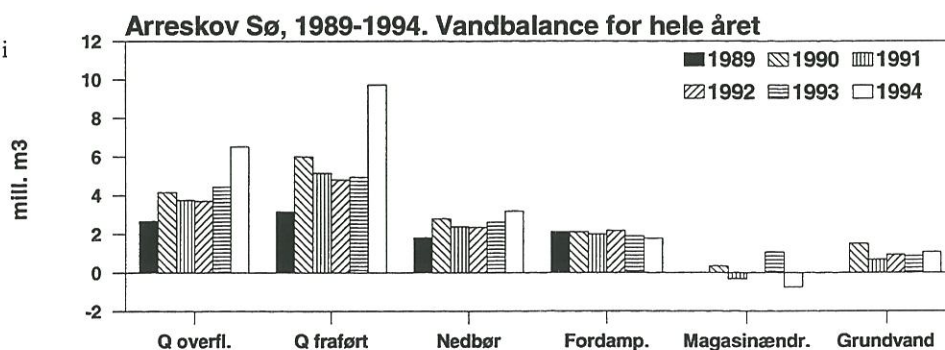
Den mængde vand, som er ført henholdsvis til og fra Arreskov Sø i årene 1989-94, fremgår af fig 4.1.2 og 4.1.3 (og bilag 4).

Den overfladiske afstrømning til Arreskov Sø i 1994 var den største i de fem overvågningsår. Specielt var afstrømningerne i januar, marts-april, september og november-decemberhøje (se afsnit 2). I de øvrige måneder var afstrømningen normal. På trods af den meget tørre juli måned var den samlede afstrømning i sommerperioden derfor også rekordhøj.

På grund af søens store overfladeareal har nedbør på og fordampning fra søoverfladen stor betydning for vandbalancen. I sommerperioden har disse kilder til til- og fraførsel af vand større betydning end det vand, der overfladisk strømmer til og fra søen.

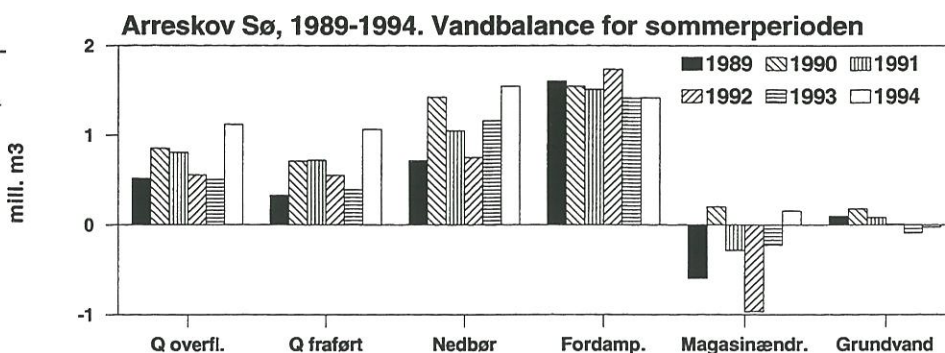
Figur 4.1.2

Vandbalance for Arreskov Sø på årsbasis i perioden 1989-94.



Figur 4.1.3

Vandbalance for Arreskov Sø i sommerperioden (1.5-30.9) i årene 1989-94.



Nedbøren på søoverfladen var større i 1994 end i de øvrige overvågningsår, både på års- og sommerbasis. Fordampningen fra søoverfladen var lavere end i de øvrige overvågningsår.

Grundvandsbidraget er usikkert bestemt, da det beregnes som restleddet i vandbalanceligningen. I 1994 blev grundvandsbidraget beregnet til 1,1 mill. m³, hvilket er lidt højere end de foregående øvrige år.

Grundvandstilskuddet svarede i 1994 til 16% af den overfladiske tilstrømning til søen. For perioden 1990-94 har det beregnede grundvandstilskud svaret til 24 % af den overfladiske tilstrømning.

Vandets opholdstid i søen

I tabel 4.1.2 er vist den beregnede opholdstid for vandet i Arreskov Sø, dels på basis af den overfladiske tilstrømning, og dels på basis af fraførslen af vand i søens afløb. Forskellen på de to værdier skyldes først og fremmest tilstrømningen af grundvand. Endvidere kan store magasinændringer have betydning.

Det våde år 1994 giver sig udslag i en meget lille opholdstid på 0,62 år i forhold til en gennemsnitlig opholdstid over hele perioden på 1,2 år, regnet ud fra fraførslen af vand. Vandets opholdstid var i 1994 altså kun halvt så stor som normalt.

Tabel 4.1.2.
Oversigt over opholdstider for vand i
Arreskov Sø, 1989-94.

Opholdstid ud fra tilførsel (år):					
	År (1.1-31.12)	Sommer (1.5-30.9)	Vinter (1.12-31.3)	Maks. måned	Min. måned
1989	2,1	4,4	1,2 *	5,8	0,95
1990	1,5	2,9	1,0	4,8	0,73
1991	1,6	3,1	0,85	5,6	0,56
1992	1,5	3,8	1,0	6,6	0,84
1993	1,4	4,9	0,80	8,4	0,53
1994	0,93	2,19	0,54	4,5	0,40
Opholdstid ud fra fraførsel (år):					
	År (1.1-31.12)	Sommer (1.5-30.9)	Vinter (1.12-31.3)	Maks. måned	Min. måned
1989	1,8	6,9	0,8 *	58	0,66
1990	1,0	3,5	0,65	7,3	0,44
1991	1,2	3,4	0,53	4,5	0,40
1992	1,1	3,8	0,64	uendelig	0,45
1993	1,3	6,3	0,60	219	0,33
1994	0,62	2,3	0,33	uendelig	0,2

* I 1989 er vinteropholdstiden beregnet for perioden 1.1 - 31.3.

Vurdering af grundvandstilstrømningen.

Grundvandstilstrømningen er som tidligere nævnt beregnet ud fra målte/beregnete værdier af overfladisk afstrømning, nedbør, fordampning, magasinændring og afstrømning fra søen. Der er derfor stor usikkerhed på denne, og man kan spørge sig selv, om der er tale om en reel grundvandstilstrømning af den beregnede størrelsesorden eller værdien skyldes usikkerhed eller systematiske fejl.

$Q_{\text{overfl.}}$	1,23
Nedbør	1,39
Q_{fra}	0,83
Fordampning	0,48

Tabel 4.1.3

Korrektionsfaktorer på leddene i vandbalanceligningen, hvis det beregnede grundvandsbidrag skal være nul. Se tekst for forklaring.

En systematisk fejl kunne være, at et af leddene i vandbalanceligningen var systematisk over- eller undervurderet. Afstrømningsmålingerne vurderes at være behæftet med usikkerheder på op til 10 %. Der er antagelig endnu større usikkerhed på nedbørs- og fordampningsmålingerne, og ved disse er der større mulighed for systematiske fejl eftersom målingerne er foretaget langt fra søen, og der kan være store lokale variationer i nedbør og fordampning, afhængig af terrænets topografi, læforhold mm. (se metodeafsnittet, bilag 1).

For at afgøre, om det, at der generelt beregnes en grundvandstilførsel til søen kan skyldes en systematisk fejl på et af leddene i vandbalanceligningen, er der i tabel 4.1.3. angivet hvilken korrektionsfaktor, der skal på de enkelte led, hvis den beregnede grundvandstilførsel i perioden 1990-94 skal være nul.

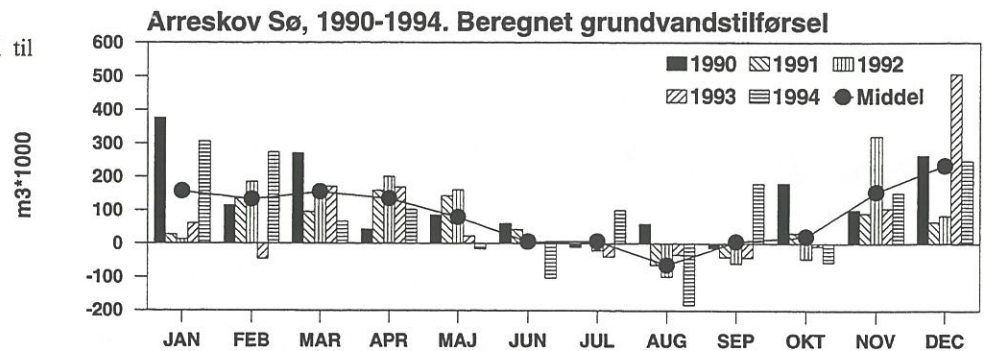
Tabellen viser, at den overfladiske afstrømning eller nedbøren skal være hhv. 23% og 39% højere end beregnet, hvis det beregnede grundvandsbidrag skal blive nul. Alternativt skal afstrømningen fra søen eller fordampningen være hhv. 17% og 52% lavere end beregnet.

Hvis der er en systematisk fejl på to af leddene, kan denne for hvert led være mindre. Hvis f.eks den overfladiske tilførsel er 16% højere end beregnet og fraførslen er 5% lavere end beregnet, bliver grundvandsbidraget 0.

Endvidere kan usikkerhed på magasinændringen spille ind, men da magasinændringen (på årsbasis) er lille i forhold til de øvrige led, og da der både optræder positive og negative værdier, har en systematisk over- eller undervurdering af magasinændringen kun marginal betydning for den beregnede grundvandstilførsel. I sommerperioden kan magasinændringen dog have stor betydning for den beregnede grundvandstilførsel.

Da det ikke er sandsynligt, at der optræder systematiske fejl af den beregnede størrelse, vurderes det samlet, at der reelt er tale om en grundvandstilførsel til Arreskov Sø. Dette bekræftes af en hydrogeologisk vurdering af grundvandsbevægelsen i området. Det vurderes herved, at den samlede grundvandsdannelse i oplandet er på knap 1 mill. $\text{m}^3/\text{år}$. Selvom en stor del af det dannede grundvand strømmer af via tilløb til søen, er det sandsynligt, at der er en betydelig grundvandstilførsel direkte til søen. Bl.a. vurderes det, at der er en tilstrømning fra det dybtliggende, primære grundvandsmagasin på 125.000 m^3 . Det skal dog understreges, at disse vurderinger er meget usikre, bl.a. fordi de geologiske forhold i området er meget rodede.

Figur 4.1.4
Beregnet månedlig grundvandstilførsel til
Arreskov Sø, 1990-1994.



Måneder	Forholdstal
Januar	0,15
Februar	0,12
Marts	0,15
April	0,13
Maj	0,07
Juni	0,00
Juli	0,00
August	0,00
September	0,00
Oktober	0,01
November	0,15
December	0,22

Tabel 4.1.4
Forholdstal anvendt ved fordeling af den
årligt tilførte grundvandsmængde på måne-
der.

Selvom den grundvandsmængde, der beregnes ud fra søens vandbalance er usikker, er den dog det i øjeblikket bedste bud på grundvandstilførslen. Da der endvidere ikke er grundlag for at ændre den måde, de enkelte led beregnes på, tror vi på, at den beregnede tilførsel på årsbasis er realistisk.

Der er derimod ingen tvivl om, at de beregnede månedsværdier er meget usikre, og derfor skal tages med stort forbehold.

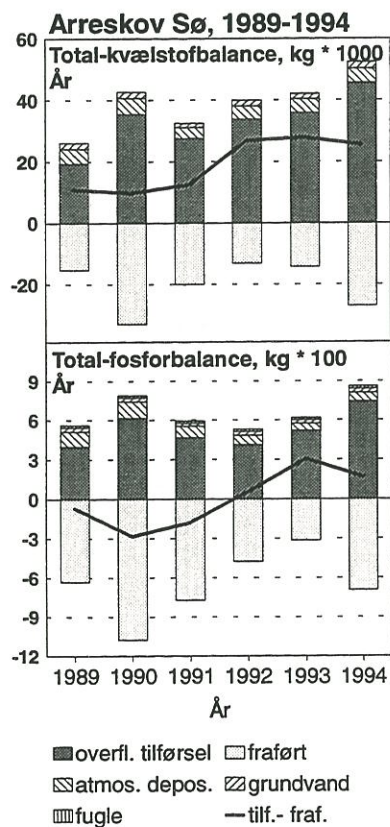
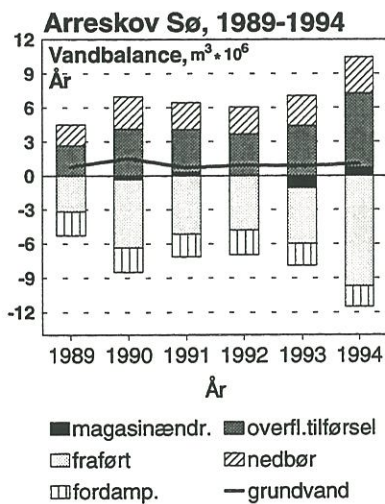
I figur 4.1.4 er den beregnede månedlige grundvandstilstrømning således vist for perioden 1990-1994. Det fremgår, at der er store forskelle i de månedlige tilførsler, men der er en tydelig tendens til generelt høje tilførsler i januar-april og igen i november-december, men lave - eller negative værdier i juni-september.

Tilstrømningen af grundvand kan imidlertid ikke forventes at variere så meget fra måned til måned, som beregningerne viser. Endvidere må grundvandstilstrømningen antages at have et temmelig ensartet forløb fra år til år. De store forskelle i månedsværdierne anses derfor primært at være forårsaget af usikkerheder på de målte og beregnede værdier på de andre led i vandbalancen, da disse usikkerheder jo akkumuleres i grundvandsledet.

Ved at tage gennemsnittet for den enkelte måned gennem flere år mindskes denne usikkerhed, og derfor kan grundvandets månedlige bidrag med større sikkerhed beregnes ud fra den gennemsnitlige fordeling i årene 1990-94. Den årligt beregnede grundvandstilførsel bliver på denne måde fordelt på månederne efter forholdstallene i tabel 4.1.4.

Denne fordeling af grundvandstilførslen er anvendt i forbindelse med beregning af stoftilførslen med grundvandet (afsnit 3). Vandbalancen, bl.a. bilag 4, indeholder derimod stadig de aktuelt beregnede grundvandsværdier.

Det bemærkes, at grundvandstilstrømningen i august er sat til 0 på trods af, at der de fleste år er beregnet en udsivning af grundvand i denne periode. En sådan udsivning kan være reel, men det antages dog, at den først og fremmest skyldes, at der er en meget stor beregningsusikkerhed i sommerperioden, hvor de tilstrømmende og afstrømmende vandmængder er meget ringe, og vandbalancen først og fremmest bestemmes af de usikre nedbørs- og fordampningstal.



Figur 4.2.1
Vand- og stofbalance for Arreskov Sø, på årsbasis, 1989-94. Magasinændringen er her angivet som positiv, når vandstanden falder.

4.2 Stofbalance

Dette afsnit beskriver stofbalancen for kvælstof og fosfor i Arreskov Sø. Ved stofbalancen for et givet stof forstås forskellen mellem tilførsel og fraførsel af stoffet.

Tilførslen af de nævnte stoffer fra søens afstrømningsopland er beskrevet i afsnit 3. Borttransporten af stof fra søen er beregnet ud fra målinger i søens afløb.

De til- og fraførte mængder af vand, kvælstof og fosfor i perioden 1989-94 er opgjort på årsbasis i figur 4.2.1 og på sommerbasis i figur 4.2.2.

I tabel 4.2.1 og 4.2.2 er angivet en række nøgletal for stofbalancen på hhv. års- og sommerbasis. Endelig fremgår de beregnede månedlige til- og fraførsler af vand, kvælstof og fosfor i 1989-1994 af figur 4.2.3 og bilag 5.

Kvælstof.

Den samlede kvælstoftilførsel var rekordhøj i 1994. Imidlertid var vandtilførslen relativt større, og den resulterende indløbskoncentration af kvælstof blev faktisk den mindste i overvågningsperioden. Der er imidlertid ikke nogen generel tendens til fald i indløbskoncentrationen af kvælstof over årene.

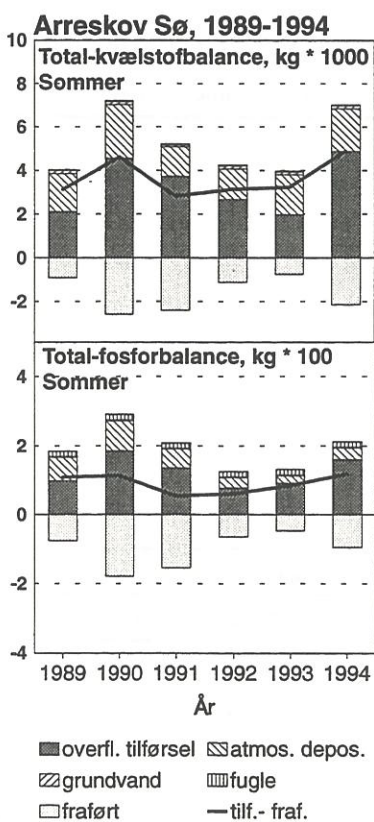
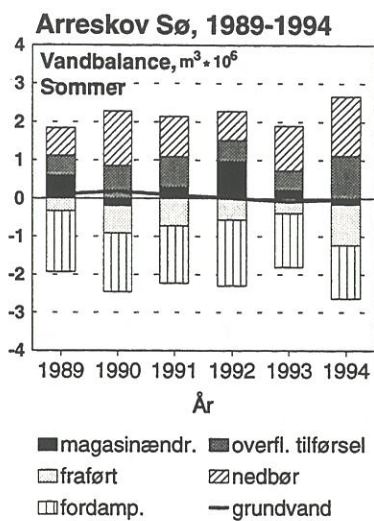
Kvælstoftabet i søen i 1994 var mængdemæssigt på samme høje niveau (26 tons) som de to foregående år. I procent af de tilførte mængder var tabet dog mindre (50%) end de foregående år (66 og 67 %), hvilket bl.a. kan skyldes, at vandets opholdstid i søen var væsentligt kortere i 1994.

Der er således en tæt sammenhæng mellem kvælstoftabet og vandets opholdstid i søen. I Jensen m.fl. (1994) er der på baggrund af massebalancer fra 21 overvågningssøer (bl.a. Arreskov Sø) opstillet følgende model for kvælstoftab i en sø:

$$N_{\text{tab}\%} = 70 * Tw^{0,34} * z^{-0,11}$$

hvor Tw er opholdstiden (år) og z er søens middeldybde.

Anvendes denne model på Arreskov Sø, fås resultaterne i tabel 4.2.3. I tabellen er målte tab den tilførte mængde fratrukket den fraførte mængde. Ved korrektionen for puljeændringer indregnes et eventuelt tab eller en ophobning af kvælstof i selve vandet, som fremkommer ved, at kvælstofpuljen i vandet har ændret sig over året.



Figur 4.2.2
Vand- og stofbalance for Arreskov Sø, på sommerbasis, 1989-94. Magasinændringen er her angivet som positiv, når vandstanden falder.

Tablet 4.2.3
Sammenligning af målt og beregnet tab af kvælstof i Arreskov Sø, 1989-94.

Tabellen viser, at der i 1993-94 er en meget god overensstemmelse mellem modellens forudsigelser og de faktisk målte tab. Desuden viser modellen, at det fald i det procentvise kvælstoftab, der er sket fra 1993 til 1994 først og fremmest kan forklares udfra ændringer i opholdstid og vanddybde.

I årene 1989 og 1990 var kvælstoftabet væsentligt lavere end det beregnede, og i 1990 og 1991 var det på vej op mod niveauet for 1993 og 1994.

Årsagerne til ændringerne i kvælstoftab omtales nærmere i afsnit 5.

I sommerperioden var det procentvise kvælstoftab højt (tabel 4.2.2), men den tabte mængde af kvælstof var ikke særlig stor, idet kun ca. 19% af det samlede årlige kvælstoftab skete i denne periode.

En analyse af den interne kvælstofomsætning i søen viser, at kvælstoftabet fra søvandet først og fremmest sker i årets to første kvartaler, se figur 4.2.4.

Dette hænger antagelig sammen med, at der i denne periode er høje koncentrationer af opløst uorganisk kvælstof i vandet. Dette kvælstof kan dels optages af algerne og føres til sedimentet, når de sedimenterer, dels kan nitraten denitrificeres af bakterier i vandet og sedimentet. En sådan denitrifikation hæmmes dog af lave vandtemperaturer.

Som følge af kvælstoftabet i søen er kvælstofkoncentrationen i det vand, der løber fra søen, kun ca. en tredjedel af koncentrationen i det vand, der løber til søen.

Fosfor.

Også tilstrømningen af fosfor var rekordhøj i 1994. På grund af de store vandmængder var indløbskoncentrationen dog blandt de laveste i overvågningsperioden, både hvad angår den overfladiske og den totale tilstrømning (tabel 4.2.1).

Som i 1993 skete der en betydelig nettotilbageholdelse af fosfor i søen (191 kg), men da denne tilbageholdelse var forbundet med en ophobning af fosfor i vandet (øget fosforpulje i søen), beregnes en netto frigivelse fra søen på 66 kg når der korrigeres for puljeændringer.

Hvis den interne fosforomsætning opløses i kvartaler (figur 4.2.5) ses, at der i 2. kvartal typisk sker en fosforafgivelse fra sedimentet, mens der i 3. og 4. kvartal igen sker en sedimentation. Dette gør, at der på årsbasis sker en nettosedimentation af fosfor de fleste år. 1994 var dog forskellig, idet der ikke skete nogen nettosedimentation i 3. kvartal og derefter en frigivelse i 4. kvartal. Derfor forekom der på årsbasis en nettofrigivelse af fosfor fra sedimentet svarende til de ovenfor nævnte 66 kg.

Kvælstoftab (%):	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Beregnet tab	78	66	70	69	66	57
Målt tab	41	23	41	67	66	50
Målt tab korr. f. puljeændringer	-	38	72	58	70	56

År	Total kvælstof						Total fosfor					
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Samlet tilførsel, kg	26092	42710	32526	40009	42142	52373	561	789	593	530	618	859
Arealbelastning, g/m ² år	8,23	13,47	10,26	12,62	13,29	16,52	0,18	0,25	0,19	0,17	0,19	0,27
Total indløbskoncentration mg/l	7,73	7,33	6,74	8,32	7,02	5,84	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10
Overfl. indløbskoncentration, mg/l	7,22	8,53	7,36	9,16	8,11	7,00	0,15	0,15	0,12	0,11	0,12	0,11
Udløbskoncentration, mg/l	4,83	5,49	3,74	2,73	2,93	2,68	0,20	0,18	0,14	0,10	0,06	0,07
Fraførsel, kg	15265	32959	19249	13116	14461	26021	632	1076	738	476	318	667
Nettotab, kg	10827	9751	13277	26893	27681	26352	-71	-287	-145	54	300	191
Nettotab, %	41	23	41	67	66	50	-13	-36	-24	10	49	22
Puljeændring, kg		-6438	-10134	3806	-1901	-2841		-223	-395	-108	68	257
Nettotab incl. puljeændr., %		38	72	58	70	56		-8	42	30	38	-8
Nettotab, g/m ² år	3,42	3,08	4,19	8,48	8,73	8,31	-0,02	-0,09	-0,05	0,02	0,09	0,06
Nettotab incl. puljeændr./gm ² år		5,11	7,39	7,28	9,33	9,21		-0,02	0,08	0,05	0,07	-0,02

Tabel 4.2.1

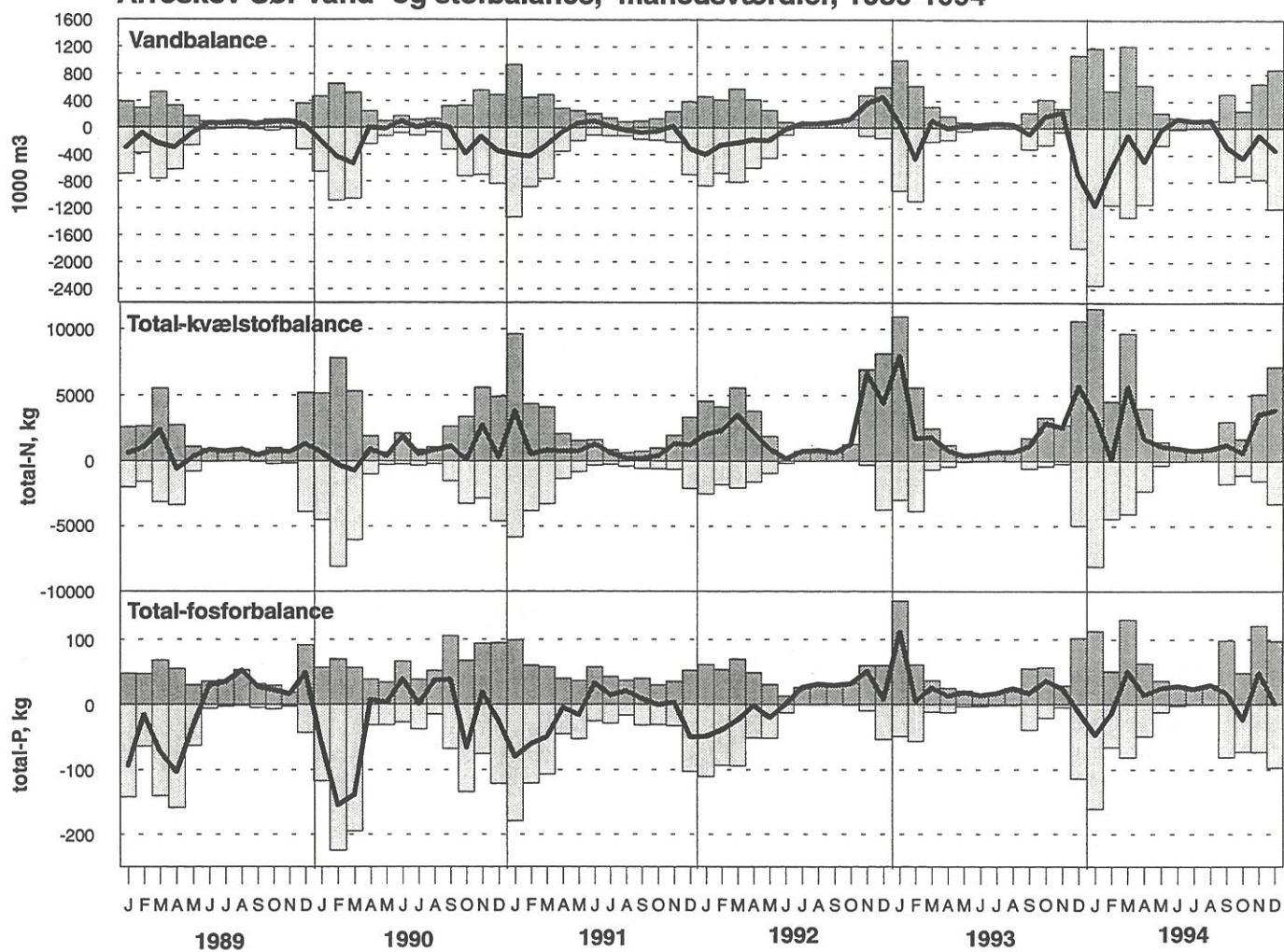
Årlig stofbalance for Arreskov Sø, 1989-94. Indløbskoncentrationen er angivet på to måder, dels som de totalt tilførte stofmængder divideret med nettotilførslen af vand (overfladisk afstrømning+grundvand+nedbør-fordampning), dels som den vandføringsvægtede middelkoncentration i den overfladiske afstrømning fra søens opland.

	Total kvælstof						Total fosfor					
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Tilført, kg	4038	7203	5216	4249	3972	7026	185	292	208	125	131	213
Fraført, kg	920	2590	2260	1112	758	2045	76	178	144	64	47	90
Nettotab, kg	3119	4613	2956	3138	3213	4981	108	114	64	61	84	123
Nettotab, %	77	64	57	74	81	71	59	39	31	49	64	58
Puljeændring, kg	-5255	6377	-8139	-7947	-1743	439	-216	223	-300	-441	109	374
Nettotab incl. puljeændr., %	207	-24	213	261	125	65	176	-37	175	401	-19	-118

Tabel 4.2.2

Stofbalance for Arreskov Sø i sommerperioden (1.5-30.9), 1989-94.

Arreskov Sø: Vand- og stofbalance, månedsværdier, 1989-1994



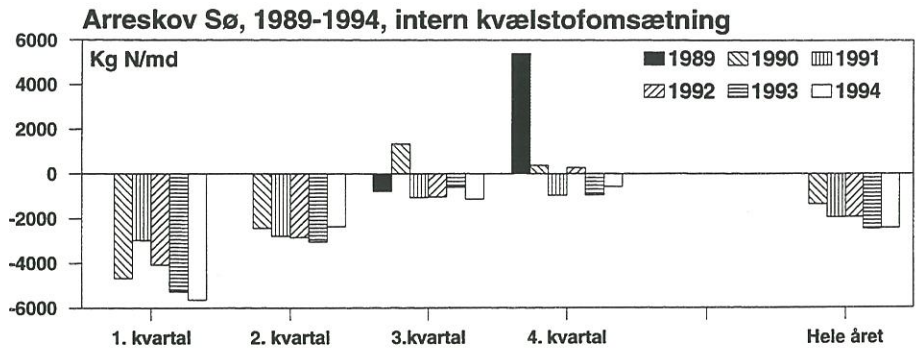
Figur 4.2.3

Tilførsel og fraførsel af vand, total-kvælstof og total-fosfor for Arreskov Sø, 1989-1994. Den angivne vandtilførsel er den overfladiske tilførsel fra oplandet, mens den angivne tilførsel af total-kvælstof og total-fosfor er den totale tilførsel fra opland og atmosfære. Endvidere er angivet forskellen mellem tilførsel og fraførsel.

Det fald i afløbets fosforkoncentration, som er set gennem de foregående år, fortsatte ikke i 1994, idet koncentrationen her var lidt højere end i 1993. Det var især relativt høje koncentrationer i efterårsperioden (jf. fosforafgivelsen fra sedimentet), der gav en forhøjet middelkoncentration i afløbet. I afsnit 5 og 6 vil de faktorer, der betingede de ændrede forhold blive nærmere omtalt.

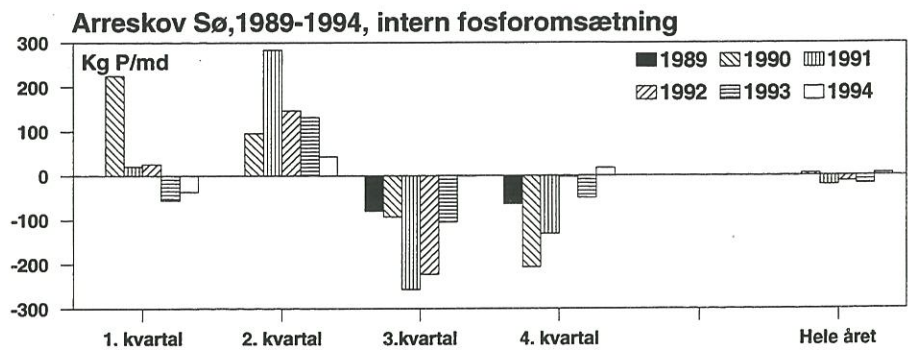
Figur 4.2.4

Den interne kvælstofomsætning i Arreskov Sø på kvartalsbasis i perioden 1989-94. Beregnet ud fra månedligt til- og fraførte kvælstofmængder samt pulje-ændringer i søvandet. Negative værdier angiver tab fra søvandet.



Figur 4.2.5

Den interne fosforomsætning i Arreskov Sø på kvartalsbasis i perioden 1989-94. Beregnet ud fra månedlige til- og fraførte fosformængder samt puljeændringer i søvandet. Negative værdier angiver et tab fra søvandet, dvs. en sedimentation.



5. Fysisk-kemiske forhold i søen

5.1 Søvand

Dette afsnit giver en kort karakteristik af de fysisk-kemiske forhold i Arreskov Sø i 1994, specielt med henblik på forskelle fra tidligere år.

Resultaterne af de enkelte fysisk-kemiske målinger i søens overfladevand i perioden 1989-94 fremgår af figur 5.1.1 - 5.1.5, der endvidere viser sommer- og årsgennemsnit for de enkelte parametre. For alle år, hvorfra der foreligger målinger, er de beregnede sommer-, vinter- og årsmiddelværdier samt fraktiler af udvalgte parametre vist i bilag 6.

Temperatur

Selvom der ikke var is på søen, var vandet relativt køligt i årets første tre måneder. Derefter skete der en hurtig opvarmning af vandet i den varme april måned, og igen i juli måned, hvor den højeste temperatur på 24,4 °C målt. Gennem størstedelen af juli og i starten af august var vandet således væsentligt varmere end i tilsvarende perioder i 1989-1993. Herefter aftog temperaturen jævnt, og i september-oktober var temperaturen lavere end normalt for søen på denne årstid. Derimod var vandet usædvanlig varmt i november og december.

Det bemærkes, at der gennem hele året var stort set samme temperaturer ved bunden som i overfladen, dvs., at vandet var godt opblandet, selv ved de høje sommertemperaturer.

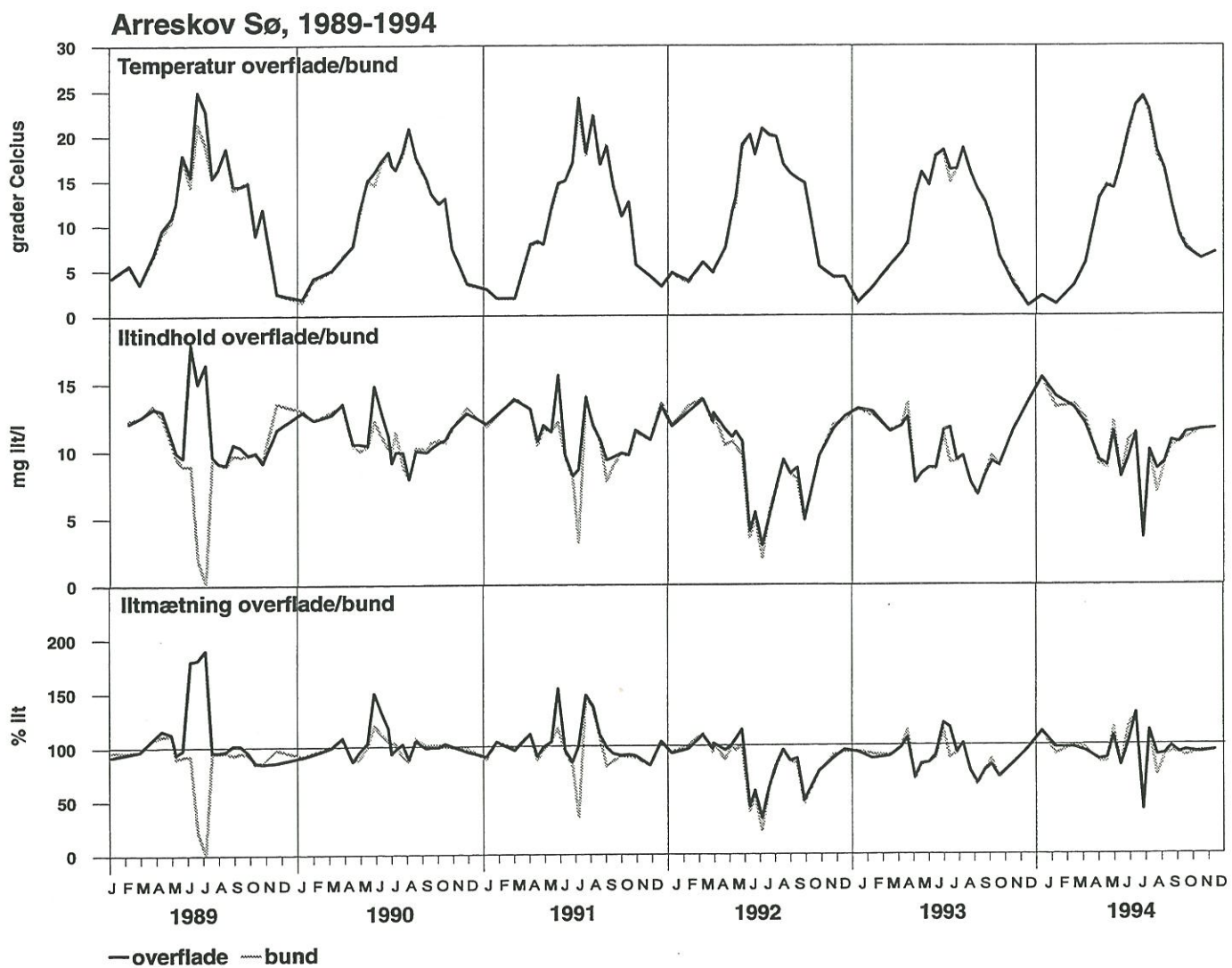
Iltforhold

Iltforholdene i søen var mere stabile end i de foregående år, idet iltmætningen størstedelen af året lå mellem 80 og 120%. Kun i juli sås større udsving, med en betydelig overmætning (130%) i midten af måneden efterfulgt af dårlige iltforhold (40% mætning) i slutningen af måneden, hvor algepopulationen var brudt sammen.

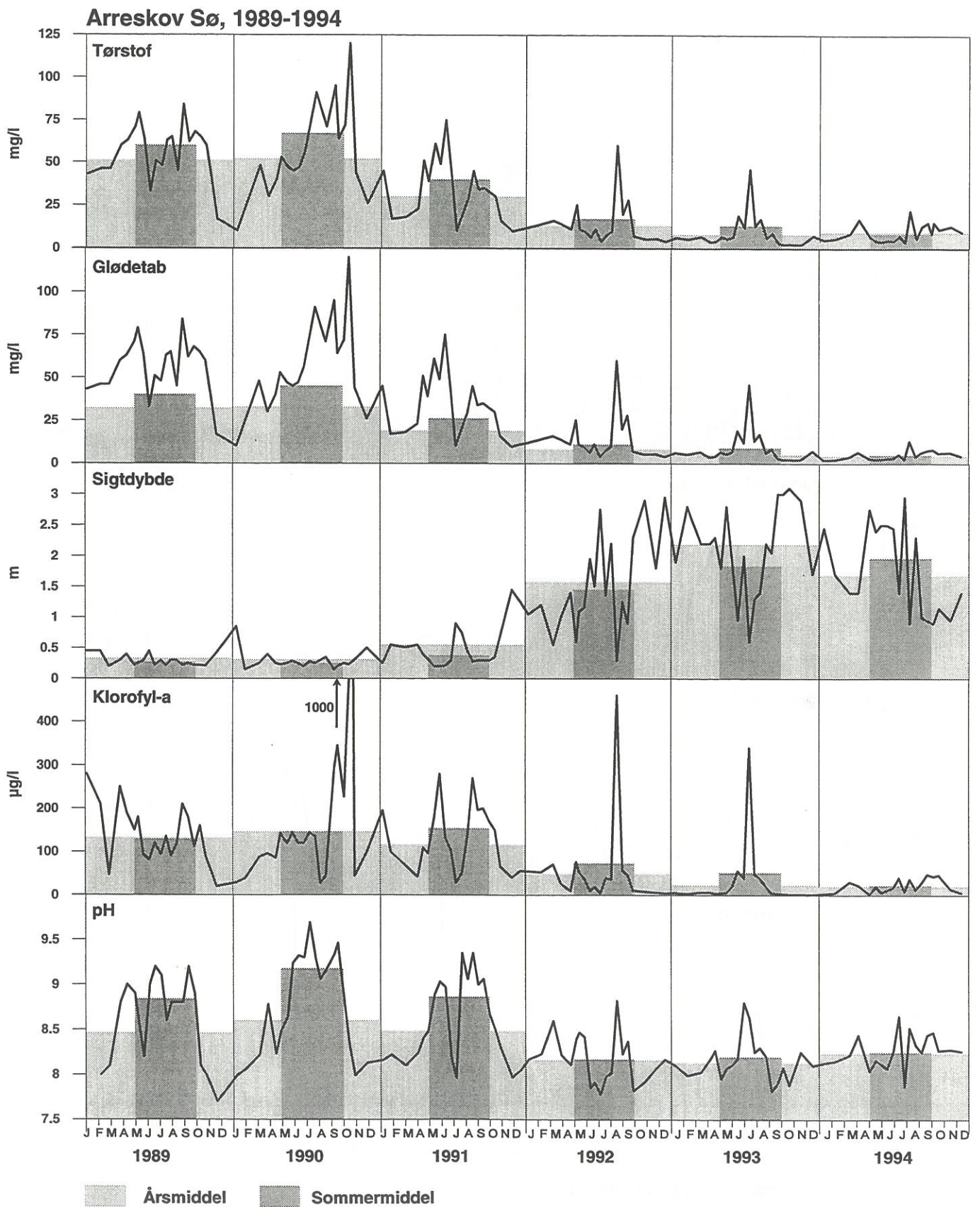
Sigt dybde

Sigt dybden var stor i 1994: 1,96 m som sommergennemsnit og 1,68 m som årsgennemsnit. Specielt havde maj og juni klart vand med sigt dybder på omkring 2,5 meter. Den store sigt dybde betød, at der frem til september kom lys ned til stort set hele søbunden. Dette har stor betydning for bl.a. udviklingen af undervandsvegetation og mikroskopiske alger, der lever på bunden.

Medvirkende til den høje sommersigt dybde var, at algebiomassen var lav gennem hele sommerperioden. Således optrådte der ikke en kraftig opblomstring af blågrøn alger, sådan som det er set de tidligere år. Til gengæld faldt sigt dybden i sensommeren og efteråret til værdier, der var væsentligt lavere end de foregående to år. Dette skyldtes bl.a. et maksimum af kiselalger i denne periode.



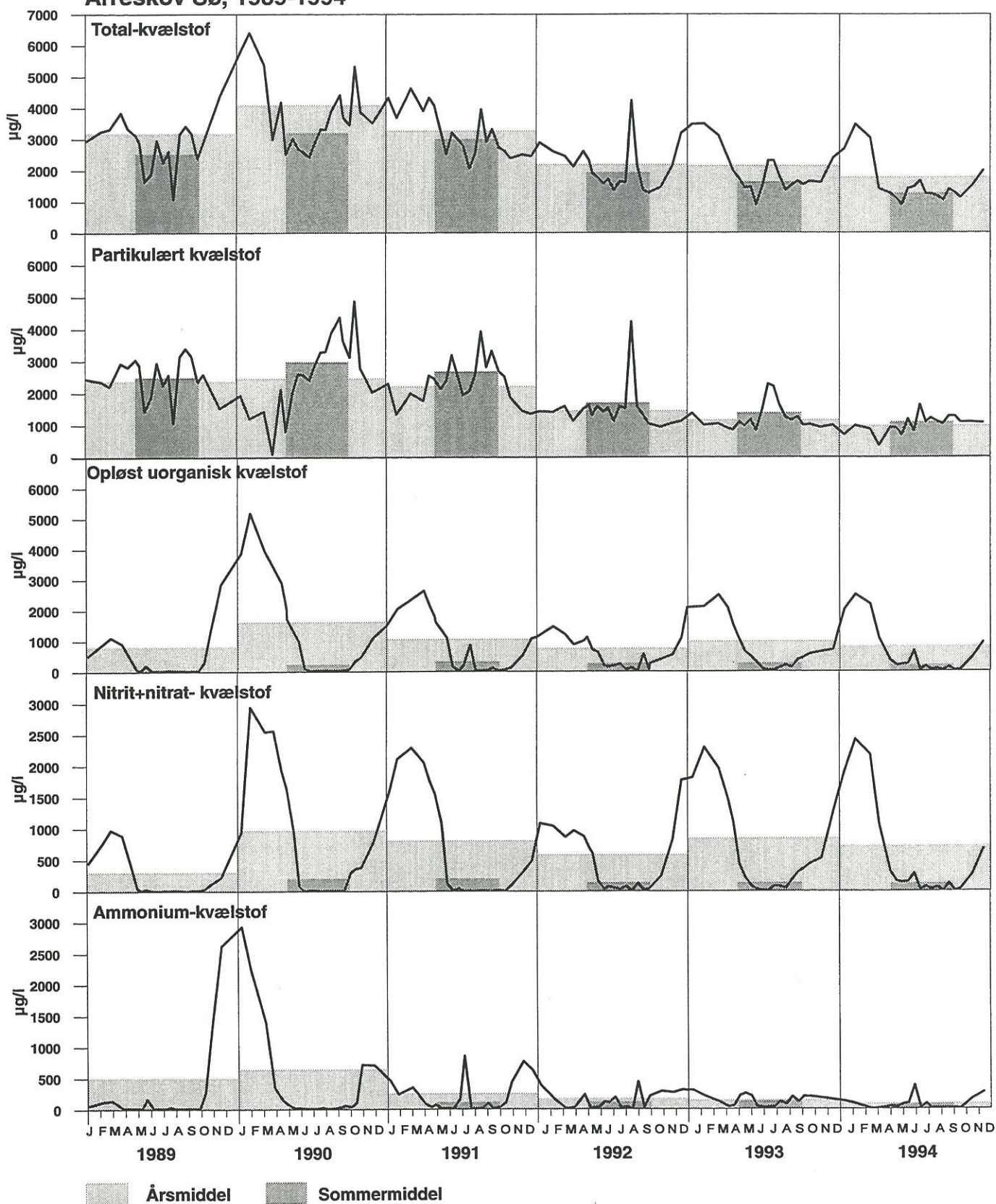
Figur 5.1.1
 Temperatur og iltindhold/iltmætning nær vandoverfladen (0.20m dybde) og lige over bunden i Arreskov Sø, 1989-1994.



Figur 5.1.2

Indhold af partikulært tørstof, partikulært organisk stof (glødetab), sigtdybde, klorofyl-a og pH i søvandet i vandoverfladen (blandingsprøve fra flere dybder) i Arreskov Sø, 1989-1994.

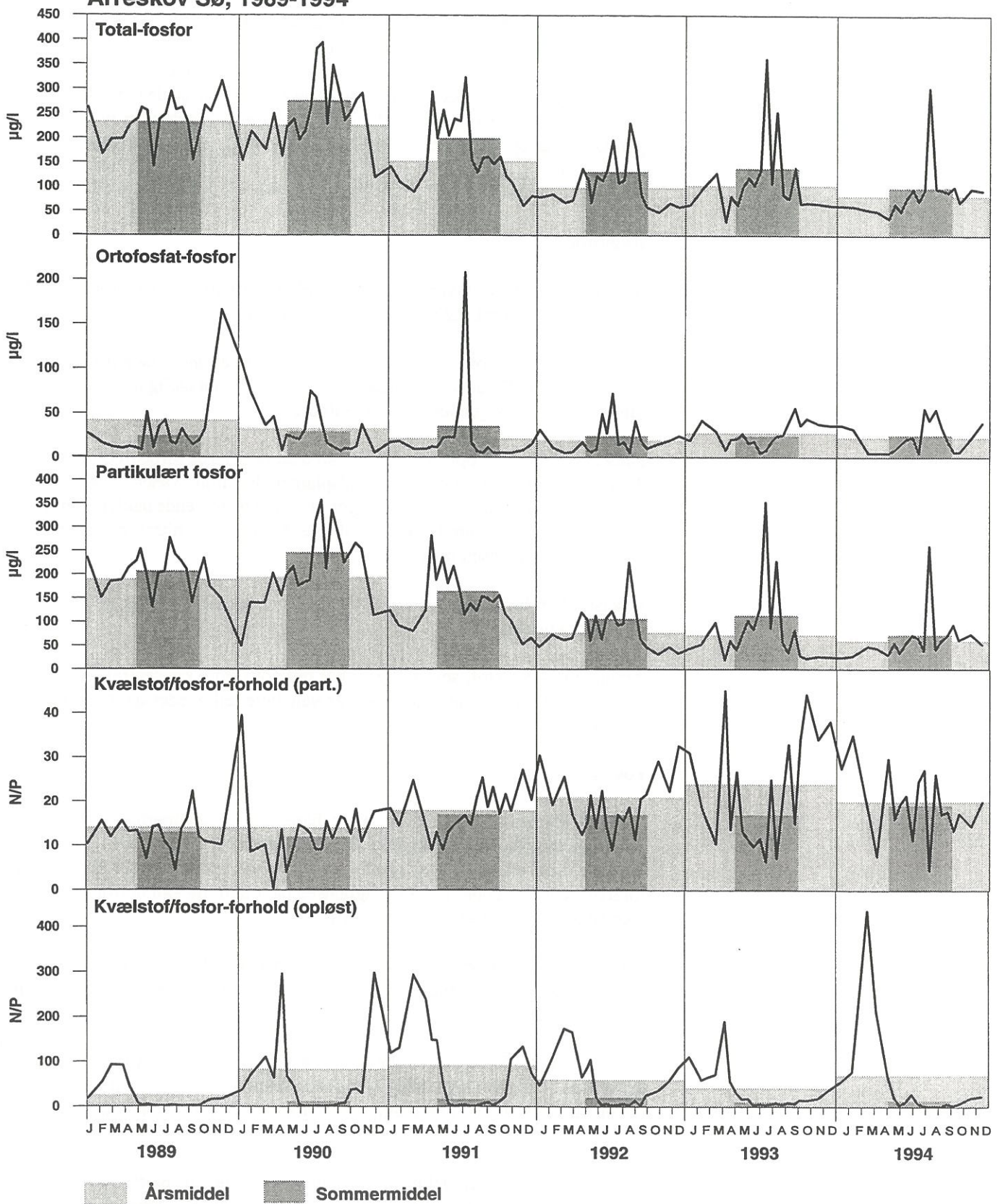
Arreskov Sø, 1989-1994



Figur 5.1.3

Indhold af total-kvælstof, partikulært kvælstof, opløst uorganisk kvælstof, nitrit+nitrat-kvælstof og ammonium-kvælstof i søvandet i vandoverfladen (blandingsprøve fra flere dybder) i Arreskov Sø, 1989-1994.

Arreskov Sø, 1989-1994



Figur 5.1.4

Indhold af total-fosfor, uorganisk fosfor, partikulært fosfor samt forhold mellem kvælstof og fosfor i henholdsvis partikulær og opløst form i søvandet i vandoverfladen (blandingsprøve fra flere dybder) i Arreskov Sø, 1989-1994.

Endvidere var der en klar tendens til, at de mest klarvandede perioder (med sigtdybder på over 2,5 m) forekom på tidspunkter, hvor store dafnier, specielt *Daphnia magna*, er hyppige i dyreplanktonet. Dette skyldes, at dafnierne er meget effektive filtratorer, der kan "rense" vandet for både alger og opslemmet stof, bakterier o.lign. Eksempelvis var *D. magna* ikke til stede i efterårsperioden 1994, hvilket den havde været de to foregående år. Sigtedybden nåede i denne periode ikke op på de tidligere højder (2-3 m), selv da kiselalgerne var forsvundet.

Kvælstof

Kvælstofniveauet i søen var i 1994 det hidtil lavest målte, med en sommermiddel for total kvælstof på 1,27 mg/l og en årsmiddel på 1,79 mg/l.

Faldet i koncentrationen af total kvælstof skyldtes et fald i både partikulært og opløst kvælstof. Faldet i den partikulære del hænger antagelig først og fremmest sammen med, at algemængden var mindre.

Faldet i mængden af opløst kvælstof kan bl.a. skyldes de forbedrede lysforhold, der dels gav øget vækst af undervandsplanter, dels tillod vækst af bundlevende alger. Derudover kan fraværet af alger give denitrificerende bakterier en fordel i konkurrencen om nitrat, hvilket vil øge den andel af nitrat, der fjernes ved denitrifikation (Jensen m.fl., 1994).

Kvælstof har dog næppe på noget tidspunkt været den begrænsende faktor for algeproduktionen.

Ammonium-kvælstof, som tidligere har optrådt i store koncentrationer forblev på et lavt niveau gennem året, og var ved flere lejligheder under detektionsgrænsen.

Fosfor

Koncentrationen af total fosfor var på både års- og sommerbasis lavere end i de foregående år. Faldet skyldtes først og fremmest et fald i den partikulære fraktion. Koncentrationen af ortofosfat-fosfor var allerede under kiselalgerens forårsmaksimum under detektionsgrænsen på 5 µg/l, og kan derfor have været med til at begrænse disse algers vækst.

I midten af juli nåede koncentrationen af ortofosfat-fosfor igen under 5 µg/l, så den ringe fosfortilgængelighed kan ligeledes have begrænset algemængden på dette tidspunkt og medvirket til det efterfølgende algesammenbrud.

Generelt har fosfortilgængeligheden været ringere i 1994 end i de foregående år, hvilket bl.a. giver sig udslag i, at koncentrationen af ortofosfat-fosfor nåede under 5 µg/l ved lavere algebiomasse (klorofyl-a koncentration) end de tidligere år.

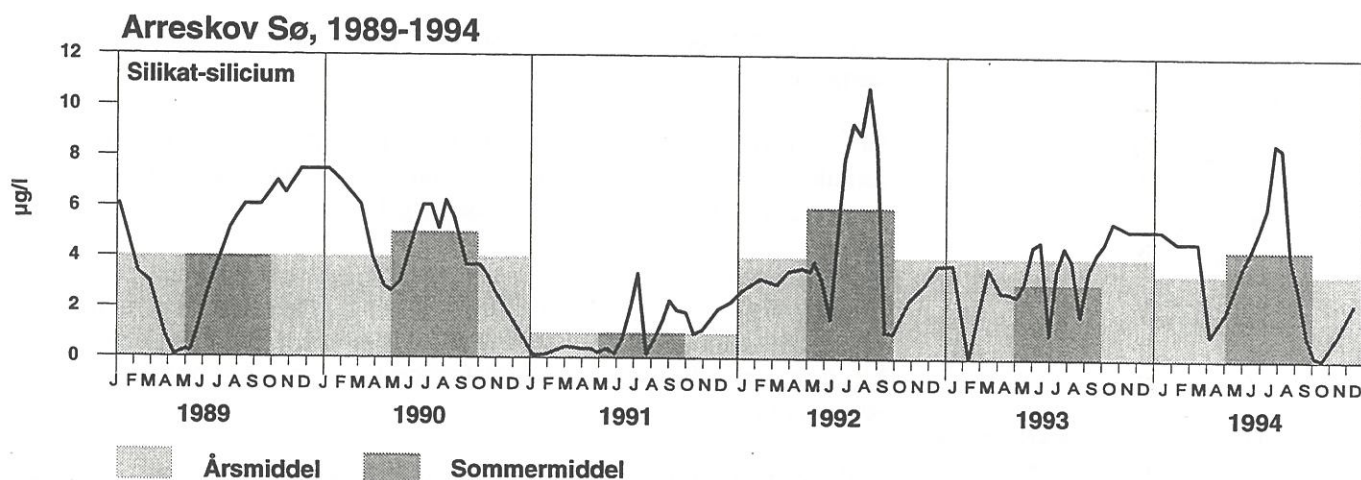
Der forekom en betydelig top i koncentrationen af partikulært fosfor i forbindelse med algemaksimummet i starten af august. Dette er også set de

tidligere år, men i modsætning til disse var der ikke en tilsvarende top i kvælstofkoncentrationen. Dette kan til dels hænge sammen med, at algemaksimummet bestod af kiselalger, hvor det de tidligere år har bestået af blågrønalger. Blågrønalger har ofte et højere kvælstof/fosforforhold end andre alger (Kristensen m.fl., 1991).

I efteråret var koncentrationen af partikulært fosfor større end i den tilsvarende periode de to foregående år. Tilsvarende var mængden af tørstof og alger i vandet højere. Hovedårsagen til dette er formodentlig, at *Daphnia magna*, som ovenfor nævnt, ikke var til stede til at holde alger og partikler nede.

Silicium

Koncentrationen af opløst silikat-silicium havde to minima i 1994, hvilket afspejlede et forårs- og et efterårsmaksimum i kiselalgemængden. Den ringe tilgængelighed af silicium i oktober kan have medvirket til at begrænse kiselalgevæksten på dette tidspunkt.



Figur 5.1.5
Indhold af silikat-silicium i søvandet nær vandoverfladen (blandingsprøve fra flere dybder) i Arreskov Sø, 1989-94.

5.2 Sammenhæng mellem stoftilførsel og stofkoncentration i søen

Der er for søer udviklet en række simple modeller, som beskriver sammenhængen mellem den årlige tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor og den koncentration af stofferne, som findes i søvandet. Disse modeller kan bl.a. bruges til at vurdere, om stofkoncentrationen i søvandet er i ligevægt med tilførslerne, og hvordan en sø vil udvikle sig ved en ændring af belastningens størrelse.

Kvælstof

Sammenhængen mellem kvælstoftilførslen til søen og søvandets kvælstofindhold er i Jensen m.fl. (1994) beskrevet på baggrund af stofbalancerne fra 21

overvågningssøer, bl.a. Arreskov Sø:

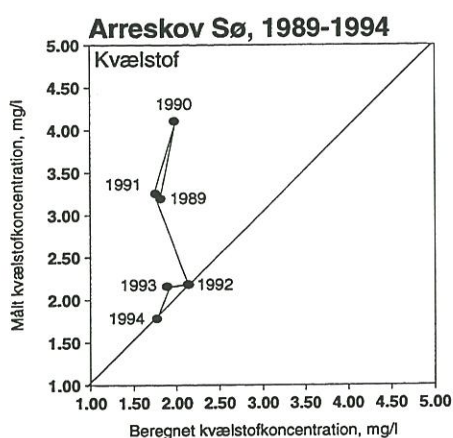
$$N_{sø} = 0,23 N_{ind} Tw^{-0,27} z^{0,27}$$

hvor $N_{sø}$ og N_{ind} er årsmiddelkoncentrationen af totalkvælstof i henholdsvis søvandet og indløbsvandet, T_w er vandets opholdstid i søen (år) og z er søens middeldybde (m).

I modellen er N_{ind} beregnet som den totale kvælstoftilførsel divideret med vandtilførslen incl. grundvand, men excl. nedbør. På grund af Arreskov Sø's store overfladeareal, svarer nedbør direkte på vandoverfladen imidlertid til 60-70% af den overfladiske afstrømning til søen, og samtidig er fordampningen af samme størrelsesorden. Nedbør og fordampning har derfor stor indflydelse på vandbalancen og dermed på vandets opholdstid i søen.

For at tage højde for dette, beregnes N_{ind} for Arreskov Sø som den totale kvælstoftilførsel divideret med den totale netto-vandtilførsel, dvs. incl. grundvand og nedbør, og fratrukket fordampning.

I figur 5.2.1 er den modelberegne kvælstofkoncentration i søvandet sammenstillet med den målte.



Figur 5.2.1. Sammenhæng mellem søvandets målte årsmiddelkoncentration af kvælstof, og den koncentration, der beregnes ud fra den årlige kvælstoftilførsel.

Det bemærkes, at der i årene 1989-91 var forholdsvis høje koncentrationer i forhold til tilførslen, hvorimod koncentrationerne i 1992-1994 har været i nær overensstemmelse med modellens forudsigelser.

Dette viser, at de mindskede kvælstofkoncentrationer i søvandet ikke er et resultat af en mindsket kvælstoftilførsel i den pågældende periode, men skyldes ændringer i de interne processer i søen. Hvis modellen passer på Arreskov Sø, kan man derfor forvente, at kvælstofkoncentrationen nu er nået ned på et for søen mere normalt niveau.

Ved hjælp af modellen kan det endvidere beregnes, hvilken indflydelse grundvandstilførslen har på kvælstofkoncentrationen i søen. Fratrækkes den beregnede grundvandstilførsel af vand og kvælstof, opnås beregnede koncentrationer, der er 5-7% lavere end de anførte. Grundvandstilførslen har altså en vis fortyndende effekt på kvælstofkoncentrationen i søen.

Fosfor.

Fosformodellerne bygger typisk på en generel sammenhæng udtrykt ved ligningen:

$$P_{sø} = P_{ind} (1-R_p)$$

hvor $P_{sø}$ og P_{ind} er årsmiddelkoncentrationen af total-fosfor i hhv. søvandet og indløbsvandet, og R_p er retentionskoefficienten for fosfor, dvs. den brøkdel af fosfortilførslen, som tilbageholdes i søen.

Modellerne adskiller sig i den måde, hvorpå R_p beregnes. Den model, der synes

at beskrive forholdene i Arreskov Sø bedst, er anført som model 12 af Kristensen m.fl. (1990).

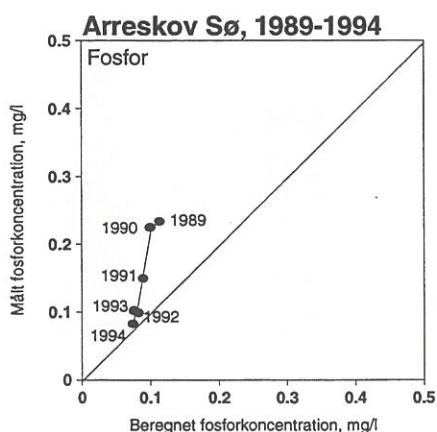
I denne model beregnes R_p således:

$$R_p = (0,11 + 0,18 T_w) / (1 + 0,18 T_w),$$

hvor T_w er vandets opholdstid i søen. P_{ind} beregnes som middelkoncentrationen i den overfladiske tilførsel til søen

I figur 5.2.2 er de observerede årsmiddelkoncentrationer af total-fosfor i Arreskov Sø sammenstillet med de værdier, der fremkommer udfra de målte fosfortilførsler ved anvendelse af ovennævnte model 12.

I figuren er P_{ind} beregnet som den totale fosfortilførsel divideret med den samlede vandtilførsel incl. grundvand og nedbør men fratrukket fordampningen.



Figur 5.2.2. Sammenhæng mellem søvandets målte årsmiddelkoncentration af fosfor, og den koncentration, der beregnes udfra den årlige fosfortilførsel (vha. model 12, se tekst).

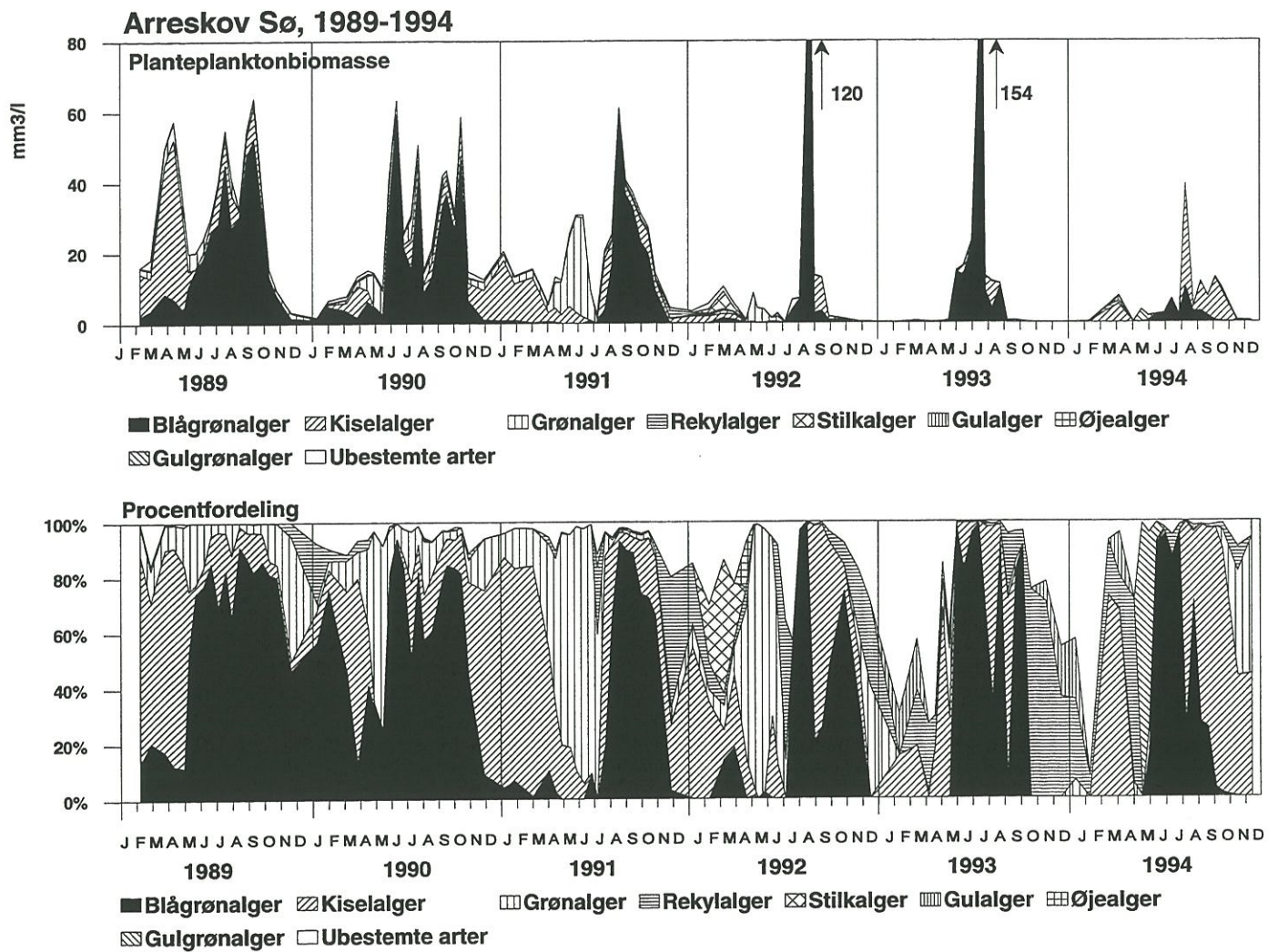
Modellen beregner den fosforkoncentration, man ville forvente i en ligevægtssituation, dvs. uden en intern belastning fra sedimentet. Det forhold, at det observerede fosforniveau nærmer sig det modelberegnete, tyder på, at søen nærmer sig en ligevægtssituation, hvor fosforfrigivelsen fra sedimentet får mindre betydning.

Samtidig viser figuren, at det fald i fosforkoncentration, der er set i søvandet, kun i begrænset omfang skyldes et fald i indløbskoncentrationen, selvom dette fald er signifikant (lineær regression, $p=0,02$).

Samlet tyder modelberegningerne for kvælstof og fosfor på, at koncentrationerne af disse stoffer i Arreskov Sø i 1994 efter en længere indsvingningsperiode er i balance med tilførslerne. Det er dog sandsynligt, at koncentrationerne vil stige igen, når den ekstremt klarvandede tilstand afløses af en mere normal tilstand med større algemængde.

Efterårsperioden 1994 gav således et fingerpeg om, at vandets indhold af alger, tørstof og fosfor (men i dette tilfælde ikke kvælstof) stiger, når den effektive filtrator *Daphnia magna*, eller andre store dafnier, ikke er i stand til at holde mængden af alger og partikler i vandet nede.

Som for kvælstof kan det endvidere ved hjælp af modellen beregnes, hvilken indflydelse grundvandstilførslen har på fosforkoncentrationen i søen. Fratrækkes den beregnede grundvandstilførsel af vand og fosfor, opnås beregnede koncentrationer, der er 8-14% lavere end de anførte. Grundvandstilførslen har altså en fortydende effekt på fosforkoncentrationen i søen, der er større end den tilsvarende effekt på kvælstof.



Figur 6.1.2
 Volumenbiomasse og relativ sammensætning af planteplanktonet i Arreskov Sø, 1989-1994.

6. Biologiske forhold i søen

6.1 Planteplankton

Planteplanktonets biomasse varierede i 1994 fra 0,1 mm³/l i januar til 39 mm³/l i begyndelsen af august. Dette var den hidtil laveste maksimumsbiomasse i perioden 1989-94. Tilsvarende var den gennemsnitlige biomasse i sommerperioden, 7,7 mm³/l, den hidtil laveste i perioden. Kiselalger dominerede planktonet, i modsætning til de tidligere år, hvor blågrønalger har været altdominerende (figur 6.1.1).

Planteplanktonets udvikling var markant forskellig fra udviklingen i de øvrige undersøgelserår (1989-93). Kiselalger dannede maksima i marts-april, august og september-oktober. I maj sås maksimum af gulgrønalger og i juni-juli af blågrønalger.

I det følgende beskrives hovedtrækkene i planteplanktonets udvikling i 1994 (se figur 6.1.2). For nærmere detaljer om planktonsammensætningen henvises til det udarbejdede notat om planktonet (Miljøbiologisk Laboratorium, 1995).

Planteplanktonets biomasse og årstidsvariation 1994.

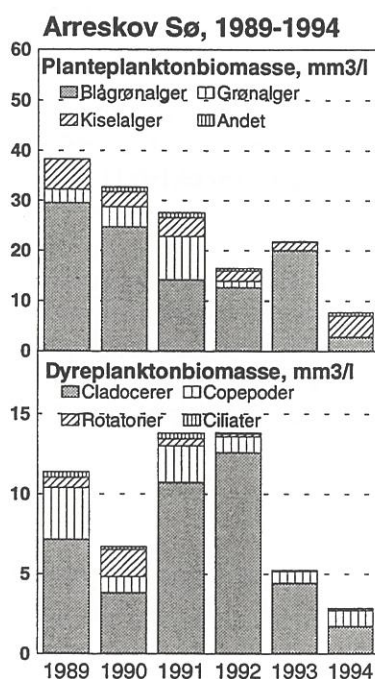
Biomassen steg fra 0,1 mm³/l i januar til et forårsmaksimum i april på 7,5 mm³/l, og faldt derefter til et forsommerminimum på 0,2 mm³/l i begyndelsen af maj. Den vigtigste algegruppe under forårsmaksimum var kiselalger, der udgjorde 67-73% af biomassen, og udelukkende bestod af små, centriske arter < 10 µm. Endvidere optrådte små, encellede gulalgeflagellater, *Chromulina* spp., som udgjorde 16% af biomassen. Disse gulalger er mixotrofe, dvs. at de i høj grad kan leve af organisk materiale, især bakterier (Olrik, 1993). De optræder hyppigst i renere, brunvandede søer.

I maj forekom et biomassemaksimum med lange tråde (ca. 400 µm) af gulgrønalgen *Tribonema* spp. Denne art har ikke tidligere optrådt i større mængder i Arreskov Sø.

I juni og juli dominerede blågrønalger planktonet. De vigtigste arter var *Gloeotrichia echinulata* i juni, *Anabaena mendota* (tidl. *Anabaena flos-aquae* f. *treleasii*) og *Aphanizomenon* spp. i midten af juli, og *Microcystis botrys* ved de høje vandtemperaturer i slutningen af juli. *Gloeotrichia echinulata* registreredes kun på dette ene tidspunkt i 1994. Dette er bemærkelsesværdigt, da den var dominerende i begge somrene 1992 og 1993. Tilsvarende havde den anden dominerende blågrønalge fra de foregående to år, *Aphanizomenon flos-aquae*, en langt mindre forekomst.

I slutningen af juli havde vejret gennem længere tid været varmt, solrigt og stille, og der optrådte en klarvandsperiode med meget lav biomasse. Allerede i begyndelsen af august skete der en hurtig opvækst af kiselalger (*Aulacoseira* spp.) og blågrønalger (*Microcystis botrys*) til årets biomassemaksimum på 39 mm³/l. Kiselalger og blågrønalger udgjorde da hhv. 74% og 26% af biomassen. Blågrønalgerne var i august domineret af den kolonidannende *Microcystis botrys* og i september af trådformede og kvælstoffikserende *Aphanizomenon*-arter.

Andelen af kiselalger aftog drastisk mod slutningen af august, men allerede i begyndelsen af september var kiselalgerne igen dominerende, og bevarede denne



Figur 6.1.1. Plante- og dyreplankton i Arreskov Sø 1989-94. Gennemsnitlig biomasse og procentvis sammensætning i sommerperioden 1. maj - 30. september.

dominans gennem hele efteråret. Der forekom således et efterårsmaksimum i begyndelsen af oktober på 12 mm³/l. De dominerende arter var *Aulacoseira* spp. i september og små, centriske kiselalger (<10 µm) i oktober-november.

I december var biomassen meget lav. Kiselalgerne *Aulacoseira* spp. og grønalgen *Chlorella* sp./*Dictyosphaerium subsolitarium* udgjorde hver ca. halvdelen af biomassen.

Artssammensætning

Der blev ialt registreret 92 arter/grupper af planteplankton i Arreskov Sø i 1994. Dette artsantal er på niveau med artsantallet for årene 1989-92 (95-109 arter), men markant større end artsantallet i 1993, hvor der kun blev registreret 59 arter/grupper.

I alt fandtes fra næringskrævende algegrupper 20 arter af blågrønalger, 6 arter af centriske kiselalger og 27 arter af chlorococcale grønalger. Artsantallet fra rentvandsgrupperne furealger, gulalger og koblingsalger var på ialt 11 arter, det højeste antal, der er registreret i perioden 1989-94.

Microcystis botrys er ny for Arreskov Sø. Det skyldes sandsynligvis, at arten først for nylig er blevet beskrevet så grundigt i litteraturen, at den kan adskilles fra den nært beslægtede *M. aeruginosa*. Tidligere registreringer af *M. aeruginosa* fra Arreskov Sø indeholder således efter al sandsynlighed en blanding af *M. botrys* og *M. aeruginosa* (Miljøbiologisk Laboratorium, 1995).

Sammenligning med planteplanktonet i 1989-93.

Planteplanktonets biomasse og sammensætning i sommerperioden i årene 1989-94 fremgår af figur 6.1.1 og bilag 9. De tilsvarende tal for den produktive periode fremgår ligeledes af bilag 9.

Både den gennemsnitlige og den maksimale biomasse var den laveste i perioden 1989-94. Den tendens til fald i den gennemsnitlige algebiomasse, der begyndte i 1990, blev således fastholdt i 1994. Andelen af blågrønalger faldt fra 92% i 1993 til 37% i 1994, og kiselalgerens andel steg samtidig fra 7% til 54%.

Som det fremgår af tabel 6.1.1, er det første gang i de år efter 1974, hvor der er foretaget undersøgelser af planteplanktonet, at blågrønalger ikke har været totalt dominerende i planteplanktonet. Der er således tale om en markant forbedring af forholdene i forhold til tidligere.

Tabel 6.1.1.

Planteplankton i Arreskov Sø 1974 - 1994. Middel- og maksimumbiomasse, blågrønalgernes gennemsnitlige andel af biomassen samt dominerende arter i sommerperioden (1/5-30/9).

	Sommerbiomasse mm ³ /l		% blå- grønalger	Dominerende arter
	Middel	Max		
1974	-	60	< 50	1) <i>Cosmarium bioculatum</i> 2) <i>Sphaerocystis</i> sp. 3) <i>Microcystis</i> spp.
1977				1) <i>Microcystis</i> spp. 2) <i>Anabaena flos-aquae</i> 3) <i>Aphanizomenon gracile</i>
1987	41	84	89	1) <i>Microcystis aeruginosa</i> 2) <i>M. wesenbergii</i>
1989	38	64	77	1) <i>Microcystis wesenbergii</i> 2) <i>Stephanodiscus/Cyclotella</i>
1990	33	63	76	1) Små kolonidannende blågrønalger 2) <i>Anabaena circinalis</i>
1991	28	61	51	1) <i>Anabaena flos-aquae</i> cf. <i>spiroides</i> 2) <i>Anabaena spiroides</i> var. <i>crassa</i>
1992	16	121	77	1) <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> 2) <i>Gloeotrichia echinulata</i>
1993	22	155	92	1) <i>Gloeotrichia echinulata</i> 2) <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
1994	8	39	37	1) <i>Aulacoseira</i> spp. (50%) 2) <i>Microcystis botrys</i> (18%)

6.2 Dyreplankton

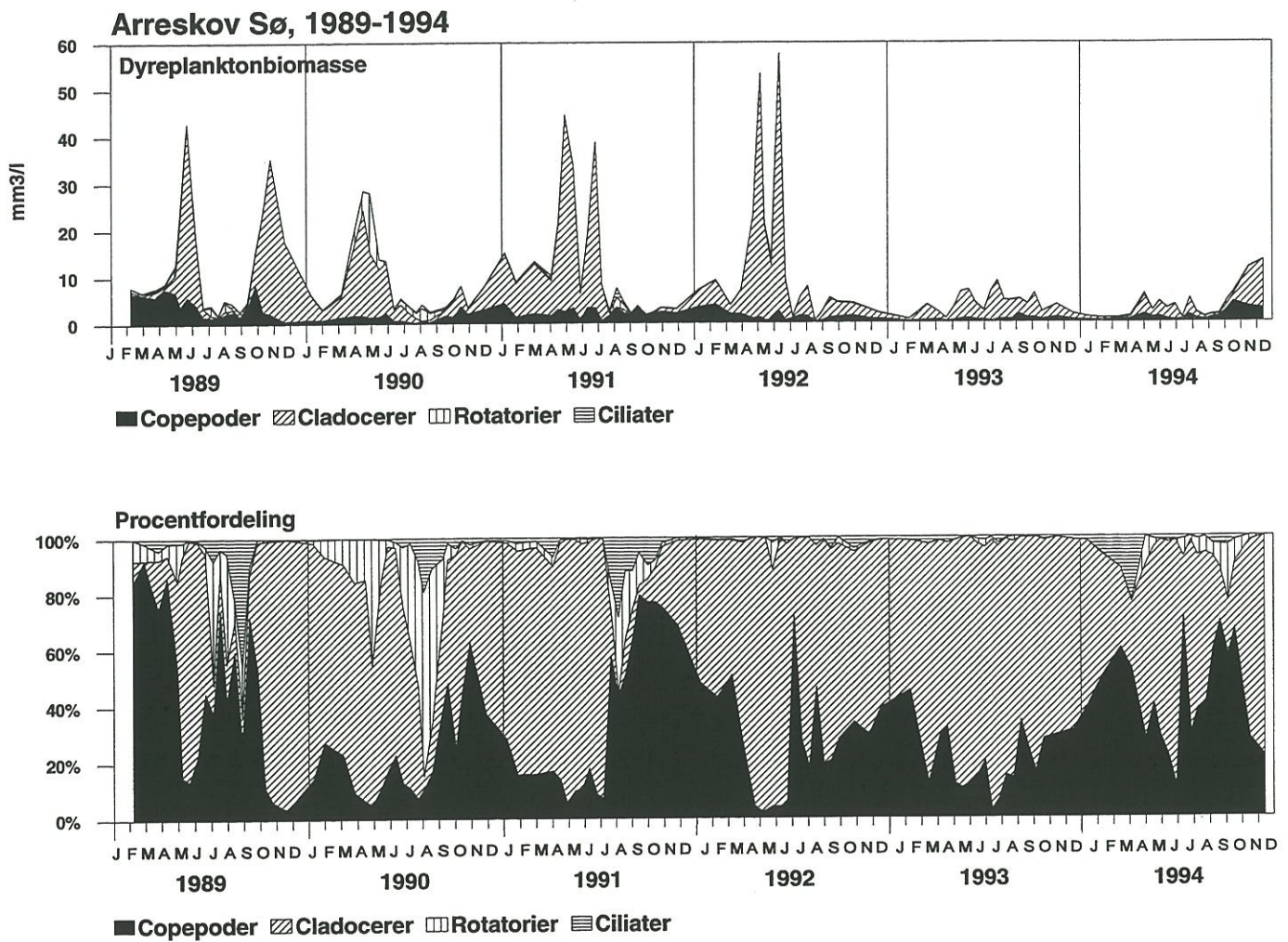
Sammenlignet med de tidligere år var dyreplanktonbiomassen lav i 1994. Den varierede mellem 0,9 mm³/l i februar og 13,2 mm³/l i december. Den gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse i sommerperioden var 2,9 mm³/l, se figur 6.1.1.

Den vigtigste dyreplanktongruppe var cladocerer, der dominerede gennem det meste af året, og udgjorde 61% af den totale, gennemsnitlige biomasse i sommerperioden. Copepoder udgjorde i denne periode 34%, rotatorier 4 % og ciliater 1%.

Dyreplanktonets biomasse og årstidsvariation 1994.

Dyreplanktonets biomasse og årstidsvariation i 1989-94 fremgår af figur 6.2.1. I det følgende beskrives hovedtrækkene i dyreplanktonets udvikling i 1994.

Biomassen var lav i årets første tre måneder, men bestod overvejende af store former af cladocerer (*Daphnia magna*) og copepoder (*Eudiaptomus gracilis*),



Figur 6.2.1
Volumenbiomasse og relativ sammensætning af dyreplanktonet i Arreskov Sø, 1989-1994.

som er effektive græssere.

Igennem februar og marts steg betydningen af ciliater, og i starten af april opnåede ciliaterne deres højeste biomasse. De udgjorde på dette tidspunkt 23% af den totale biomasse. Igennem april skete derefter en betydelig opvækst af cladocerer (*Daphnia pulex*), som kunne ernære sig af det betydelige forårsmaksimum af kiselalger.

I starten af maj forekom sommerens højeste biomasse på 6,2 mm³/l. Dette skyldtes først og fremmest en stor biomasse af cladocerer (primært *Daphnia magna* og *D. pulex*). Rotatoriernes og copepodernes biomasse var ligeledes øget. Rotatoriernes biomasse skyldtes overvejende forekomsten af *Keratella quadrata* og *Asplanchna priodonta*. Copepodernes vækst skyldtes et stort antal af både calanoide og cyclopoide copepoditer.

Igennem maj, juni og det meste af juli var store dafniearter dominerende i planktonet. Midt i maj dominerede *Daphnia pulex*, og gennem det meste af perioden fra slutningen af maj til slutningen af juli var *Daphnia magna* den altdominerende art. Kun under biomasseminimum midt i juli var *D. magna* fåtallig, og dominansen overtaget af små copepoder (cyclopoide copepoditer og nauplier og calanoide copepoditer).

I august og september var biomassen af dyreplankton lav. De store *Daphnia*-arter var stort set forsvundet fra planktonet. Cladocererne var dog stadig dominerende i august (*Diaphanisoma brachyurum*), men i september skiftede dominansen til copepoder, især calanoide copepoditer.

Fra starten af oktober og året ud steg biomassen til årets højeste værdi (13,2 mm³/l), som opnåedes midt i december.

Stigningen skete først for de calanoide copepoder, især *Eudiaptomus gracilis*, men i november og december skyldtes de høje biomasser forekomsten af cladocerer, der udgjorde 70-78% af biomassen. De dominerende arter var *Bosmina longirostis* i november og *Daphnia hyalina* i december. De for årstiden høje vandtemperaturer i november-december (6-7 °C) kan have medvirket til dyreplanktonets gode vækst.

Sammenligning med dyreplanktonsamfundet 1989-93.

Dyreplanktonets biomasse og sammensætning i sommerperioden i årene 1989-94 fremgår af figur 6.2.1 og bilag 9. De tilsvarende tal for den produktive periode fremgår ligeledes af bilag 9. De dominerende dyreplanktonarter i sommerperioden fremgår af tabel 6.2.1.

Dyreplanktonets gennemsnitlige biomasse i sommerperioden var meget lav i 1994. Den maksimale biomasse var også lav i 1994, og maksimum blev i modsætning til de tidligere år fundet i december.

Artssammensætningen mindede om den, der blev fundet i 1993 (hvor den var anderledes end de tidligere år). Tidligere har *Daphnia hyalina/galeata* domineret,

men i sidste halvdel af 1992, i 1993 og indtil sommeren 1994 udgjorde *Daphnia magna* og *Daphnia pulex* en meget væsentlig del af biomassen. Sidst i 1994 var *Daphnia hyalina* igen dominerende - endda med en meget høj biomasse i december.

Copepodernes biomasse var lidt større i 1994 end i 1993 og udgjorde en væsentligt større andel af biomassen. Rotatorier og ciliater udgjorde kun en lille del af biomassen.

Den markante udvikling fra dominans af *Daphnia hyalina/galeata* og bosminer i 1989-92 til store dafnie-arter (*Daphnia magna* og *D. pulex*) hænger sammen med, at fiskenes prædationstryk overfor dyreplankton har været lavt fra efteråret 1992 til sommeren 1994. Det observerede skift fra *Daphnia magna* til *Daphnia hyalina* sidst i 1994 kan skyldes, at prædationstrykket igen er på vej op.

Tabel 6.2.1
 Dominerende dyreplanktonarter i sommerperioden i Arreskov Sø, 1989-94.

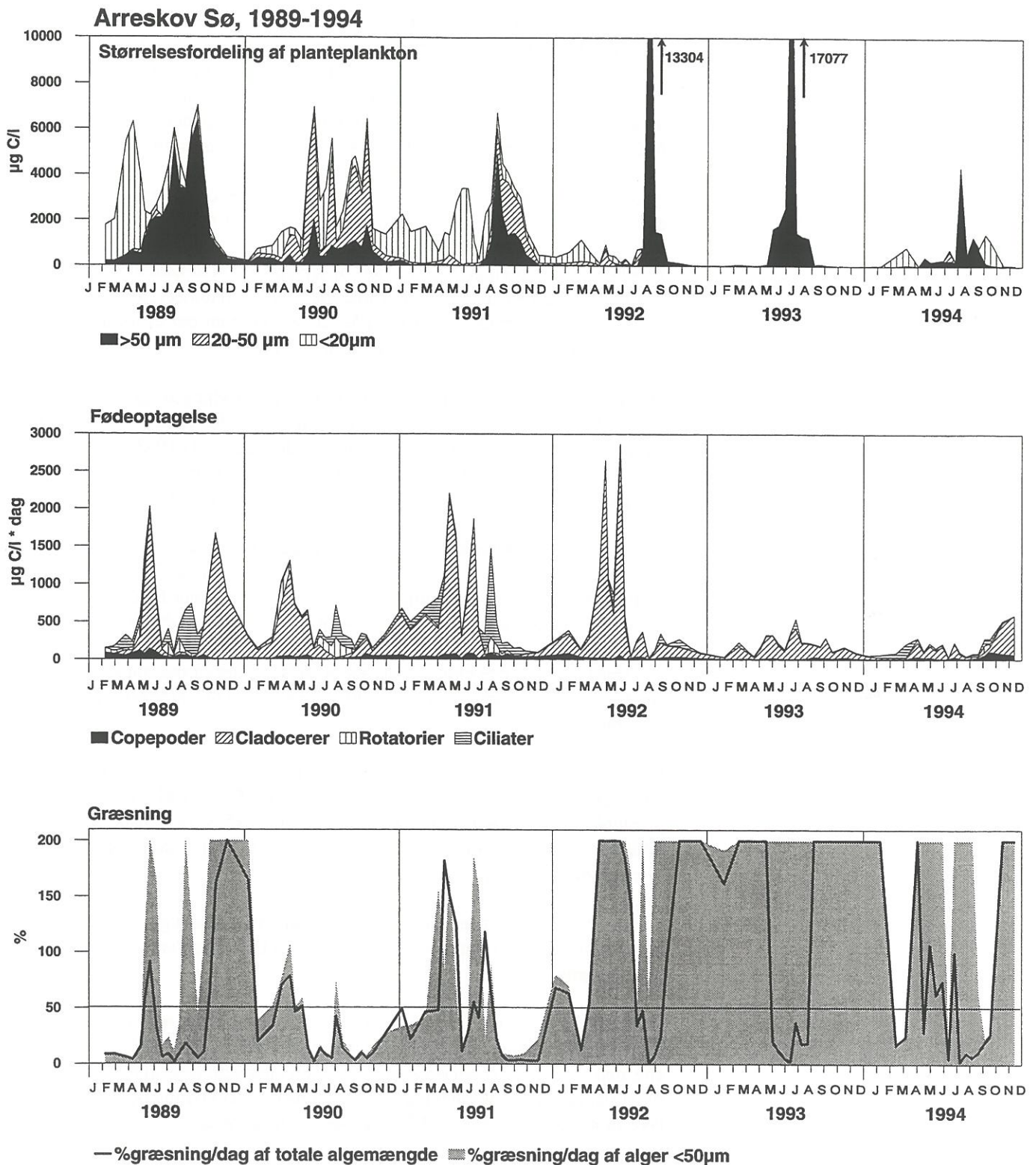
	Sommerbiomasse, mm ³ /l	Dominerende arter	% af biomasse
1989	11,4	1) <i>Bosmina longirostris</i> 2) <i>Daphnia galeata</i> 3) <i>Eudiaptomus gracilis</i>	31 25 16
1990	6,7	1) <i>Daphnia galeata</i> 2) <i>Asplanchna priodonta</i> 3) <i>Filinia longiseta</i>	38 17 4
1991	13,8	1) <i>Daphnia galeata</i> 2) <i>Bosmina coregoni</i> 3) <i>Eudiaptomus gracilis</i>	33 33 16
1992	13,8	1) <i>Daphnia hyalina/galeata</i> 2) <i>Eudiaptomus gracilis</i> 2) <i>Daphnia pulex</i>	85 4 3
1993	5,2	1) <i>Daphnia pulex</i> 2) <i>Daphnia magna</i> 3) Calanoide copepoditter	47 37 6
1994	2,9	1) <i>Daphnia magna</i> 2) Calanoide copepoditter 3) <i>Daphnia pulex</i>	40 16 11

Græsning.

Dyreplanktonets græsning på planteplanktonet kan være en af de vigtigste faktorer, der regulerer mængden af planteplankton. Samtidig er populationen af dyreplankton afhængig af et godt fødegrundlag i form af planteplankton af en passende kvalitet og størrelse.

De filtrerende dyreplanktonarter optager mest effektivt partikler mindre end 50 µm (Hansen m.fl., 1992). Derfor er størrelsesfordelingen af planteplanktonet af stor betydning. Denne er vist på figur 6.2.2.

Dyreplanktonets fødeoptagelse, og dermed dyreplanktonets potentielle græsning på planteplanktonet er ligeledes vist på figur 6.2.2 (beregningen af fødeoptagel-



Figur 6.2.2

Størrelsesfordeling af planteplanktonet og fødeoptagelse hos dyreplanktonet, samt % græsning per dag af totale algebimasse og % græsning per dag af små alger <50 μm . Algebimasse er omregnet til kulstofenheder under antagelse af, at algerne har et kulstofindhold på 11% (for furealger med panser dog 13%) af vådvægten. For overskuelighedens skyld er græsningsrater >200% sat til 200%.

sen fremgår af bilag 1). Opgørelsen er usikker, og da dyreplanktonet kan leve af andet end alger, f.eks. bakterier, kan den beregnede fødeoptagelse kun betragtes som retningsgivende for, om dyreplanktonet har mulighed for at regulere mængden af planteplankton. Som "tommelfingerregel" gælder, at dyreplanktonet er i stand til at regulere algemængden, når den daglige fødeoptagelse er mere end halvt så stor som algebiomassen.

Nederst på figur 6.2.2 er vist dyreplanktonets daglige fødeoptagelse, som procent af både den totale algebiomase, og af biomassen af alger < 50 µm.

I 1994 var mængden af både plante- og dyreplankton beskeden frem til starten af august, og dyreplanktonet kontrollerede planteplanktonet i stort set hele denne periode. I modsætning til det foregående år fremkom der et forårsmaksimum af kiselalger, men det blev dog holdt på et lavt niveau.

Daphnia magna var (sammen med *D. pulex*) den vigtigste græsser helt frem til juli. I starten af august forsvandt *D. magna* fra planktonet, og kom derefter (stort set) ikke igen. Dette forløb var helt anderledes end i 1993, hvor *D. magna* også dominerede planktonet i efteråret. Denne forskel mellem de to år skyldes antagelig prædation fra opvoksede fiskeyngel - se følgende afsnit.

En kortvarig opblomstring af blågrønalgerne *Anabaena mendotae* og *Aphanizomenon* spp. midt i juli, var tilsyneladende udenfor dyreplanktonets kontrol, men allerede i slutningen af juli var dette algesamfund brudt sammen, og søen fremstod med få alger og meget klart vand (sigtdybde 2,95 m).

Algerne kan dels være blevet nedgræsset, dels kan det varme, stillestående vand, den kraftige solindstråling og det lave fosforindhold i denne periode have stoppet algernes vækst.

Igennem august og september var dyreplanktonets biomasse og fødeoptagelse lave. Dette skyldtes dels, at prædationen fra fiskeyngel var stor, dels at planteplanktonet næsten udelukkende bestod af store "uspiselige" arter: trådformede kiselalger af slægten *Aulacoseira* spp. samt blågrønalgerne *Microcystis botrys* og *Aphanizomenon* spp.

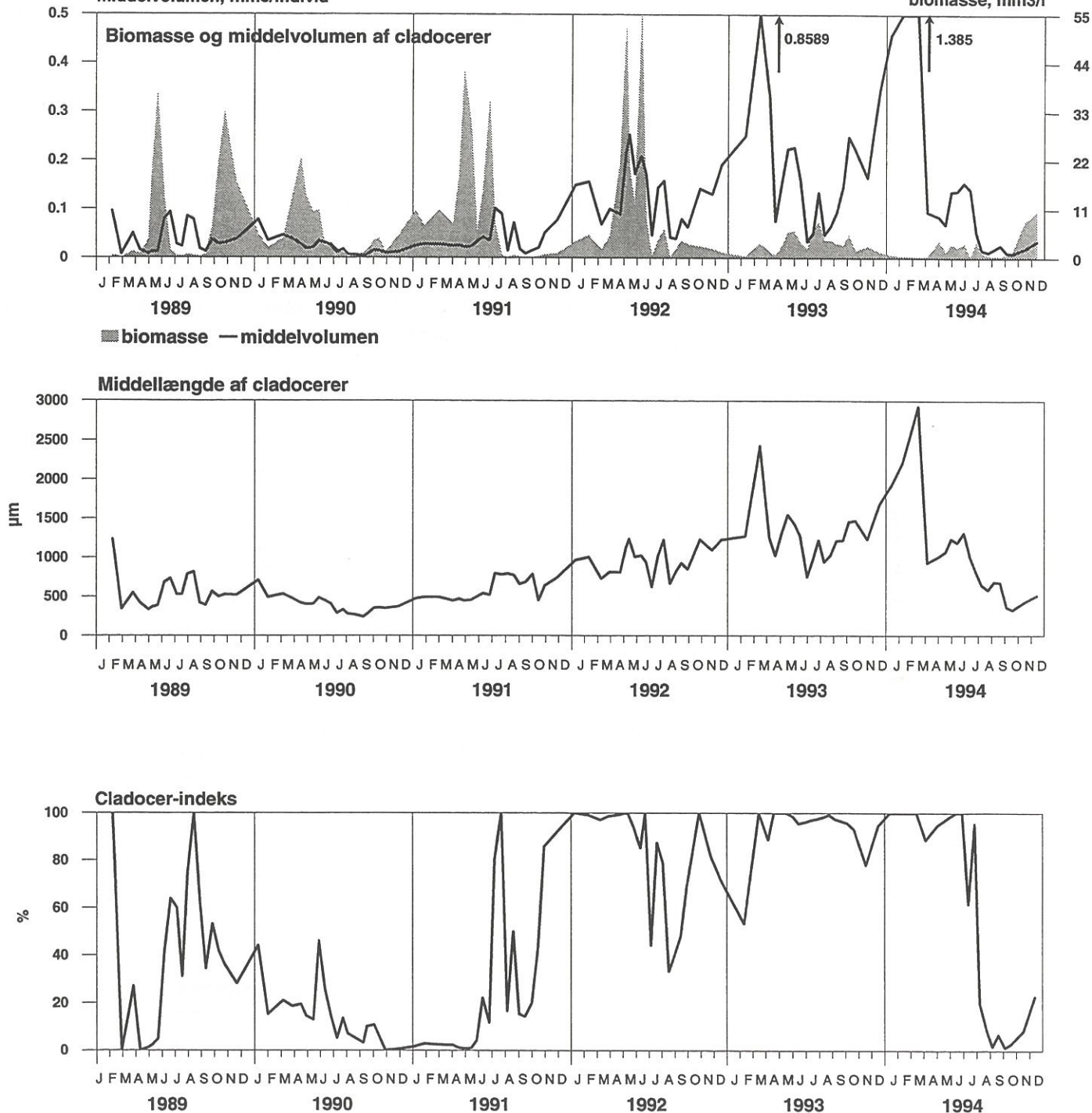
I oktober opstod et efterårsmaksimum af små kiselalger, men med den opvoksede biomasse af cladocerer sidst på året fik dyreplanktonet igen kontrol over algerne.

Det fremgår endvidere af figur 6.2.2, at dyreplanktonets anslåede daglige fødeoptagelse det meste af tiden fra foråret 1992 til august 1994 var langt større end den umiddelbart spiselige del af algebiomassen, dvs. alger < 50µ. Dette tyder på, at dyreplanktonet har været fødebegrænset i denne periode, og at den lave biomasse fra efteråret 1992 skyldes fødebegrænsning.

Arreskov Sø, 1989-1994

middelvolumen, mm³/individ

biomasse, mm³/l



Figur 6.2.3

Cladocerenes samlede biomasse og gennemsnitlige individstørrelse samt cladocer-indeks i Arreskov Sø, 1989-1994.

Prædation

Fisk, som lever af dyreplankton, spiser fortrinsvis de større former af cladocerer og calanoide copepoder i søvandet. I søer, hvor fiskenes prædation på dyreplanktonet er stor, vil mindre dyreplanktonformer derfor typisk blive dominerende. Tilsvarende findes længerevarende dominans af store dafnier kun, hvis fiskenes prædation er meget lille.

Dyreplanktonets, og specielt cladocerernes gennemsnitsstørrelse kan derfor være en værdifuld hjælp ved vurdering af, i hvor høj grad dyreplanktonpopulationen er påvirket af prædation.

På figur 6.2.3 er vist cladocerernes totale volumen og middelvolumenet pr. individ i perioden 1989-94. Endvidere er cladocerernes middellængde vist. Figuren viser dermed, hvornår de store hhv. de små cladocerer har domineret dyreplanktonet.

Da de store cladocernæsten alle tilhører slægten *Daphnia*, kan andelen af store cladocerer også udtrykkes ved det såkaldte cladocer-indeks, der angiver antallet af individer af *Daphnia*-arter imod det totale antal individer af cladocerer. Dette indeks er ligeledes vist på figur 6.2.3.

Figuren viser, at de store dafnier har domineret fra efteråret 1991, gennem det meste af 1992-1993 og frem til august 1994. Den meget store middellængde i marts måned 1994 skyldes *D. magna*, som på dette tidspunkt var meget stor, og næsten enerådende i planktonet. De lave middellængder fra august 1994 og året ud skyldes dominans af de små cladocerer *Diaphanosoma brachyurum* og *Bosmina longirostris*.

Dette billede kan tages som udtryk for, at prædationen fra planktonædende fisk i 1994 har været meget lille frem til slutningen af juli, men derefter ganske betydende. I overensstemmelse hermed viste fiskeundersøgelsen i starten af august, at brasen havde haft en overordentlig god reproduktionssucces. Årsyngelens skønnede mængde var således mere end 4 gange større end, hvad der tidligere er fundet i danske søer.

Året ud var dyreplanktonet præget af den betydelige prædation, og først i december blev større cladocerer (*Daphnia hyalina*) dominerende i planktonet.

Det ser altså ud til, at perioden med meget lav fiskeprædation og dominans af store cladocerer, som startede i slutningen af 1991 ophørte i slutningen af juli 1994. Den fremtidige udvikling i søen vil derfor i høj grad afhænge af, hvordan fiskebestanden udvikler sig.

6.3 Fiskebestand/biomanipulation

6.3.1. Fiskebestanden i 1994

I august 1994 blev der gennemført en fiskeundersøgelse efter "normalprogrammet" i Arreskov Sø (Fiskeøkologisk Laboratorium, 1994). Resultaterne fra denne undersøgelse er i tabel 6.3.1 sammenstillet med resultaterne fra en tilsvarende undersøgelse i 1992 (Fiskeøkologisk Laboratorium, 1993).

Tabel 6.3.1
Den samlede fangst ved fiskeundersøgelserne i 1992 og 1994.

	1992				1994			
	Antal	%	Vægt, kg	%	Antal	%	Vægt, kg	%
Brasen	351	3	69,659	68	12365	74	40,934	33
Skalle	856	7	4,849	5	617	4	20,758	17
Aborre	2526	21	13,335	13	2971	18	55,492	44
Hork	7923	66	10,672	10	513	3	1,208	1
Sandart	219	2	3,228	3	284	2	3,340	3
Rudskalle	34	0,3	1,100	1,1	5	0,03	0,955	0,8
Ål	8	0,1	0,208	0,2	27	0,2	0,713	0,6
Gedde	0	0	0,0	0	3	0,01	1,367	1
Totalt	11917	100	103,051	100	16785	100	124,768	100

Den samlede fangst i 1994 var en smule større end i 1992, og antalmæssigt helt domineret af årets yngel af brasen. Vægtmæssigt var aborrer dominerende.

Fiskene havde haft usædvanlig gode vækstforhold i søen siden 1992, hvilket blev afspejlet i, at især aborre, men også brasen, skalle og rudskalle havde en kondition (vægt i forhold til længde), som var væsentligt højere end normalt for danske søer. Til gengæld var størstedelen af de store brasener forsvundet.

Det vurderes endvidere, at fiskenes konsumtion på dyreplanktonet var blevet tredoblet fra 1993 til 1994, især som følge af den store mængde brasenyngel. (Fiskeøkologisk Laboratorium, 1994). Desuden var der sket en kraftig forøgelse af aborrernes rov på årsyngelen i 1994. Til gengæld var konsumtionen af bunddyr faldet.

Resultaterne af fiskeundersøgelsen er nærmere behandlet i Fiskeøkologisk Laboratorium (1994). Her skal blot nævnes de vigtigste forhold vedrørende de enkelte arters udvikling 1992-1994.

Brasen

I 1992 var brasenbestanden vægtmæssigt helt domineret af store fisk, og årsyngelens biomasse var moderat. Frem til 1994 var 90% af de store brasener forsvundet, mens de resterende brasener havde forøget gennemsnitsvægten med 50%. Der blev ikke fanget et- og to-årige brasener i 1994, så årgangene fra 1992 og 1993 er tilsyneladende helt væk eller meget svage.

Braserne har dog haft en helt utrolig reproduktionssucces i 1994, idet

årsyngelens skønnede mængde i august (ca. 2 pr. m²) var mere end 4 gange større, end hvad der tidligere maksimalt er fundet ved undersøgelser i 100 danske søer.

Den store dødelighed blandt de store brasener fra august 1992 til august 1994 skyldes antagelig svækkelse i forbindelse med høj vandtemperatur og periodevis lav iltmætning. Den høje vandtemperatur har skabt gode forhold for virus og bakterier, som sammenholdt med en fremskreden alder hos en del af bestanden kan have skabt alvorlige infektionstilstande.

Skalle

Skallebestanden var i 1992 domineret af årsyngel, som udgjorde ca. halvdelen af bestandens biomasse. De ældre skaller var kun sparsomt repræsenteret med overvejende 1 og 2 år gamle skaller. I 1994 var mængden af årsyngel væsentligt mindre, men 1992 årgangen havde haft en usædvanlig god tilvækst.

Aborre

I 1992 var aborrebestanden både antalmæssigt og vægtmæssigt helt domineret af årsyngel, som udgjorde 98% af antallet og 85% af biomassen af aborrrer, og der blev ikke fanget aborrrer ældre end 2 år.

Frem til 1994 har vækstforholdene været usædvanlig gode, og gennemsnitsvægten i august 1994 for de et- og toårige aborrrer var henholdsvis 2 og 5 gange større end i 1992. Den samlede biomasse af aborrrer var næsten 4-doblet i perioden. 1993- årgangen var svagt repræsenteret i fangsten.

Ål

Ålbestanden er helt afhængig af de årlige udsætninger, der har fundet sted siden 1962. Bestanden var blevet voldsomt reduceret forud for undersøgelsen i 1992, og også de udsatte ål i 1993 synes at have haft en begrænset overlevelse. I 1994 synes de udsatte ål at have haft en god overlevelse, og undersøgelsen tyder på, at tilvæksten hos ålene er god i forhold til de fleste andre danske søer.

Hork

Horkbestanden var meget talrig i 1992. I perioden frem til 1994 blev bestanden reduceret med ca. 84% i antal og 75% i vægt.

Gedde

Geddebestanden er nærmere omtalt under afsnittet om geddeudsætninger.

Sandart

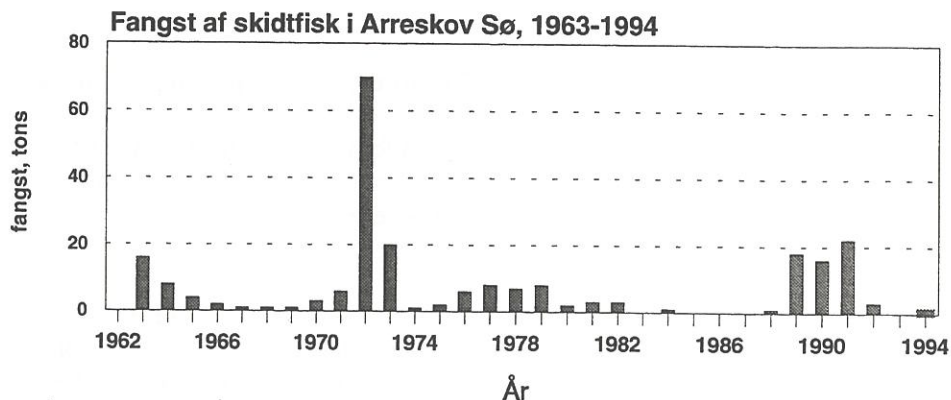
Mængden af sandart har ikke ændret sig afgørende fra 1992 til 1994. I lighed med en lang række andre søer synes overlevelsen af yngelen til etårige sandarter at være meget ringe. Der findes dog en mindre bestand af rovlevende sandart.

6.3.2. Biomanipulation

Fangst af skidtfisk

Siden 1963 har der været drevet et intensivt erhvervsfiskeri i Arreskov Sø. Fiskeriets økonomiske grundlag er ålefangsten, men i forbindelse med denne er der gennem flere år blevet fjernet større eller mindre mængder af "skidtfisk" - skaller og brasen. De opfiskede mængder fremgår af figur 6.3.1.

Figur 6.3.1.
Erhvervsfiskerens fangst af skaller og brasen i Arreskov Sø, 1963-94.



Det fremgår af figuren, at de bortfiskede mængder har varieret stærkt fra år til år. De største fangster forekom i 1972-73 og 1989-91, idet der i disse perioder blev fjernet hhv. 90 tons og 56 tons skaller og brasen fra søen.

Efter den omfattende fiskedød i 1991/92 har fangsten af skidtfisk (og ål!) i søen været minimal.

Udsætning af geddeyngel

Fyns Amt udsatte i maj 1993 15.000 stk. geddeyngel i Arreskov Sø med det formål at begrænse opvæksten af dyreplanktonædende småfisk.

For at vurdere geddernes vækst gennemførtes i september samme år en elbefiskning langs 4 af de 6 strækninger, der blev anvendt ved fiskeundersøgelsen i 1992 (Fiskeøkologisk Laboratorium, 1993). Ved dette fiskeri blev der fanget 11 gedder med længder på 26-31 cm. Disse gedder vurderes at stamme fra udsætningen, og havde altså haft en imponerende tilvækst. Ved fiskeundersøgelsen i august 1994 blev der fanget 3 gedder på omkring 40 cm, som også antages at stamme fra denne udsætning. På trods af en god tilvækst for de enkelte gedder, har geddebestanden således næppe forøget sin biomasse gennem 1994, da dødeligheden tilsyneladende har mere end opvejet tilvæksten.

Effekt af geddeudsætningen

For både brasen, skaller og aborrer var 1993-årgangen meget svagt repræsenteret ved fiskeundersøgelsen i 1994. Dette kan skyldes geddeudsætningen, men også

de ekstreme klimatiske forhold i foråret 1993, hvor en varmere rekord i april/maj blev efterfulgt af en kølig sommer (Fiskeøkologisk Laboratorium, 1994). Geddebestanden var kraftigt decimeret i slutningen af september 1993, men da dødeligheden igennem de foregående måneder ikke er kendt, er det ikke muligt at vurdere, hvor meget udsætningen af geddeyngel i sig selv har betydet. Geddeudsætningen har dog i et vist omfang medvirket til at mindske mængden af opvoksede årsyngel. Da det imidlertid kun er en meget lille del af de udsatte gedder, der har overlevet frem til 1994, er "langtidsvirkningen" af udsætningen i form af en generelt øget geddebestand i søen - meget begrænset.

Fremtidig fiskepleje/biomanipulation

For at forhindre/forsinke en tilbagevenden til en tilstand med mange dyreplanktonædende fisk i Arreskov Sø har Fyns Amt planer om at regulere fiskebestanden således:

- 1) **Opfiskning af brasen.** Der er truffet aftale med erhvervsfiskeren om fortsat at fiske efter brasen og skaller i bundgarn. Endvidere gennemføres et særligt bekæmpelsesfiskeri efter brasen i gydeperioden. Fangsterne registreres.
- 2) **Udsætning af geddeyngel.** Der udsættes ca. 30.000 stk. geddeyngel i maj/juni 1995.

Fiskebestandens udvikling, herunder resultatet af biomanipulationen, vurderes ved gennemførelse af en fiskeundersøgelse efter normalprogrammet i august 1995. Undersøgelsen suppleres med ekstra elektrobefiskninger for bedre at kunne følge geddernes vækstforhold og dødelighed.

6.4. Vegetation

Undervandsvegetationen i Arreskov Sø blev undersøgt ved en såkaldt områdeundersøgelse i perioden 15. - 24. august 1994. Formålet med denne var at kortlægge undervandsvegetationens generelle udbredelse. Endvidere blev vegetationen mere grundigt beskrevet langs 7 transekter. Sidste del af undersøgelsen afrapporteres ikke her, men vil blive beskrevet i et særskilt notat. Søens rørsump blev undersøgt den 24. august og 7. september 1994, hvor dybdegrænsen og de dominerende arter blev registreret.

Rørsump

Arter

De vigtigste registrerede arter fra rørsumpen fremgår af tabel 6.4.1, der endvidere viser dybdegrænsen for visse af arterne.

Rørsumpens altdominerende plante var *Tagrør*. De fleste steder udgjorde disse

Tabel 6.4.1

Registrerede arter i rørsumpen i Arreskov Sø, august 1994. Dybdegrænser er angivet for udvalgte arter.

Art	Dybdegrænse, m
Alm. Tagrør (<i>Phragmites australis</i> Trin.ex.Steudel.)	0,4-0,9
Smalbladet Dunhammer (<i>Typha angustifolia</i> L.)	0,7-1,0
Grenet Pindsvineknop (<i>Sparganium erectum</i> L.)	0,2
Søkogleaks (<i>Scirpus lacustris</i> L.)	0,4-1,2
Strandkogleaks (<i>Scirpus maritimus</i> L.)	0,4
Lysesiv (<i>Juncus effusus</i> L.)	-
Dyndpadderok (<i>Equisetum fluviatile</i> L.)	-
Alm. Sumpstrå (<i>Eleocharis palustris</i> Roemer & Schultes)	-
Bittersød Natskygge (<i>Solanum dulcamara</i> L.)	-
Gifttyde (<i>Cicuta virosa</i> L.)	-
Kattehale (<i>Lythrum salicaria</i> L.)	-
Sværtævæld (<i>Lycopus europaeus</i> L.)	-
Vandmynte (<i>Mentha aquatica</i> L.)	-
Hjortetrøst (<i>Eupatorium cannabinum</i> L.)	-
Gul Iris (<i>Iris pseudacorus</i> L.)	-
Lådden Dueurt (<i>Epilobium hirsutum</i> L.)	-
Gærdesnerle (<i>Calystegia sepium</i> L.)	-
Rørgræs (<i>Phalaris arundinacea</i> L.)	-
Brøndsøl sp. (<i>Bidens</i> sp.)	-
Vandskræppe (<i>Rumex hydrolapathum</i> Hudson)	-
Star spp. (<i>Carex</i> spp.)	-

planter tætte, kraftige bestande med en højde på 2,5 til 3,5 meter. Udenfor tagrørsbæltet voksede mange steder i nord-, vest- og sydenden af søen et smalt bælte af *Smalbladet Dunhammer*.

Flere steder på vestbredden havde rørsumpen karakter af hængesæk, hvor den yderste del af rørsumpen var flydende. Bevoksningen af *Tagrør* var her mere spredt og der forekom et betydeligt indslag af *Smalbladet Dunhammer*, *Lådden Dueurt*, og ofte *Bittersød Natskygge*, *Gifttyde*, *Kattehale*, *Sværtævæld*, *Agersnerle*, *Gul Iris* samt evt. Pil eller El. Hist og her var der bestande af *Søkogleaks*, og i den nordlige del af søen fandtes *Strandkogleaks*.

Udbredelse

Rørsumpen var på østbredden af begrænset bredde, typisk 3-10 m. Her var dybdegrænsen typisk 0,5-0,9 m.

På vestbredden og i den sydligste del af søen var rørsumpen ofte noget bredere, 25-40 m, og det var også her, der fandtes "hængesæk". Søbunden var mange steder blød helt ind til rørkanten, men der fandtes dog også partier og grunde med stenet bund. Dybdegrænsen for rørsumpen var her mere variabel, typisk 0,5-1,0 m. Rørsumpen blev de fleste steder afgrænset ind mod land af skov/moseområder.

Rørsumpen dækker i størrelsesordenen 4% af søens totale overfladeareal.

Flydebladsvegetation

Af flydebladsvegetation blev der kun registreret *Korsandemad* hist og her, især i opskyl.

Undervandsvegetation

Sigtddybden i Arreskov Sø var høj både i 1992, 1993 og 1994, og de gode lysforhold i søen havde givet vegetationen gode udviklingsmuligheder. Fra 1992 til 1993 havde vegetationen således spredt sig betydeligt, og der blev da også allerede i starten af juli 1994 konstateret en udbredt vegetation i flere områder af søen. Den 8. august blev der imidlertid fundet store måtter af løstliggende vegetation langs rørskovene, og da vegetationsundersøgelsen fandt sted i slutningen af august, viste det sig, at en stor del af vegetationen allerede var revet op og skyllet sammen i rørkanten. Resultaterne af undersøgelsen giver altså ikke noget godt billede af, hvor udbredt vegetationen har været gennem sommeren. At dømme efter de tykke måtter af sammenfiltrede planter, der blev fundet både i starten af august og senere, har vegetationen antagelig haft en udbredelse og tæthed, der er flere gange større end den registrerede.

I forbindelse med undersøgelsen af undervandsvegetationen er søen opdelt i en række delområder. Disse fremgår af figur 6.4.1.

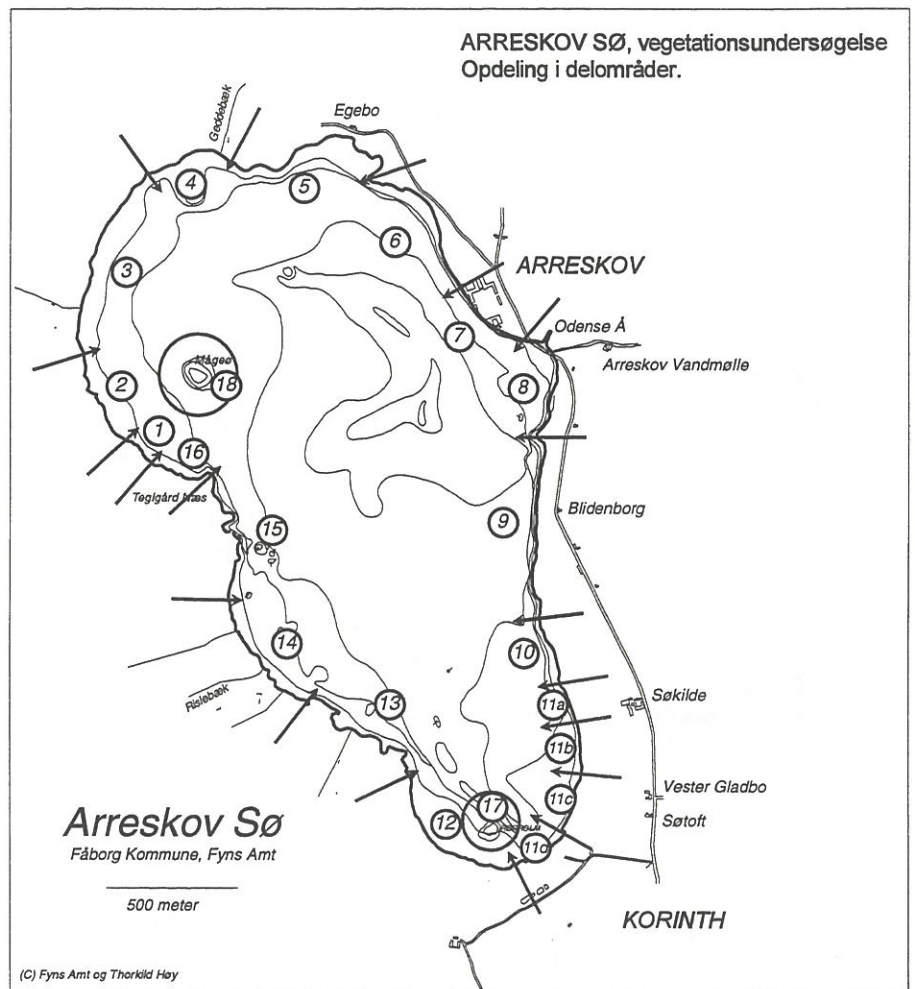
De registrerede arter ved undersøgelserne i 1993 og 1994 og arternes dybdegrænse (hvor den er registreret) fremgår af tabel 6.4.2. Både artsantallet og dybdeudbredelsen af undervandsplanter var større i 1994 end i 1993.

Tabel 6.4.2
Registrerede arter af undervandsplanter i Arreskov Sø ved vegetationsundersøgelser i 1993 og 1994.

Art	1993		1994	
	Registre- ret	Dybdegr., m	Registre- ret	Dybdegr., m
Stillet Vandkrans (<i>Zannichellia palustris</i> ssp. <i>pedicellata</i>)	x	1,5	x	1,65
Børsteblandet Vandaks (<i>Potamogeton pectinatus</i>)	x	0,2	x	1,05
Liden Vandaks (<i>Potamogeton berchtoldii</i>)			x	1,05
Art(er) af Kransnål (<i>Chara</i> spp.)	x	-	x	1,0
Skør Kransnål (<i>Chara globularis</i> v. <i>globularis</i>)	x	-	x	1,0
Stor Kransnål (<i>Chara vulgaris</i>)			x	-
Tornfrøet Hornblad (<i>Ceratophyllum demersum</i>)			x	0,55
Art af Rørhinde (<i>Enteromorpha</i> sp.)	x	1,2	x	-
Dusk-vandhår (<i>Cladophora</i> sp.)			x	-
Slimtråd (<i>Spirogyra</i> sp.)			x	-
Samlet artsantal	5		10	
Total dybdegrænse, m	1,5		1,65	

Figur 6.4.1

Inddeling af Arreskov Sø i delområder i forbindelse med undersøgelsen af søens undervandsvegetation.



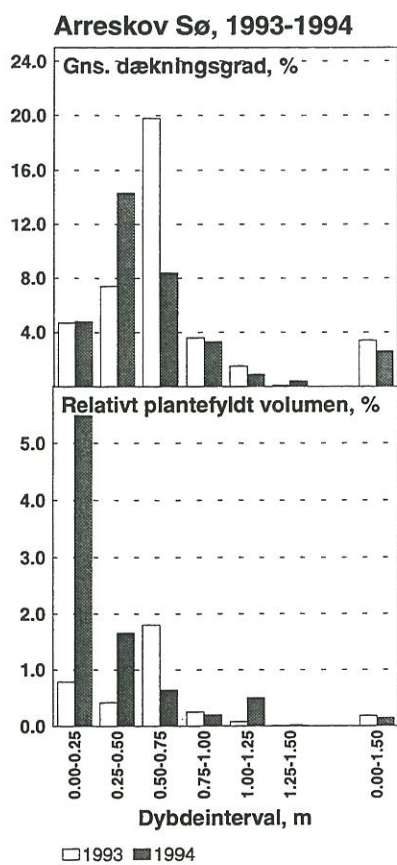
Arter

Den mest udbredte art var ligesom i 1993 *Stilket Vandkrans*, idet den var repræsenteret i alle de områder, hvor der blev fundet planter. Den var ofte meget lav (4-6cm), spinkel og spredtvoksende på lavt vand, men kunne på større dybder være lidt større og tættere.

Som noget nyt i forhold til 1993, var *Liden Vandaks* almindelig i flere områder, specielt i den nordlige del af søen (delområderne 3-6), og arten optrådte også hyppigt i opskyl. Arten var dominerende i den nordlige del af område 3, og i område 5 udgjorde den hovedmængden af opskyllet.

Børstebladet Vandaks er registreret i søen før, men ikke med så stor udbredelse som i 1994. Denne art var også mest udbredt i den nordlige del af søen (delområderne 3, 5 og 6), bl.a. var der en stor forekomst i den nordlige bugt (delområde 5) på lavt vand, hvor der ikke tidligere er registreret vegetation af nogen art. Endvidere forekom den i betydelig mængde mod sydøst udfor "Hesteengen" ved Søkilde (delområde 10), hvor den også blev registreret i 1989 og 1993, men ikke i 1992. Udbredelsen var dog betydelig større end tidligere.

Børstebladet Vandaks, der er en meget variabel plante, fandtes oftest som små,



Figur 6.4.2. Undervandsplanternes dækningsgrad og det relative plantefyldte volumen i Arreskov Sø, 1993 og 1994.

ca. 10 cm høje eksemplarer, men også som meget kraftige planter - op til 40 cm høje.

Kransnålgælder blev fundet i stort tal. Der er antagelig altovervejende tale om *Skør Kransnål* (*Chara globularis* var. *globularis*), men i mange tilfælde er kransnålgælderne blot registreret som *Chara* sp. I den nordvestlige del af søen (delområde 3) forekom endvidere nogle store eksemplarer af *Stor Kransnål* (*Chara vulgaris*).

Kransnålgælderne voksede især i den nordlige del af søen (delområde 2-6 samt ved Mågeø, delområde 18). I de nordligste delområder (3-5) fandtes kransnålgælderne over stort set hele området på dybder ud til ca. 1 meter. Ud for engen nord for Arreskov (delområde 6) voksede de hist og her i tætte, lave bestande. I den nordlige vig (delområde 5) fandtes betydelige mængder i opskyl.

Tornfrøet Hornblad blev kun fundet i meget få eksemplarer i søens nordvestlige del (delområde 2 og 3).

Rørhinde (*Enteromorpha* sp.) var ligeledes sparsomt udbredt, og blev kun fundet i søens nordvestlige hjørne og ved Mågeø, delområde 4 og 18. Specielt ved Mågeø fandtes sammen med *Rørhinde* også andre trådalger, især *Spirogyra*.

Slimtråd (*Cladophora*) voksede især på stenene på lavt vand ved Mågeø.

Udbredelse

Undervandsplanternes samlede dækningsgrad og det relative plantefyldte volumen i 1993 og 1994 fremgår af figur 6.4.2. I bilag 10 er samleresultaterne fra undersøgelsen i 1994 anført.

Både planternes totale dækningsgrad og det relative plantefyldte volumen var mindre i 1994 end i 1993. Dette var som ovenfor nævnt først og fremmest et resultat af, at en meget stor del af planterne på undersøgelsestidspunktet var blevet løsrevet fra deres voksesteder. Resultatet er derfor ikke et reelt udtryk for undervandsplanternes betydning de to år.

På dybder ud til 0,5 meter var planternes udbredelse i 1994 større end det foregående år. Det er sandsynligt, at de planter, der har løsrevet sig fortrinsvis har vokset på større dybder, hvor sedimentet er mere blødt. Årsagen til den massive løsrivelse af planterne kan nemlig meget vel have været, at omsætningen og gasproduktionen i den bløde bund har været så høj i slutningen af den varme periode i juli, at bunden ikke har været i stand til at fastholde planterne, f.eks. i forbindelse med blæst.

Der var dog mange steder en tendens til, at planterne voksede ud på større dybder i 1994 end i 1993. Dækningsgraden i det største dybdeinterval, 1,25-1,50 m, er da også forøget fra 1993 til 1994, selvom der er tale om meget små tal.

Ser vi nu på, hvordan plantene fordeler sig i søen, fig. 6.4.3, viser det sig, at planterne er gået frem i de fleste delområder, specielt i den nordlige del af søen. Det plantedækkede areal er imidlertid gået kraftigt tilbage på de større dybder (0,75-1,25 m) i område 10 udfor "Hesteengen" og på mudderfladerne (0,50-0,75m) i den sydligste del af søen, område 12. Disse områder er af betydelig udbredelse og havde tætte bestande i 1993.

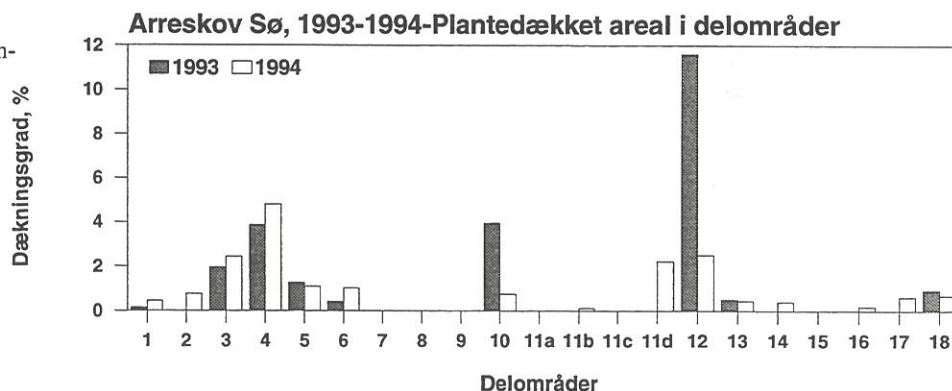
Samlet synes undervandsvegetationen især at have bredt sig og etableret sig med flere arter i den nordlige del af søen, hvorimod der på undersøgelsestidspunktet var sket en kraftig tilbagegang i det plantedækkede areal i den sydlige del af søen. Dette skyldtes antagelig først og fremmest, at planterne havde løsrevet sig fra deres voksesteder.

For sommerperioden som helhed vurderes det derfor, at undervandsplanternes udbredelse og tæthed var betydelig større i 1994 end i 1993. Den fremvækst af undervandsvegetation, der tog fart i 1993 er altså fortsat i 1994, selvom der stadig er langt igen før undervandsplanterne får så stor udbredelse, at de virkelig får betydning for søens biologiske forhold.

Undervandsplanterne dækkede således i 1993-94 kun ca. 0,6-0,8 % af søens totale bundareal, og voksede kun et enkelt sted på dybder over 1,5 m. Med sigtddybder på 1,5-2,0 meter er der mulighed for udbredt undervandsvegetation ud til ca. 2 meter svarende til over 50% af søens areal.

Resultater fra 1993 tyder på, at græsningen fra de mange blishøns i søen er medvirkende til at mindske/forsinke vegetationens udbredelse (Fyns Amt, 1994).

Figur 6.4.3
Det plantedækkede areal i de enkelte delområder i Arreskov Sø, 1993 og 1994.



7. Udvikling i søens miljøtilstand

Arreskov Sø synes at have været næringsrig med uklart vand igennem det meste af dette århundrede. Søen synes således allerede i 1920 at have haft uklart vand og dominans af blågrønalger.

Disse forhold synes at have været ved til starten af 1970'erne, men fra 1972 til 1974 synes der at være sket en markant ændring i søen, idet bl.a. sigtddybden steg. Dette hænger antagelig sammen med, at der i 1972-73 blev opfisket ca. 90 tons dyreplanktonædende skidtfisk, skaller og brasen, fra søen. De foregående (og efterfølgende) år var der kun fjernet små mængder.

I slutningen af 1970'erne synes søen fortsat at have haft perioder med en forholdsvis stor sigtddybde på trods af en til tider høj algeproduktion. Dette kan skyldes den reducerede bestand af dyreplanktonædende fisk.

Igennem 1980'erne skete der en generel forværring af sigtddybden. Denne dårlige miljøtilstand skyldes utvivlsomt spildevandstilledningen fra Korinth. Denne blev imidlertid afskåret i 1983, hvorved søens fosfortilledningen til søen reduceredes til ca. en trediedel. Spildevandstilledningen havde imidlertid medført en ophobning af fosfor i søens sediment. Dette sediment synes i en periode at have haft en god bindingskapacitet for fosfor, eftersom fosforniveauet i søen var relativt lavt (ca. 0,1 mg/l) helt op til slutningen af 1970'erne. På et tidspunkt herefter begyndte sedimentet dog at frigive den ophobede fosfor, og en voldsom frigivelse blev konstateret i 1987.

Da overvågningsprogrammet startede i 1989, var frigivelsen allerede mindsket, og fosforkoncentrationen var nået ned på et lavere niveau. Imidlertid var algemængden øget og sigtddybden faldet i forhold til 1987. Den reducerede sigtddybde skyldtes især en ophvirvling af sedimentet, der tilsyneladende var blevet mere løst og let ophvirvleligt igennem slutningen af 1980'erne.

En lav sigtddybde og stor algemængde i denne periode kan endvidere hænge sammen med en stor aktivitet af skalle og brasen. Ved en fiskeundersøgelse i 1987 fangedes relativt store skaller, brasen og aborrer med god vækst. Fangsten af rovfisk var meget lille. Endvidere havde erhvervsfiskeren i 1989-91 temmelig store fangster i garnene.

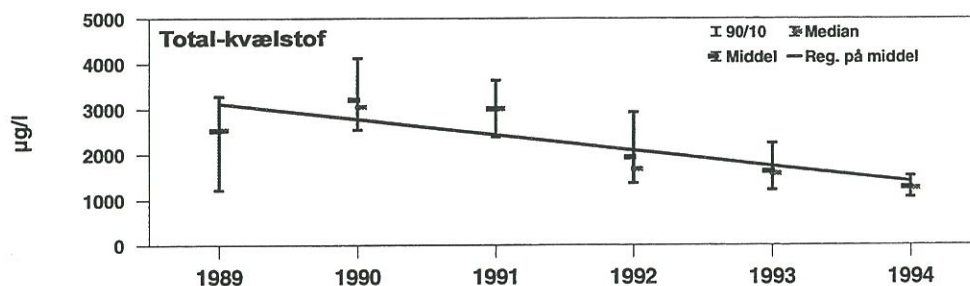
Udviklingen i Arreskov Sø's miljøforhold tyder således på, at ud over tilførslen af næringsstoffer, har fiskebestandens størrelse og sammensætning stor betydning for søens miljøforhold.

En nærmere beskrivelse af udviklingen i søens miljøforhold frem til overvågningsprogrammets start fremgår af Fyns Amt (1994).

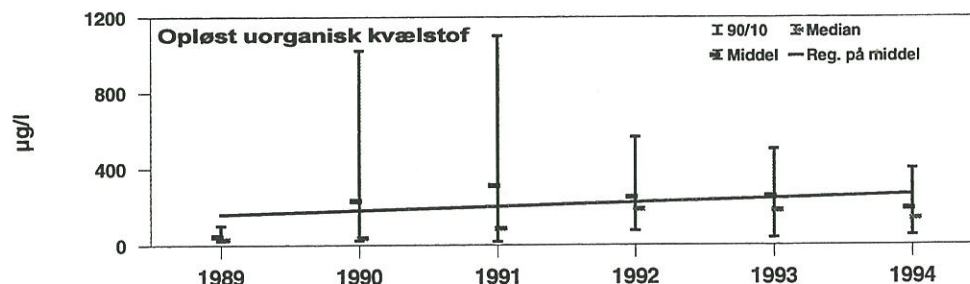
7.1. Udvikling i 1989-1994

I afsnit 5 og 6 er Arreskov Sø's miljøtilstand beskrevet for 1994, idet der er draget sammenligninger med de tidligere år.

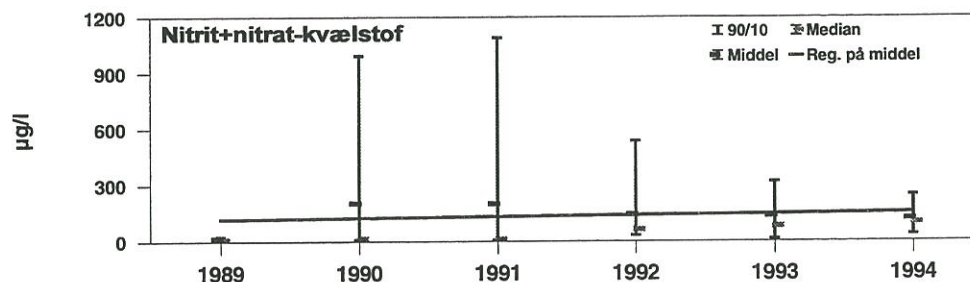
Figur 7.1.1
Total-kvælstof - middel og median
værdier, samt 10% og 90% fraktiler
i sommerperioden i Arreskov Sø
1989-94.



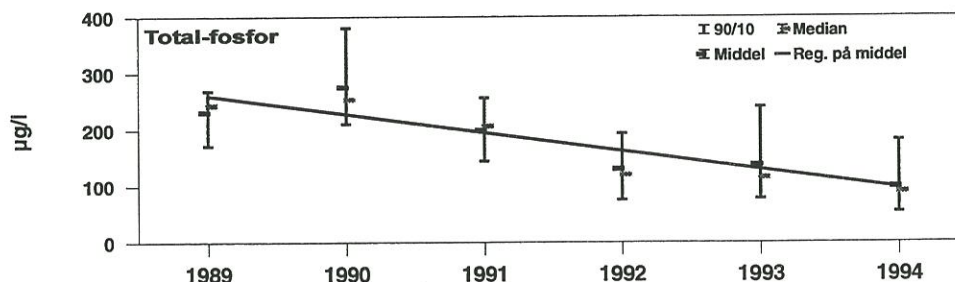
Figur 7.1.2
Opløst uorganisk kvælstof - middel og median
værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i
Arreskov Sø 1989-94.



Figur 7.1.3
Nitrit+nitrat-kvælstof - middel og median
værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i
Arreskov Sø 1989-94.

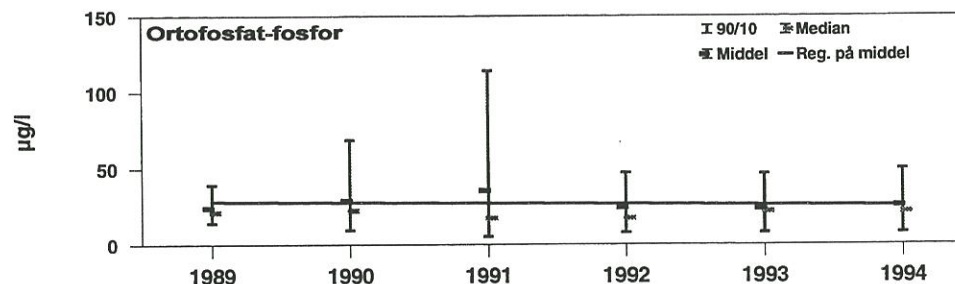


Figur 7.1.4
Total-fosfor - middel og median
værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø
1989-94.

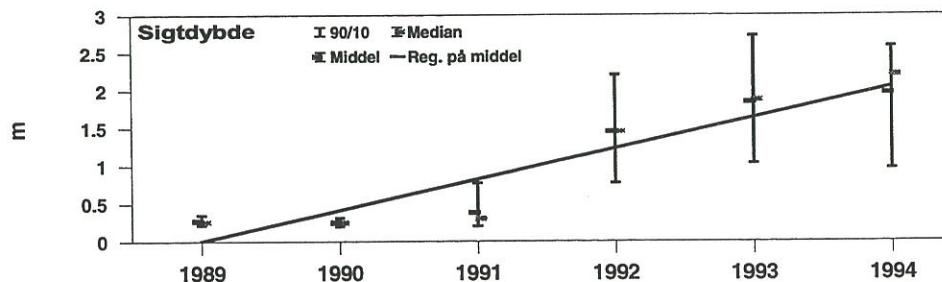


Figur 7.1.5

Ortofosfat-fosfor - middel og median
værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø
1989-94.

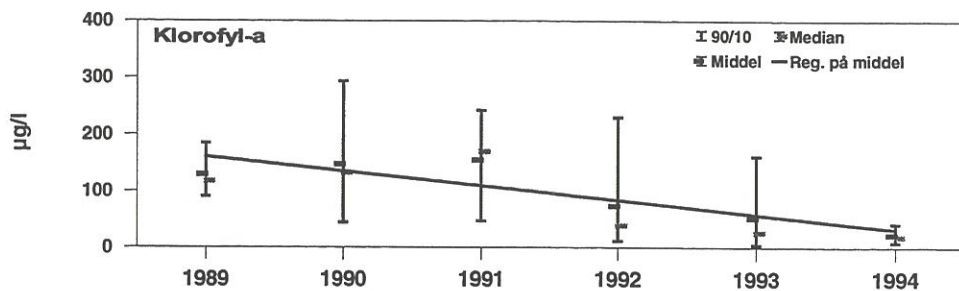


Figur 7.1.6
Sigtdybde - middel og median
værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø
1989-94.



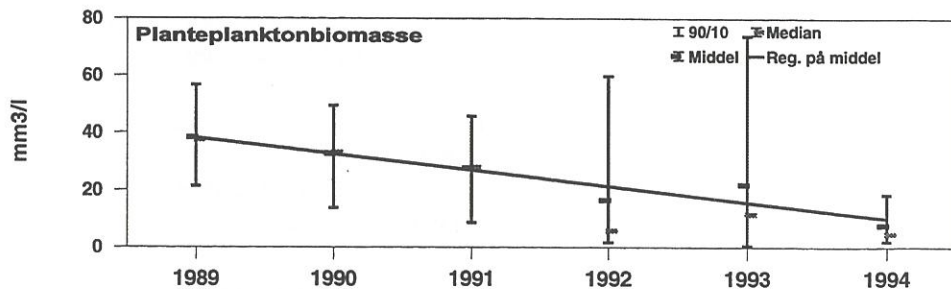
Figur 7.1.7

Klorofyl-a - middel og median værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø 1989-94.



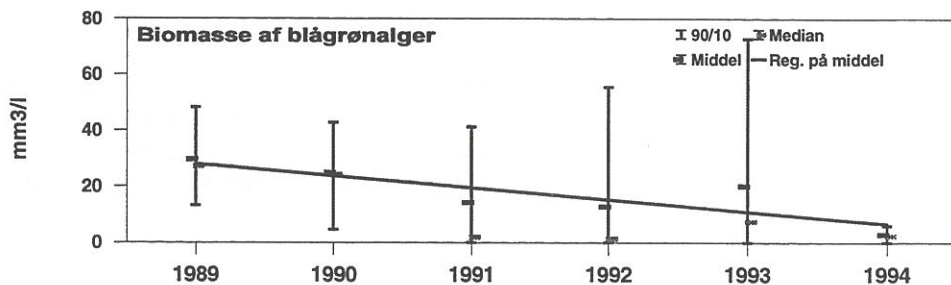
Figur 7.1.8

Planteplanktonbiomasse - middel og median værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø 1989-94.



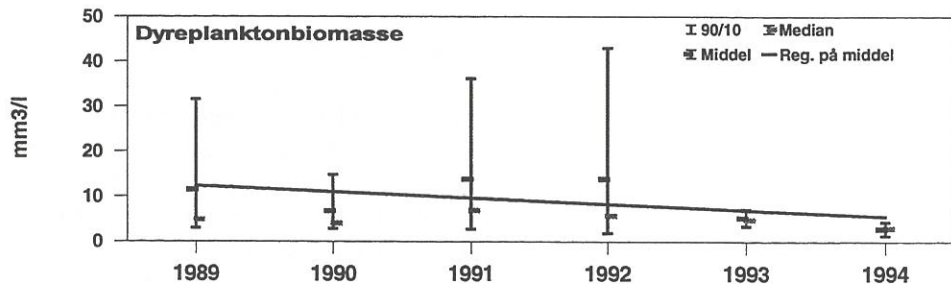
Figur 7.1.9

Biomasse af blågrønalg - middel og median værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø 1989-94.



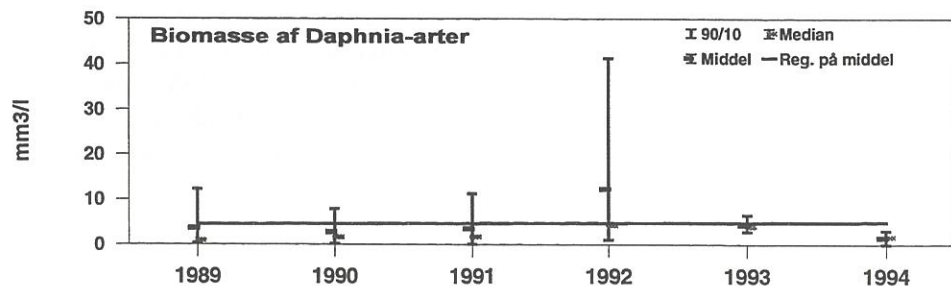
Figur 7.1.10

Dyreplanktonbiomasse - middel og median værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø 1989-94.



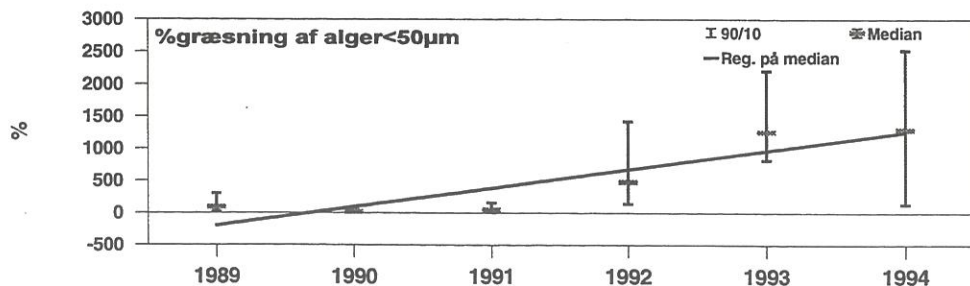
Figur 7.1.11

Biomasse af Daphnia-arter, middel og median værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø 1989-94.



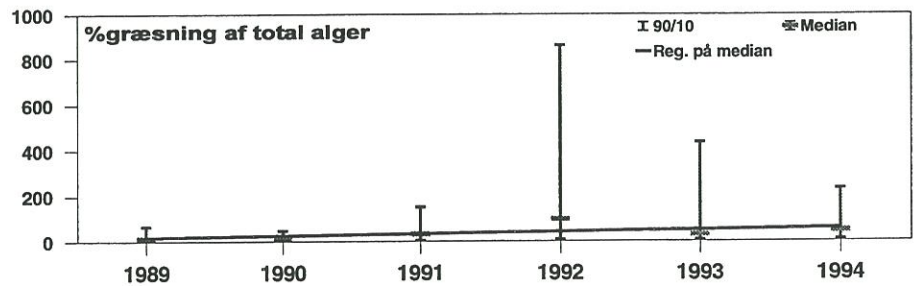
Figur 7.1.12

%græsning/d af alger < 50µm - median værdier, samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø 1989-94.



Figur 7.1.13

% græsning pr. dag af total algemængde - medianværdier samt 10% og 90% fraktiler i sommerperioden i Arreskov Sø, 1989-94.



Det fremgår således, at den fiskedød, der skete i 1991-92 fremkaldte dramatiske ændringer i hele søens økosystem. Bl.a. faldt algemængden og næringsstofindholdet, og sigtddybden steg.

I disse tilfælde var ændringen meget tydelig, men det kan være hensigtsmæssigt at have en standardiseret metode til at præsentere og vurdere ændringer og udviklingstendenser, således at man kan skelne "tilfældige" år-til-år variationer fra egentlige tendenser.

Efterhånden som datamængden øges, og tidsserien bliver længere, øges behovet og muligheden for en sådan præsentation/vurdering af de vigtigste parametre.

I figur 7.1.1 til 7.1.13 er udviklingen i sigtddybde, samt overfladevandets indhold af kvælstof, fosfor, planteplankton (herunder af blågrønalger), dyreplankton (herunder *Daphnia*-arter) og dyreplanktonets græsningstryk dels på små alger (< 50 µm), dels på den totale algemængde angivet for sommerperioden (1.5.-30.9.) 1989-1994.

Der er angivet tidsvægtede gennemsnits- og medianværdier af sommermålingerne, samt 10-90 % fraktiler for disse målinger. D.v.s., at de beregnede dagsværdier i 80% af tiden ligger inden for det angivne interval.

Der er derudover foretaget en vurdering af, om der i denne 6-årige periode er sket signifikante ændringer i de fysisk-kemiske og biologiske forhold i søen (se tabel 7.1.1). Vurderingen er foretaget på grundlag af en lineær regression på de tidsvægtede middel- og medianværdier (for græsningstryk kun median værdier og for cladocerlængde kun middelværdier). Nulhypotesen er, at de forskelle, der optræder gennem perioden, skyldes tilfældige variationer mellem årene. Er sandsynligheden herfor 0,10 eller derover, accepteres nulhypotesen. Er sandsynligheden under 0,10 forkastes nulhypotesen, og ændringen gennem perioden anses for statistisk sikker (signifikant). Det relativt høje signifikansniveau er valgt, fordi tidsserien er meget kort. For at kunne udskille meget tydelige ændringer, er også lavere signifikansniveauer angivet.

Tabel 7.1.1

Test for signifikante ændringer (ved lineær regression) i middel- og medianværdier for forskellige miljøparametre i perioden 1989-94. Korrelationskoefficienten, r^2 , og P-værdien er angivet. +/-, ++/--, +++/--- angiver signifikante stigninger/fald på hhv. 10, 5 og 1% signifikansniveau. (+)/(-) angiver, at der er sket en ændring, der dog ikke er statistisk signifikant.

Indikator for miljøtilstand	Tendens for middel/median	r^2	P
Sigtdybde	+++ / +++	0,88/0,89	<0,01/<0,01
Total-kvælstof	-- / --	0,69/0,69	0,04/0,04
Opløst uorg. kvælstof	0 / ++	0,18/0,68	0,40/0,04
Total-fosfor	--- / ---	0,82/0,90	0,01/<0,01
Opløst uorg. fosfor	0 / 0	0,06/0,00	0,63/1,00
Klorofyl-a	-- / -	0,76/0,63	0,02/0,06
Planteplanktonbiomasse (vol.)	--- / ---	0,89/0,86	<0,01/<0,01
Blågrønalgbiomasse (vol.)	0 / -	0,52/0,62	0,16/0,06
Dyreplanktonbiomasse (vol.)	(-) / (-)	0,29/0,09	0,27/0,56
<i>Daphnia</i> -biomasse (vol.)	0 / 0	<0,01/0,28	0,93/0,28
Græsningstryk, < 50 μm (%)	/ +++	/0,82	/0,01
Græsningstryk, total (%)	/ 0	/0,24	/0,32
Længde af cladocerer	+ /	0,62/	0,06/

Det fremgår heraf, at størstedelen af de ændringer, der er set i Arreskov Sø er statistisk signifikante. Det bemærkes dog, at faldet i blågrønalgernes og dyreplanktonets biomasse ikke er signifikant. Dette skyldes, at der har været tale om store år- til år variationer, og at der er tale om pludselige ændringer - og altså ikke en generel tendens.

Endvidere bemærkes det, at græsningstrykket på den totale algebiomasse ikke er steget signifikant, selvom det har været større de sidste tre år.

Et test for lineær regression kan således ikke vise ændringer, der sker pludseligt, som f.eks. når søen går fra en tilstand til en anden på grund af en pludselig hændelse.

7.2 Tilstanden i 1994

Den betydelige ændring i søens miljøtilstand, der skete i 1992, er blevet fastholdt i 1993 og 1994. Denne ændring er et resultat af en række ændringer i søens biologiske og fysisk-kemiske forhold.

Den lave fosforkoncentration, der blev målt i 1992-94, er et resultat af, at fosforkoncentrationen i tilløbet til søen er lav, samt at frigivelsen af fosfor fra sedimentet er lavere end de tidligere år.

At dømme efter dyreplanktonets sammensætning og resultaterne af fiskeundersøgelsen i august 1994, var bestanden af dyreplankton-ædende fisk meget lav frem til slutningen af juli. Store dafnier dominerede dyreplanktonet i denne periode, og disse effektive græssere af planteplanktonet formåede at holde algemængden nede på et meget lavt niveau. Brasen havde imidlertid haft en overordentlig god gydesucces, og i august konstateredes en rekord stor mængde af brasenyngel. Prædation fra de opvoksende brasener var sandsynligvis hovedårsagen til, at der ikke, som i de to tidligere år var mange af de store dafnier i efterårsperioden. Samtidig forekom et efterårsmaksimum af kiselalger, og der var også forholdsvis høje koncentrationer af fosfor og lav sigtddybde. Der er

derfor tegn på, at den usædvanlige klarvandede periode med lavt næringsstofindhold er ved at blive afløst af mere "normale" forhold.

Det klare vand har bedret undervandsvegetationens vilkår, og denne har bredt sig. Udbredelsen er dog stadig meget skrøbelig, og stor del af planterne blev revet løs fra deres voksesteder i starten af august, formodentlig på grund af den meget varme juli måned.

7.3 Fremtidig udvikling.

Arreskov Sø er i dag i en meget ustabil tilstand. Som anført ovenfor, er den bedring, som indtrådte i 1992, forårsaget af en kombination af forskellige forhold: et faldende fosforindhold og en drastisk ændret biologisk struktur.

For at opfylde sin målsætning skal søen have en sigtddybde på mindst 1 meter, der skal være en (i det mindste stedvist) udbredt bundvegetation, og der må ikke forekomme massive opblomstringer af blågrønalger. Endvidere skal fiskebestanden have en naturlig arts- og alderssammensætning, med en sund balance mellem fredfisk og rovfisk.

Selvom vandet i 1993 og 1994 har været usædvanligt klart, er der en stor risiko for, at miljøtilstanden igen svinger tilbage til en dominans af alger og deraf følgende grønt, uklart vand.

To ting er afgørende for, at søen kan udvikle sig videre i den rigtige retning:

- 1) Tilførslen af fosfor og kvælstof skal holdes på lavest mulige niveau.
- 2) De biologiske forhold i søen skal stabiliseres. Dette kan ske, hvis der etablerer sig en udbredt bundvegetation. Endvidere skal der være en stor og stabil bestand af rovfisk, der kan forhindre, at mængden af de planktonædende fisk skalle og brasen bliver for stor.

Udviklingen de næste par år er stærkt afhængig af, hvordan de biologiske forhold udvikler sig. Hvis mængden af planktonædende fisk kan holdes på et lavt niveau, er der mulighed for, at vandet vil være forholdsvis klart og algemængden moderat. Dette forudsætter bl.a., at der etableres en bestand af store, rovlevende aborrer. Hvis der samtidig etableres en udbredt bundvegetation vil dette stabilisere forholdene. Opblomstringer af blågrønalger kan dog næppe undgås med det nuværende fosforniveau.

Sammenhæng mellem fosfortilledning og sigtddybde:

Niveauet for det fremtidige fosforindhold i søvandet kan beregnes ud fra den skønnede fosforbelastning ved anvendelse af den fosformodel, der blev omtalt i afsnit 6.2.

Til vurdering af vandets sigtgybde ved et givet fosforindhold er der af Kristensen m.fl. (1990) og Kristensen m.fl. (1991) opstillet følgende sammenhænge mellem søvandets indhold af total-fosfor og sommersigtgybden:

$$\text{Model 1 Sigtdybde (m)} = 0,34 P_{so}^{-0,29} z^{0,55}$$

$$\text{Model 2 Sigtdybde (m)} = 0,25 P_{so}^{-0,61} z^{0,25}$$

hvor P_{so} er søvandets årsmiddelkoncentration af total-fosfor (mg/l) og z søens middeldybde (m). Model 1 er opstillet ud fra undersøgelser i et stort antal (især mindre og lavvandede) søer, og model 2 er opstillet på baggrund af resultater fra de 37 danske nationale overvågningssøer.

Kristensen m.fl.(1991) vurderer, at model 1 rimeligt godt beskriver den målte middelsigtgybde i de nationale overvågningssøer, om end der er en betydelig variation.

Tabel 8.2.1.

Sammenligning mellem målte og beregnede middelsigtgybder i Arreskov Sø for sommerperioden (1.5 - 30.9), 1989-94.

År	P_{so} (mg/l)	Sigtdybde, målt (m)	Sigtdybde, beregnet (m)	
			Model 1	Model 2
1989	0,232	0,27	0,74	0,71
1990	0,225	0,25	0,74	0,72
1991	0,153	0,38	0,83	0,92
1992	0,097	1,45	0,95	1,22
1993	0,102	1,84	0,94	1,18
1994	0,082	1,96	1,00	1,35

Middeldybden, $z = 1,9$ m

De to modeller stemmer godt overens, men model 2 forudsiger forholdsvis større sigtdyber ved lave fosforindhold. I 1989-91 var den målte sigtdybde væsentligt lavere end den beregnede. Dette skyldes antagelig en stor ophvirvling af bundmateriale.

I 1992 - 1994 forudsiger begge modeller en lavere sigtdybde end den, der faktisk blev målt. Dette viser, at de biologiske forhold har stor betydning (den store sigtdybde skyldtes jo, at algerne i usædvanlig grad blev holdt nede af en stor mængde dafnier). Derudover tyder modellens forudsigelser på, at sigtdyben i 1992-94 var langt større end man kan forvente, når søen er i en mere normal tilstand.

Ved at kombinere fosformodellen og sigtdydemodellen kan sigtdyben i søen ved forskellige fosforbelastninger vurderes. Denne vurdering forudsætter, at den interne belastning fra sedimentet er stoppet og at bundmaterialet har en "normal" beskaffenhed, dvs. at der ikke forekommer samme voldsomme ophvirvling som i 1989-91.

Man må imidlertid huske på, at disse modeller kun viser nogle generelle sammenhænge mellem stoftilførsel og sigtdybde. For den enkelte sø kan der være betydelige afvigelser fra modellens forudsigelser. Disse afvigelser er bl.a. en følge af søens fysiske og biologiske forhold.

Modelberegningerne kan derfor ikke i sig selv bruges til at afgøre, om belastningen er nået til et acceptabelt niveau, men kun til at give en ide om, hvilke relative ændringer i sigtddybden en reduceret fosfortilledning kan medføre.

Tabel 8.2.2

Beregnet fremtidig sigtddybde i Arreskov Sø ved det nuværende belastningsniveau og ved forskellige grader af reduktion af belastningen.

Belastning	P _{ind} (mg/l)	P _{so} (mg/l)	Beregnet sigtddybde, (m)	
			Model 1	Model 2
Nuværende niveau (1993-1994)	0,099	0,077	1,02	1,40
10% reduktion	0,089	0,069	1,05	1,50
20% reduktion	0,079	0,061	1,09	1,61
40% reduktion	0,059	0,046	1,18	1,92
Basisbelastning	0,056	0,042	1,21	2,03

Tages udgangspunkt i belastningen og afstrømningsforholdene i 1993-94, beregnes en fremtidig sigtddybde på ca. 1 meter efter model 1. Denne antages at passe bedst på Arreskov Sø, eftersom den bygger på tilstanden i lavvandede søer, hvor der bl.a. optræder ophvirvling af bundmateriale. Hvis en sådan ophvirvling kan undgås, f.eks. gennem en udbredt bundvegetation, kan sigtddybden muligvis blive bedre, svarende til model 2.

Den eneste tilbageværende punktkilde til søen er de regnvandsbetingede udledninger fra Korinth. Disse udgjorde i 1994 4% af fosfortilførslen til søen, så en afskæring af disse vil i sig selv kun have meget begrænset betydning for søens miljøtilstand. Det vil således ikke være tilstrækkeligt til at sikre, at regionplanens målsætning for søen kan opfyldes.

Hvis hele den kulturbetingede tilførsel fjernes (afstrømningen fra spredt bebyggelse og landbrugsjord), og fosfortilførslen derved bringes ned til et niveau, der svarer til basisbelastningen, forudsiger modellerne sigtddybder på 1,2-2,0 m (basisbelastningen er her beregnet som et gennemsnit for de sidste fire år, og omfatter også det beregnede bidrag fra atmosfære og grundvand). Med sådanne sigtddybder gennem flere år, vil undervandsvegetationen kunne brede sig langt ud i søen, formodentlig til dybder, der nogenlunde svarer til sigtddybden.

Ved udbredt vegetation ned til 2 meters dybde vil ca. halvdelen af søens bundareal være bevokset, og dette vil give mulighed for en meget god og stabil miljøtilstand.

Også en reduktion af kvælstoftilførslen vil kunne forbedre miljøtilstanden i søen, hvis kvælstof kan bringes til at blive begrænsende for algevæksten i sommerperioden. Det er dog ikke på nuværende tidspunkt muligt at vurdere, hvor stor en sådan reduktion skal være for at have en effekt.

8. Sammenfatning og konklusion

Arreskov Sø, der er Fyns største sø, ligger i et naturpræget opland med forholdsvis store skovarealer og en relativt begrænset landbrugsmæssig udnyttelse. Godt halvdelen af arealerne i oplandet udnyttes således til jordbrug. Søen er temmelig lavvandet, og vandet bliver derfor let omrørt, når det blæser. Som følge heraf er der normalt gode iltforhold i søen, men omrøringen kan medføre en ophvirvling af bundmateriale.

Målsætning

Søen er i regionplan 1993-2005 målsat som referenceområde for naturvidenskabelige studier. For at opfylde denne målsætning bør søen have en sigtdybde på mindst 1 meter, et artsrigt planteplankton uden masseopblomstringer af enkelte algegrupper, en stedvis veludviklet undervandsvegetation (rankegrøde), og en arts- og individrig smådyrsfauna. Endelig skal fiskebestanden have en naturlig alders- og artsfordeling med balance mellem fredfisk og rovfisk. Denne målsætning er idag ikke opfyldt.

Udvikling i tilstand

Søen har tidligere modtaget betydelige mængder spildevand fra Korinth. Da dette blev afskåret i 1983, reduceredes søens fosforbelastning til ca. en trediedel, men søens tilstand bedredes ikke. Tværtimod var søen i slutningen af 1980'erne i en meget dårlig tilstand med højt næringsstofindhold, ringe sigtdybde og langvarige opblomstringer af blågrøn alger om sommeren.

Årsagen til dette var først og fremmest, at tilledningen af spildevand havde medført en ophobning af fosfor i søbunden, og at denne fosfor nu blev frigivet til søens vand.

Da Vandmiljøplanens Overvågningsprogram startede i 1989, var tilstanden i Arreskov Sø således meget dårlig. Igennem perioden 1989-93 faldt søvandets fosforindhold imidlertid, og i 1994 er det lave fosforindhold fastholdt. Således er årsmiddelkoncentrationen af fosfor faldet fra 232 µg/l i 1989 til 82 µg/l i 1994. For kvælstofs vedkommende er der ligeledes sket et fald, fra en årsmiddelkoncentration på 3,18 mg/l i 1989 til 1,79 mg/l i 1993. For både kvælstof og fosfor er der tale om det lavest målte indhold i de sidste 20 år.

Tilsvarende er sigtdybden i vandet i sommerperioden steget fra 0,27 meter i 1989 til 1,96 meter i 1994, og algemængden er faldet fra 38 mm³/l til 8 mm³/l i samme periode.

Den udløsende faktor for ændringen i søens miljøtilstand var, at en stor del af de dyreplanktonædende fisk (skaller, brasen og små aborrer) forsvandt fra søen i 1991-92, dels som følge af opfiskning, dels fordi de døde under perioder med dårlige iltforhold.

Som følge heraf bestod dyreplanktonet i 1992, 1993 og indtil august 1994 af store dafnier, som er meget effektive alge-græssere. Når der er dyreplanktonædende fisk tilstede, spiser de først og fremmest disse store dafnier, og man kan

derfor slutte, at bestanden af fisk, der æder dyreplankton (skaller, brasen og små aborrer), var lille i denne periode.

Kvælstof- og fosforbelastning

I 1994 tilførtes søen 52 tons kvælstof og 0,86 tons fosfor. Disse tilførsler er de højeste i overvågningsperioden. Imidlertid skyldtes de høje tilførsler en ekstrem høj nedbør og ferskvandsafstrømning, hvorfor middelmålingerne i det vand, der løb til søen faktisk blev meget lave, for kvælstof den hidtil lavest målte.

Tilførslen af både kvælstof og fosfor til søen i 1989-1994 har således varieret fra år til år, væsentligst som følge af forskelle i nedbør og afstrømning. For kvælstofs vedkommende er der ingen tegn på, at den kulturbetingede tilførsel er nedsat. Derimod er der visse tegn på, at den kulturbetingede tilførsel af fosfor er mindsket. Medvirkende til dette kan være en mere udbredt anvendelse af vaskepulver med lavt fosforindhold. I perioden 1989-93 er der således i Danmark sket en reduktion på knap 50% af fosformængden i vaske- og rengøringsmidler.

Omkring 80% af den overfladiske kvælstofafstrømning og 55% af fosforafstrømningen skyldes en kulturbetinget tilførsel fra det åbne land. Dette svarer til hhv. 67% og 47% af de totale tilførsler (inklusive bidrag fra atmosfære, grundvand og fugle) til søen. For kvælstof udgør afstrømning fra dyrkede arealer stort set hele den kulturbetingede tilførsel. For fosfors vedkommende omfatter den kulturbetingede tilførsel bidrag i forbindelse med landbrugsdrift og spildevand fra spredt bebyggelse. Den relative fordeling mellem disse to kilder er ikke kendt. Det vurderes, at det dyrkningsbetingede bidrag udgør mellem 12 og 46 %, og at bidraget fra den spredte bebyggelse udgør mellem 16 og 41% af den overfladiske fosforafstrømning.

Der er imidlertid store vanskeligheder forbundet med målingen af fosfortransporten i vandløbene og vurdering af bidraget fra spredt bebyggelse. Ved den prøvetagningsstrategi, der anvendes i overvågningsprogrammet, bliver fosfortransporten i mange tilfælde undervurderet.

Tilførslen af fosfor til søen er relativt beskeden sammenlignet med andre danske søer. Fosforbelastningen er således nær det niveau, hvor sigtddybden teoretisk kan blive 1 meter.

Omsætning af kvælstof og fosfor i søen

I 1994 blev omkring 26 tons kvælstof, svarende til 50% af de tilførte kvælstofmængder tilbageholdt. Tilbageholdelsen omfatter dels bundfældning dels omdannelse til luftformigt kvælstof ved denitrifikation. Den tilbageholdte kvælstofmængde var på niveau med de foregående to år (27 og 28 tons), men den procentvise tilbageholdelse var mindre (67% og 66% i hhv. 1992 og 1993). Dette skyldes først og fremmest, at vandets opholdstid i søen (som følge af den store ferskvandsafstrømning) kun var ca. halvt så stor som normalt. De

processer, som forårsager tilbageholdelsen, er således afhængige af vandets opholdstid.

Søen har i alle 5 overvågningsår tilbageholdt/omsat en del kvælstof, i gennemsnit ca. 48% af de tilførte kvælstofmængder. Søens evne til at tilbageholde kvælstof har været stor siden 1991.

I 1994 er der ligeledes foregået en tilbageholdelse af fosfor i søen. Der er således løbet 191 kg mindre ud af søen, end der løb til søen. Dette svarer til 22% af de tilførte mængder. Dette fosfor er imidlertid ophobet i vandet gennem en stigning i koncentrationen. Der er nemlig tilsyneladende samtidig frigivet en smule fosfor fra sedimentet til vandfasen i perioden.

Betragtes hele overvågningsperioden, skete der de første tre år en betydelig nettoafgivelse af fosfor fra søen som skyldtes, at søvandets fosforindhold faldt. Fra 1992 begyndte der at ske en tilbageholdelse af fosfor i søen, idet der løb mindre fosfor fra søen end der løb til. Denne tilbageholdelse skyldtes i 1992 og 1993 overvejende en sedimentation af fosfor.

Vurdering af grundvandstilførsel

I forbindelse med årets tema om grundvand er der foretaget en nærmere vurdering af grundvandstilførslen til søen. Det er beregnet, at der i 1994 var en tilstrømning af grundvand på ca. 1 mill. m³, svarende til 16% af den overfladiske tilstrømning til søen. For perioden 1990-94 har grundvandstilførslen svaret til 24% af den overfladiske tilstrømning.

Grundvandstilførslen bestemmes ud fra målinger af den overfladiske tilførte vandmængde, nedbøren, fordampningen, vandmængden i afløbet samt magasinændringer (ændringer i vandstand). De beregnede mængder er derfor usikre, specielt når de opgøres på månedsbasis. Derfor er der de foregående år regnet med, at grundvandstilførslen fordelte sig jævnt over året, svarende til, at grundvandstilførslen først og fremmest stammede fra det primære magasin, hvor grundvandsbevægelsen er temmelig konstant.

Der synes imidlertid at være en generel årstidsvariation i grundvandstilførslen, således at den generelt er stor i vinterperioden og meget lille (eller negativ) i sommerperioden. Dette kunne hænge sammen med, at det tilstrømmende grundvand er mere terrænnært end først antaget. Der er imidlertid ikke foretaget undersøgelser, der kan be- eller afkræfte dette.

Hvis grundvandet er mere terrænnært end først antaget, kan koncentrationen af kvælstof og fosfor i vandet også være større end i dybtliggende grundvand. Ud fra målinger i nærliggende kilder, samt tilgængelige analyseresultater fra brønde i området, er det vurderet, at stofindholdet i grundvandet er på 2 mg kvælstof/l og 0,03 mg fosfor/l. De foregående år er der anvendt værdier på hhv. 0,75 mg/l og 0,02 mg/l.

Samlet betyder dette, at de beregnede stoftilførsler med grundvandet er større end tidligere antaget. Da grundvandstilførslen imidlertid er lille sammenlignet

med de øvrige tilførsler, har dette kun ringe betydning for beregningen af den samlede stoftilførsel til søen. Det vurderes således, at kvælstof- og fosfortilførslen med grundvandet i 1994 har udgjort 4% af den samlede stoftilførsel for begge stoffer. Selv en ret stor usikkerhed på grundvandsmængderne og stofindholdet i dette vil derfor kun have beskednen indflydelse på beregningen af den samlede stoftilførsel til søen.

De forholdsvis store vandmængder fra grundvandet med en relativt lav stofkoncentration er dog medvirkende til at mindske stofkoncentrationen i søen. Ud fra modelberegninger kan det vurderes, at kvælstof- og fosforkoncentrationen i søvandet ville være hhv. 5-7% og 8-14% højere, hvis der ikke var grundvands-tilstrømning til søen.

Nuværende miljøtilstand

I 1994 må miljøtilstanden i Arreskov Sø betegnes som den hidtil bedste i de sidste 20 år, med lavt næringsstofindhold, lille algemængde, stor sigtdybde og en udbredelse af undervandsplanter, der var langt større end tidligere år.

Der var imidlertid sidst på året tegn på, at den betydelige græsning fra dyreplanktonet, som har været en af hovedårsagerne til de gode forhold, var mindsket i forhold til de foregående to år. Antallet af de store dafnier, som er effektive græssere, faldt betragteligt, hvilket resulterede i et efterårsmaksimum af kiselalger, højere fosforindhold og en lavere sigtdybde.

Årsagen til dette synes at have været, at brasen havde en god gydesucces, hvilket resulterede i en rekordhøj mængde brasenyngel i august. Disse brasen var øjensynligt i stand til at reducere mængden af store dafnier så meget, at disse ikke længere kunne holde algerne på et meget lavt niveau i efteråret.

Hvis brasen og andre dyreplanktonædende fisk får lov til at brede sig meget i søen, er der derfor mulighed for, at søen vender tilbage til en uklar tilstand, som vil forhindre en yderligere udbredelse af den bundvegetation, der er ved at etablere sig i søen.

Bio-manipulation

I 1993 satte Fyns Amt 15.000 stk. geddeyngel ud i søen, for at disse kunne medvirke til at holde mængden af planktonspisende småfisk nede. Udsætningen har sandsynligvis medvirket til, at 1993-årgangen af disse fisk var meget lille.

Erhvervsfiskeren på søen har gennem mange år drevet en form for bio-manipulation gennem opfiskning af skidtfisk. I 1972-73 opfiskedes således en meget stor del af søens planktonspisende fisk, og i 1973-74 bedredes sigtdybden i søen betydeligt, antagelig som følge af, at dyreplanktonet i perioder kunne holde algerne nede. Også i slutningen af 1970'erne kunne man opleve perioder med meget klart vand, selvom der også forekom perioder med voldsom algevækst.

I 1995 planlægger Fyns Amt i samarbejde med erhvervsfiskeren at fortsætte opfiskningen af skidtfisk, samt at foretage endnu en udsætning af geddeyngel.

Søens fremtidige tilstand

Det er afgørende for søens videre udvikling, om der i søen kan udvikles en god bestand af rovfisk, især store aborrer. Disse er nemlig i stand til at æde de små fisk og derved holde bestanden af skaller og brasen nede.

Hvis næringsstofniveauer lavt, således at kraftig planktonalgevækst forhindres, og der etablerer sig en udbredt undervandsvegetation, vil det skabe gode vilkår for aborrer og gedder. I modsat fald er det sandsynligt, at fiskebestanden med tiden vil vende tilbage til en sammensætning med mange brasener og småskaller og en ringe bestand af store aborrer.

Det er derfor vigtigt, at tilledningen af fosfor og kvælstof til søen gøres mindst mulig. Kun herved kan det sikres, at undervandsplanterne får tilstrækkelig udbredelse til at sikre en god og stabil miljøtilstand.

Begrænsning af næringsstofftilførslen til søen

Det er i Vandmiljøplanen forudsat, at udledningerne af kvælstof og fosfor til vandmiljøet skal reduceres med henholdsvis 50 og 80 %. Dette gælder såvel for udledninger fra større renseanlæg og virksomheder med særskilt udledning til vandområder som for tilførsler i forbindelse med landbrugsdrift. Planen stiller derimod ingen krav til udledninger fra spredt bebyggelse. Ifølge den nyeste regionplan skal spildevandstilførslen fra den spredte bebyggelse dog søges begrænset inden udgangen af 1998.

Midlerne til at opnå en formindskelse af kvælstof- og fosfortilførslerne til Arreskov Sø er således bl.a.:

- * Forbedret rensning af spildevandet fra den spredte bebyggelse.
- * Initiativer til begrænsning af næringsstofftabene som følge af jordbrugsdrift.

Referencer:

Danmarks Miljøundersøgelser, 1994: Vegetationsundersøgelser i 1994 og 1995. Justeringer til: Vegetationsundersøgelser i søer. Metoder til anvendelse i søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. - Notat, februar 1994. 6s.

Danmarks Miljøundersøgelser, 1995: Notat vedrørende intensivstationer 1994, 21. marts 1995 - 2 s.

Fiskeøkologisk Laboratorium, 1993: Fiskebestanden i Arreskov Sø, august 1992. - Rapport fra til Fyns Amt. 67 s. + bilag.

Fiskeøkologisk Laboratorium, 1994: Notat vedrørende fiskebestandens udvikling og ålefiskeriets muligheder i Arreskov Sø. - Notat til Fyns Amt og Arreskov Sø's lodsejerforening. 15 s. + bilag.

Fredningsnævnet for Fyns Amts sydlige Fredningskreds, 1993: Fredningsnævnets afgørelse af 22. juni 1993 om fredning af Arreskov Sø med omgivelser, samt fredningsnævnets erstatningsafgørelse af samme dato. 41 s. + kortbilag.

Fyns Amt, 1991: Vandmiljøovervågning: Arreskov Sø, 1990. - Rapport, 90 s.

Fyns Amt, 1994a: Vandmiljøovervågning: Arreskov Sø, 1993. - Rapport, 111 s.

Fyns Amt, 1994b: Vandmiljøovervågning 1994, Vandløb 1993. Rapport - 62 s.

Fyns Amt, 1995a: Vandmiljøovervågning 1995, Vandløb 1994. Rapport - xx s.

Fyns Amt, 1995b: Vandmiljøovervågning 1995, Landovervågning 1994. Rapport - xx s.

Fyns Amt, 1995c: Forslag til supplerende tiltag som kan sikre, at landbruget lever op til Vandmiljøplanens mål om reduktion af næringsstoffab fra erhvervet. Dokumentation af faglig baggrund for forslagene. Notat, 1995 - 10 s.

Fyns Amt, 1995d: Vandmiljøovervågning 1994, Atmosfærisk nedfald 1994. Rapport - xx s.

Fyns Amt, 1995e: Vandmiljøovervågning 1995, Punktkilder 1994. Rapport - xx s.

Fyns Amt, 1995f: Afprøvning af biologiske minirenselanlæg. Rapport fra Fyns Amt og Kommunalteknisk Chefforening, Fyn - 109 s.

Gliwicz, Z.M., 1990: Why do cladocerans fail to control algal blooms? - Hydrobiologia 200/201: s. 83-97.

Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann, P. Andersen, 1992: Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder og artsliste. - Miljøprojekt nr. 205. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen. 114 s.

Håkanson, L., 1981: A manual of lake morphometry. - Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 78 s.

Jensen, J.P., E. Jeppesen, J. Bøgestrand, A. Roer Pedersen, M. Søndergaard, J. Windolf og L. Sortkjær, 1994: Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Danmarks Miljøundersøgelser.- Faglig rapport fra DMU nr. 121. 94 s.

Kristensen, P., J.P. Jensen, E. Jeppesen, 1990a: Eutrofieringsmodeller for søer. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C9, Miljøstyrelsen, 120 s.

Kristensen, P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, E. Mortensen og Aa. Rebsdorf, 1990b: Overvågningsprogram. Prøvetagning og analysemetoder i søer.- Danmarks Miljøundersøgelser, 32 s.

Kristensen, P., J.P. Jensen, E. Jeppesen og M. Erlandsen, 1991: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1990. Ferske vandområder - søer. - Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport nr. 38, 104 s.

Kronvang, B. og A.J. Bruhn, 1990: Metoder til bestemmelse af stoftransport i vandløb. - Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Ferskvandsøkologi, 22 s.

Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium, 1977: Limnologisk metodik. Akademisk Forlag, 172 s.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1990: Arreskov Sø 1989, Phyto- og zooplankton. - Notat til Fyns Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1991: Arreskov Sø 1990, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1992: Arreskov Sø 1991, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1993: Arreskov Sø 1992, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1994: Arreskov Sø 1993, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1995: Arreskov Sø, 1994. Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt. 17 s. + bilag.

Miljøstyrelsen, 1994a: Vandmiljø-94. Udvikling i belastningen fra punktkilder samt status for vandmiljøets tilstand. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 8 1994 - 150 s.

Miljøstyrelsen, 1994b: Vandmiljø-94. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 2 1994 - 150 s.

Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1988: Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand. Særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder. - Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium. Teknisk rapport nr. 21, 59 s.

Moeslund, B., P.H. Møller, J. Windolf og P. Schriver, 1993: Vegetationsundersøgelser i søer. Metoder til anvendelse i søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. - Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU nr. 6. 45 s.

Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller, M. Timmermann, 1990: Overvågningsprogram. Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgellesprogram, fiskeredskaber og metoder. - Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning nr. 3, 60 s.

Olesen, J.E., H.E. Mikkelsen og E. Friis, 1991: Emnedag om: Meteorologiske målemetoder i jordbrugs- og miljøforskningen. - Tidsskrift for Planteavl specialserie, beretning nr. 2112, 94 s.

Olrik, K., 1991: Planteplankton - metoder. - Miljøprojekt nr. 187. Miljøstyrelsen. 108 s.

Olrik, K., 1993: Planteplankton - økologi. Økologiske faktorer for planteplankton i søer og marine områder. - Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 243. 165 s.

Sibbesen E., 1995: Tab af jord og fosfor fra landbrugsjorden til vandmiljøet ved overfladeafstrømning og erosion. Artikel af E. Sibbesen, Statens Planteavlsforsøg i Hedeselskabets tidsskrift Vækst nr. 1/95, - s 14-15.

Fysisk-kemiske forhold i søvandet.

Fyns Amt har i 1989-1994 gennemført fysisk-kemiske undersøgelser, samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i søvandet. Stationering og analyseomfang fremgår af figur 1.1.2, tabel B1.4 og B1.5. Undersøgelserne er foretaget med en hyppighed på 19-20 gange/år.

Der er ved hjælp af en Limnos-vandhenter udtaget delprøver i overfladelaget, d.v.s. i 0,2 m, sigtdybde og 2 sigtdybde (før marts 1992 blev der dog anvendt en hjerteklapvandhenter). Delprøverne er herefter blandet til én prøve (betegnes blandingsprøve). Prøvetagning er i øvrigt foretaget som foreskrevet af Kristensen m.fl. (1990b).

Plankton.

Der er i 1989-1994 foretaget undersøgelser af søens plante- og dyreplankton. Undersøgelserne er foretaget med en hyppighed på 19-20 gange/år.

Prøver af planteplanktonet er udtaget af Fyns Amt på samme station og ved samme metode som anvendt ved de vandkemiske undersøgelser. Under omrøring er 100 ml af blandingsprøven overført til glasflaske, hvorefter prøven er tilsat lugol (konservering).

Prøver af dyreplanktonet er indsamlet ved hjælp af hjerteklapvandhenter på i alt 3 stationer i søen (jf. figur 1.1.2 og tabel B1.5). På den enkelte station er udtaget delprøver i forskellige dybder som foreskrevet i Kristensen m.fl. (1990b).

Samtlige delprøver er blandet til én prøve (blandingsprøve). Under omrøring af blandingsprøven er herefter udtaget 4,5 l til filtrering i felten (maskevidde på filter 90 μ m). Filterresten er overført til en 100 ml glasflaske og tilsat lugol. Derudover er udtaget 0,9 l af blandingsprøven til sedimentation. Hertil er ligeledes tilsat lugol, og det bundfældede materiale er efter 48 timers henstand overført til en 100 ml glasflaske og atter tilsat lugol.

Endvidere er der ved lodret og vandret træk med et planktonnet gennem søvandet udtaget prøver af såvel plante- som dyreplankton (netmaskevidde henholdsvis 20 og 140 μ m).

Bearbejdningen af de indsamlede planktonprøver er foretaget af Miljøbiologisk Laboratorium, Humlebæk. (Miljøbiologisk Laboratorium, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 og 1995). Bearbejdningen af prøverne er i øvrigt foretaget som foreskrevet i Olrik (1991) og Hansen m.fl. (1992).

Tabel B1.5
Oversigt over prøvetagningsstationer i
Arreskov Sø i Fyns Amt, 1989-93.

SERR-nr.	Undersøgelingsprogram
010 8104	Vandkemi, klorofyl, primærproduktion og fytoplankton.
010 8105	Sedimentkemi og zooplankton.
010 8106	Sedimentkemi og zooplankton.
010 8107	Sedimentkemi og zooplankton.

Bemærkninger:

Ud over de ovennævnte stationsnumre er på figur 1.1.2 angivet numre på prøvetagningsstationer, hvor der tidligere er udført undersøgelser.

Tabel B1.6
Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser
i sediment i Arreskov Sø i Fyns Amt, 1990.

Målinger MLK Fyn I/S:

Analysevariabel	Analyseforskrift	Programtype Sø 3
Tørstof	DS 204	+
Glødetab	DS 204	+
Total-Fe	DSD 263	+
Total-Ca	DS 259	+
Total-N	DS 242	+
Total-P	DS 291 ¹⁾	+
Ads.-P	MFL ²⁾	+
Fe-P	MFL ²⁾	+
Ca-P	MFL ²⁾	+

Bemærkninger:

- 1) Efter kogning af glødet sediment i 10% HCl.
- 2) Miljøstyrelsens ferskvandslaboratorium (1988).

Sediment.

Fyns Amt har én gang i november 1990 udtaget prøver af søens bund, søsedimentet, på samme stationer som anvendt ved indsamling af dyreplanktonprøverne (jf. figur 1.1.2 og tabel B1.5). Der er på hver station ved hjælp af kajakrør (areal 21,4 cm²) udtaget mindst 3 sedimentsøjler af en længde på om muligt 70 cm. Sedimentsøjlerne er opskåret i følgende delprøver (dybdeintervaller): 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20, 20-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm. Sediment fra de samme dybdeintervaller fra de 3 søjler er blandet sammen til én prøve.

Analyseomfanget fremgår af tabel B1.6.

Bundvegetation.

Fyns Amt har i august 1994 gennemført en "områdeundersøgelse", en transektundersøgelse og en undersøgelse af rørskoven efter retningslinierne i Moeslund m.fl. (1993) med efterfølgende justeringer (Danmarks Miljøundersøgelser, 1994).

Fyns Amt har desuden i august 1993 gennemført en "orienterende undersøgelse" efter retningslinierne i Moeslund m.fl. (1993). Endvidere har Fyns Amt i august 1989 og august 1992 gennemført orienterende vegetationsundersøgelser i søen. Ved disse undersøgelser er der langs hele søbredden fra søsiden foretaget en registrering af sammensætning af og dybdegrænser fra rørsump, flydebladszone og rankegrøde (undervandsvegetation). Undervandsvegetationen er lokaliseret ved hjælp af vandkikkert, planterive og ved undersøgelser af opskyllet plantemateriale.

Smådyrfauna.

Smådyrfauna på søens barbund og i bredzonen er undersøgt hvert år i perioden 1989-1994. Bundfaunaen er indsamlet ved hjælp af kajakbundhenter i april-maj, medens bredfaunaen er indsamlet på stenbund i april-maj og i oktober. Resultaterne af smådyrundersøgelserne vil fremgå af en særskilt udarbejdet rapport herom (følger senere).

Fiskefauna.

Den seneste undersøgelse af fiskebestanden i Arreskov Sø er foretaget i august 1994. Undersøgelsen er ligesom de foregående (i 1987 og 1992) foretaget efter retningslinierne i Mortensen m.fl. (1990). Undersøgelsen er foretaget af Fiskeøkologisk Laboratorium (Fiskeøkologisk Laboratorium, 1994).

Bilag 2

Søens opland

I det efterfølgende er angivet areal, arealanvendelse, jordbundsforhold, husdyrhold og spredt bebyggelse i de enkelte deloplande til søen. Med hensyn til opgørelsesmetoden henvises til metodikafsnittet.

Tabel B2.1

Areal til deloplande til Arreskov Sø, spredt bebyggelse og husdyrhold i de enkelte deloplande til Arreskov Sø samt søens samlede opland. For husdyrhold er beregnet antallet af dyreenheder pr. hektar dyrket areal.

Opland	Areal		Spredt bebyggelse		Dyrehold	
	Ha	%	PE	PE/ha	DE	DE/ha
Tilløb 1	171	7	28	0,16	304	1,8
Tilløb 2	474	19	59	0,12	168	0,35
Tilløb 4	351	14	31	0,09	21	0,06
Tilløb 5	657	26	109	0,17	4	0,01
Tilløb 6	185	7	20	0,11	0	0
Tilløb 7	163	7	45	0,27	109	0,67
Umålt opland	491	20	48	0,10	33	0,07
Ialt	2491	100	339	0,14	808	0,32

Tabel B2.2

Arealanvendelse i de enkelte oplande til Arreskov Sø samt søens samlede opland.

Opland	Arealanvendelse					Ialt
	Landbr.	By	Skov	Ferskv.	Restar.	
Tilløb 1	94%	-	6%	-	-	100%
Tilløb 2	68%	-	30%	-	2%	100%
Tilløb 4	40%	-	60%	-	-	100%
Tilløb 5	44%	-	49%	1%	6%	100%
Tilløb 6	44%	31%	18%	-	7%	100%
Tilløb 7	64%	-	33%	-	3%	100%
Umålt opland	72%	2%	23%	2%	1%	100%
Opland ialt	58%	3%	35%	1%	3%	100%

	FK1	FK2	FK3	FK4	FK5	FK6	FK7	FK8	Ialt
Tilløb 1	-	-	92%	<1%	-	-	8%	-	100%
Tilløb 2	-	-	88%	7%	-	-	5%	-	100%
Tilløb 4	8%	-	46%	37%	-	-	9%	-	100%
Tilløb 5	-	-	83%	13%	-	-	4%	-	100%
Tilløb 6	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%
Tilløb 7	-	-	79%	21%	-	-	-	-	100%
Umålt opland	-	-	46%	23%	5%	-	26%	-	100%
Opland ialt	1%	-	73%	15%	1%	-	10%	-	100%

FK1: Grovsandet jord

FK2: Finsandet jord

FK3: Lerblandet sand

FK4: Sandblandet ler

FK5: Lerjord

FK6: Svær lerjord

FK7: Humus

FK8: Speciel jordtype

Tabel B2.3

Jordtyper i landbrugsområderne i de enkelte oplande til Arreskov Sø samt søens samlede opland. Fordelingen er angivet i procent.

Bilag 3

Tabel over kildeopsplitning på årsbasis

Af det efterfølgende fremgår kildeopsplitningen af den totale eksterne belastning af Arreskov Sø i perioden 1989-1994. Med hensyn til beregningsmetoder henvises til bilag 1.

Kvælstof:	1989		1990		1991		1992		1993		1994	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Afstrømning												
- Basisbidrag	4270	16	6640	16	5630	17	7020	18	7090	17	10400	20
- Diffus afstrømning	14900	57	28700	67	21800	67	26700	67	28700	68	35100	67
- Punktkilder	77	0,3	116	0,3	113	0,4	112	0,2	136	0,3	107	0,2
Atmosfærisk deposition	4800	18	5260	13	3510	11	4260	11	4430	11	4590	9
Fugle	42	0,2	42	0,1	42	0,1	42	0,1	42	0,1	42	0,1
Grundvand	2000	8	2000	5	1380	4	1860	5	1750	4	2130	4
Kvælstof ialt	26100	100	42800	100	32500	100	40000	100	42100	100	52400	100
Fosfor:												
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Afstrømning												
- Basisbidrag	117	21	203	26	195	33	200	38	195	32	332	39
- Diffus afstrømning	268	48	391	50	252	43	196	37	303	49	392	45
- Punktkilder	13	2	20	3	18	3	18	4	22	4	19	2
Atmosfærisk deposition	115	21	127	16	89	15	70	13	54	9	66	8
Fugle	18	3	18	2	18	3	18	4	18	3	18	2
Grundvand	30	5	30	4	21	3	28	5	26	4	32	4
Fosfor ialt	561	100	789	100	593	100	530	100	618	100	852	100

Tabel B3.1

Kildeopsplitning af den samlede belastning af Arreskov Sø 1989-1994.

Bilag 4

Vandbalance for Arreskov Sø opgjort på månedsbasis for 1994 samt sommer- (1.5-30.9) og årsbasis for 1989-1994.

ARRESKOV : VANDBALANCE 1994

År	Måned	VAND TILFØRT/FRAFØRT				MAGASIN		GRUNDVAND		VANDSTAND
		Q tilført	Q fraført	Nedbør	Fordampning	pr. d. 1.	ændring/md	beregnet	% af tilført	pr. d. 1.
		m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	%	m o. DNN
1993	Dec	1080066	1791165	379871	11158	6880995	131757	474144	44	33,01
1994	Jan	1187167	2341741	274253	12902	7012752	-588313	304911	26	33,05
1994	Feb	557707	1148126	154696	30337	6424439	-193488	272571	49	32,87
1994	Mar	1220105	1331757	352707	81945	6230951	225863	66752	5	32,81
1994	Apr	640917	1139541	96133	180627	6456814	-481823	101294	16	32,88
1994	May	232116	255039	204148	292211	5974991	-127116	-16131	-7	32,73
1994	Jun	153593	17344	226585	322896	5847875	-63343	-103281	-67	32,69
1994	Jul	107559	1	118583	420532	5784532	-94745	99646	93	32,67
1994	Aug	116230	707	465524	271637	5689787	126398	-183012	-157	32,64
1994	Sep	508556	792135	530151	107051	5816185	318511	178991	35	32,68
1994	Oct	255964	710962	184665	56141	6134696	-381781	-55307	-22	32,78
1994	Nov	660621	771037	257404	12205	5752915	285850	151067	23	32,66
1994	Dec	872212	1206883	316873	4882	6038765	224344	247024	28	32,75
1995	Jan					6263109				32,82
		Q tilført	Q fraført	Nedbør	Fordampning		ændring	beregnet	% af tilført	
		m3	m3	m3	m3		m3	m3	%	
Årsbalance										
1989		2667316	3157361	1826079	2118353					
1990		4149447	6002906	2801234	2124280		351748	1528254	37	
1991		3751027	5146055	2385362	1999446		-319951	689161	18	
1992		3696929	4809771	2359089	2190533		0	944287	26	
1993		4429499	4933887	2613541	1910876		1070792	872515	20	
1994		6512747	9715273	3181723	1793364		-749643	1064524	16	
Sommerbalance										
1.maj - 30.sept										
1989		519180	330474	718354	1602277		-596659	98559	19	
1990		855544	710039	1422474	1548228		200538	180786	21	
1991		808429	721259	1051045	1507081		-284558	84309	10	
1992		557541	561238	755585	1732690		-965775	15028	3	
1993		505525	394906	1163590	1410840		-224091	-87459	-17	
1994		1118054	1065225	1544991	1414327		159705	-23788	-2	
Vinterbalance										
31.dec - 31.marts										
1989		1214216	1827904	413431	180627					
1990		2017186	3117129	904972	220378		253945	669296	33	
1991		2381100	3807770	736581	182719		-351351	521456	22	
1992		1877785	3067292	714185	178186		-190459	463049	25	
1993		2562003	3408783	698608	185160		-64352	268980	10	
1994		4045045	6612789	1161526	136342		-424181	1118378	28	

OPHOLDSTID beregnet på basis af hhv. fraførsel og tilførsel

1994		OPHOLDSTID			
måned	antal dage	Fraførsel		Tilførsel	
		dage	år	dage	år
Jan	31	89	0,2	175	0,5
Feb	28	154	0,4	318	0,9
Mar	31	148	0,4	161	0,4
Apr	30	164	0,4	291	0,8
May	31	719	2,0	789	2,2
Jun	30	10060	27,6	1136	3,1
Jul	31	177851945	487265,6	1654	4,5
Aug	31	252408	691,5	1534	4,2
Sep	30	226	0,6	352	1,0
Oct	31	259	0,7	720	2,0
Nov	30	229	0,6	268	0,7
Dec	31	158	0,4	219	0,6
Max måned		177851945	487265,6	1654	4,5
Min måned		89	0,2	161	0,4
År	365	228	0,62	340	0,93
Sommer	153	839	2,30	799	2,19
vinter	121	120	0,33	197	0,54

Bilag 5

Massebalance for Arreskov Sø for total kvælstof, total fosfor, opløst uorganisk fosfor (ortofosfat-fosfor), og total jern (i kg) på månedsbasis for 1994 samt sommer- (1.5-30.9) og årsbasis 1994. Endvidere er angivet månedsvist tilførsel af nitrit-nitrat kvælstof (NOx), ammonium-kvælstof (NHx), samt tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor fordelt på overflade, atmosfære, grundvand og andet (fugle).

ARRESKOV STOFBALANCE : 1994

Måned	Total kvælstof				Total fosfor				Ortofosfat-fosfor				Total jern			
	tilført kg	fraført kg	til-fra kg	til-fra % af til	tilført kg	fraført kg	til-fra kg	til-fra % af til	tilført kg	fraført kg	til-fra kg	til-fra % af til	tilført kg	fraført kg	til-fra kg	til-fra % af til
Jan	11837	7878	3959	33	117	156	-39	-33	71	85	-14	-20	305	470	-165	-54
Feb	4752	4306	446	9	54	63	-10	-18	33	38	-5	-15	157	129	28	18
Mar	9966	3868	6098	61	134	77	58	43	67	20	47	70	339	148	190	56
Apr	4230	2242	1988	47	66	47	19	28	28	4	24	85	167	70	97	58
May	1557	312	1245	80	37	11	26	70	13	1	12	91	92	12	80	87
Jun	955	23	932	98	29	1	27	96	11	0	11	98	68	2	66	97
Jul	735	0	735	100	22	0	22	100	7	0	7	100	51	0	51	100
Aug	837	0	837	100	28	0	28	100	5	0	5	100	72	0	72	100
Sep	2942	1710	1232	42	97	78	18	19	36	17	19	52	230	133	97	42
Oct	1650	1069	581	35	47	71	-24	-51	16	6	10	61	112	165	-53	-48
Nov	5354	1462	3892	73	124	69	55	44	52	25	27	52	765	182	583	76
Dec	7559	3151	4407	58	103	93	10	10	45	54	-9	-21	420	165	255	61
År																
1989	26092	15265	10827	41	561	632	-71	-13	175	83	91	52	1735	1475	260	15
1990	42710	32959	9751	23	789	1076	-287	-36	270	192	78	29	1950	2855	-904	-46
1991	32526	19249	13277	41	593	738	-145	-24	210	112	98	46	1594	3074	-1480	-93
1992	40009	13116	26893	67	530	476	54	10	186	59	127	68	1309	1077	233	18
1993	42142	14461	27681	66	618	318	300	49	260	159	101	39	2319	620	1699	73
1994	52373	26021	26352	50	859	667	191	22	383	251	132	35	2778	1476	1302	47
Sommer																
1989	4038	920	3119	77	185	76	108	59	32	7	25	77	393	163	230	59
1990	7203	2590	4613	64	292	178	114	39	74	18	57	76	727	317	411	56
1991	5216	2260	2956	57	208	144	64	31	56	23	34	60	596	242	354	59
1992	4249	1112	3138	74	125	64	61	49	28	11	17	61	461	130	331	72
1993	3972	758	3213	81	131	47	84	64	34	21	13	38	313	27	286	91
1994	7026	2045	4981	71	213	90	123	58	72	19	53	74	514	147	366	71

ARRESKOV STOFILFØRSEL : 1994

Måned	Total kvælstof				NOx-N kg	NHx-N kg	Total fosfor			
	over- flade kg	atmos- fære kg	grund- vand kg	andet kg			over- flade kg	atmos- fære kg	grund- vand kg	andet kg
Jan	11098,4	418,9	319,4	0,4	10500,4	126,1	107,3	4,5	4,8	0,2
Feb	4165,9	329,9	255,5	0,4	3832,0	72,9	47,1	2,5	3,8	0,2
Mar	9231,7	414,1	319,4	0,4	8280,3	235,0	124,5	4,8	4,8	0,2
Apr	3643,6	309,5	276,8	0,4	3073,8	55,3	58,4	3,3	4,2	0,2
May	1142,4	265,2	149,0	0,4	1188,7	13,0	29,0	5,8	2,2	0,2
Jun	607,9	346,8	0,0	0,4	658,6	12,7	22,2	6,3	0,0	0,2
Jul	349,3	385,0	0,0	0,4	378,1	8,0	16,6	5,6	0,0	0,2
Aug	353,6	464,7	0,0	18,7	312,2	5,6	14,9	5,6	0,0	7,9
Sep	2414,9	508,3	0,0	18,7	2001,6	39,7	77,7	10,9	0,0	7,9
Oct	1421,5	206,7	21,3	0,4	1112,9	22,7	42,3	4,3	0,3	0,2
Nov	4599,8	434,3	319,4	0,4	3558,5	62,9	114,6	4,9	4,8	0,2
Dec	6580,1	509,8	468,4	0,4	5474,4	73,3	88,6	7,7	7,0	0,2
Året	45609,0	4593,2	2129,0	41,6	40371,4	727,2	743,1	66,2	31,9	17,6
Sommer	4868,1	1970,0	149,0	38,7	4539,1	79,0	160,4	34,1	2,2	16,4

Bilag 6

Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Arreskov Sø, st. 108101 - 108122, i perioden 1973-1994.

SOMMERPERIODEN (1.5 - 30.9)	1973	1974	1977	1978	1979	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
	2)	2)	4)	4)	2)	1)	1)	3)	3)	3)	3)	3)	3)
Sigtdybde, gns. (m)	0,48	0,78	0,62	-	1,02	0,56	0,49	0,27	0,25	0,38	1,45	1,84	1,96
Sigtdybde, 50% frakt. (m)	0,47	0,75	0,60	-	0,92	0,56	0,46	0,25	0,25	0,30	1,45	1,87	2,20
Sigtdybde, 75% frakt. (m)	0,55	0,85	0,65	-	1,20	0,60	0,64	0,30	0,27	0,44	1,85	2,20	2,49
Sigtdybde, maks. (m)	0,86	1,00	1,10	-	3,30	0,90	0,90	0,45	0,35	0,90	2,75	3,00	2,95
Sigtdybde, min. (m)	0,30	0,70	0,30	-	0,31	0,40	0,25	0,21	0,15	0,20	0,30	0,60	0,90
Total-fosfor, gns. (µg P/l)	-	114	-	-	-	519	-	231	275	199	130	138	98
Total-fosfor, 50% frakt. (µg P/l)	-	117	-	-	-	575	-	243	253	206	120	115	89
Total-fosfor, maks. (µg P/l)	-	150	-	-	-	782	-	294	394	323	230	361	302
Total-fosfor, min. (µg P/l)	-	79	-	-	-	194	-	142	196	129	58	62	36
Orto-fosfat, gns. (µg P/l)	-	33	13	10	40	334	-	24	29	35	24	24	25
Orto-fosfat, 50% frakt. (µg P/l)	-	32	10	7	41	380	-	21	22	17	17	22	21
Orto-fosfat, 25% frakt. (µg P/l)	-	8	8	5	<5	241	-	16	11	7	11	16	13
Orto-fosfat, maks. (µg P/l)	-	71	34	25	137	484	-	51	75	208	72	56	55
Orto-fosfat, min. (µg P/l)	-	5	<5	<5	<5	54	-	8	7	<5	<5	5	<5
Part. fosfor, gns. (µg P/l)	-	82	-	-	-	185	-	207	246	164	106	114	73
Part. fosfor, 50% (µg P/l)	-	82	-	-	-	179	-	207	235	151	99	92	60
Part. fosfor, 25% (µg P/l)	-	70	-	-	-	125	-	180	198	137	81	61	48
Part. fosfor, maks. (µg P/l)	-	107	-	-	-	342	-	277	357	235	225	353	260
Part. fosfor, min. (µg P/l)	-	65	-	-	-	105	-	131	176	115	48	35	31
Total-kvælstof, gns. (µg N/l)	-	2821	-	-	-	2580	-	2526	3205	3000	1933	1630	1273
Total-kvælstof, 50% frakt. (µg N/l)	-	2637	-	-	-	2467	-	2534	3033	3007	1672	1578	1250
Total-kvælstof, maks. (µg N/l)	-	3790	-	-	-	3420	-	3420	4411	4022	4232	2310	1670
Total-kvælstof, min. (µg N/l)	-	2500	-	-	-	2097	-	1094	2420	2059	1290	903	900
Opl. uorg. kvælstof, gns. (µg N/l)	-	751	391	418	235	103	-	45	231	311	250	254	189
Opl. uorg. kvælstof, 50% frakt. (µg N/l)	-	741	144	337	176	32	-	28	36	85	187	190	137
Opl. uorg. kvælstof, 25% frakt. (µg N/l)	-	441	53	136	71	30	-	23	28	31	113	91	70
Opl. uorg. kvælstof, maks. (µg N/l)	-	1562	1581	1011	783	592	-	201	1667	1588	880	779	665
Opl. uorg. kvælstof, min. (µg N/l)	-	119	21	7	3	27	-	16	21	15	15	32	18
Part N/Part P, gns.	-	26	-	-	-	15	-	13	12	17	17	17	19
Part N/Part P, 50% frakt.	-	26	-	-	-	13	-	12	13	16	17	14	19
Part N/Part P, maks.	-	34	-	-	-	23	-	22	17	25	22	33	30
Part N/Part P, min.	-	19	-	-	-	10	-	4	4	9	9	6	5
Klorofyl-a, gns. (µg/l)	-	42	-	-	108	107	108	129	147	155	74	52	23
Klorofyl-a, 50% frakt. (µg/l)	-	41	-	-	32	114	113	117	132	167	39	26	19
Klorofyl-a, 75% frakt. (µg/l)	-	46	-	-	150	137	160	156	143	200	56	48	32
Klorofyl-a, max. (µg/l)	-	57	-	-	526	160	170	210	245	280	460	340	49
Klorofyl-a, min. (µg/l)	-	29	-	-	25	37	18	81	27	28	4	4	3
(Nitrit + nitrat)-kvælstof, gns. (µg N/l)	-	380	196	189	98	51	-	15	204	200	142	135	118
Ammonium-kvælstof, gns. (µg N/l)	-	373	195	230	137	51	-	30	27	111	108	119	71
pH, gns.	9,1	8,4	8,6	8,5	8,6	9,1	9,2	8,8	9,2	8,9	8,2	8,2	8,3
Ledningsevne, gns. (µS/cm)	-	425	432	498	479	350	-	320	327	325	447	485	453
Total-alkalinitet, gns. (meq/l)	-	2,44	-	-	1,9	-	-	2,18	1,87	1,97	2,98	2,75	2,69
Total-kuldioxid, gns. (mmol/l)	-	-	-	-	-	2,38	-	2,1	1,76	1,89	3,01	2,77	2,70
Silikat-Si, gns. (mg Si/l)	-	-	-	-	5,4	5,6	-	4,1	4,7	1,3	5,6	3,4	4,4
Tørstof (part.), gns. (mg/l)	-	-	-	-	-	33	-	60	66	40	17	13	8
Glødetab (part.), gns. (mg/l)	-	-	-	-	-	24	-	40	44	26	11	9	5
Primærprod., gns. (mg C/m ² d)	-	791	-	-	-	1657	-	1527	1672	1674	-	-	-
Primærprod., 50% frakt. (mg C/m ² d)	-	744	-	-	-	1329	-	1259	1587	1469	-	-	-
Primærprod., 75% (mg C/m ² d)	-	992	-	-	-	2101	-	1751	1885	1848	-	-	-
Primærprod., max. (mg C/m ² d)	-	1472	-	-	-	3334	-	3261	2524	3398	-	-	-
Primærprod., min. (mg C/m ² d)	-	464	-	-	-	682	-	868	1042	839	-	-	-

Bemærkninger:

- 1) Station 108101
- 2) Station 108103
- 3) Station 108104
- 4) Station 108122 (Odense Universitet)

De angivne gennemsnits- og fraktilværdier er tidsvægtede. Maksimum og minimum er ikke nødvendigvis målte værdier, men kan i visse tilfælde være beregnet ved interpolation mellem en værdi indenfor den angivne periode og en højere/lavere værdi udenfor perioden.

Bilag 6 (fortsat)

Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Arreskov Sø, st. 108101 - 108122, i perioden 1973-1994.

HELE ÅRET	1973/74	1977	1978	1979	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994
	2), 5)	4)	4)	2)	1)	3)	3)	3)	3)	3)	3)
Sigtdybde, gns. (m)	0,96	-	-	1,34	0,97	0,33	0,31	0,55	1,57	2,19	1,68
Sigtdybde, 50% frakt. (m)	0,92	-	-	1,51	0,74	0,29	0,27	0,49	1,30	2,20	1,56
Sigtdybde, 75% frakt. (m)	1,20	-	-	1,64	1,33	0,40	0,34	0,62	2,19	2,61	2,28
Sigtdybde, maks. (m)	1,40	-	-	3,30	2,75	0,76	0,85	1,45	2,95	3,10	2,95
Sigtdybde, min. (m)	0,40	-	-	0,31	0,40	0,20	0,15	0,20	0,30	0,60	0,56
Total-fosfor, gns. (µg P/l)	97	-	-	-	449	232	225	153	97	102	82
Total-fosfor, 50% frakt. (µg P/l)	90	-	-	-	530	236	212	141	81	83	76
Total-fosfor, maks. (µg P/l)	160	-	-	-	782	316	394	323	230	361	302
Total-fosfor, min. (µg P/l)	53	-	-	-	118	142	119	61	47	28	36
Orto-fosfat, gns. (µg P/l)	48	42	23	-	305	42	32	21	19	28	23
Orto-fosfat, 50% frakt. (µg P/l)	49	20	27	-	349	22	23	11	16	27	20
Orto-fosfat, 25% frakt. (µg P/l)	39	9	7	-	150	14	12	7	11	20	9
Orto-fosfat, maks. (µg P/l)	110	170	56	137	523	166	105	208	10	56	55
Orto-fosfat, min. (µg P/l)	5	<5	<5	<5	13	8	<5	<5	<5	5	<5
Part. fosfor, gns. (µg P/l)	65	-	-	-	144	189	193	132	78	73	59
Part. fosfor, 50% (µg P/l)	58	-	-	-	133	190	184	124	67	53	54
Part. fosfor, 25% (µg P/l)	51	-	-	-	97	164	141	90	47	29	40
Part. fosfor, maks. (µg P/l)	107	-	-	-	342	277	357	282	225	353	260
Part. fosfor, min. (µg P/l)	45	-	-	-	39	70	49	53	32	20	25
Total-kvælstof, gns. (µg N/l)	3778	-	-	-	2860	3178	4077	3264	2184	2152	1790
Total-kvælstof, 50% frakt. (µg N/l)	3363	-	-	-	2691	3180	3829	3077	2190	1889	1428
Total-kvælstof, maks. (µg N/l)	9300	-	-	-	3880	5510	6400	4625	4232	3495	3480
Total-kvælstof, min. (µg N/l)	2500	-	-	-	1545	1094	2420	2059	1290	903	900
Opl. uorg. kvælstof, gns. (µg N/l)	1635	1259	834	-	709	808	1616	1052	752	986	806
Opl. uorg. kvælstof, 50% frakt. (µg N/l)	1465	989	940	-	237	481	1236	880	722	666	403
Opl. uorg. kvælstof, 25% frakt. (µg N/l)	687	186	467	-	37	31	47	94	208	289	120
Opl. uorg. kvælstof, maks. (µg N/l)	3640	3862	2158	3570	2111	3660	5186	2641	2097	2498	2500
Opl. uorg. kvælstof, min. (µg N/l)	119	21	7	3	27	16	21	15	15	32	18
Part N/Part P, gns.	38	-	-	-	20	14	14	18	21	24	20
Part N/Part P, 50% frakt.	38	-	-	-	15	13	13	18	21	23	19
Part N/Part P, maks.	110	-	-	-	56	33	39	27	33	45	35
Part N/Part P, min.	19	-	-	-	10	4	4	9	9	6	5
Klorofyl-a, gns. (µg/l)	42	-	-	87	78	132	146	116	48	24	20
Klorofyl-a, 50% frakt. (µg/l)	40	-	-	38	73	125	116	99	33	5	17
Klorofyl-a, 75% frakt. (µg/l)	49	-	-	106	123	180	141	169	55	16	28
Klorofyl-a, max. (µg/l)	92	-	-	526	220	280	1000	280	460	340	49
Klorofyl-a, min. (µg/l)	24	-	-	17	5	20	27	28	4	1	3
(Nitrit + nitrat)-kvælstof, gns. (µg N/l)	990	896	532	437	287	303	975	805	583	838	721
Ammonium-kvælstof, gns. (µg N/l)	645	363	302	327	423	505	640	247	169	148	85
pH, gns.	8,2	8,4	8,2	8,2	8,6	8,5	8,6	8,5	8,2	8,1	8,2
Ledningsevne, gns. (µS/cm)	400	444	507	524	370	352	346	353	442	479	448
Total-alkalinitet, gns. (meq/l)	1,94	-	-	1,98	-	2,50	2,17	2,24	2,82	2,67	2,63
Total-kuldioxid, gns. (mmol/l)	-	-	-	-	2,63	2,48	2,14	2,22	2,85	2,70	2,64
Silikat-Si, gns. (mg Si/l)	-	-	-	6,1	6,5	4,4	4,35	1,1	4,05	3,50	3,37
Tørstof (part.), gns. (mg/l)	-	-	-	-	22	51	52	30	13	8	9
Glødetab (part.), gns. (mg/l)	-	-	-	-	15	31	33	19	8	5	5
Årsprimærproduktion (g C/m ² år)	169	-	-	-	369	319	376	328	-	-	-

Bemærkninger:

- 1) Station 108101
 2) Station 108103
 3) Station 108104
 4) Station 108122 (Odense Universitet)
 5) Gennemsnit for perioden 1.9 1973 - 31.8 1974

De angivne gennemsnits- og fraktilværdier er tidsvægtede. Maksimum og minimum er ikke nødvendigvis målte værdier, men kan i visse tilfælde være beregnet ved interpolation mellem en værdi indenfor den angivne periode og en højere/lavere værdi udenfor perioden.

Bilag 6 (fortsat)

Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Arreskov Sø, st. 108101 - 108122, i perioden 1973-1994.

VINTERPERIODEN (1.12 - 31.3)	1973/74 2)	1986/87 1)	1988 1), 5)	1989 3), 5)	1989/90 3)	1990/91 3)	1991/92 3)	1992/93 3)	1993/94 3)
Total-fosfor, gns. (µg/l)	88	231	-	204	205	116	78	83	59
Orto-fosfat, gns. (µg/l)	41	158	-	16	83	12	17	28	26
Total-kvælstof, gns. (µg N/l)	6041	2921	-	3303	5347	4095	2638	3236	2822
(Nitrit + nitrat)-kvælstof, gns. (µg N/l)	2546	827	-	767	1857	1821	842	1903	1878
Ammonium-kvælstof, gns. (µg N/l)	990	326	-	94	2095	381	380	222	87
pH, gns.	7,9	8,3	8	8,2	8,1	8,1	8,2	8,1	8,2
Ledningsevne, gns. (µS/cm)	412	596	-	410	354	391	390	493	444
Total-alkalinitet, gns. (meq/l)	2,1	-	-	2,95	2,64	2,48	2,61	2,58	2,54
Total-kuldioxid, gns. (mmol/l)	-	2,9	-	2,98	2,67	2,51	2,63	2,62	2,56
Silikat, gns. (mg Si/l)	-	7,9	-	3,4	6,7	0,23	2,7	2,6	4,7
Tørstof (part.), gns. (mg/l)	-	14,9	-	48	25	30	12	5,5	6,9
Glødetab (part.), gns. (mg/l)	-	8,2	-	26	16	16	8	2,5	2,9

Bemærkninger:

- 1) Station 108101
- 2) Station 108103
- 3) Station 108104
- 4) Station 108122 (Odense Universitet)

5) Gennemsnit for perioden 1.1 - 31.3

De angivne gennemsnits- og fraktilværdier er tidsvægtede. Maksimum og minimum er ikke nødvendigvis målte værdier, men kan i visse tilfælde være beregnet ved interpolation mellem en værdi indenfor den angivne periode og en højere/lavere værdi udenfor perioden.

Bilag 7

Beregning af kvælstofudveksling via interne processer i Arreskov Sø, 1994. Beregnet tilførsel, fraførsel magasinændring og nettostofudveksling med sediment/atmosfære for total kvælstof (kg) på månedsbasis. Års- og sommermiddelværdier er ligeledes angivet.

ARRESKOV, 1994: BEREGNING AF KVÆLSTOFFRIGIVELSE/TAB.

Måned	antal dage	Søvolume pr.d.1. m ³	Tot-N konc. pr.d.1. µg/l	N-pulje pr.d.1. kg	Stign/md kg	Tot-N til kg	Tot-N fra kg	N-tilbage- holdt kg
1	31	7012752	2578	18081	2978	11837	7878	3959
2	28	6424439	3278	21060	-975	4752	4306	446
3	31	6230951	3223	20084	-8425	9966	3868	6098
4	30	6456814	1806	11659	-4005	4230	2242	1988
5	31	5974991	1281	7655	-2174	1557	312	1245
6	30	5847875	937	5480	3238	955	23	932
7	31	5784532	1507	8718	-1606	735	0	735
8	31	5689787	1250	7112	-737	837	0	837
9	30	5816185	1096	6375	1719	2942	1710	1232
10	31	6134696	1319	8094	-567	1650	1069	581
11	30	5752915	1308	7526	3202	5354	1462	3892
12	31	6038765	1777	10729	4511	7559	3151	4407
1		6263109	2433	15240				
max			3278		4511	11837	7878	6098
sommermiddel sum, sommer		5874678	1214	7239	88 439	1405 7026	409 2045	996 4981
årsmiddel sum, år		6109832	1830	11370	-237 -2841	4364 52373	2168 26021	2196 26352

KVÆLSTOF FRIGØRELSE (+) BINDING (-) FOR HELE SØEN KORRIGERET FOR TIL- OG FRAFØRT KVÆLSTOF

Måned	Areal af sø, m ² 3170000			
	Fri/bundet N hele søen kg N/måned	Fri/bundet N pr.søoverfl. mgN/m ² /måned	Fri/bundet N hele søen kg N/dag	Fri/bundet N pr.søoverfl. mg N/m ² /dag
1	-981	-309	-31,65	-9,98
2	-1421	-448	-50,74	-16,01
3	-14523	-4581	-468,49	-147,79
4	-5993	-1891	-199,77	-63,02
5	-3420	-1079	-110,31	-34,80
6	2306	727	76,87	24,25
7	-2341	-738	-75,50	-23,82
8	-1574	-497	-50,78	-16,02
9	486	153	16,21	5,11
10	-1148	-362	-37,04	-11,69
11	-689	-217	-22,97	-7,25
12	104	33	3,36	1,06
max	2306	727	76,87	24,25
sommermiddel	-908	-287	-28,70	-9,05
Fri/bund. sommer, kg	-4542			
årsmiddel	-2433	-767	-79,23	-25,00
Ialt fri/bundet år, kg	-29193			

Bilag 9 (fortsat)

Oversigt over biologiske parametre i Arreskov Sø, 1987-1994.

ARRESKOV SØ 1987-94

	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Bemærkninger/referencer
Cladocerindeks								
Sommermiddel	0,91	0,47	0,14	0,30	0,75	0,98	0,67	Tidsvægtet, dog ikke 1987
Årsmiddel	0,92	0,41	0,15	0,28	0,81	0,94	0,58	Ikke tidsvægtet
Middelvolumen af cladocerer								
Sommermiddel, mm ³ /l	0,087	0,041	0,017	0,040	0,133	0,133	0,072	Ikke tidsvægtet
Årsmiddel, mm ³ /l		0,040	0,023	0,038	0,132	0,204	0,187	Ikke tidsvægtet
Middellængde af cladocerer								
Sommermiddel, mm		0,543	0,346	0,642	0,954	1,199	0,882	Antalsvægtet, ikke tidsvægtet
Årsmiddel, mm ³ /l		0,558	0,392	0,595	0,966	1,303	1,045	Antalsvægtet, ikke tidsvægtet
Græsning i sommerperioden								
Total algebiomasse, µgC/l	4511	4215	3594	3038	1808	2404	844	Tidsvægtet
Alger < 50µ, µgC/l		925	2846	2105	222	26	95	Tidsvægtet
Pot. græsning, µgC/l*dag	509	676	401	834	712	266	140	Tidsvægtet
Græsningstryk, total, %	11	16	11	27	39	11	17	Middel efter /2/
Græsningstryk, <50µ, %		73	14	40	320	1040	147	Middel efter /2/
Fisk								
Garnfangster								
CPUE, antal, <10cm	16				254		279	
CPUE, antal, >10cm	46				9		20	
Småfisk i %	26				97		93	
CPUE, vægt, <10cm (g)	64				757		1092	
CPUE, vægt, >10cm (g)	5205				3087		3632	
Småfisk i %	1				20		23	
Fiskeindex								
Antal skidtfisk (>10cm)/ Antal skidtfisk + aborre (>10cm)	0,86				0,61		0,53	Efter /1/
Fredfisk/ Fredfisk+rovfisk (antal)	0,89				0,95		0,93	Efter /2/
Fredfisk/ Fredfisk+rovfisk (vægt)	0,64				0,93		0,64	Efter /2/
Dybdegrænse for vegetation								
Dybdegrænse i meter		0,6			1,4	1,5	1,65	
Relativ dækningsgrad								
Relativ dækningsgrad i %						0,8	0,6	Se bilag 10.1
Relativt plantefyldt volumen								
RPV i %						0,02	0,02	Se bilag 10.2

Referencer:

/1/ Jeppesen, E., M.Søndergaard og H.Rossen: Restaurering af søer ved indgreb i fiskebestanden. - Danmarks Miljøundersøgelser 1989.

/2/ Kristensen, P., J.P.Jensen, E.Jeppesen og M.Erlandsen: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990 - Ferske vandområder - Søer. - Danmarks Miljøundersøgelser 1991.

Bilag 10.1

Resultater fra vegetationsundersøgelse i Arreskov Sø, 15. - 24. august 1994

Dækningsgrad

Delområde	Normaliseret dybdeinterval						Plantedæk. areal i delområde	Areal af delområde	Dækn.grad 0-1,5 m	Planternes dybdeudbredelse meter			
	0,00-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00	1,00-1,25	1,25-1,50				1000 m ²	%	min.	max.
	Plantedækket areal i delområde, 1000 m ²												
1	0,05	0,08	0,09	0,05	0,17	0	0,44	25,4	1,7		1,25		
2	0	0	0,07	0,63	0,06	0	0,76	71,9	1,1		1,15		
3	0	0	0,07	1,73	0,63	0	2,43	128,8	1,9		1,3		
4	0	2,21	1,76	0,40	0,11	0,33	4,81	57,8	8,3		1,35		
5	0	0,80	0,11	0,04	0,04	0,09	1,09	48,8	2,2		1,5		
6	0,07	0,26	0,53	0,12	0,01	0,02	1,02	20,0	5,1		1,55		
7	0	0	0	0	0	0	0	1,9	0,0		0		
8	0	0	0	0	0	0	0	12,1	0,0		0		
9	0	0	0	0	0	0	0	7,1	0,0		0		
10	0,52	0,10	0,12	0,01	0	0	0,75	10,6	7,1		1,05		
11a	0	0	0	0	0	0	0	9,63	0,0		0		
11b	0,05	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,11	21,05	0,5		0,7		
11c	0	0	0	0	0	0	0	35,21	0,0		0		
11d	0,01	0,03	0,02	1,89	0,29	0,00	2,24	21,83	23,2		1,05		
12	0	0	1,58	0,93	0	0	2,51	83,6	3,0		0,9		
13	0	0	0,03	0,02	0,10	0,30	0,45	36,8	1,2		1,65		
14	0	0	0	0,05	0,21	0,14	0,40	72,9	0,5		0		
15	0	0	0	0	0	0	0	13,1	0,0		0		
16	0	0	0	0,08	0,11	0,00	0,19	21,1	0,9		1,2		
17	0	0	0,11	0,27	0,15	0,10	0,62	7,7	8,1		1,5		
18	0,01	0,22	0,39	0,04	0,02	0,00	0,68	13,8	4,9		1,2		
Totalt plante- dækket areal	0,71	3,75	4,90	6,25	1,91	0,99	18,50			Tot.max:	1,65		
Totalt bundareal	14,82	26,33	58,06	186,85	210,14	224,93		721,13					
Gns. total dæk- ningsgrad, %	4,8	14,3	8,4	3,3	0,9	0,4			2,6				

Totalt plantedækket areal, 1000 m ² :	18,50
Søens overfladeareal (excl. rørskov), 1000 m ² :	3127
Total gns. dækningsgrad, %:	0,6

Artsliste:

ID-kode	Art	Dansk navn
ZA PA.PEB4	<i>Zannichellia palustris</i> ssp. <i>pedicellata</i>	Stilket Vandkrans
POTA PECB4	<i>Potamogeton pectinatus</i>	Børsteblandet Vandaks
POTA BERB4	<i>Potamogeton berchtoldii</i>	Liden Vandaks
CH GL; GL P4	<i>Chara globularis</i> v. <i>globularis</i>	Skør Kransnål
CHAR VULP4	<i>Chara vulgaris</i>	Stor Kransnål
CHARA ZP4	<i>Chara</i> sp.	Art af Kransnål
CERA DEMB4	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Tomfrøet Hornblad
CLAD GLOP4	<i>Cladophora glomerata</i>	Dusk-vandhår
ENTEROMZP4	<i>Enteromorpha</i> sp.	Art af Rørhinde
SPIROGYZP4	<i>Spirogyra</i> sp.	Art af slimtråd

Bilag 10.2

Resultater fra vegetationsundersøgelse i Arreskov Sø, 15. - 24. august 1994

Plantefyldt volumen

Delområde	Normaliseret dybdeinterval						Plantefyldt volumen i delområde	Vandvolumen i delområde	Relativt plantefyldt volumen
	0,00-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00	1,00-1,25	1,25-1,50			
	Plantefyldt volumen i delområdets dybdeintervaller, 1000 m ³						1000 m ³	%	
1	0,0011	0,0030	0,0036	0,0019	0,0067	0	0,02	29,3	0,1
2	0	0	0,0044	0,0377	0,0026	0	0	77,7	0,1
3	0	0	0,0042	0,1733	0,0633	0	0,24	139,0	0,2
4	0	0,0664	0,1056	0,0238	0,0064	0,0200	0,22	53,3	0,4
5	0	0,0798	0,0057	0,0026	0,0025	0,0037	0,09	39,2	0,2
6	0,0020	0,0079	0,0214	0,0046	0,0009	0,0018	0,04	13,8	0,3
7	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0,0
8	0	0	0	0	0	0	0	15,2	0,0
9	0	0	0	0	0	0	0	7,8	0,0
10	0,1039	0,0040	0,0048	0,0005	0	0	0,11	7,7	1,5
11a	0	0	0	0	0	0	0	11,8	0,0
11b	0,00096	0,00096	0,00032	0	0	0	0	25,0	0,0
11c	0	0	0	0	0	0	0	44,5	0,0
11d	0,0002	0,0012	0,00096	0,07565	0,011535	0	0	24,7	0,4
12	0	0	0,0633	0,0186	0	0	0,08	77,2	0,1
13	0	0,0001	0,0010	0,0009	0,0040	0,0119	0,02	42,2	0,0
14	0	0	0	0,0020	0,0084	0,0057	0	84,8	0,0
15	0	0	0	0	0	0	0	15,6	0,0
16	0	0	0	0,0040	0,0054	0	0	24,2	0,0
17	0	0	0,0043	0,0160	0,0092	0,0059	0	7,3	0,5
18	0,0002	0,0066	0,0155	0,0021	0,0013	0	0,03	14,5	0,2
Totalt plante- fyldt volumen, 1000 m³	0,1084	0,1701	0,2349	0,3634	0,1222	0,0489	1,05		
Vandvolumen, 1000 m³	1,9	9,9	36,3	163,5	236,4	309,3		757	
Relativt plante- fyldt volumen, %	5,85	1,72	0,65	0,22	0,05	0,016			0,14

Totalt plantefyldt volumen i sø, 1000 m ³ :	1,05
Søvolumen (ekskl. rørskov), 1000 m ³ :	5866
Relativt plantefyldt volumen, %:	0,02

Bilag 11

Oversigt over undersøgelser udført før vandmiljøplanovervågningen.

Oversigten omfatter undersøgelser og data fra Arreskov Sø samt publikationer, der indeholder data fra søen. Kun undersøgelser, der ikke er publiceret i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er medtaget i oversigten.

Resultaterne af tidligere undersøgelser er nærmere beskrevet i Fyns Amt (1994a).

Referencer:

Andersen, F.Ø., unpubl.: Data fra undersøgelser foretaget i Arreskov Sø i perioden 1977-79 af medarbejdere og studerende ved Odense Universitet.

Andersen, F.Ø., 1978: Oxygenoptagelsen i et rørsumpsediment i en lavvandet, eutrof dansk sø. - I: 6th. nordic symposium on sediments. Interaction between sediment and water. Hurdal, Norge 1978.

Andersen, F.Ø. og E. Lastein, 1979: Måling og beregning af sedimentation i en lavvandet sø. - I Enell, M. og G. Gahnström (eds.): 7th Nordic Symposium on Sediments. Presentation of Methods and Analytical Results. - Limnologiska Institutionen, Lunds Universitet, 1979, s. 95-110.

Andersen, F.Ø., 1981: Oxygen and nitrate respiration in a reed swamp sediment from a eutrophic lake. - *Holarct. Ecol.* 4: 66-72.

Andersen, F.Ø. and E. Lastein, 1981: Sedimentation and resuspension in shallow, eutrophic lake Arreskov, Denmark. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21: 425-430.

Birnø, K.E., 1967: Brev fra Danmarks Fiskeri- og havundersøgelser Forureningslaboratorium til Fiskeriforeningen for Arreskov Sø.

Dahl, J., 1963: Beretning vedrørende den fiskeribiologiske undersøgelse af Arreskov Sø, 5. - 10. juni 1961. - Danmarks Fiskeri- og havundersøgelser, Charlottenlund 1963.

Danmarks Naturfredningsforening, 1989: Endeligt forslag til fredning af Arreskov Sø med omgivelser.

Fjerdingstad, E., 1964: Rapport over planktonundersøgelser i Arreskov Sø den 5/7 1964. - Rapport til Stadsingeniøren i Odense, 7 s.

Foged, N., 1954: On the Diatom Flora of some Funen Lakes. - *Folia Limnologica Scandinavica* nr. 6. 73 s. + bilag

Frederiksen, K. og A. D. Appe, 1978: Arts- og frekvensanalyse ved fire typesøer. - Projektrapport fra Odense Universitet, 72 s.

Fredningsnævnet for Fyns Amts sydlige Fredningskreds, 1993: Fredningsnævnets afgørelse af 22. juni 1993 om fredning af Arreskov Sø med omgivelser, samt fredningsnævnets erstatningsafgørelse af samme dato. 41 s. + kortbilag.

Fyns Amtskommune og Vandkvalitetsinstituttet, 1974: Miljøbeskyttelse. Forundersøgelse af søer, moser og nor i Fyns Amt. - Rapport. 39 s. + bilag.

Fyns Amt, 1992: Overvågning af fuglelokaliteter i Fyns Amt - 1989. - Rapport 143 s.

Hansen, S.M.B. og T.L. Lauridsen, 1988: Projekt rapport om fyto- og zooplanktonets årstidsvariation i to lavvandede søer, Kvind Sø og Arreskov Sø. Biologisk Institut, Odense Universitet.

Jacobsen, B.A., 1994: Bloom formation of *Gloeotrichia echinulata* and *Aphanizomenon flos-aquae* in a shallow, eutrophic, Danish lake. - *Hydrobiologia* 289, s. 193-197.

Jensen, H.S. og F.Ø. Andersen, 1982: Effects of sulphate and nitrate on the sulfate reduction in freshwater sediment. - I: Bergström, I., Kettunen, J. & Stenmark, M. (eds.): 10th Nordic Symposium on sediments. Physical, chemical and biological dynamics in sediment. - Laboratory of Hydrology and Water resources Engineering, Helsinki University of Technology. 1982.

Jensen, H.S. og F.Ø. Andersen, 1990: Fosforbelastning i lavvandede eutrofe søer. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C4, Miljøstyrelsen, 94 s. + databilag.

Jensen, H.S. og F.Ø. Andersen, 1990: Impact of nitrate and blue-green algae abundance on phosphorus cycling between sediment and water in two shallow, eutrophic lakes. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24, s. 224-230.

Lastein, E., 1978: Vindens betydning for resuspension af bundmateriale i lavvandede søer. - I: 6th. nordic symposium on sediments. Interaction between sediment and water. Hurdal, Norge 1978.

Olsen, S., 1944: Danish Charophyta - chorological, ecological and biological investigations. - Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, biologiske skrifter, bind 3, nr.1.

Petersen, J.B., 1950: Beretning om en botanisk undersøgelse af Arreskov Sø. - *Djur och natur* 1950, s. 130-134.

Petersen, J.B., 1950: Arreskov Sø 1950. - *Djur och Natur* 1950, s. 154-157.

Skytthe, A.E., 1983: Fordeling og produktivitet af epiphyton i rørsumpen i en lavvandet sø. Projekt rapport. Biologisk Institut, Odense Universitet.

Skytthe, A.E., 1990: En dynamisk model for intern fosforbelastning i en lavvandet sø. Specialeprojekt ved Biologisk Institut, Odense Universitet.

Vandkvalitetsinstituttet, 1975: Recipientundersøgelse af Sørup Sø, Hvidkilde Sø, Nielstrup Sø, Ollerup Sø, Brændegård Sø, Nørre Sø, Arreskov Sø. - Rapport til Fyns Amtskommune. 107 s. + bilag.

Bilag 12

Oversigt over morfometriske grunddata for Arreskov Sø

Arreskov Sø, opmålt 1989 af Thorkild Høy

Dybde m	Kumuleret dybde %	Areal m ²	Kumuleret areal m ²	Kumuleret areal %	Volumen m ³	Kumuleret volumen m ³	Kumuleret volumen %
0	0	349016	3174308	100	2999800	5879599	100
1	27	442024	2825292	89	1302140	2879799	49
1,5	41	876715	2383268	75	972455	1577659	27
2	54	1096412	1506553	48	479173	605204	10
2,5	68	364412	410141	13	113967	126030	2
3	81	43926	45729	1	11883	12063	0
3,5	95	1802	1802	0	180	180	0
3,7	100	0	0	0	0	0	0

Kystlinielængde: 8,50 km

	Areal, ha	Volumen, m ³
Geografisk areal incl. øer, ha	317,9	
Areal af øer, ha	0,4	
Sø incl. del af rørskov	317,4	5879599
Rørskov "indenfor vandflade", ha % af søareal	4,7 1,48%	14000
Sø excl. rørskov	312,7	5865599
Total rørskov % af søareal incl. total rørskov	12,96 3,98%	
Sø incl. total rørskov	325,7	

