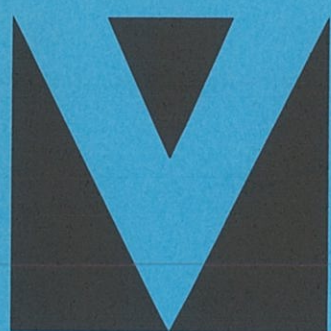




VANDMILJØ overvågning

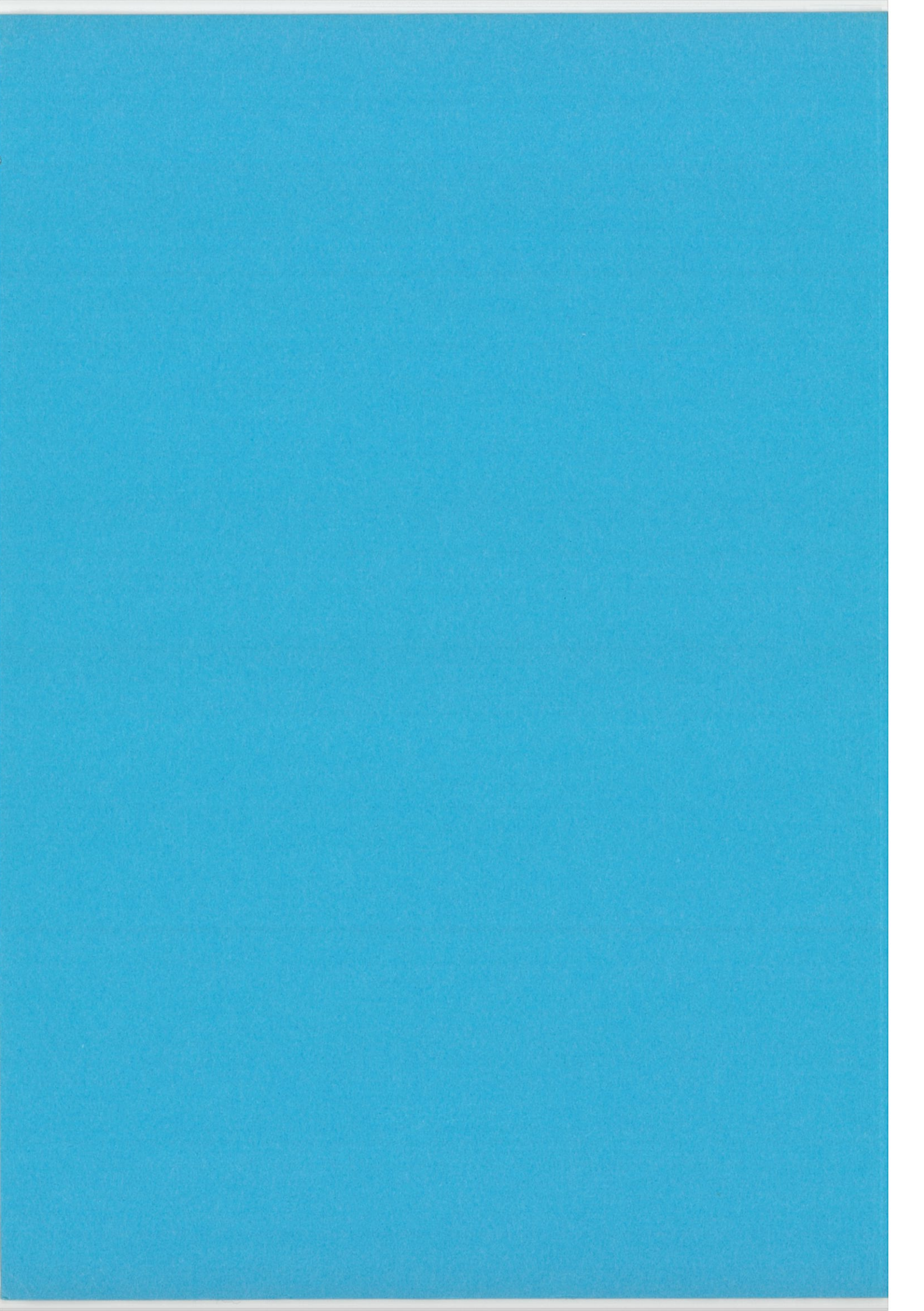
Arreskov Sø
1990

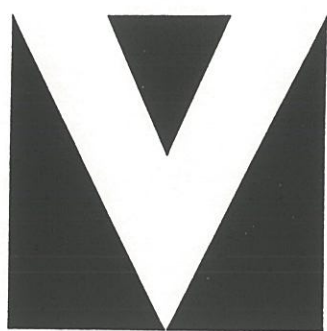


Fyns Amt

Teknik- og miljøforvaltningen
Vand- og miljøafdelingen

Maj 1991





VANDMILJØ overvågning

Arreskov Sø 1990



Fyns Amt

Teknik- og miljøforvaltningen
Vand- og miljøafdelingen

Maj 1991

UDARBEJDET AF:

Fyns Amt

Teknik- og miljøforvaltningen

Vand/miljøafdelingen

Ørbækvej 100

5220 Odense SØ

Telefon: 66 15 94 00

Telefax: 66 15 45 59

KORTMATERIALE:

Udgivet af Fyns Amt med Kort- og
Matrikelstyrelsens tilladelse (A86)
copyright.

TRYK: Fyns Amt

OPLAG: 75

ISBN: 87-7343-085-4

0.	Indledning	1
1.	Historie, målsætning og opland	3
1.1	Søens oprindelse og fysiske udvikling	3
1.2	Målsætning for søens anvendelse mv.	3
1.3	Oplandsbeskrivelse	6
2.	Metodik	11
3.	Morfometri	17
4.	Vandbalance	21
5.	Søens eksterne belastningsforhold	25
5.1	Total ekstern belastning med kvælstof og fosfor 1989 og 1990	25
5.2	Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor 1989 og 1990	27
5.3	Atmosfærisk deposition	33
5.4	Øvrige belastningskilder	33
5.5	Historiske belastningsforhold, afstrømning	34
6.	Søens massebalance	35
7.	Vandkemiske forhold i søens til- og afløb	41
7.1	Tilløb	41
7.2	Afløb	42
8.	Fysisk-kemiske forhold i søen	43
8.1	Vandfase	43
8.2	Sediment	51
9.	Biologiske forhold i søen	55
9.1	Fytoplankton	55
9.2	Zooplankton	63
9.3	Fisk	69
9.4	Bundvegetation	73
10.	Samlet vurdering af søens aktuelle tilstand	75
11.	Udvikling i tilstand	77
11.1	Udvikling frem til 1990	77
11.2	Vurdering af fremtidig tilstand	80
12.	Behov for fortsat overvågning	85
13.	Konklusion	87
	Referencer	89

Indledning.

I foråret 1987 har Folketinget vedtaget en handlingsplan (vandmiljøplanen), der skal nedbringe næringsstofbelastningen af det danske vandmiljø.

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

Vandmiljøplanen omfatter bl.a. øget spildevandsrensning for kommuner og industri samt krav til jordbruget om at mindske tilførslerne af næringsstoffer til miljøet.

Samtidig er der med vandmiljøplanen iværksat en øget overvågning af vandmiljøet med det formål at eftervise effekten af vandmiljøplanen.

Overvågningen omfatter alle de forskellige led i vandkredsløbet: Grundvand, vandløb, søer, marine områder m.m.

Det er amternes opgave at foretage overvågningen af vandmiljøet, hvad angår grundvand, vandløb, kilder, søer og kystnære havområder. Dertil kommer, at amterne fører tilsyn med kommunale renseanlæg.

Amterne skal årligt udarbejde rapporter over resultaterne af disse overvågnings- og tilsynsprogrammer.

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, som Miljøministeren skal forelægge for Folketinget.

Denne rapport behandler overvågningen af én af de såkaldte nationale overvågningssøer i Fyns Amt, Arreskov Sø. Arreskov Sø er et eksempel på en lavvandet sø belastet med næringsstoffer fra landbrugsområder.

På landsplan er udvalgt ialt 37 nationale overvågningssøer. Blandt disse er både dybe og lavvandede søer. Endvidere er søerne beliggende i områder med forskellig grad af arealudnyttelse og med forskellige kilder til næringsstofftilførsel. Ved at følge dette brede udsnit af danske søer gennem en årrække skulle det være muligt at give svar på, om vandmiljøplanens gennemførelse generelt medfører forbedringer af danske søers miljøtilstand.

Rapporten beskæftiger sig med fysisk-kemiske undersøgelser af søen i 1990, herunder til- og fraførsel af vand og næringsstoffer af betydning for søens miljøtilstand. Desuden beskæftiger den sig med biologiske undersøgelser af søen i 1989 og 1990. Der foretages derudover sammenligning med tidligere undersøgelser af søen.

Bagerst i denne rapport findes en samlet oversigt over samtlige Fyns Amts rapporter om overvågningen af det fynske vandmiljø 1990.

1. Historie, målsætning og opland.

1.1 Søens oprindelse og fysiske udvikling.

Arreskov Sø ligger i et randmorænelandskab, der udgør en del af Svaninge Bakker. Den er dannet i sidste istids slutfase, hvor de sidste ismasser, gletschertungerne, banede sig vej og herved gav de sydligste landskaber på Fyn deres overfladestruktur. En af gletschertungerne gav anledning til en udhulning af det landskab, som den lagde bag sig. Landskabet, som opstod herved, kaldes en inderlavning. Arreskov Sø ligger i dette bassin. Materialet, som gletschertungen opgravede, blev aflejret ved dens rand i form af en randbakke, som ligger umiddelbart vest-sydvest for søen.

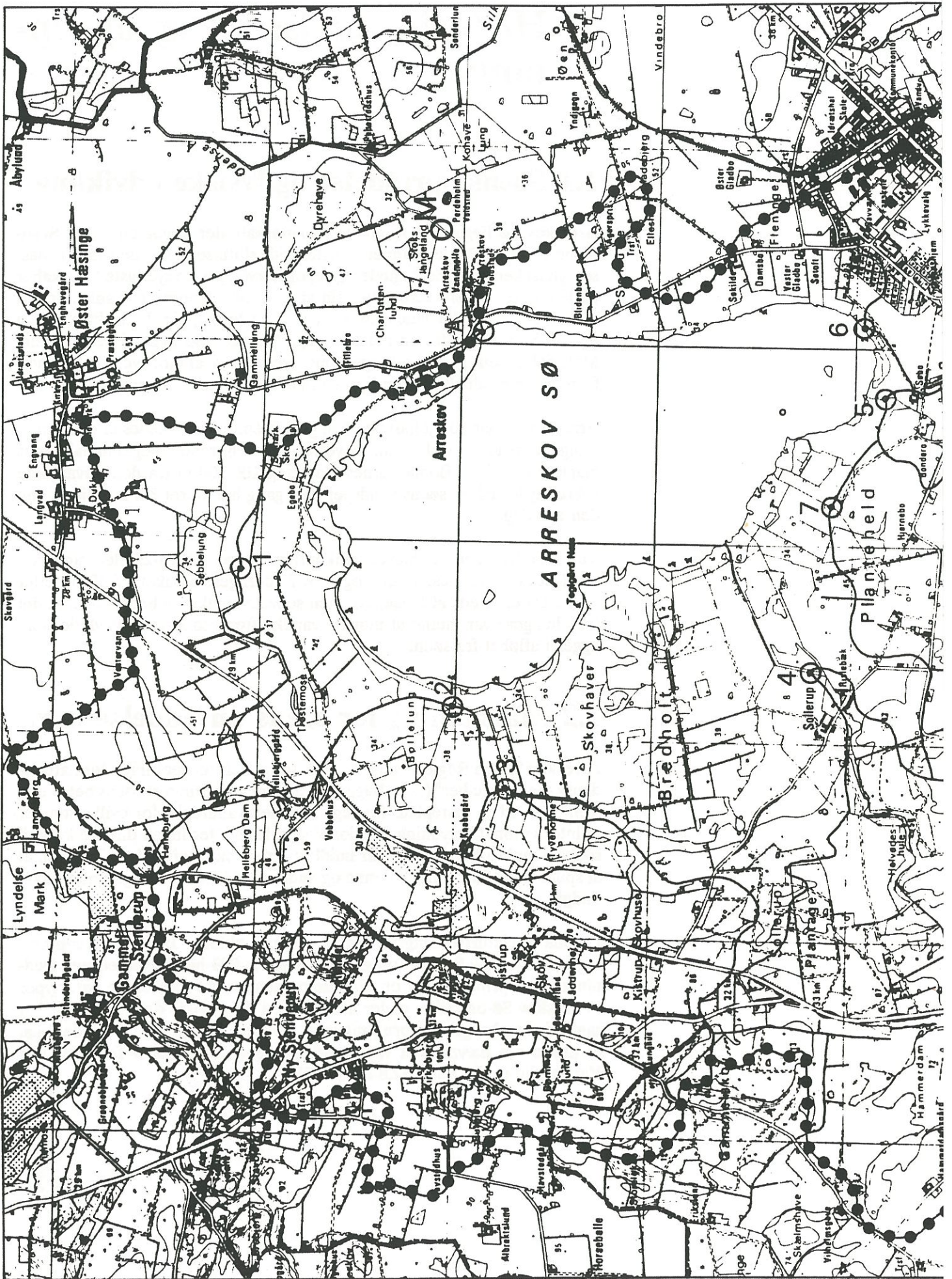
Arreskov Sø har tidligt haft betydning for mennesker. Således er der fundet tidlige bopladser ved søen, hovedsagelig tilhørende jægerstenalderens maglemosekultur. Bopladsernes placering 100-200 m fra den nuværende søbred tyder på, at søens vandspejl den gang har været 3-4 m højere, end den er i dag.

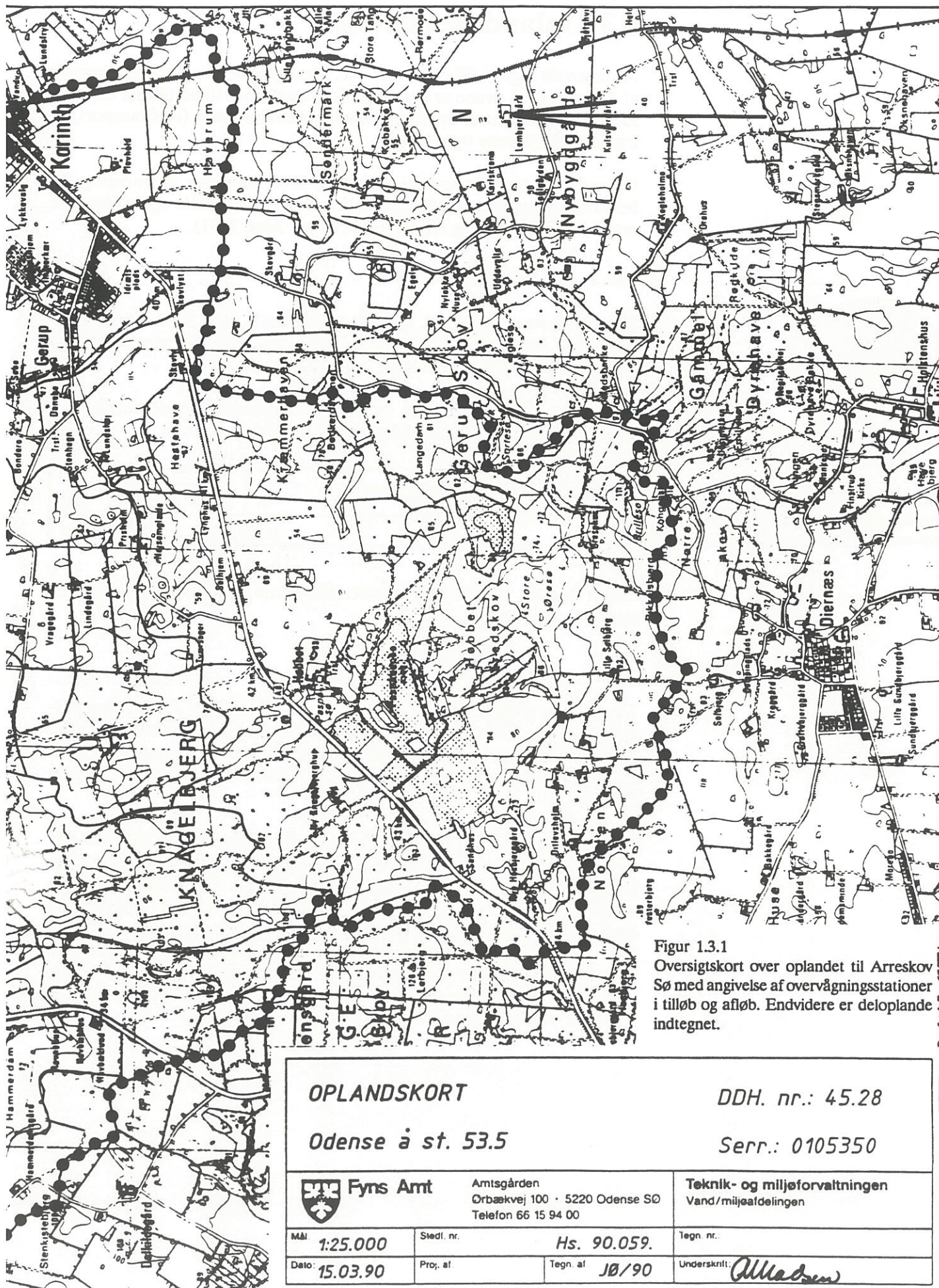
Vandstanden i søen er blevet sænket flere gange. I 1924-25 blev vandspejlet således sænket ca. 75 cm, og i 1967 yderligere sænket 17-25 cm efter ønske fra en kreds af lodsejere. Den seneste sænkning betød bl.a., at det ikke længere var muligt at udnytte vandkraften ved Arreskov Mølle, som ligger i afløbet fra søen.

1.2 Målsætning for søens anvendelse m.v.

Arreskov Sø er i Regionplan 89 målsat som "Referenceområde for naturvidenskabelige studier" (A1). Baggrunden herfor er primært søens betydning som levested og rasteplass for fugle, specielt vandfugle, for hvilke søen er af international betydning. Regionplanen fastsætter ingen direkte krav til søens miljøkvalitet. Det indgår imidlertid som en retningslinje i planen, at al spildevandstilledning til denne og andre søer i videst muligt omfang skal undgås.

Danmarks Naturfredningsforening har den 6. oktober 1989 rejst frednings-sag for Arreskov Sø med omgivelser, i alt ca. 903 ha. Formålet med fredningen er i princippet at opretholde og genoprette forskellige naturtyper i Arreskov Sø-området, under hensyntagen til, at visse dele af landskabet samtidig kan bruges jordbrugsmæssigt. Fredningsforslaget indeholder bl.a. et ønske om hævnning af vandstanden i søen. Flodemålet for Arreskov Vandmølle er for tiden 32,8 m. (DNN).





1.3 Oplandsbeskrivelse.

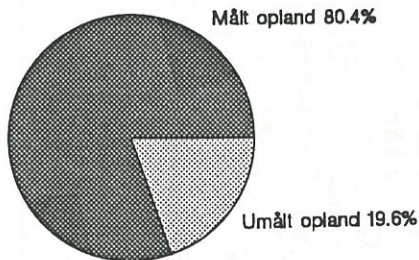
Arreskov Sø ligger i Fåborg kommune. Dens geografiske placering fremgår af figur 1.3.1. På denne er endvidere indtegnet såvel tilløb til som afløb fra søen. Målestationerne for fysisk-kemiske undersøgelser (stoftransport) er markeret i tilløbene og afløbet.

Oplandskarakteristika for deloplande til søen, herunder afstrømningsoplande til de enkelte vandløbsmålestationer samt det umålte opland fremgår rapporten "Vandløb og kilder. 1990." (Fyns Amt, 1991).

1.3.1 Oplandsareal.

Søens afstrømningsopland, herunder deloplande, er i 1990 afgrænset af Hedeselskabet på baggrund af Geodætisk Instituts højdekurvekort i målestok 1:25.000 samt oplysninger om dræninger i området.

Arealet for oplandet, hvorfra der måles stofafstrømning, det umålte oplands areal samt det totale oplandsareal er opgjort således:



Tabel 1.3.1.1/Figur 1.3.1.1
Fordeling af oplandsareal, hvor der henholdsvis måles/ikke måles stofafstrømning.

Målt opland		Umålt opland		Samlet opland	
Ha	%	Ha	%	Ha	
1994	80,4	486	19,6	2480	100,0

Heraf fremgår det, at stoftransportmålingerne dækker 80.4% af søens samlede oplandsareal.

1.3.2 Arealudnyttelse.

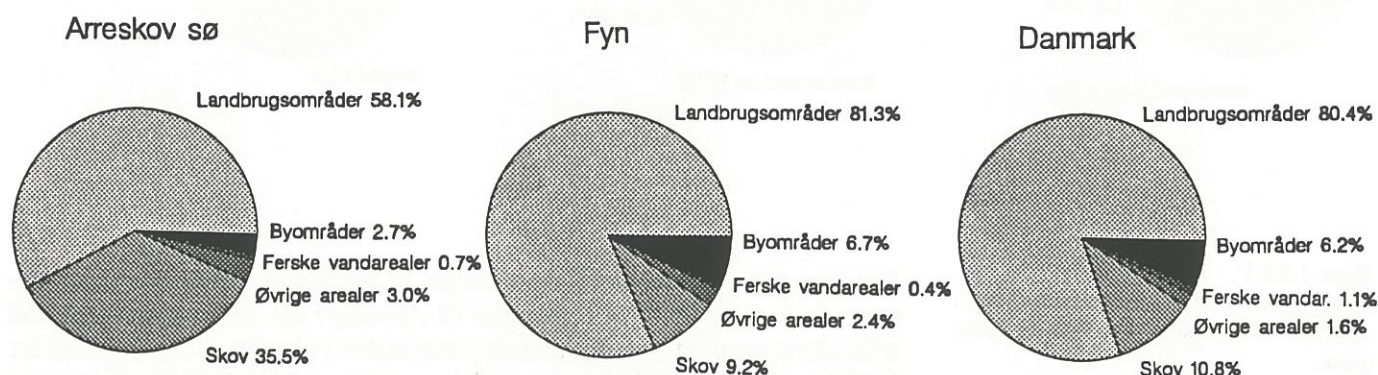
Udnyttelsen af oplandet til Arreskov Sø fremgår af tabel 1.3.2.1. Arealudnyttelsen for henholdsvis Fyn og Danmark fremgår ligeledes af tabel 1.3.2.1. Oplysningerne er tilvejebragt gennem Arealdatakontoret, Vejle, som lavede en landsdækkende opgørelse af arealudnyttelsen i perioden 1974-81.

I tabellen angiver kategorien landbrugsområder ikke blot arealer, der dyrkes i landbrugsmæssig sammenhæng, men også bebyggelse i landzone, veje, jernbaner, mindre søer og skove, strandenge m.m. Det reelle landbrugsareal udgør, ifølge Arealdatakontoret, på landsbasis 71-89% af kategorien landbrugsområder. Omfanget af byområderne er ligeledes overvurderet, og bør, ifølge Arealdatakontoret, på landsbasis reduceres med 11-27%, idet kategorien byområder udover bymæssig bebyggelse i byzone, desuden omfatter bebyggelse i landzone, lokalplanområder samt ubebyggede arealer, herunder landbrugsarealer.

Type	Arreskov Sø	Fyn	Danmark
Landbrugsområder (%)	58,1	81,3	80,4
Byområder (%)	2,7	6,7	6,2
Skov (%)	35,5	9,2	10,8
Ferske vandarealer (%)	0,7	0,4	1,1
Ikke klassificeret (%)	2,0	1,4	0,3
Restarealer (%)	1,0	1,0	1,3
I alt (%)	100,0	100,0	100,0

Tabel 1.3.2.1

Arealudnyttelse i oplandet til Arreskov Sø, Fyn og Danmark.



Figur 1.3.2.1

Arealudnyttelse i oplandet til Arreskov Sø, Fyn og Danmark.

Det ses, at arealerne i oplandet til Arreskov Sø primært anvendes til landbrugsmæssigt formål (58%). Skov udgør ligeledes en betragtelig andel (36%). Byområderne i oplandet (3%) andrager cirka halvdelen af andelen på Fyn/landsplan. Restarealerne, herunder ikke klassificerede områder og ferskvandsarealer, udgør 4%. Den til landbrug anvendte andel af Arreskov Sø's opland er cirka 20% mindre end andelen for Fyn og på landsplan, mens andelen af skov er mere end tre gange så stort i oplandet til Arreskov sø som på Fyns-/landsplan.

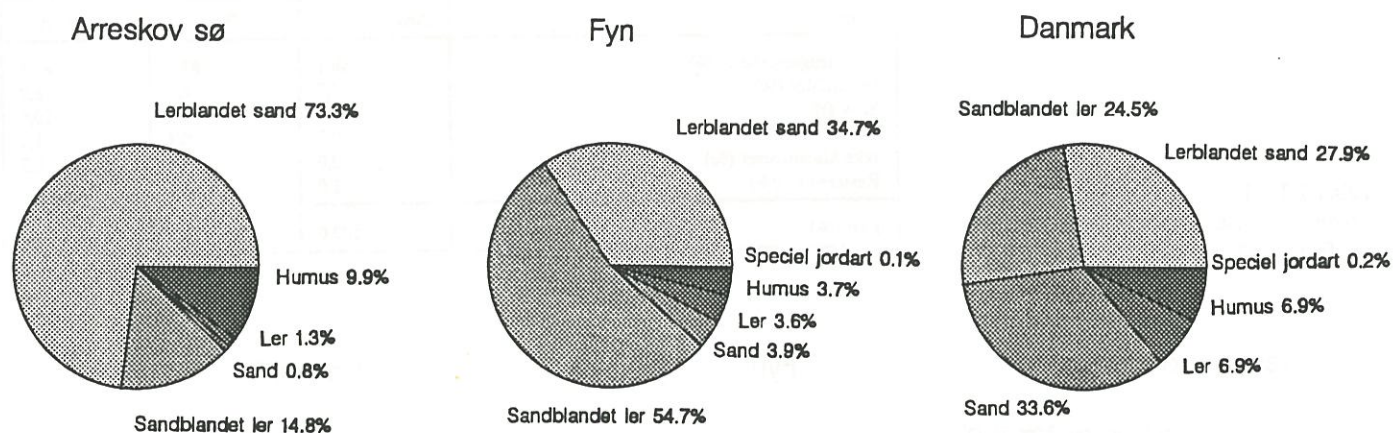
1.3.3 Jordtypefordeling i landbrugsområderne.

Oversigten over jordtypefordelingen i tabel 1.3.3.1 angiver jordbundsforholdene i 0-20 centimeters dybde i landbrugsområderne i oplandet til henholdsvis Arreskov Sø, Fyn og Danmark. Oplysningerne om jordklassificeringen stammer ligeledes fra Arealdatakontorets førnævnte landsdækkende undersøgelse er fra 1977-78, og fordelingen af de dominerende jordtyper er endvidere illustreret på figur 1.3.3.1.

Type	Arreskov Sø	Fyn	Danmark
Grovsandet jord (%)	0,8	2,2	23,7
Finsandet jord (%)	0,0	1,7	9,9
Lerblandet sand (%)	73,3	34,7	27,9
Sandblandet ler (%)	14,8	54,7	24,5
Lerjord (%)	1,3	3,2	6,1
Svær lerjord (%)	0,0	0,4	0,8
Humus (%)	9,9	3,7	6,9
Speciel jordart (%)	0,0	0,1	0,2
I alt	100,0	100,0	100,0

Tabel 1.3.3.1

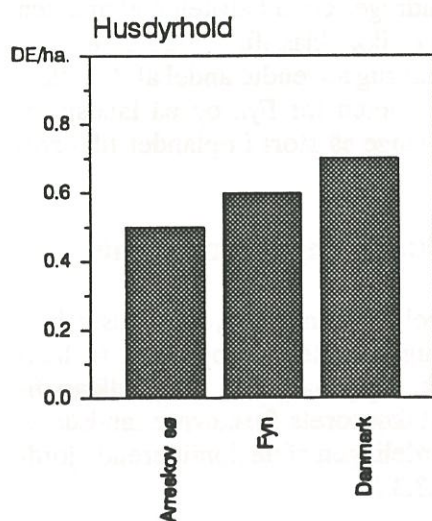
Jordtypefordeling i landbrugsområder i oplandet til Arreskov Sø, Fyn og Danmark.



Figur 1.3.3.1
Jordtypefordeling i landbrugsområder i oplandet til Arreskov Sø, Fyn og Danmark.

Det fremgår af oversigten/illustrationen, at lerblandet sand er den altdominerende jordtype (73%) i oplandet til Arreskov Sø. I den resterende del af landbrugsområderne domineres jordbunden primært af sandblandet ler (15%) og humus (10%), men også ler og grovsandet jord forekommer i oplandet. Fordelingen mellem de forskellige jordtyper i landbrugsområderne i oplandet til Arreskov Sø er ikke typisk for Fyn. Sammensætningen på landsplan er væsentlig anderledes fra sammensætningen i oplandet til Arreskov Sø.

1.3.4 Husdyrhold.



Tabel 1.3.4.1/figur 1.3.4.1
Husdyrhold i oplandet til Arreskov Sø, Fyn og Danmark.

Husdyrholdet er opgjort i antal dyreenheder pr. hektar landbrugsområde (DE/ha). En dyreenhed er en beregningsenhed, der modsvarer en malkeko af stor race uden opdræt. Oplysningerne er indhentet af Fåborg kommune i forbindelse med landbrugstilsyn i perioden 1986-89. Til sammenligning er anført dyreholdet på Fyn og i hele Danmark.

Opland	DE/ha
Arreskov Sø	0,5
Fyn	0,6
Danmark	0,7

Husdyrholdet i oplandet til Arreskov Sø udgør 0,5 dyreenhed pr. hektar landbrugsområde. Husdyrtætheden i dette opland ligger en anelse under tætheden for Fyn som helhed (0,6 DE/ha) og tætheden på landsplan (0,7 DE/ha).

1.3.5 Spildevand fra renseanlæg.

Indtil 1983 blev der ledt mekanisk rensed spildevand til Arreskov Sø fra Korinth, vest (970 PE). Herefter blev dette spildevand afskåret til renseanlægget i Hellelose, der udleder til Silke Å. Denne recipient har udløb i Odense Å nedstrøms for Arreskov Sø.

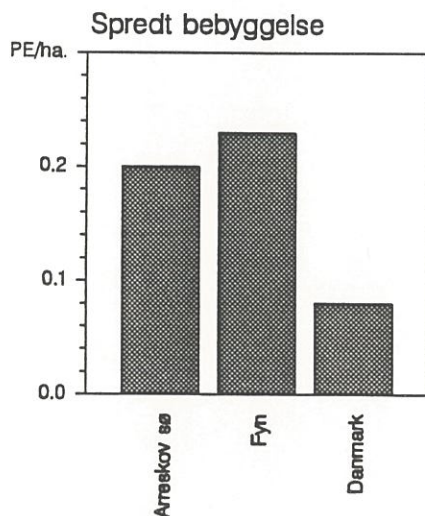
De øvrige bysamfund inden for oplandet til Arreskov Sø afleder og har hidtil afledt spildevand til recipienter uden for oplandet til søen.

Der udledes regnvand til søen fra Korinth, vest via tilløb 6 (se figur 1.3.1). I forbindelse med større regnskyl sker der via et overfaldsbygværk aflastning af urensset spildevand til dette vandløb. Det tilførte regnvand/spildevand passerer normalt et regnvandsbassin, inden det løber ud i vandløbet.

I 1988 blev der konstateret en fejlfunktion i forbindelse med overfaldsbygværket, således at der over en periode permanent blev ledt urensset spildevand via regnvandsbassinet til tilløb 6. Fejlen blev herefter rettet.

1.3.6 Spildevand fra spredt bebyggelse.

Udledningen af husspildevand fra spredtliggende bebyggelse sker - normalt efter rensning i hustank - til rørledning med forbindelse til vandløb eller sø, eller nedsives. Vurdering af spildevandspåvirkningen fra spredt bebyggelse kræver derfor nøje gennemgang af spildevandsforholdene ved samtlige ejendomme inden for et givet opland. Noget sådant er ikke foretaget ved denne undersøgelse.



Tabel 1.3.6.1/figur 1.3.6.1
Spredt bebyggelse i oplandet til Arreskov Sø, Fyn og Danmark.

Spildevandsbidraget fra spredt bebyggelse er i den følgende oversigt på standardiseret vis opgjort i personækvivalenter (PE) for søens samlede opland, Fyn og Danmark. Ved en personækvivalent forstås den mængde spildevand, som én person i gennemsnit bidrager med. Opgørelsen for oplandet til Arreskov Sø er foretaget ved optælling af ejendomme på Geodætisk Instituts kort (fra 1983) i målestokken 1:25.000. Det er forudsat, at hver ejendom i gennemsnit bidrager med 3 PE. For Fyn og Danmark er oplysningerne om spredt bebyggelse baseret på opgørelser over befolkningsandel uden tilslutning til kloakledning. Resultaterne fremgår af tabel 1.3.6.1 samt figur 1.3.6.1.

Opland	PE/ha
Arreskov Sø	0,20
Fyn	0,23
Danmark	0,08

Af ovenstående fremgår det, at den spredte bebyggelse i oplandet til Arreskov Sø svarer til niveauet for Fyn, men ligger en anelse over niveauet på landsplan.

The first of these is the fact that the

the second is the fact that the

the third is the fact that the

the fourth is the fact that the

the fifth is the fact that the

the sixth is the fact that the

the seventh is the fact that the

the eighth is the fact that the

the ninth is the fact that the

2. Metodik.

Morfometri.

Søens dybdeforhold er kortlagt i 1989 af landinspektør Thorkild Høy ved ekkolodning. Beregning af søens kystlinielængde, areal og volumen er foretaget af Fyns Amt ved anvendelse af planimeter (Håkanson, 1981).

Stofafstrømning.

I søens tilløb og afløb har Fyns Amt i 1990 gennemført intensive fysisk-kemiske undersøgelser. Stationering, analyseomfang og undersøgelseshypothese i vandløbene fremgår af figur 1.3.1 og tabel 2.1-2.2. Hvad angår beregning af stofafstrømning på vandløbsmålestationer, er denne beregnet ved lineær-interpolations-metoden.

For vandføring, total-kvælstof og total-fosfor gælder, at 80,4% af søoplandet er dækket via målinger på 6 målestationer.

For ortofosfat, total-kalcium og total-jern gælder, at 47,5% af søoplandet er dækket via målinger på 3 målestationer.

Stofafstrømningen fra umålte oplande er beregnet ud fra antagelse om ens arealkoefficienter for ferskvands- og stofafstrømning i målte og umålte oplande.

Opstrøms målestationen i afløbet findes et areal på 144 ha, som ikke indgår i søoplandet. Afløbsmængderne er korregeret for tilstrømningen fra dette, ved antagelse om samme arealafstrømning som i søoplandet.

Beregning af basisafstrømning.

Ved beregning af den andel af stofafstrømningen til søen, som må antages at svare til en naturlig afstrømning (basisafstrømningen) er anvendt data fra referencevandløbet Holstenshuus (skovvandløb).

Beregningen er foretaget på baggrund af en vandføringsvægtet årsmiddelt-koncentration på referencevandløbet samt den lokale ferskvandsafstrømning til søen, jf. anvisning fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Beregnes basisbidraget i stedet med udgangspunkt i arealafstrømningen fra referencevandløbet, viser det sig, at basisbidraget er væsentligt mindre.

Man kan diskutere, hvorvidt det, ved beregning af basisbidrag, er mest korrekt at tage udgangspunkt i koncentrationsværdier på referencevandløbet eller arealafstrømningen på samme.

Tager man udgangspunkt i koncentrationsværdier, ser man bort fra, at der eventuelt kan være en sammenhæng mellem basiskoncentrationsniveauet og størrelsen af ferskvandsafstrømningen i pågældende opland.

Alternativt; hvis udgangspunktet for beregningen af basisbidraget er arealafstrømningen, kan usikkerheden med hensyn til opgørelsen af størrelsen af afstrømningsoplandet spille ind på resultatet.

På baggrund af ovenstående samt det faktum, at fastlæggelsen af størrelsen af basisbidraget har afgørende betydning, ved vurdering af muligheder for reduktion af stoftilførsel til søen, synes der, specielt for fosforafstrømningen, behov for en forbedret dokumentation for den anvendte metode til beregning af basisafstrømningen til en given sø. Afstrømningsmålinger fra flere referencevandløb ville givet forbedre grundlaget.

Fysisk-kemiske målinger.

Derudover har Fyns Amt i 1990 udført fysisk-kemiske undersøgelser, samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i vandfasen. Stationering og analyseomfang i søen fremgår af henholdsvis figur 3.1 og tabel 2.3-2.4. Undersøgelserne er udført med en hyppighed på 20 gange/år. Vandprøverne fra overfladelaget er udtaget i 0,2 m, sigtdybde og 2*sigtdybde (blandingsprøve). Vandprøverne fra overfladelaget er udtaget med hjerteklapvandhenter i en dybde svarende til sigtdybden. På grund af den ringe sigtdybde i Arreskov Sø (sommermiddel 0,25 m) opnås herved en repræsentativ prøve for det lysmættede overfladelag (Kristensen m.fl., 1990).

Biologiske prøver.

Fytoplanktonprøverne er udtaget på samme station og af det samme vand som til vandkemi. Under omrøring overføres 100 ml til glasflaske, hvorefter prøven lugolfikseres.

Prøverne til zooplankton er taget med samme frekvens som prøverne til vandkemi og fytoplankton. Delprøver er udtaget med hjerteklapvandhenter på 3 stationer i søen jf. figur 3.1 og tabel 2.4. På den enkelte station udtages delprøver afhængig af dybden (Kristensen m.fl., 1990). Prøverne puljes og under omrøring udtages 4,5 l til filtrering i felten gennem et 90 µm filter, samt 0,9 l til sedimentation. Filtratet overføres til en 100 ml glasflaske og tilsættes lugol (konserveres). Prøverne til sedimentation, lugolfikseres og overføres efter at have sedimenteret i 48 timer, til 100 ml glasflasker.

Bearbejdningen af de indsamlede planktonprøver er foretaget af Miljøbiologisk Laboratorium. Der er foretaget bestemmelse af antal og biomasse af de kvantitativt vigtigste organismer i et sådant omfang, at den opgjorte biomasse udgør mindst 90% af den totale fyto- og zooplanktonbiomasse. Resultatet af bearbejdningen foreligger som et notat til Fyns Amt fra Miljøbiologisk Laboratorium (Miljøbiologisk Laboratorium, 1990).

Fiskesammensætningen i søen er af Mohr og Markmann, Fiskeribiologisk rådgivning, undersøgt efter retningslinier fra overvågningsprogrammet (Mortensen m.fl., 1990). Supplerende hertil blev der i hver sektion udlagt en stor ruse (ringdiameter 90 cm) med 20 m rad (110 cm høj). Ruserne blev lagt fra vegetationskanten og vinkelret ud i søen, med selve rusen yderst. Ca. 100 meter på hver side af den store ruse blev der udlagt en dobbelt kasteåleruse (ringdiameter 45 cm, rad 8 m). Ruserne blev tømt efter 2 døgn. Desuden blev der anvendt vod én gang i hver sektion. Voddet var et standard ålehandvød med 50 m tov i hver arm. Det blev udlagt et passende sted i dvs. et sted med tilstrækkelig fast bund og fri for væltede

træer m.m.

Undersøgelserne er udført i 1987 og forventes gentaget i 1993.

Sedimentundersøgelser.

Sedimentstationerne er placeret samme sted som zooplanktonstationerne jf. figur 3.1.

Der er taget sedimentprøver én gang i november 1990. Ved hver station er der taget mindst 3 sedimentsøjler af om muligt 70 cm med kajakrør. Sedimentsøjlerne er opsplittet i følgende delprøver:

- 0 - 2 cm
- 2 - 5 cm
- 5 - 10 cm
- 10 - 15 cm
- 15 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- 30 - 50 cm
- 50 - 70 cm

Sedimentet fra de samme dybdeintervaller fra de 3 søjler på samme station er puljet og analyseret som én prøve.

Der er foretaget analyser på prøverne jf. tabel 2.5. Analyserne er foretaget af Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen i Odense.

Station	Prøve	Prøve	Prøve	Prøve	Prøve	Prøve
1	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
2	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
3	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
4	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
5	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
6	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
7	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
8	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
9	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
10	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
11	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
12	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
13	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
14	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
15	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
16	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
17	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
18	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
19	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
20	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
21	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
22	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
23	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
24	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
25	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
26	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
27	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
28	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
29	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
30	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
31	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
32	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
33	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
34	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
35	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
36	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
37	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
38	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
39	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
40	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
41	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
42	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
43	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
44	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
45	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
46	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
47	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
48	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
49	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30
50	0-2	2-5	5-10	10-15	15-20	20-30

Tabel 2.1

Oversigt over vandkemiske undersøgelser i tilløb til og afløb fra Arreskov Sø i Fyns Amt, 1990.

Målinger ved Miljø- og levnedsmiddelkontrollen, Odense.

Analysevariable	Analyseforskrift	Programtype	
		VA 3	VA 4
pH (20°C)	DS 287	+	
Suspenderet stof = Tørstof (part.)	DS 207	+	
COD (foreliggende tilstand)	DS 217 ¹⁾	+	
Total N	DS 221	+	+
(NH ₃ +NH ₄)-N (F)	DS 204	+	
(NO ₂ +NO ₃)-N (F)	DS 223	+	
Total P	DS 292	+	+
PO ₄ -P = Orto-P (F)	DS 291	+	
Silikat-Si	MFL ¹⁾	+	
Total Fe	MFL ¹⁾	+	
Total Ca	DS 248	+	

Bemærkninger:

1) Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1988.

(F) Analyse på filtreret prøve (GF/C).

Tabel 2.2

Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser i tilløb til og afløb fra Arreskov Sø i Fyns Amt, 1990.

	Sted	Stationsnummer	Undersøgelsesaktivitet		Undersøgelseshyppighed		Analyseomfang
	Vandløbsnavn	SERR-nr.	Q/H-st.	Vandkemist.	Vandførings-måling	Vandkemi-prøve	Programtype
Arreskov Sø:							
Tilløb 1	Geddebæk	0107110		+	26/år	26/år	VA3
Tilløb 2	Bollelung	0107120		+	12/år	12/år	VA4
Tilløb 3	Tyvholm	0107130		+	12/år	12/år	VA4
Tilløb 4	Rislebæk	0107140	+	+	26/år	26/år	VA3
Tilløb 5	Søbo afløb	0117160	+	+	26/år	26/år	VA3
Tilløb 6	Korinth regnvand	0107170		+	12/år	12/år	VA4
Tilløb 7	Planteheld	0107150		+	12/år	12/år	VA4
Afløb	Odense Å	0105350	+	+	19/år	19/år	VA3

Tabel 2.3

Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser, samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i vandfase i Arreskov Sø i Fyns Amt, 1990.

Feltmålinger:

Vandstand
Sigtdybde
Total vanddybde

Lufttemperatur
Vandtemperatur (profil)

Lys (profil)
O₂ (profil)

Målinger i vand/miljøafdelingens laboratorium:

Analysevariable	Analyseforskrift	Programtype	
		Sø 1	Sø 2
2			
Ledningsevne	DS 288	+	+
pH (20°C)	DS 287	+	+
Total alkalinitet	LM ¹⁾	+	+
Total CO ₂	LM ¹⁾	+	+
O ₂ (Winkler)	LM ¹⁾	+	+
Tørstof (part.)	DS 207	+	
Glødetab (part.)	DS 207	+	
Klorofyl-a (fytoplankton)	DS 2201		+
Primærproduktion (fytoplankton)	DS 293	+	

Målinger ved Miljø- og levnedsmiddelkontrollen, Odense:

Analysevariabel	Analyseforskrift	Programtype	
		Sø 1	Sø 2
COD (part.)	DS 217 ²⁾	+	
Total N	DS 221 ²⁾	+	+
(NH ₃ +NH ₄)-N (F)	DS 224	+	+
(NO ₂ +NO ₃)-N (F)	DS 223	+	+
Total P	DS 292	+	+
PO ₄ -P = Orto-P (F)	DS 291	+	+
Silikat-Si	MFL ²⁾	+	

Bemærkninger:

1) Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium, 1977.

2) Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1988

(F) Analyse på filtreret prøve (GF/C).

Sø 1. Udføres på blandingsprøve fra 0,2 m, sigtdybde og 2 x sigtdybde.

Sø 2. Udføres på vandprøve under springlag.

Tabel 2.4
Oversigt over prøvetagningsstationer i
Arreskov Sø i Fyns Amt, 1990.

SERR-nr.	Undersøgelserprogram
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 3.1 angivet numre på prøvetagningsstationer, hvor der tidligere er udført undersøgelser.

Tabel 2.4
Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser i sediment i Arreskov Sø, 1990.

Målinger i vand/miljøafdelingens laboratorium:		
Analysevariabel	Analyseforskrift	Programtype Sø 3
Tørstof	DS 204	+
Glødetab	DS 204	+

Målinger ved Miljø- og levnedsmiddelkontrollen, Odense:

Analysevariabel	Analyseforskrift	Programtype Sø 3
Total Fe	DS 263	+
Total Ca	DS 259	+
Total N	DS 242	+
Total P	DS 291 ¹⁾	+
AOS-P	MFL ²⁾	+
Fe-P	MFL ²⁾	+
Ca-P	MFL ²⁾	+
Org-P	MFL ²⁾	+

Bemærkninger:

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

3. Morfometri.

Dybdeforholdene i Arreskov Sø fremgår af fig. 3.1 og 3.2. Øvrige oplysninger om søens størrelse fremgår af følgende oversigt:

Sø areal, ha	317
Gennemsnitsdybde, m	1,9
Maksimumdybde, m	3,7
Vandvolumen, m ³	5.880.000
Kystlængde, km	8,50
Arealindeks I (a), ha	399
Relativt areal indeks RI (a)	1,3
Dybdeindeks I (d), m	2,8
Relativt dybdeindeks RI (d)	1,5

Bemærkninger:

Arealindekset ($I(a) = \text{søareal} * (2-0,2 * \sqrt{\text{søareal} * \pi} / \text{kystlængde})$) er et udtryk for søens areal i forhold til kystliniens længde. Relativt arealindeks ($RI(a) = I(a)/\text{søareal}$) kan antage værdier mellem 1 og 2, idet 1 svarer til en cirkelform. Større værdier angiver således en øget afvigelse fra en regelmæssig cirkelform og dermed en forholdsmæssig længere kystlinie i forhold til søarealet.

Dybdeindekset ($I(d) = \text{gns. dybde} * (2-\text{gns. dybde}/\text{maks. dybde})$) er et udtryk for variationen i søens dybdeforhold.

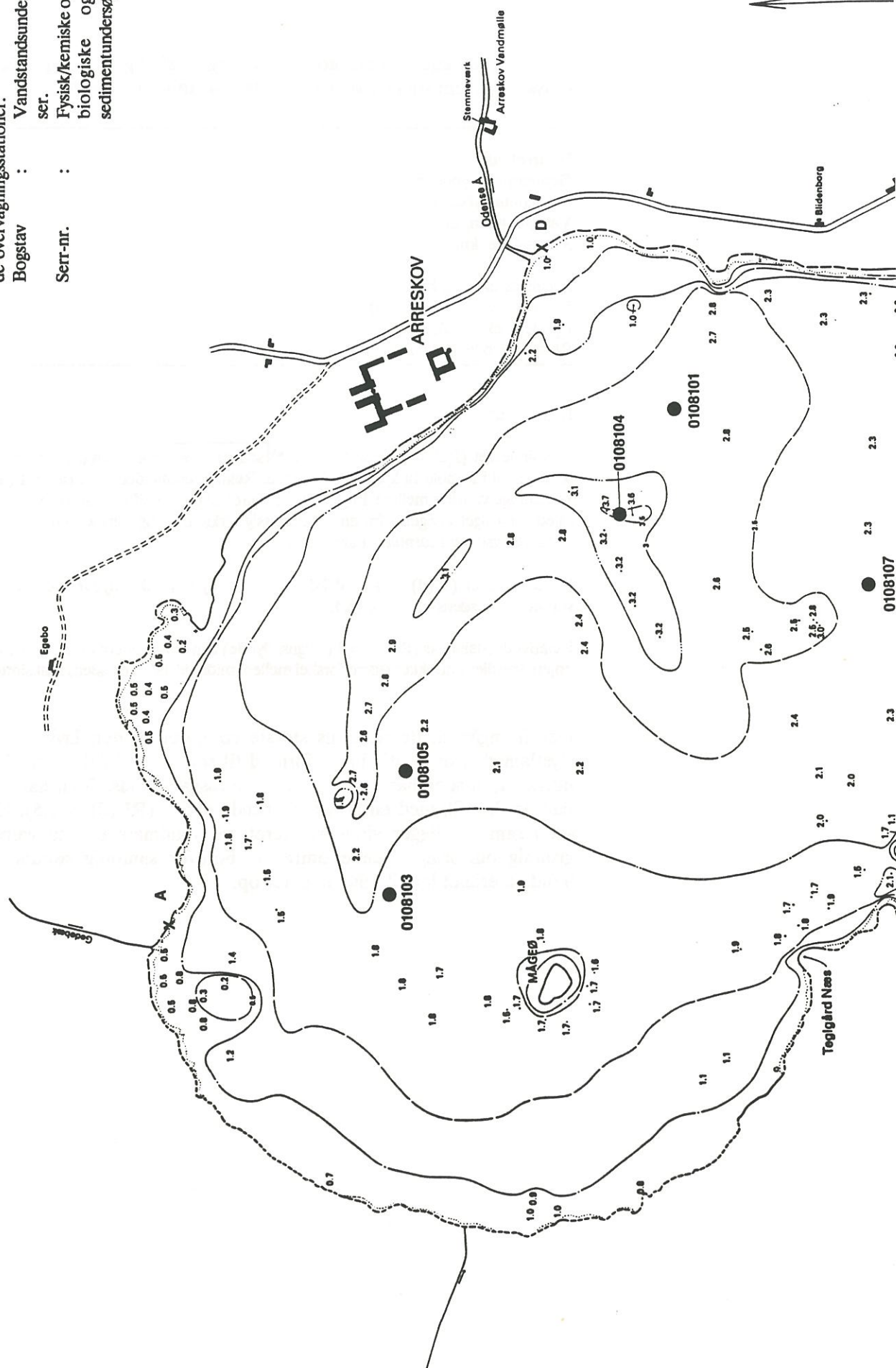
Relativt dybdeindeks ($RI(d) = I(d)/\text{gns. dybde}$) kan antage værdier mellem 1 og 2, hvor højere værdier udtrykker større forskel mellem middeldybden og søens maksimum dybde.

Det fremgår, at denne Fyns største sø hører til den lavvandede type. Kystlængden er relativ lille i forhold til søens areal (lille $RI(a)$), hvilket udtrykker, at søen har et relativt regelmæssigt omrids. Søen har en relativ flad bredprofil, med en jævnt tiltagende dybde ($RI(d) = 1.5$). Eftersom søen samtidig ligger vindeksponeret, vil vandmassen altid være under grundig omrøring. Denne omrøring berører samtidig søbunden, hvor bundmaterialet let vil blive hvirvlet op.

Fig. 3.1

Dybde kort over Arreskov Sø med indtegnede overvågningsstationer.

Bogstav : Vandstandsundersøgelser.
Serr-nr. : Fysisk/kemiske og/eller biologiske og/eller sedimentundersøgelser.



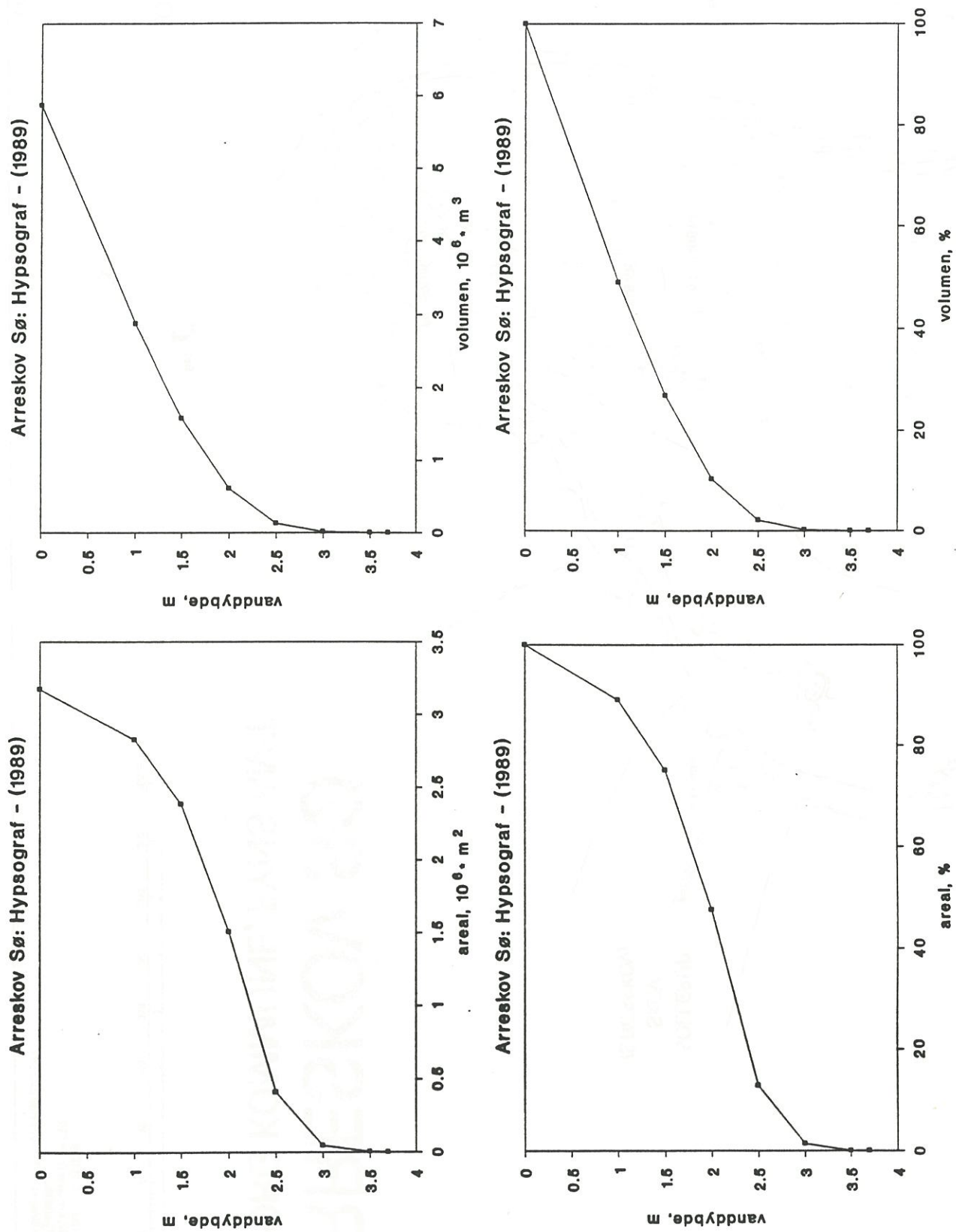


Fig. 3.2
Dybdefordeling i forhold til areal og vandvolumen i Arreskov Sø.

4. Vandbalance.

Dette afsnit beskriver vandbalancen for Arreskov Sø i 1990. beskrives i tabel 4.1 på månedsbasis ud fra vandbalanceligningen:

$$Q_{\text{overfl.}} + \text{Nedbør} + \text{Grundvand} = Q_{\text{afløb}} + \text{fordampning} + \text{magasinændring.}$$

Q overfl. betegner den samlede overfladiske tilstrømning fra det topografiske opland, og er beregnet på baggrund af målinger i 7 tilløb. Dette målte opland udgør 80% af søens samlede opland på 24,8 km². Afstrømningen fra restoplandet er beregnet ved arealkorrektion som beskrevet i afsnit 2. Q afløb betegner den samlede vandføring i afløbet.

Måned	Q Overflade mill. m ³	Magasin- ændring mill. m ³	Nedbør - fordampning mill. m ³	Grundvand mill. m ³	Q Afløb mill. m ³
Januar	0.465	0.412	0.168	0.431	0.652
Februar	0.659	-0.063	0.269	0.094	1.086
Marts	0.527	-0.254	0.047	0.233	1.060
April	0.250	-0.063	-0.152	0.085	0.246
Maj	0.104	-0.254	-0.324	0.090	0.123
Juni	0.175	0.190	0.120	-0.025	0.079
Juli	0.121	-0.159	-0.163	0.001	0.117
August	0.132	0.095	-0.009	0.039	0.067
September	0.323	0.285	0.335	-0.048	0.324
Oktober	0.335	-0.032	0.125	0.228	0.719
November	0.562	0.222	0.246	0.110	0.696
December	0.493	0.190	0.171	0.360	0.833
Året	4.146	0.571	0.832	1.597	6.004

Tabel 4.1
Vandbalance for Arreskov Sø 1990.

Bemærkninger:

Nedbørs- og fordampningstal er beregnet af Statens Planteavlsforsøg for et punkt i Arreskov Sø.

Magasinændringen er beregnet ud fra ændringer i vandstanden og regnes positiv, når der ophobes vand.

Grundvandsbidraget er beregnet ud fra vandbalanceligningen:

$$Q_{\text{tilledning}} + \text{nedbør} + \text{grundvand} = Q_{\text{afløb}} + \text{fordampning} + \text{magasinændring.}$$

Som det fremgår af tabellen, er der beregnet et betydeligt grundvandstilskud til Arreskov Sø, som på årsbasis svarer til 39% af den overfladiske afstrømning. Grundvandsbidraget er opgjort indirekte ud fra vandbalanceligningen og er derfor usikkert bestemt. En foreløbig vurdering af de hydrogeologiske forhold i området viser imidlertid, at en tilstrømning af grundvand fra det primære grundvandsmagasin (artesiske grundvand) i den beregnede størrelsesorden er sandsynlig. Det er ikke muligt at beregne grundvandstilstrømningen i 1989, da der ikke foreligger tilstrækkeligt med vandstandsmålinger til at vurdere magasinændringen. Grundvandstilstrømningen har dog formodentlig været noget mindre i 1989.

Grundvandsindsivningen sker fortrinsvis i forårs-, efterårs- og vinterperioden, hvorimod der er balance eller en svag udsivning i sommerperioden.

Endvidere ses det af tabellen, at magasinændringer, nedbør og fordampning har en stor indflydelse på søens vandbalance. Dette skyldes søens store overflade.

Den magasinændring, der er sket over året, skyldes en samlet vandstands-hævning på 18 cm (fig. 4.1). Vandstanden i søen reguleres ved en opstemning i søens afløb, og som det fremgår af fig. 4.1 er vandføringen i afløbet meget svingende, afhængig af driften af stemmeværket. Den samlede målte vandstandsvariation over året er på 25 cm, hvilket svarer til en ændring af søens volumen på ca. 13% af totalvolumenet.

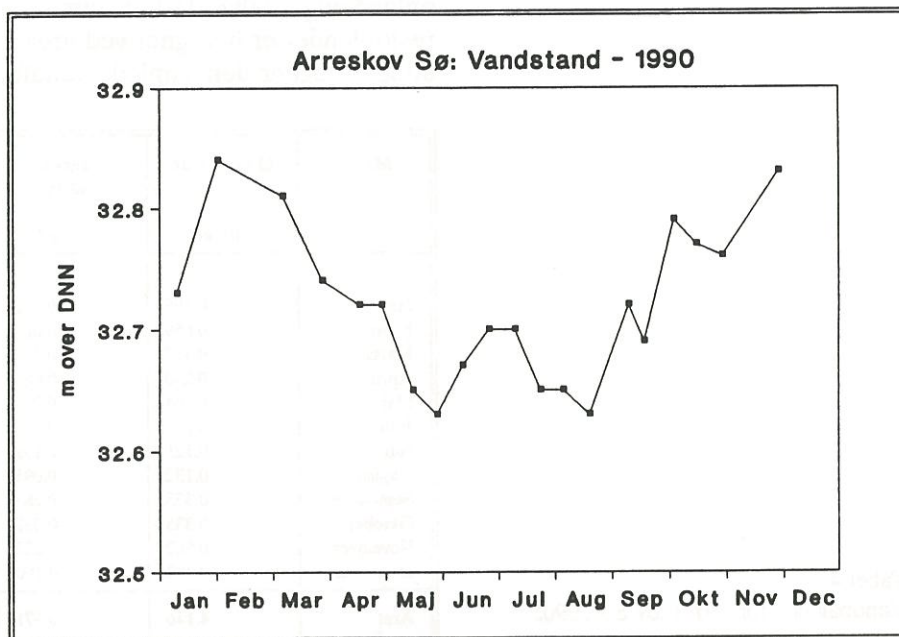


Fig. 4.1
Vandstand målt i meter over "Dansk Normal Nul" i Arreskov Sø.

Det beregnede nedbørsoverskud er på årsbasis 26,2 cm. Til sammenligning var der i 1989 et nedbørsunderskud på 1,4 cm.

I tabel 4.2 er vist den beregnede opholdstid for vand i Arreskov Sø, dels på basis af den overfladiske tilstrømning, og dels på basis af fraførslen af vand i søens afløb. Sidstnævnte giver en total vandbalance for søen, der omfatter både overfladisk afstrømning, grundvandstilstrømning, nedbør, fordampning og magasinændringer.

Opholdstiden er beregnet til ca. 1 år i 1990, hvor den for 1989 er beregnet til 1,9 år på baggrund af afløbsværdierne.

Ved beregning af opholdstider er der ikke taget hensyn til de magasinændringer, der sker over perioden som følge af driften af stemmeværket ved Arreskov Mølle. Korrigeres der imidlertid herfor ved at addere magasinændringen til den målte afstrømning fra søen, fås et udtryk for opholdstiden, hvis vandstanden blev holdt konstant. For 1990 ville middellopholdstiden på basis af de fraførte vandmængder blive på 0,89 år for hele året og 2,8 år for sommerperioden. I maj og juli ville der dog slet ikke have været afløb fra søen, hvis vandstanden ikke blev sænket.

1990 er med hensyn til afstrømning meget tæt på et normalår, jvf. afsnit 5. På baggrund af de foretagne vurderinger kan det derfor konkluderes, at vandets middellopholdstid i søen i et normalår er ca. 1 år og at grundvandstilstrømningen antagelig udgør op mod 30% af den samlede ferskvandstil-

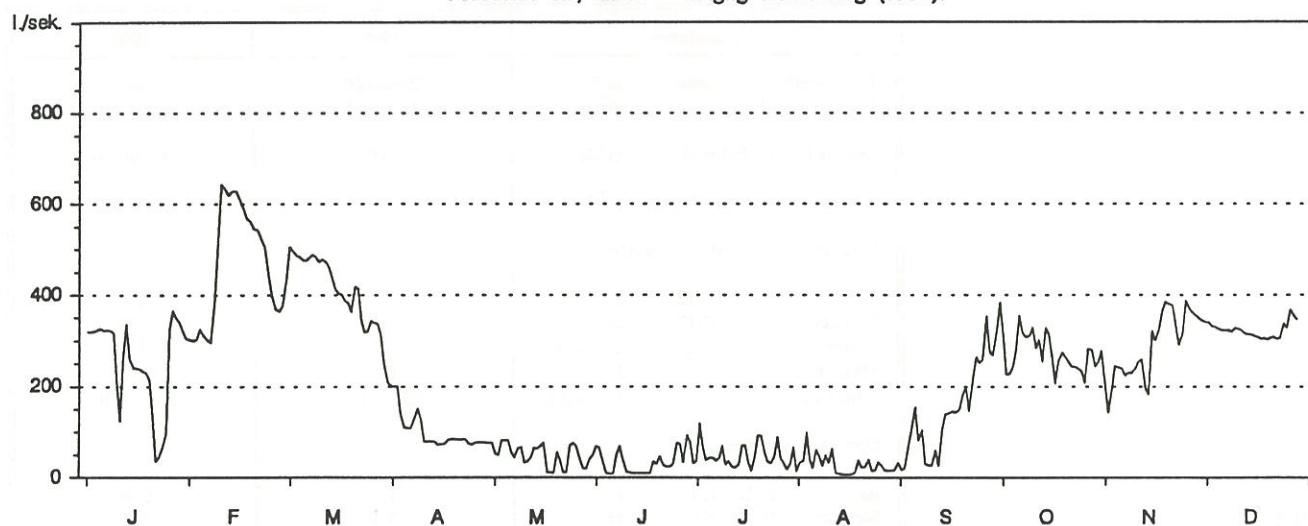
strømning til søen. I sommerperioden er opholdstiden væsentligt forlænget, da fordampningen fra søoverfladen til tider overstiger tilstrømningen.

Vandbalance			1989	1990
Total overfladisk tilførsel	m ³ /år		2.665.000	4.146.000
Total fraførsel	m ³ /år		3.158.000	6.004.000
Overfladisk til-/fraførsel	m ³ /år		-493.000	-1.858.000
Beregnet grundvandstilførsel	m ³ /år			1.597.000
Opholdstid (overfladisk tilførsel):				
År	(1.1. - 31.12.)	år	2,2	1,4
Sommer	(1.5. - 31.12.)	år	4,7	2,9
Vinter	(1.12. - 31.3.)	år (dage)	1,2*	0,97 (355)
Maks. måned		år	6,5	4,7
Min. måned		år (dage)	0,95 (345)	0,74 (270)
Opholdstid (fraførsel):				
År	(1.1. - 31.12.)	år	1,9	0,98
Sommer	(1.5. - 30.9.)	år	7,4	3,4
Vinter	(1.12. - 31.3.)	år (dage)	1,07*	0,63 (229)
Maks. måned		år	65	7,3
Min. måned		år (dage)	0,64 (235)	0,45 (165)

Tabel 4.2
Oversigt over vandbalance og opholdstider i Arreskov Sø, 1989 og 1990.

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

Arreskov Sø, afløb – daglig vandføring (1990).



Søholm Sø, afløb – daglig vandføring (1990).

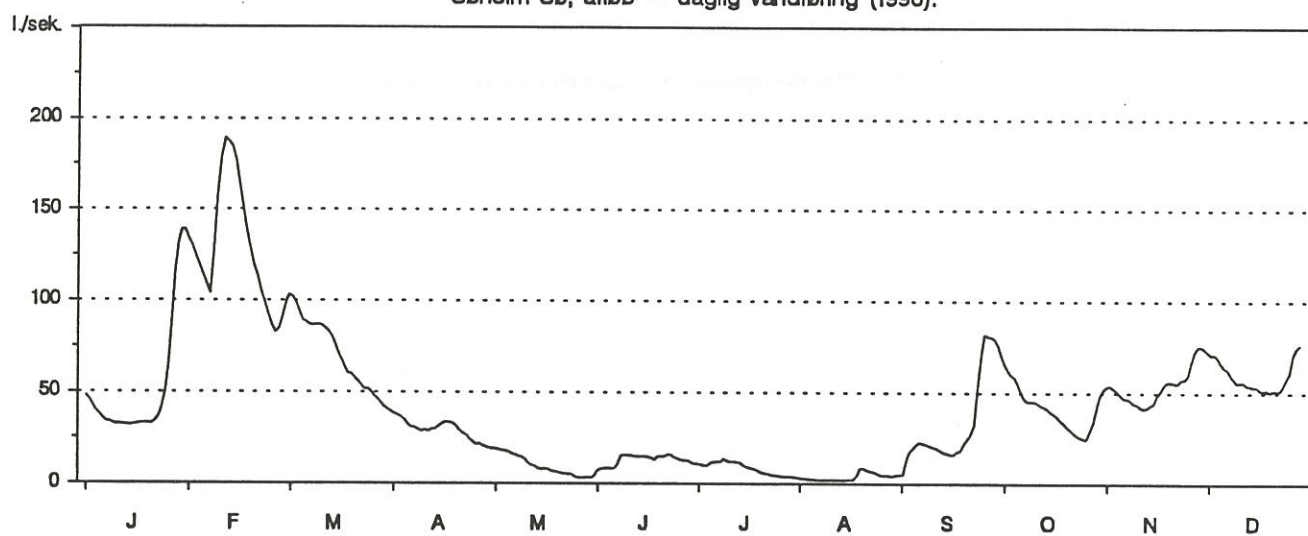


Fig. 4.2

Sammenligning mellem afløbsforhold i to overvågningssøer, Arreskov Sø og Søholm Sø. I Arreskov Sø reguleres vandstanden via et stemmeværk, hvorimod der ikke foretages vandstandsregulering i Søholm Sø.

5. Søens eksterne belastningsforhold.

Den eksterne belastning omfatter foruden det der afstrømmer til søen, den atmosfæriske deposition på søen samt øvrige belastningskilder, herunder belastningen fra rastende fugle.

5.1 Total ekstern belastning med kvælstof og fosfor 1989 og 1990.

Den totale eksterne belastning af kvælstof og fosfor var i 1990 henholdsvis 40.700 kg N og 759 kg P. Kvælstoftilførslen i 1990 var 84% større end i 1989 og fosfortilførslen 54% større (figur 5.2.1 og tabel 5.2.1). Stigningen er primært betinget af, at der i 1990 faldt mere nedbør (figur 5.2.1).

Hovedparten af belastningen kommer med afstrømningen til søen, men bemærkelsesværdigt er, at også det atmosfæriske nedfald udgør en væsentlig belastning. Øvrige tilførsler omfattende bidrag fra rastende fugle udgør kun en mindre betydende andel af belastningen (figur 5.1.1).

Fordelingen i 1990 af den eksterne belastning hen over året er vist på figur 5.1.2. Det fremgår bl.a., at specielt i sommermånederne er den atmosfæriske belastning betydningsfuld. Størrelsen af tilførslerne de enkelte måneder hænger nøje sammen med nedbørsmængderne og størrelsen af ferskvandsafstrømningen.

Tabel 5.1.1
Den totale eksterne belastning til Arreskov Sø 1989 og 1990.

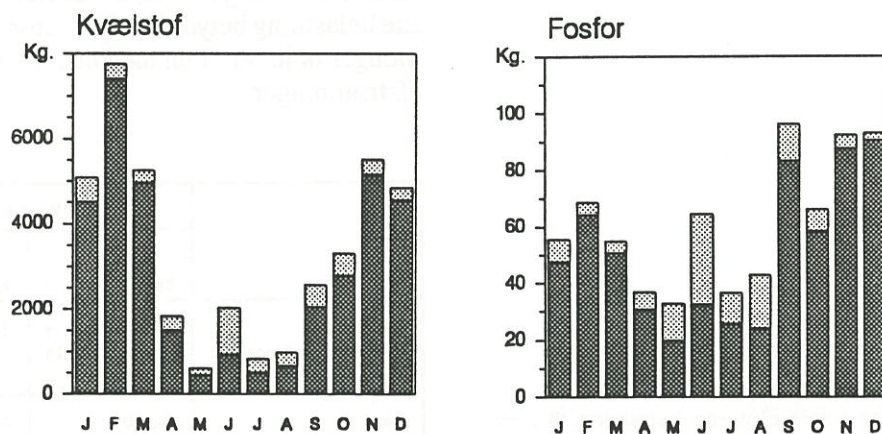
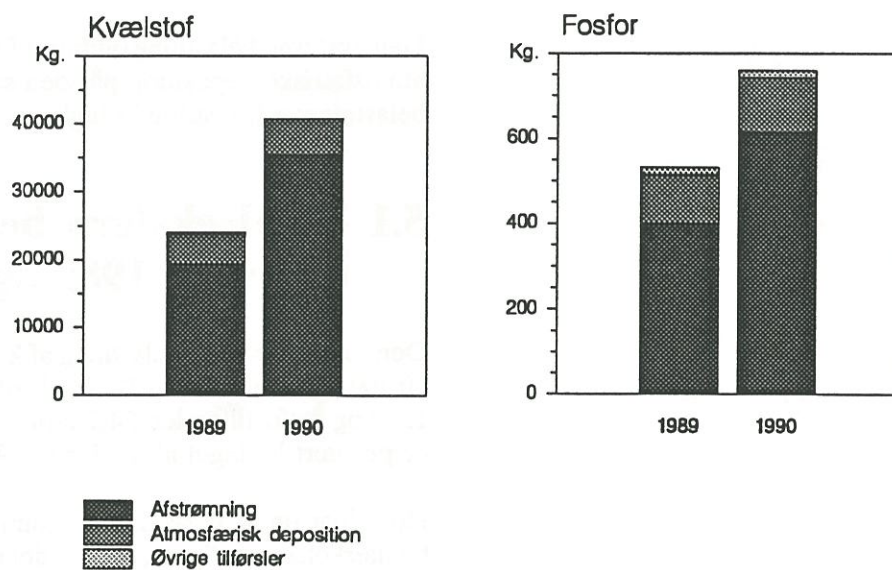
	Kvælstof				Fosfor			
	1989		1990		1989		1990	
	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha
Afstrømning	19.233	7,76	35.378	14,3	398	0,16	614	0,25
Atmosfærisk deposition	4.800	15,14	5.258	16,60	115	0,36	127	0,41
Øvrige tilførsler	42	-	42	-	18	-	18	-
Total	24.100		40.700		531		759	

Tabel 5.1.2
Den totale eksterne sommerbelastning (1. maj - 30. september) til Arreskov Sø 1989 og 1990.

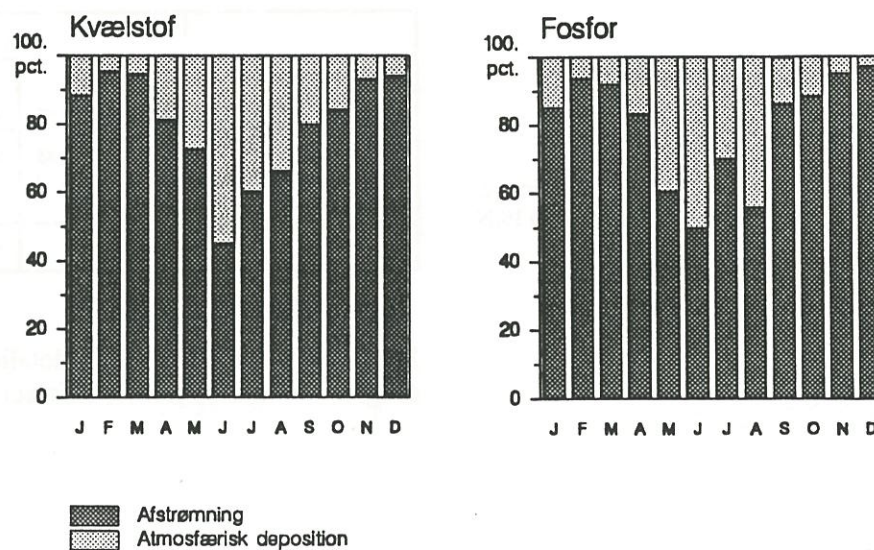
	Kvælstof				Fosfor			
	1989		1990		1989		1990	
	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha
Afstrømning	2110	0,85	4546	1,91	98	0,05	185	0,07
Atmosfærisk deposition	1747	5,50	2474	7,79	68	0,22	88	0,28
Øvrige tilførsler	39	-	39	-	16	-	16	-
Total	3900		7060		182		289	

I det følgende gives en mere detaljeret beskrivelse af henholdsvis afstrømningen, den atmosfæriske tilførsel og øvrige belastningskilder.

Figur 5.1.1
Den totale eksterne belastning af Arre-
skov Sø 1989 og 1990.



Figur 5.1.2
Den eksterne belastning på månedsbasis
1990.



5.2 Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor 1989 og 1990.

Afstrømningen omfatter, hvad der via vandløb og grundvandsafstrømning tilføres søen.

Afstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor via vandløb til søen er beskrevet dels på årsbasis (figur 5.2.3 og tabel 5.2.1), dels på månedsbasis (figur 5.2.4), dels for sommerperioden 1. maj - 31. september (tabel 5.2.2).

Tabel 5.2.1

Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø 1989 og 1990.

	Ferskvand		Kvælstof		Fosfor	
	m ³ x10 ³	l/sek/km ²	kg	kg/ha	kg	kg/ha
1989	2.660	3,41	19.200	7,76	398	0,16
1990	4.150	5,30	35.400	14,3	614	0,25

Tabel 5.2.2

Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø sommerperioden (1. maj - 30. september) 1989 og 1990.

	Ferskvand		Kvælstof		Fosfor	
	m ³ x10 ³	l/sek/km ²	kg	kg/ha	kg	kg/ha
1989	519	1,58	2110	0,85	98	0,04
1990	855	2,61	4550	1,91	185	0,07

Der henvises i øvrigt til rapporten "Vandløb og kilder. 1990" (Fyns Amt, 1991) for en mere generel redegørelse for karakteristika og eventuelle udviklingstendenser i ferskvands-, kvælstof- og fosforafstrømningen på Fyn.

Nedbørsforhold 1990.

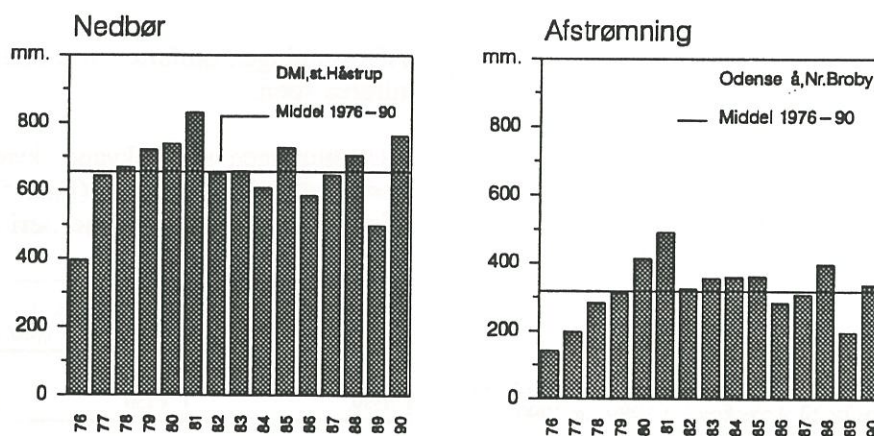
Nedbørsforholdene og specielt nedbøren i vinterhalvåret er vigtig at have for øje, når man vurderer afstrømningsforhold og dermed belastningen af en sø. Alt andet lige vil en stor nedbør i vinterhalvåret udløse en større næringsstofafstrømning fra jordens næringsstofpuljer end en lille nedbørsmængde.

Nedbøren i 1990 var set på årsbasis 16% større end i et normalår. Nedbøren i vinterhalvåret tilnærmer sig dog en normalnedbør, hvilket er forklaringen på, at ferskvandsafstrømningen i 1990 svarede til en normalafstrømning (figur 5.2.1 og 5.2.2).

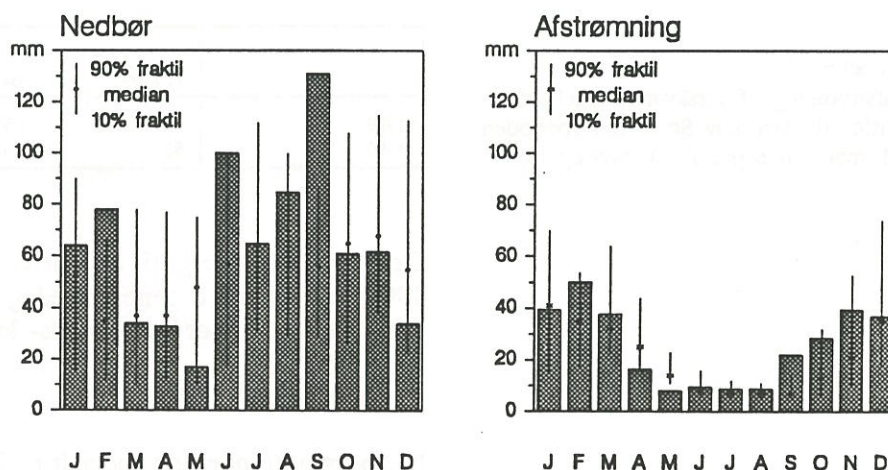
Set på månedsbasis skiller månederne februar, juni og september sig ud med forholdsvis megen nedbør, hvorimod maj måned var nedbørsfattig (figur 5.2.2).

Nedbørsdata stammer fra DMI's station i Håstrup beliggende i umiddelbar nærhed af søens afstrømningsopland.

Figur 5.2.1
Årsnedbør og ferskvandsafstrømning
1976-1990 ved henholdsvis Håstrup og
Odense Å, Nr. Broby
Middelnedbør og -afstrømning 1976-1990
er angivet som referencelinie.



Figur 5.2.2
Månedsnedbør og månedsafstrømning i
1990 ved henholdsvis Håstrup og Odense
Å, Nr. Broby.
Fraktilbånd de enkelte måneder er
baseret på data fra perioden 1961-90.



Ferskvandsafstrømning.

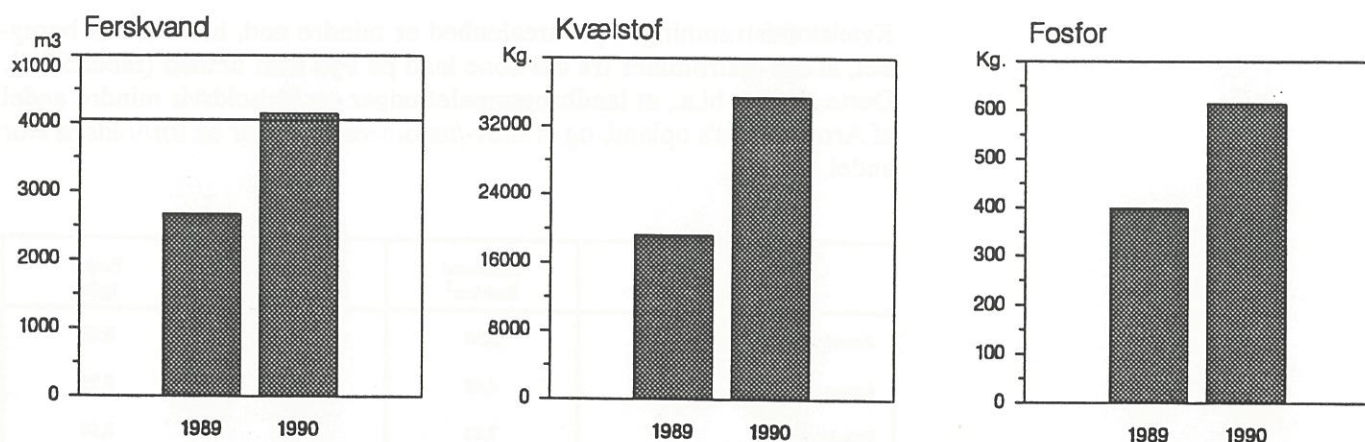
Ferskvandsafstrømningen til søen i 1990 var 56% større end i 1989 (figur 5.2.3 og tabel 5.2.1). Vurderet ud fra afstrømningsmålinger i Odense Å ved Nr. Broby svarer afstrømningen i 1990 til en normalafstrømning (figur 5.2.1). Ferskvandsafstrømningen på månedsbasis i 1990 fremgår af figur 5.2.4.

	Fersk- vand $m^3 \times 10^3$	Kvælstof kg	Fosfor kg
1990	1600	1100	30

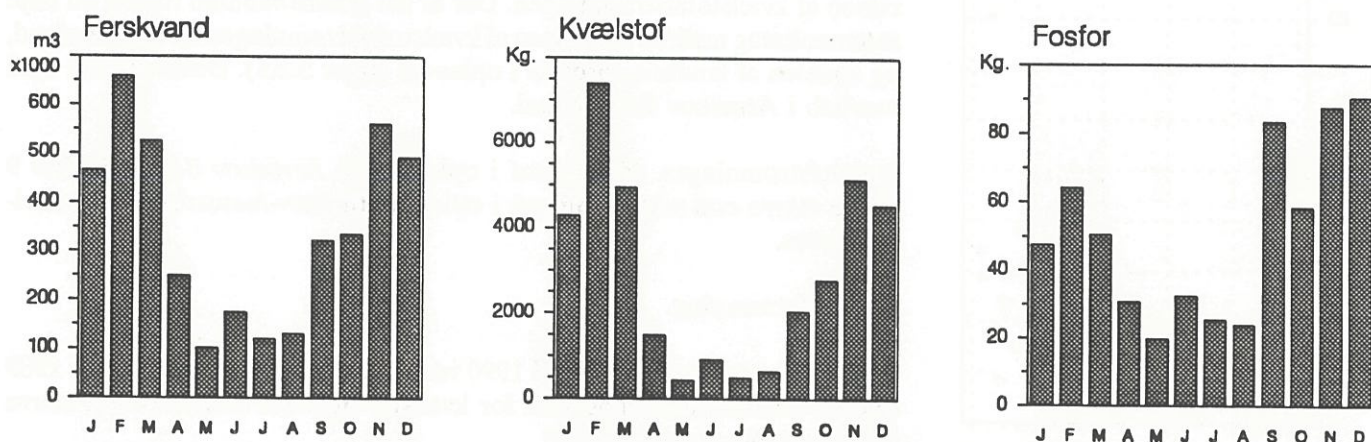
Tabel 5.2.3
Beregnet "skøn" på direkte grundvand-
stilførsel til søen i 1990.

Anførte ferskvandsafstrømning til søen er beregnet på baggrund af målinger dækkende 80% af oplandet til søen, og en beregnet afstrømning fra de sidste 20% af arealet antaget den samme afstrømningskarakteristik.

På baggrund af vandbalancebetragtninger jf. afsnit 4 på søen er det vurderet, at søen yderligere tilføres grundvand ved direkte grundvandstilstrømning. I 1990 er det vurderet, at denne tilstrømning udgør 1,6 mill. m^3 svarende til 30% af den totale tilstrømning (tabel 5.2.3).



Figur 5.2.3
Afstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø 1989 og 1990. Referencelinie angiver et skøn på, hvad afstrømningen ville have været, såfremt nedbøren i 1990 var "normal".



Figur 5.2.4
Afstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø 1990.

Kvælstofafstrømning.

Kvælstofafstrømningen til søen i 1990 var ca. 84% større end i 1989. At kvælstofafstrømningen er større i 1990 end i 1989, skyldes først og fremmest den større ferskvandsafstrømning i 1990.

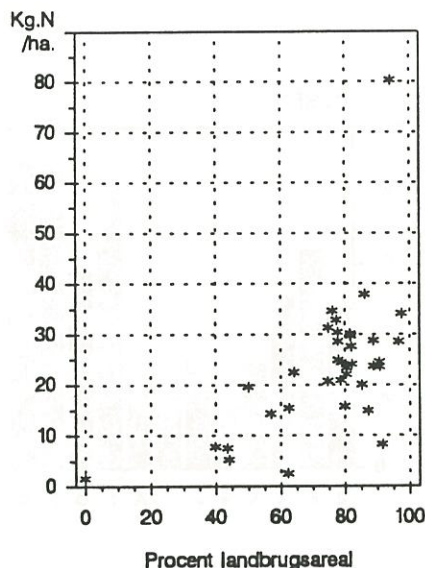
Kvælstofafstrømningen i 1990 vurderes at svare til den kvælstofafstrømning, som man ville have i et nedbørsmæssigt normalår. Hvorvidt den kulturbetingede kvælstofafstrømning til Arreskov Sø er faldet/steget siden vandmiljøplanens vedtagelse, er det ikke muligt at udtale sig om med et datagrundlag på kun 2 år.

Antages kvælstofafstrømningen til Arreskov Sø at have samme karakteristika som i Odense Å opstrøms Nr. Broby, vurderes kvælstofafstrømningen i 1990 at være 17% større end middelfafstrømningen for perioden 1979-1987, på trods af at ferskvandsafstrømningen tilnærmede sig middelfafstrømningen fra samme periode. Det må derfor antages, at kvælstofafstrømningen ikke er reduceret siden vandmiljøplanens vedtagelse.

Kvælstofafstrømningen pr. arealenhed er mindre end, hvad der er beregnet, at der afstrømmer fra det åbne land på Fyn som helhed (tabel 5.2.4). Dette skyldes bl.a., at landbrugsarealet udgør en forholdsvis mindre andel af Arreskov Sø's opland, og at skov-/naturarealer udgør en forholdsvis stor andel.

Tabel 5.2.4
Sammenligning af arealafstrømningen fra forskellige oplande i 1990.

	Ferskvand l/sek/km ²	Kvælstof kg/ha	Fosfor kg/ha
Arreskov sø	5,30	14,3	0,25
Lange Sø	8,43	26,4	0,71
Søholm sø	7,82	14,4	0,18
Fyn, total	8,63	28,5	1,14
Fyn, diffus	-	24,7	0,33
Holstenshuus, skov- /naturvandløb	2,61	1,61	0,04



Figur 5.2.5
Sammenhæng mellem kvælstofafstrømning i 1990 og andelen af landbrugsarealer.

Landbrugsdriften er den størrelse, som først og fremmest bestemmer størrelsen af kvælstofafstrømningen. Der er for fynske vandløb fundet en nøje sammenhæng mellem størrelsen af kvælstofafstrømningen i et givet opland, og andelen af landbrugsarealer i oplandet (figur 5.2.5). Dette gælder også vandløb i Arreskov Sø's opland.

Arealafstrømningen af kvælstof i oplandet til Arreskov Sø var i 1990 9 gange større end afstrømningen i oplandet til skov-/naturvandløbet, Holstenshuus.

Fosforafstrømning.

Fosforafstrømningen til søen i 1990 var ligeledes meget højere end i 1989 (54%), hvilket tilsvarende som for kvælstof også må tilskrives den større ferskvandsafstrømning i 1990.

Det er vanskeligt at udtale sig om oprindelsen af den øgede fosforafstrømning i 1990. Mulige forklaringer er genophvirvling af fosfor, som er aflejret i vandløbene i det tørre år 1989, en større udvaskning af fosfor fra landbrugsjorden eller overfladisk afstrømning af fosfor fra landbrugsjorden (jorderosion).

Der er ikke på baggrund af kun to års dataindsamling grundlag for at udtale sig om, hvorvidt den kulturbetingede fosforafstrømning til søen er reduceret efter vandmiljøplanens vedtagelse.

Ser man på månedsafstrømningen (figur 5.2.4), ses en relativt større fosforafstrømning i sidste halvdel af året, en afstrømning, som ikke kan forklares af en større ferskvandsafstrømning. Målingerne tyder på, at den meget store nedbør i september har givet anledning til overfladisk afstrømning af fosfor fra ikke plantedækkede landbrugsarealer.

Arealafstrømningen af fosfor til søen er lidt mindre end, hvad det er beregnet, der afstrømmer fra det åbne land på hele Fyn (tabel 5.2.4).

Årsagen hertil er formentlig bl.a., at natur-/skovarealer udgør en forholdsvis stor andel af søens opland. Landbrugsdriften samt andelen af spredt bebyggelse i oplandet er formentlig de størrelser som først og fremmest bestemmer størrelsen af fosforafstrømningen.

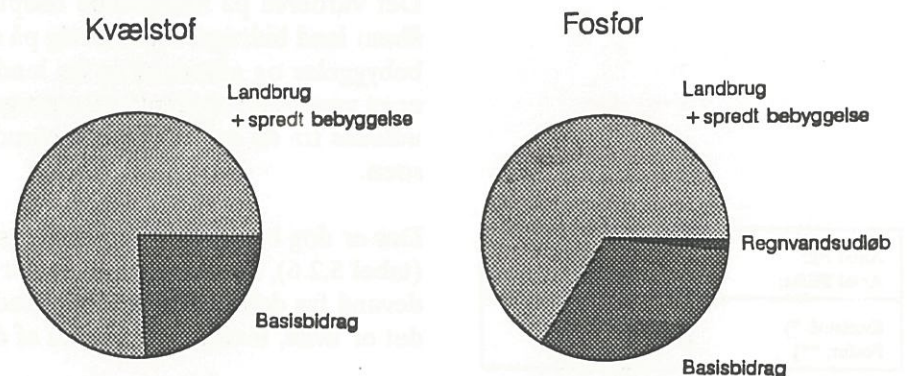
Arealafstrømningen af fosfor i oplandet til søen var i 1990 6 gange større end afstrømningen i oplandet til skov-/naturvandløbet, Holstenshuus.

Belastningskilder i afstrømningsoplandet til søen.

Der er foretaget en kildeopsplitning af belastningskilderne til kvælstof og fosforafstrømningen. Kildeopsplitningen omfatter følgende belastningskilder:

1. Basisbidrag (naturlig afstrømning)
2. Punktkilder (renseanlæg/beb. >30 PE)
3. Regnvandsbetingede udløb.
4. Åbent land (landbrug + spredt bebyggelse - basisbidrag)

Fordelingen af afstrømningen på de enkelte belastningskilder fremgår af tabel 5.2.5 og figur 5.2.6.



Figur 5.2.6
Kilderne til kvælstof og fosforafstrømningen til Arreskov Sø 1990.

Tabel 5.2.5
Kildeopsplitningen af afstrømning af kvælstof og fosfor til Arreskov Sø 1989 og 1990.

	1989				1990			
	Total-N		Total-P		Total-N		Total-P	
	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha
Basisbidrag *)	4690	1,89	112	0,05	8.420	3,40	211	0,085
Punktkilder:								
- Renseanlæg	0		0		0		0	
- Regnvandsbetingede udløb	36	0,01	9	< 0,01	36	0,01	9	< 0,01
Åbent land	15.500	5,86	286	0,12	26.900	10,8	394	0,16
Total	19.200	7,76	398	0,16	35.400	14,3	614	0,25

*) Basisbidraget er beregnet ud fra årsmiddelkoncentrationer af N og P i skov-/naturvandløbet, Holstenshuus.

Set på årsbasis er det for 1990 beregnet, at 76% af kvælstofafstrømningen stammer fra det åbne land (primært landbruget), 24% fra en naturlig afstrømning og mindre end 1% fra regnvandsbetingede udløb. Det skal bemærkes, at i mere nedbørsrige år må åbent land bidraget forventes at udgøre en endnu større andel.

Set på årsbasis i 1990 er det beregnet, at 64% af fosforafstrømningen stammer fra det åbne land, 34% fra en naturlig afstrømning og ca. 1% fra regnvandsbetingede udløb.

Det skal bemærkes, at det beregnede skøn på størrelsen af den naturlige afstrømning (basisbidraget) muligvis er for stort, jf. bemærkninger til anvendte beregningsmetode i afsnit 2.

Det skal ligeledes bemærkes, at belastningen fra regnvandsbetingede udløb bygger på en beregning, hvor man forudsætter en middelnedbør for Fyn og således ikke tager hensyn til aktuelle nedbørsforhold, herunder nedbørsvariationer fra år til år.

Belastningen fra regnvandsbetingede udløb kan meget vel tænkes at udgøre en større andel, men en vurdering heraf må baseres på baggrund af en forbedret opgørelse.

Det vurderes på nuværende tidspunkt ikke muligt at fastlægge, hvordan åbent land bidraget fordeler sig på spildevandsafstrømning fra den spredte bebyggelse og afstrømning fra landbrugsarealer. Årsagen hertil er, at det er et vanskeligt og uopklaret spørgsmål, hvor meget af det spildevand, der udledes fra de enkeltliggende ejendomme, der når frem til vandløbene og søen.

Antal PE:	492
Antal PE/ha:	0,20
Kvælstof: *)	1.968 kg/år
Fosfor: **)	645 kg/år

Tabel 5.2.6
Skønnet potentiel spildevandsproduktion fra spredt bebyggelse i oplandet til Arreskov Sø.

*) Beregnet som 4,00 kg N/PE/år.

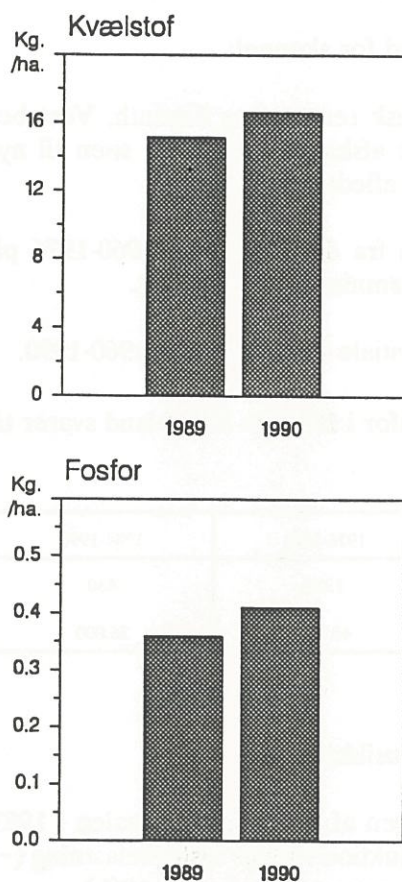
***) Beregnet som 1,31 kg P/PE/år.

Der er dog beregnet et potentielt spildevandsbidrag fra spredt bebyggelse (tabel 5.2.6), svarende til, hvad der maksimalt skønnes produceret af spildevand fra de optalte enkeltliggende ejendomme i oplandet til søen, men det er uvist, hvor stor en andel af dette spildevand der når frem til søen.

Stort set hele kvælstofafstrømningen fra det åbne land stammer fra afstrømning fra landbrugsarealer. Den kvælstofmængde, der kommer fra spredt bebyggelse er lille i forhold til den kvælstofafstrømning, der måles i vandløbene.

Den fosformængde, som afledes fra enkeltliggende ejendomme i et givet vandløbsopland (uden spildevand fra bysamfund), er ofte sammenlignelig med eller større end den fosforafstrømning, som måles i vandløbet. Fosforafstrømningen til Arreskov Sø i 1990 svarer faktisk til den fosformængde, som skønnes udledt fra enkeltliggende ejendomme i oplandet.

Det er dog dermed ikke givet, at den fosfor, som måles i vandløbet, stammer fra enkeltliggende ejendomme. Således er den fosforkoncentration, som måles i landbrugsdrænen (uden spildevandstilledning) ofte sammenlignelig med eller større end den koncentration, som måles i spildevandsbelastede vandløb. Tilsvarende kan der måles nogenlunde samme fosforkoncentrationer i landbrugsbelastede vandløb med såvel et lille som et stort spildevandspotentiale fra spredt bebyggelse.



Figur 5.3.1
Atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor i Fyns Amt 1989 og 1990.

På baggrund af ovenstående synes der behov for fastlæggelse af en mere pålidelig strategi for kildeopsplitning af fosforbidraget fra det åbne land.

5.3 Atmosfærisk deposition.

Den atmosfæriske deposition på søen er skønnet på baggrund af Fyns Amts egne depositions målinger i 1989 og 1990, dog ikke målinger, der er foretaget i Arreskov Sø's opland. Det i denne sammenhæng anvendte skøn er baseret på middeldepositionen fra målestationerne Årslev, Boelsmose og Grøftehøj, beliggende på henholdsvis Midtfyn og Østfyn.

Der henvises til Fyns Amt, 1991 a for en nærmere beskrivelse af de anvendte depositionstal.

Det skal bemærkes, at depositions værdierne for 1989 er ændret i forhold til sidste års afrapportering (Fyns Amt, 1990). Angivelserne af de atmosfæriske bidrag var i 1989 baseret på erfaringstal. Bidraget fra atmosfæren i 1989 og 1990 er, som før nævnt, opgjort på grundlag af egne målinger.

Det er for Fyn beregnet, at mere end halvdelen (53%) af det kulturbetingede kvælstof tab til atmosfæren stammer fra landbruget. Ligeledes er det på baggrund af målinger i Odense (Blangstedgård) og Årslev beregnet, at det atmosfæriske nedfald af kvælstof er mere end fordoblet fra 1958 til 1988 (Fyns Amt, 1991 a).

Der er ikke fundet tilsvarende oplysninger om kilderne til fosfordepositionen, ligesom der kun foreligger sparsomme oplysninger om eventuel historisk udvikling. Kern Hansen m.fl. angiver (i "Vandløb, økologi og planlægning." 2. udg. Danmarks Miljøundersøgelser) en værdi for "førindustriel deposition" på 0,02 kg P/ha/år, hvilket svarer til, at depositionen af P er mere end tidoblet.

5.4 Øvrige belastningskilder.

Arreskov Sø er en meget vigtig rasteplass for grågæs i månederne august-september. Gæssene søger i perioden føde på tilgrænsende arealer, men tilbringer nattetimerne på søen. Herved sker der med gæssenes affaldsprodukter en tilførsel af næringsstoffer fra søomgivelserne til selve søen.

Stoftilførslen til Arreskov Sø via de rastende grågæs kan opgøres til 42 kg N/år og 18 kg total P/år (jf. oplysninger fra Jesper Madsen, Miljøministeriets Vildtforvaltning).

5.5 Historiske belastningsforhold.

Afstrømning.

Der foreligger kun sparsomme oplysninger til belysning af søens historiske belastningsforhold. De oplysninger, som foreligger, er brugt til at angive et skøn over søens middelbelastning af N og P gennem de sidste 30 år (tabel 5.1.1). Skønnet omfatter kun belastningen via afstrømning til søen. Atmosfærebelastningen er således ikke medtaget.

Følgende forudsætninger ligger til grund for skønnet:

- Spildevandsudledning fra mekanisk renseanlæg Korinth, Vest belastet med 970 PE. Spildevandet afskæres i 1983 fra søen til nyt renseanlæg ved Hellelose, med afledning til Silke å.
- Stigning i kvælstofafstrømningen fra det åbne land 1960-1976 på 35%, hvorefter (1976-1990) afstrømningen er konstant.
- Konstant fosforafstrømningspotentiale fra åbent land 1960-1990.
- Afstrømningen af kvælstof og fosfor i 1990 fra åbent land svarer til middelfafstrømningen 1976-1990.

Tabel 5.1.1

Skøn over søens middelbelastning af kvælstof og fosfor gennem de sidste 30 år.

	1960	1976-1983	1984-1990
P-afstrømning (kg)	1920	1920	650
N-afstrømning (kg)	26.000	40.000	36.000

Den historiske belastningsopgørelse er usikker.

Der er dog ingen tvivl om, at afskæringen af spildevandstilførslen i 1983 fra Korinth, Vest har betydet en stor reduktion i søens fosforbelastning (~ 65%), hvorimod kvælstofreduktionen har været mindre (~ 10%).

Atmosfærisk deposition.

Der henvises til afsnit 5.3.

6. Søens massebalance

Dette afsnit beskriver massebalancen for Arreskov Sø for en række stoffer, som enten direkte har betydning for vandplanternes vækst (næringsstofferne kvælstof og fosfor), eller har betydning for tilbageholdelsen af disse næringsstoffer (jern, kalcium) i søen.

Ved massebalancen for et givet stof forstås her forskellen mellem tilførsel og fraførsel af stoffet.

Tilførslen af de nævnte stoffer fra søens afstrømningsopland er beregnet ud fra udførte målinger (jf. afsnit 2). For kvælstof og fosfor er endvidere beregnet en tilførsel fra atmosfæren og fra rastende grågæs (jf. afsnit 5).

Stoffraførslen fra søen er beregnet ud fra målinger i søens afløb.

Som det fremgår af afsnit 4, er det på baggrund af vandbalancen beregnet, at der er en betydelig grundvandstilstrømning til søen. Denne grundvandstilstrømning har betydning for søens massebalance, men det præcise koncentrationsniveau af de forskellige stoffer i grundvandet er ikke kendt, ligesom vandmængden er usikkert bestemt.

Stofbidraget fra grundvandet indgår derfor ikke i de beregnede massebalancer, som er præsenteret i tabel 6.1. I omtalen af de enkelte stoffer er der dog gjort rede for grundvandets sandsynlige indflydelse på massebalancen på baggrund af overslagsmæssige beregninger.

Massebalancen for de enkelte stoffer i 1989 og 1990 er vist i tabel 6.1, og i tabel 6.2 er der for kvælstof og fosfor vist massebalancen for sommerperioden 1/5-30/9 for de to år. Månedlige til- og fraførsler af vand samt de enkelte stoffer i 1990 fremgår af fig. 6.1.

For en nærmere diskussion af afstrømningsforhold og tilførsler af kvælstof og fosfor henvises til afsnit 5.

	Kvælstof		Tot-fosfor		Opløst uorg. fosfor		Jern		kalcium	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990
Samlet tilførsel, kg	24.100	40.600	531	759	211	315	2.100	2.260	297.000	452.000
Arealbelastning, g/m ² /år	8	13	0,17	0,24	0,07	0,10	0,66	0,71	94	143
Fraført, kg	16.400	33.000	660	1.076	77	181	1.420	2.840	233.000	346.000
Nettotab, kg	7.700	7.600	-129	-317	134	134	680	-580	64.000	106.000
Nettotab, %	32	19	-24	-42	64	43	32	-26	22	23
Nettotab, g/m ² /år	2,4	2,4	-0,04	-0,10	0,04	0,04	0,21	-0,18	20	33

Tabel 6.1
Massebalance for Arreskov Sø 1989-90.
Grundvandsbidrag er ikke indregnet.

		Kvælstof		Fosfor	
		1989	1990	1989	1990
I alt tilført,	kg	3.900	7.060	188	289
Fraført,	kg	920	2.590	77	178
Nettotab,	kg	2.980	4.470	105	111
Nettotab,	%	76	63	58	38

Tabel 6.2
 Massebalance for Arreskov Sø 1989-90.
 Sommerperioden 1.5. - 30.9.
 Grundvandsbidrag er ikke indregnet.

I det følgende gennemgås de enkelte stoffers massebalancer for 1990, idet balancen for 1989 kun inddrages til sammenligning. Det skal dog bemærkes, at afstrømningen i 1990 svarede til et normalt år, hvorimod 1989 er mere tørt.

Fosfor:

Arealbelastningen af fosfor var i 1990 på 0,24 g P/m²/år imod 0,17 g P/m²/år i 1989, hvilket er lavt i forhold til de fleste andre danske søer. 131 danske søer havde således som medianværdi en fosforbelastning på 2,5 g P/m²/år (Kristensen m.fl. 1990). Den gennemsnitlige (vandføringsvægtede) fosforkoncentration i afstrømningen fra søens opland var forholdsvis lav i 1990, 150 µg total P/l, samme niveau som året før.

Fosforbalancen viser for 1990 en frigivelse på 317 kg svarende til 42% af den tilførte fosformængde. Den store fosforfraførsel sker i perioden januar-marts, hvor vandføringen i afløbet er høj.

I sommerperioden, hvor fosforkoncentrationen i søvandet som følge af fosforfrigivelse fra sedimentet er høj, sker der derimod en nettotilbageholdelse af fosfor. Dette skyldes at vandføringen i afløbet i denne periode er meget lille. Fosforafkastningen fra søen kan øges, hvis man sørger for at forøge afstrømningen fra søen i perioder, hvor fosforkoncentrationen er høj, dvs. sommerperioden og specielt september-november, hvor der endvidere er en stor tilstrømning til søen.

Indregning af et vurderet grundvandsbidrag på ca. 30 kg fosfor, ændrer ikke væsentligt på fosforbalancen.

Kvælstof:

Søens arealbelastning (belastning pr. m² søoverflade) af kvælstof var i 1990 på 13 g N/m²/år imod 8 g N/m²/år i 1989. Denne arealbelastning er forholdsvis lav i forhold til andre søer, hvilket hænger sammen med søens store overfladeareal. Til sammenligning havde 69 danske søer som medianværdi en kvælstofbelastning på 52 g N/m²/år (Kristensen m.fl., 1990). Den gennemsnitlige (vandføringsvægtede) kvælstofkoncentration i afstrømningen fra søens opland var høj i 1990, 8500 µg total N/l, imod 7200 µg/l året før.

Det beregnede kvælstoftab på 19% er lille, både i forhold til året før (32%) og i forhold til det normale for danske søer (40-50%). Kvælstoftabet sker især i perioden april-september, hvor den biologiske aktivitet og denitrifikationen er størst. Kvælstofreduktionen for sommerperioden er således på 63%.

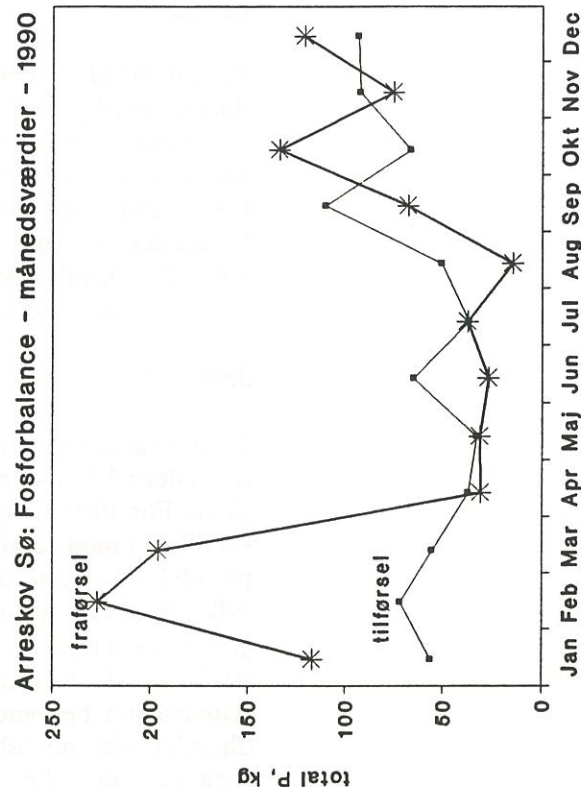
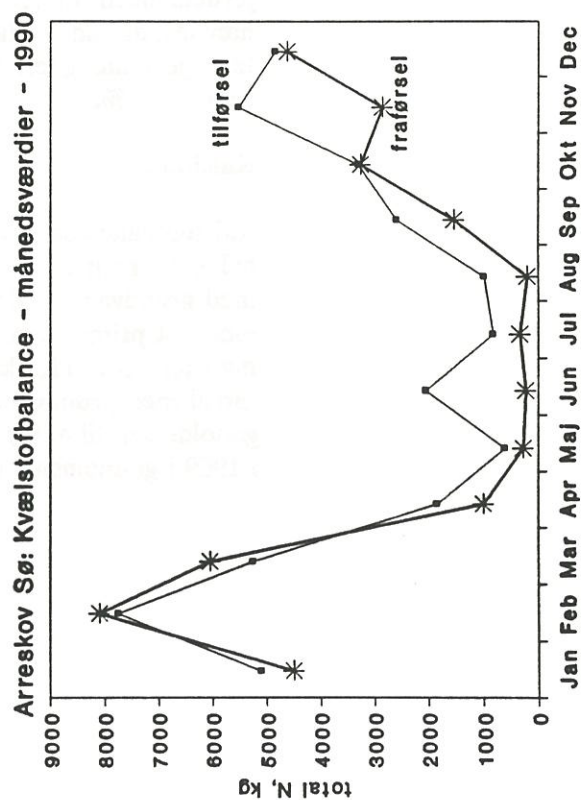
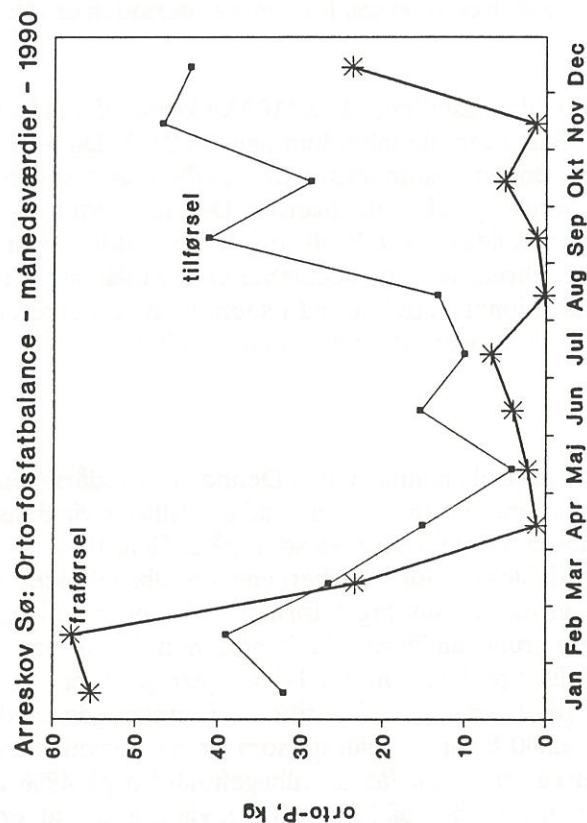
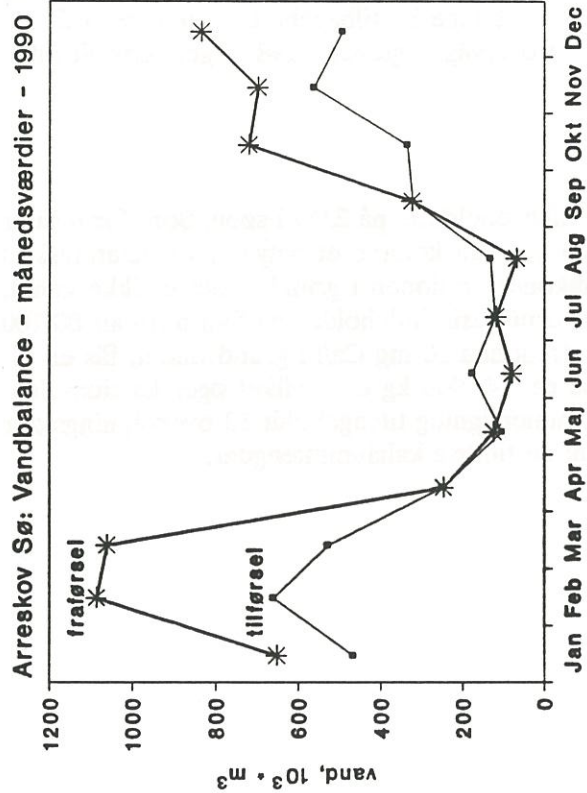
Indregning af et skønnet grundvandsbidrag på ca 1100 kg kvælstof, ændrer ikke væsentligt på kvælstofbalancen, da tabet kun øges til 21%. Da Arreskov Sø er lavvandet og har en stor sedimentoverflade, ville man forvente en stor kvælstofreduktion som følge af denitrificering. Den lille reduktion, der beregnes på årsbasis, kan skyldes at kvælstoftransporten i afløbet overvurderes i vinterperioden. I februar-april og december er der målt væsentligt højere kvælstofkoncentrationer i afløbet end i søen, hvilket indikerer at kvælstoftransporten kan være overvurderet i denne periode.

Jern:

Jernbalancen viser en stor fraførsel i januar-marts. Denne er hovedårsagen til, at der på årsbasis strømmer mere jern fra søen, end der tilføres via dens tilløb. For 1990 er beregnet en jernafgivelse fra søen på 26% af tilførslen via tilløb. I modsætning hertil blev der for 1989 beregnet en tilbageholdelse på 32%. For jern spiller grundvandsbidraget formodentlig en betydelig rolle. Jernkoncentrationen i grundvandet er ikke kendt, men det primære grundvandsmagasin indeholder på Fyn normalt 1-3 mg jern pr. liter. Anvendes en koncentration på 2 mg/l, kan den tilførte jernmængde med grundvandet beregnes til 3.200 kg/år, et bidrag, som er på niveau med tilførslen via vandløb. Indregnes denne fås en tilbageholdelse på 48% i søen. På grund af den store usikkerhed på jerntilførslen via grundvand, er jernbalancen for Arreskov Sø meget usikker. Det kan til sammenligning nævnes, at både Søholm Sø og Lange Sø tilbageholder 80-90% af de tilførte jernmængder, og at 14 overvågningssøer i 1989 i gennemsnit tilbageholdt 53%.

Kalcium:

Kalciumbalancen viser en tilbageholdelse på 23% i søen. Som for jern er balancen meget usikker, da der kan komme et betydeligt calciumtilskud med grundvandet. Kalciumkoncentrationen i grundvandet er ikke kendt, men det primære grundvandsmagasin indeholder på Fyn normalt 80-100 mg Ca/l. Anvendes koncentrationen 90 mg Ca/l i grundvandet, fås en tilførsel med grundvandet på ca. 140.000 kg Ca, hvilket øger calciumtilbageholdelsen til 42%. Til sammenligning tilbageholdt 13 overvågningssøer i 1989 i gennemsnit 15% af de tilførte kalciummængder.



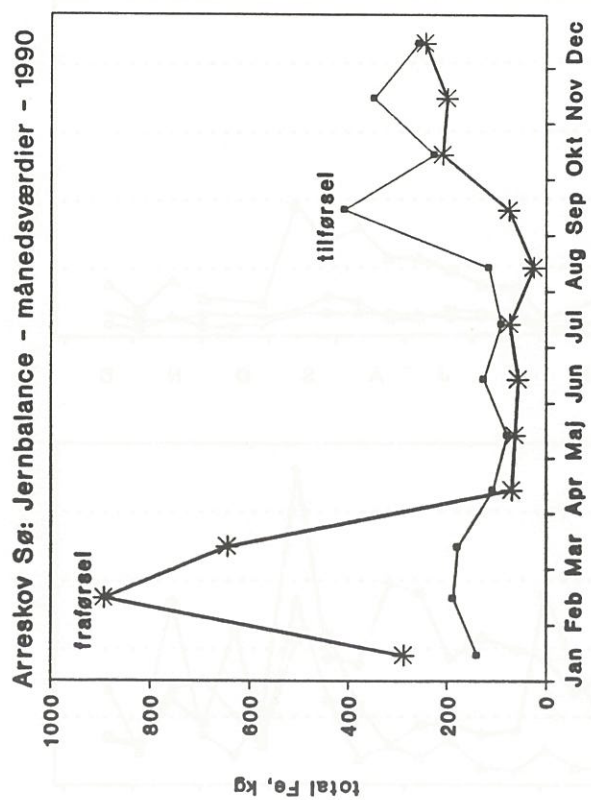
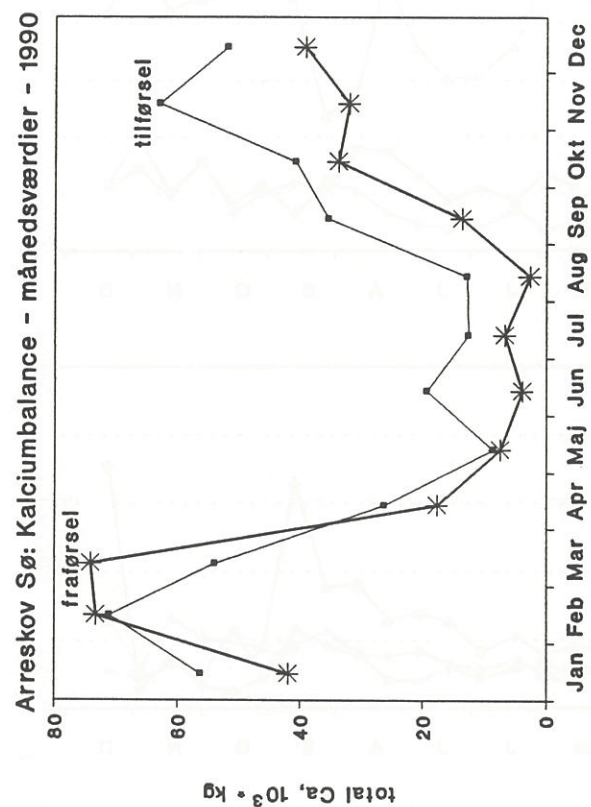
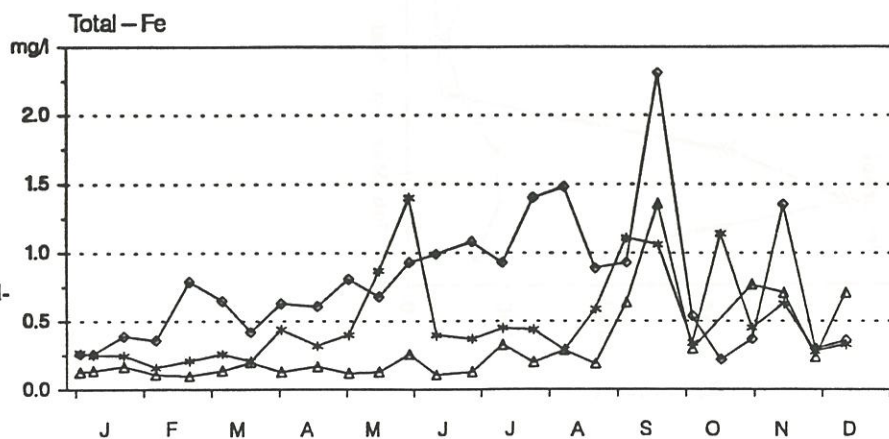
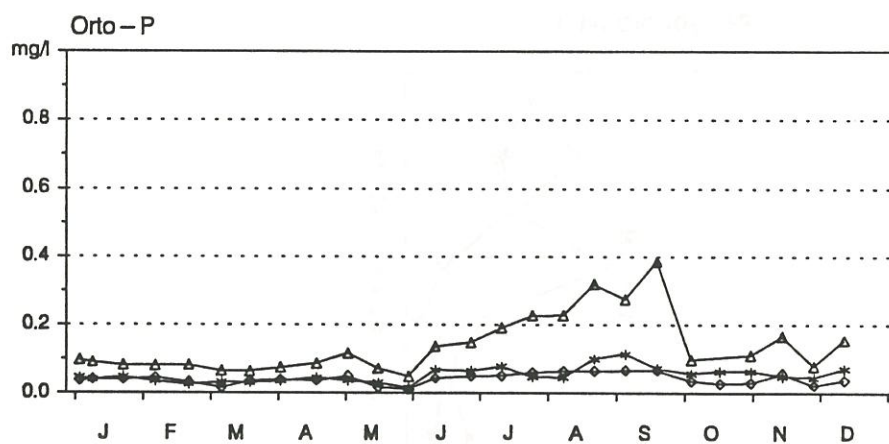
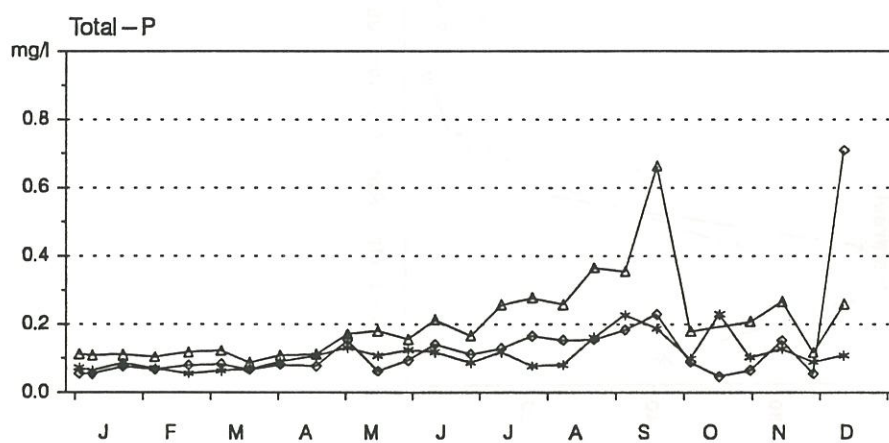
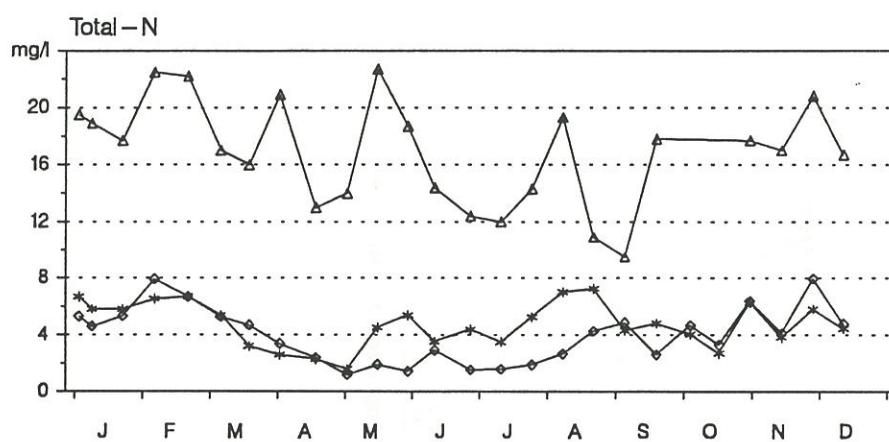


Fig. 6.1

Månedlige transporter af vand, opløst uorganisk fosfor (orto-fosfat), kvælstof, fosfor, jern og kalcium til og fra Arreskov Sø. De angivne vand- og stoftilførsler hidrører fra søens samlede opland.



Figur 7.1.1
Koncentrationsniveauerne i de tre hoved-
tilløb til Arreskov Sø 1990.

△-△-△ Tilløb 1
◇-◇-◇ Tilløb 4
--*- Tilløb 5

7.1 Tilløb.

Tabel 7.1
Vandføringsvægtede middelkoncentrationer af vigtige parametre i Arreskov Sø's til- og afløb 1989 og 1990.

Til sammenligning er der i tabel 7.2 anført koncentrationsniveauerne i en række nationale overvågningssøer i 1989.

Medianværdi, 25% og 75 % fraktiler af vandføringsvægtede middelkoncentrationer i tilløb og afløb til 13-24 nationale overvågningssøer i 1989.

		Tilløb			Afløb		
		Median	25%	75%	Median	25%	75%
Total-N	µg/l	7600	6000	9900	3500	1700	4700
Total-P	µg/l	197	126	269	127	81	206
Total-Fe	µg/l	620	360	1330	230	90	440
Calcium	mg/l	88	65	102	65	51	79

Det bemærkes, at indløbskoncentrationerne af kvælstof, fosfor og jern til Arreskov Sø stort set svarer til medianen for de andre overvågningssøer, dvs. at Arreskov Sø, hvad disse stoffer angår, ikke skiller sig ud fra de øvrige nationale overvågningssøer. Calciumniveauet er derimod højt, hvilket skyldes, at søens opland hovedsagelig består af kalkholdig morænejord (lerblandet sand).

Forholdet mellem kvælstof og fosfor er væsentligt højere end det forhold på ca. 7, hvormed det optages i planktonalger. På årsbasis tilføres derfor kvælstof i overskud i forhold til fosfor.

7.2 Afløb.

Det fremgår af tabel 7.1 at årsmiddelkoncentrationen af kvælstof i afløbet er betydeligt mindre end i tilløbene (60-70%).

For fosfors vedkommende er koncentrationen i afløbet højere end i tilløbene, mest i sommerperioden. Endvidere ses, at i sommerperioden er kun 8% af fosforen på opløst uorganisk form i afløbet mod 40-45 % i tilløbene. Dette viser den store indflydelse af alger og suspenderet materiale i sø afløbet.

Sammenligning med tabel 7.2 viser forholdsvis høje afløbsværdier fra Arreskov sø af kvælstof, fosfor og jern. Calciumværdien er derimod lille.

Søens evne til at tilbageholde de omtalte stoffer er nærmere omtalt i afsnit 6.

8. Fysisk-kemiske forhold i søen.

8.1 Vandfase.

Resultaterne af de i 1990 udførte fysisk-kemiske målinger i vandfasen af Arreskov Sø fremgår af figur 8.1.1-8.1.5. Beregnede års- og sommermiddelværdier samt fraktiler af udvalgte parametre er i tabel 11.2 sammenstillet med værdier for tidligere år.

I det følgende er de vigtigste resultater af undersøgelserne i 1990 kortfattet beskrevet. Sommerperioden refererer til perioden 1. maj til 30. september. Vinterperioden er perioden 1. december 1989 til 31. marts 1990.

Der var i 1990 ikke is på søen, og den lavest målte temperatur var 1,8°C i januar. Den højst målte temperatur var 20,8°C i starten af august efter en periode med varmt og solrigt vejr.

På grund af Arreskov Sø's lavvandede og vindeksponerede karakter, forekommer der normalt ingen længerevarende temperaturlagdeling af vandmassen. I 1990 er der således hverken konstateret lagdeling eller dårlige iltforhold ved bunden. I modsætning hertil blev der i 1989 på to datoer konstateret temperaturlagdeling og lavt iltindhold på ca. 1 mg/l eller derunder ved bunden. Korte perioder med lavt iltindhold ved bunden kan dog have forekommet i 1990, da lagdeling af vandmassen kan opbygges og nedbrydes på få dage.

Arreskov Sø er relativt kalkrig og stærkt næringsberiget med ringe gennemsigthed (middelsigt dybde 0,25 m i sommeren 1990). Den ringe sigtbarhed skyldes dels en stor algebiomasse i sommerperioden (op til 147 µg klorofyl-a/l svarende til en algebiomasse på 34 mm³/l), dels en ophvirvlen af bundmateriale.

pH var i sommerperioden gennemsnitlig 9,2, med den højst målte værdi på 9,7. Sådanne høje pH-værdier giver dårlige forhold for specielt søens fiskebestand, især hvis der samtidig findes forhøjede indhold af ammonium-kvælstof (se senere). I vinterperioden var pH gennemsnitlig 8,1. De forhøjede pH-værdier om sommeren, er et resultat af planktonalgernes vækst.

I sommerperioden var søvandets indhold af total-kvælstof og total-fosfor højt, i gennemsnit henholdsvis 3200 µg N/l og 275 µg P/l. Værdierne var lidt højere end målt i 1989, hvor de var henholdsvis 2524 µg/l og 231 µg P/l. Kun en ringe del af fosforen fandtes som opløst uorganisk fosfor (orto-P), i middel for sommeren 32 µg N/l, men niveauet var så højt, at fosfortilgængelighed ikke for alvor kunne begrænse planktonalgernes vækst. Koncentrationen af opløst uorganisk kvælstof var høj i vinterperioden, men fra slutningen af maj til midten af september var værdierne lave (21-37 µg N/l). Kvælstoftilgængeligheden begrænsede imidlertid næppe algerne vækst væsentligt, primært fordi tilførslen af opløst uorganisk kvælstof, som følge af biologiske nedbrydningsprocesser må antages at have været stor.

Forholdet mellem opløst N og P (N/P (opløst)) var imidlertid lavt i sommerperioden, hvilket kunne antyde, at kvælstof i højere grad end fosfor kan have virket begrænsende på algevæksten i denne periode.

Ammoniumkoncentrationen var høj i vinterperioden, hvilket uden tvivl skyldes nedbrydning og mineralisering af alger fra sidste års produktion. Den højst målte værdi på 2930 µg total-ammonium pr. liter svarer til en koncentration af ammoniak-kvælstof på 30 µg/l. Dette er over den grænse på 25 µg/l, hvor fri ammoniak anses for skadelig for fisk (Miljøstyrelsen 1983). I sommerperioden blev denne kritiske grænse endvidere overskredet, nemlig den 18. september under forhold med stærkt forhøjet pH-værdi. (Tabel 8.1.1).

Koncentrationen af ammoniak kan derfor i perioder genere fiskebestandens trivsel, såvel i sommer- som vinterperioden.

Tabel 8.1.1
Koncentrationen af fri ammoniak i Arreskov Sø på udvalgte, kritiske tidspunkter i 1990.

Dato	temp.°C	pH	tot-ammonium (mg N/l)	<u>Ammoniak</u> tot-ammonium (%)	Ammoniak (mg N/l)
10.01.1990	1,8	8,0	2,93	0,94	0,027
25.07.1990	18,2	9,3	0,032	41	0,013
18.09.1990	13,6	9,5	0,066	41	0,027
16.10.1990	13,0	8,3	0,106	4,2	0,005

Fosforafgivelse fra sedimentet.

Den stigning i koncentrationen af total-fosfor, der ses i juni-juli, afspejler uden tvivl en fosforafgivelse og til dels en ophvirvling fra sedimentet. Da der samtidig foregår en kraftig planktonalgevækst, hvorunder fosfor indbygges i algerne, er stigningen i opløst uorganisk fosfor relativ beskeden i forhold til stigningen i total-fosfor.

I tabel 8.1.2 er denne fosforafgivelse/ophvirvling forsøgt skønnet. Det fremgår, at der i perioden 30.4.-25.7.1990 er sket en frigivelse fra sedimentet på ca. 1.330 kg P, og at fosforafgivelsen kan komme op omkring 50 kg P/dag.

For 1989 beregnes på tilsvarende måde en frigivelse på 570 kg fosfor.

Den maksimale frigivelsesrate fra sedimentet er beregnet til 17,4 mg P/m²/dag. Ved en undersøgelse i 1987, blev der til sammenligning fundet værdier på op til ca. 47 mg P/m²/dag. (Jensen & Andersen, 1990).

Dato	Tot-P ($\mu\text{g/l}$)	Stigning i Tot-P ¹⁾ (kg)	P-tilført (kg)	P-fraført (kg)	Sedimentaf- givelse i perioden (kg)	Sediment- afgivelse pr. dag (kg/dag)	Afgivelse pr. m^2 sedi- ment ²⁾ ($\text{mg/m}^2/\text{dag}$)
30.4.	162						
30.5.	196	200	33	31	198	6,6	2,3
13.6.	214	106	30	12	88	6,3	2,2
27.6.	263	288	30	12	270	19,3	6,8
11.7.	381	694	17	17	694	49,6	17,4
25.7.	394	77	17	17	77	5,5	1,9
Hele perioden Sum Gennemsnit		1365	127	89	1.327	15,4	5,4

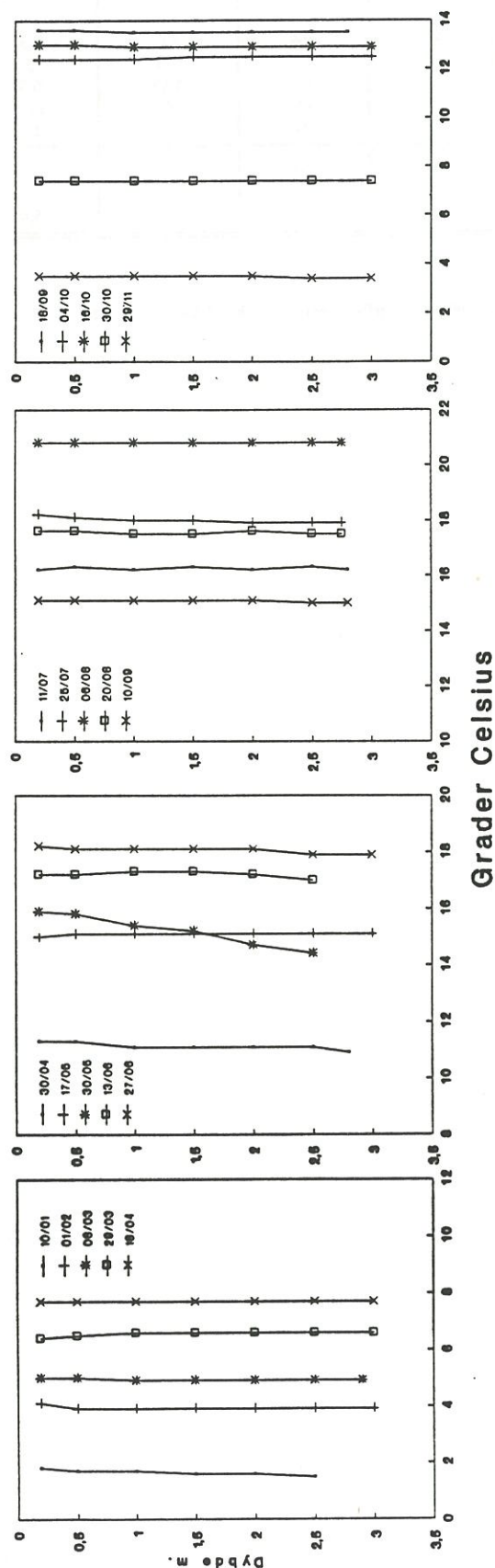
1) Søvolumen $5,88 \times 10^6 \text{ m}^3$

2) Fosfor antages at afgives fra et sedimentareal på 285 ha, svarende til de 90% af overfladearealet, der har dybder større end 1 meter.

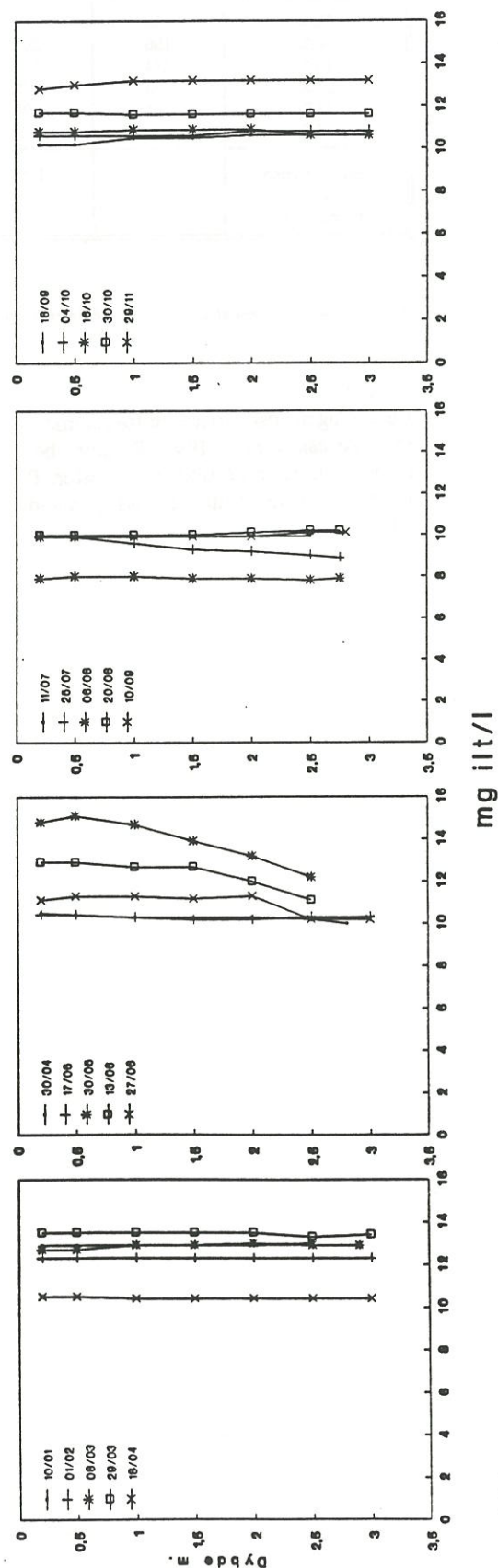
Tabel 8.1.2

Beregning af fosforfrigivelse fra sedimentet i Arreskov Sø i 1990. P tilført betegner den eksterne tilførsel af fosfor. P fraført betegner fosfor fraført gennem afløbet.

Arreskov Sø: Temperaturprofiler - 1990



Arreskov Sø: Iltprofiler - 1990

Fig. 8.1.1
Temperatur- og iltprofiler i Arreskov Sø.

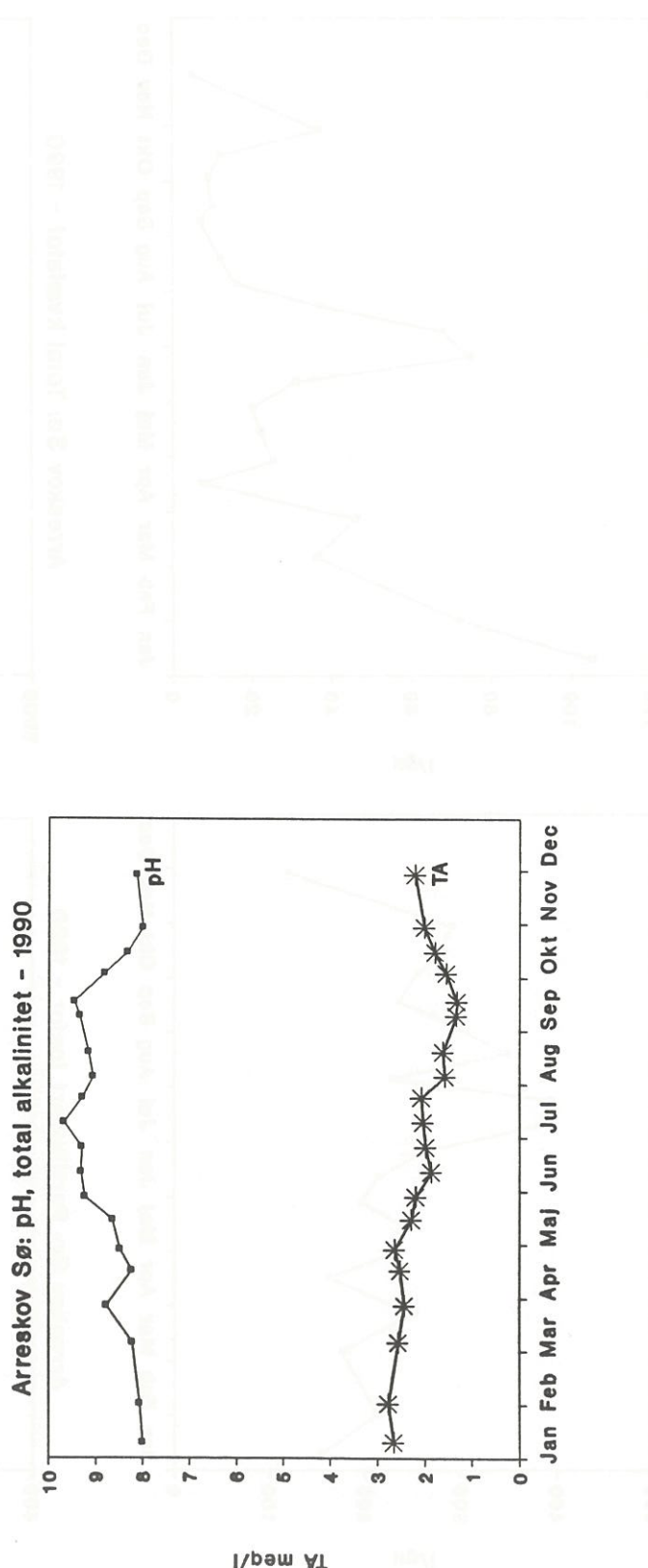
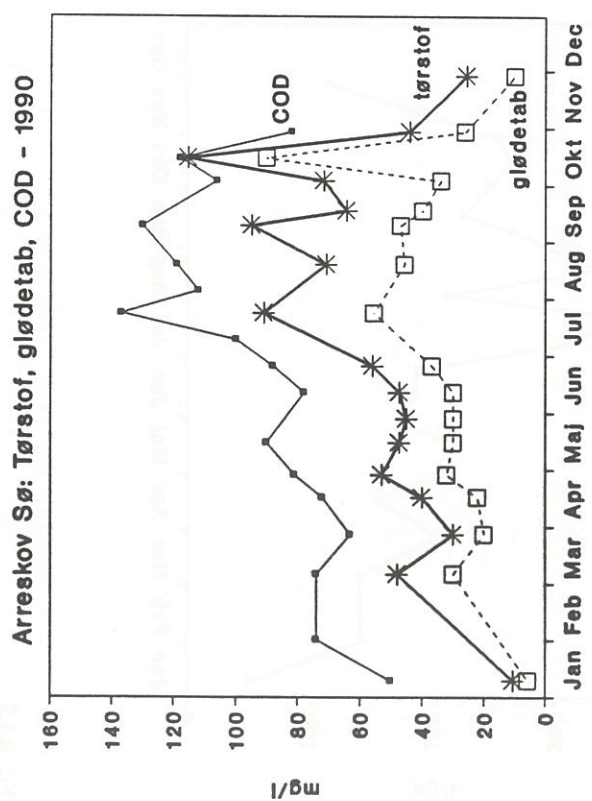
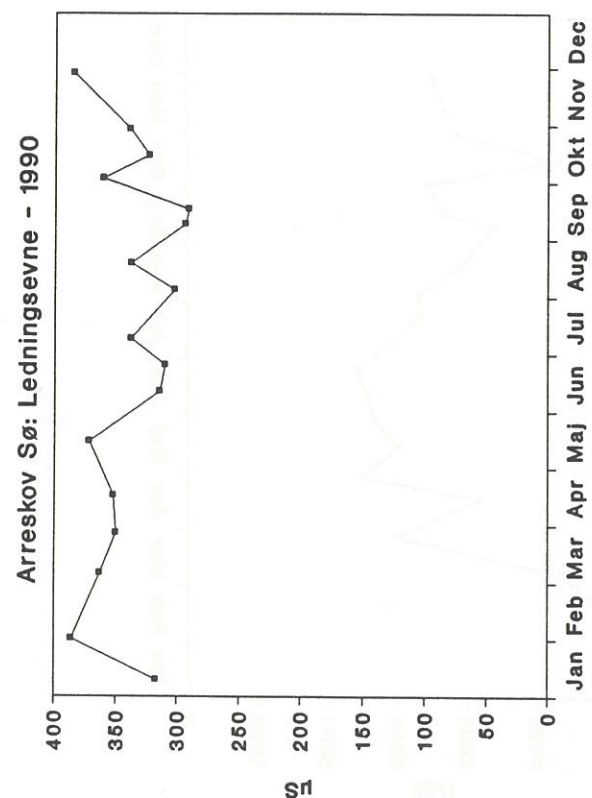


Fig. 8.1.2
Indhold af tørstof og organisk stof (målt som glødetab og kemisk iltforbrug, COD) i partikler, samt ledningsevne, surhedsgrad (pH) og indhold af basisk reagerende stoffer (total alkalinitet) i søvand fra Arreskov Sø.

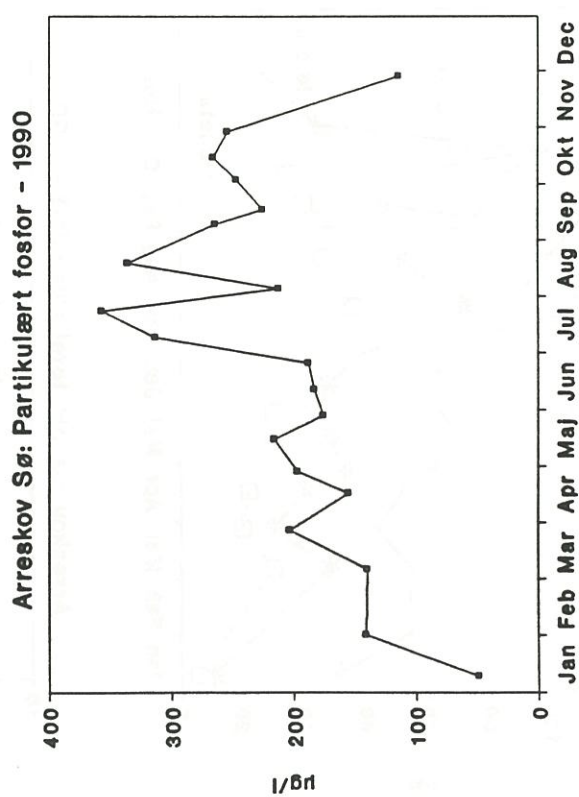
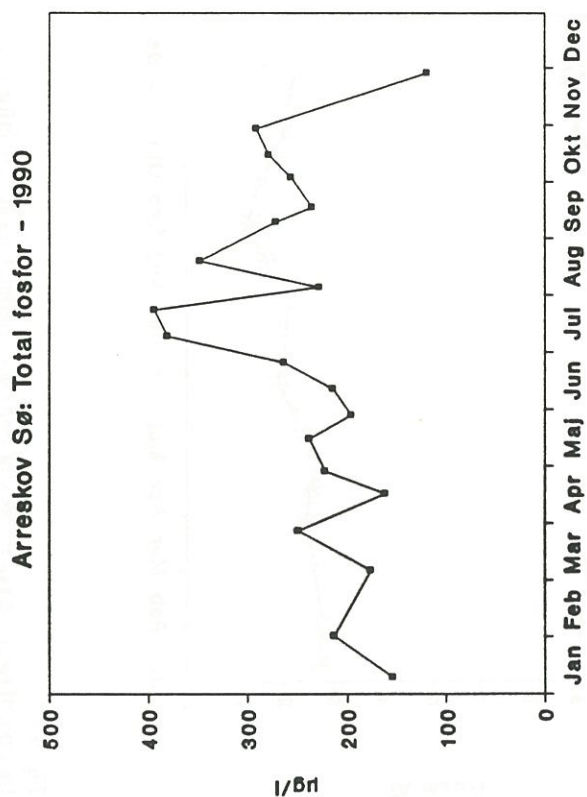
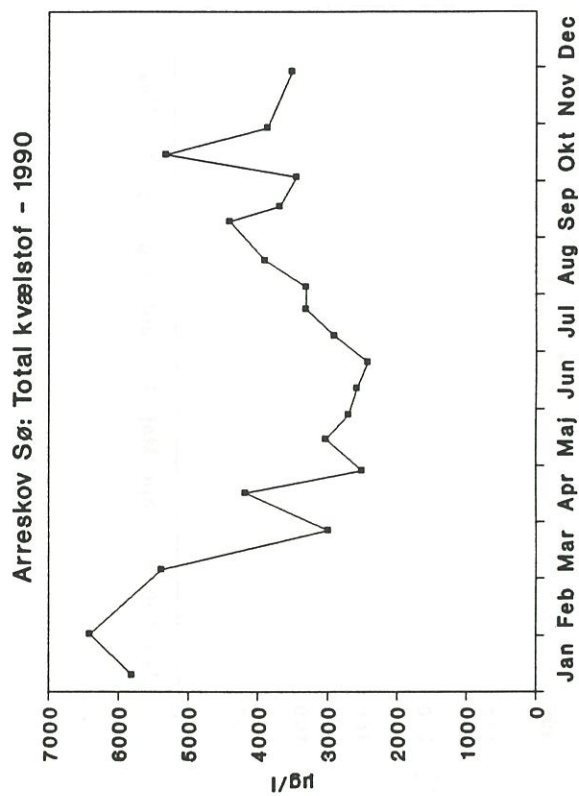
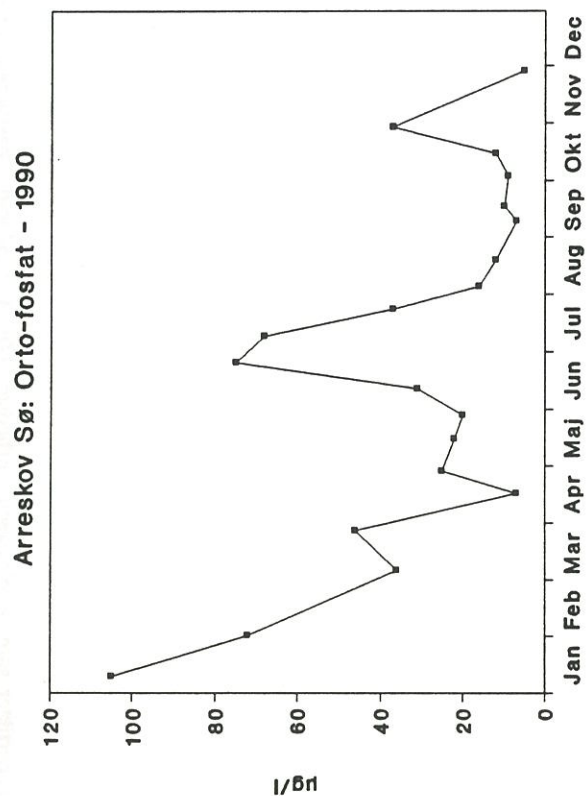


Fig. 8.1.3
Indhold af forskellige former for fosfor, samt total kvælstof i søvand fra Arreskov Sø. De øvrige former for kvælstof fremgår af figur 8.1.4.

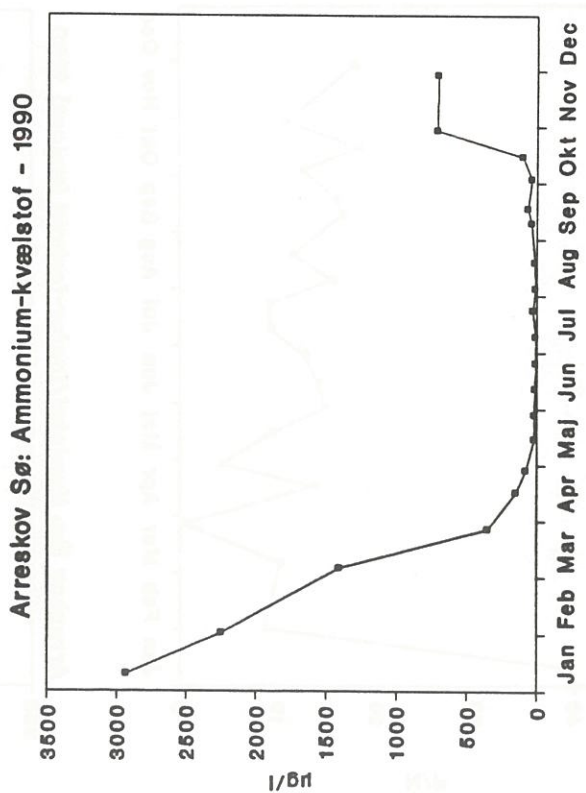
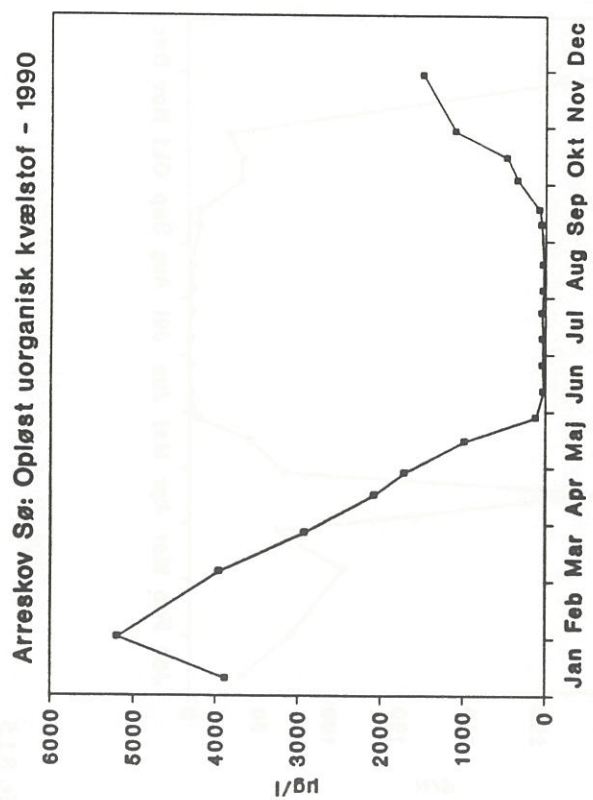
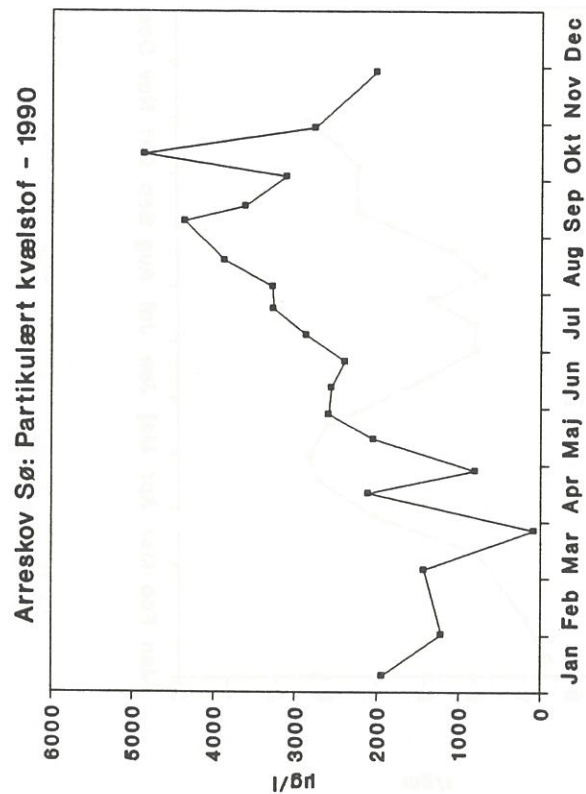
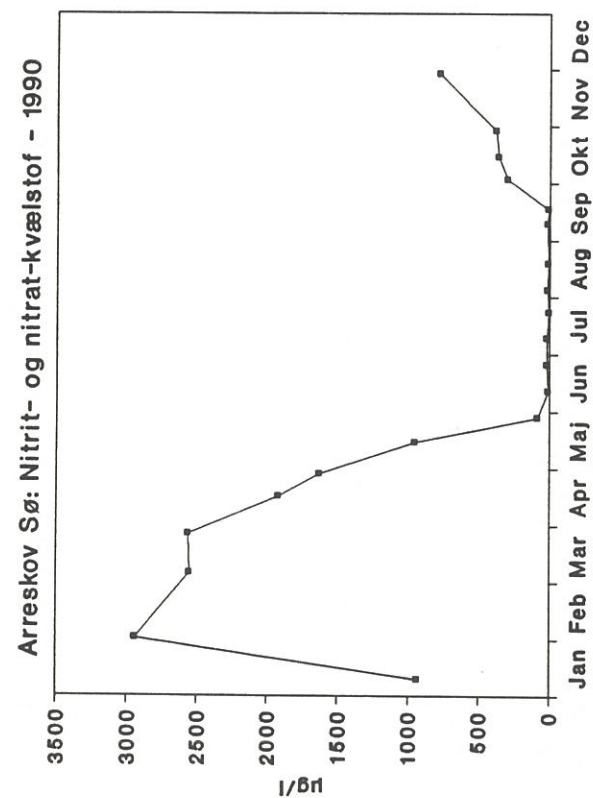


Fig. 8.1.4
Indhold af forskellige former for kvælstof i søvand fra Arreskov Sø.

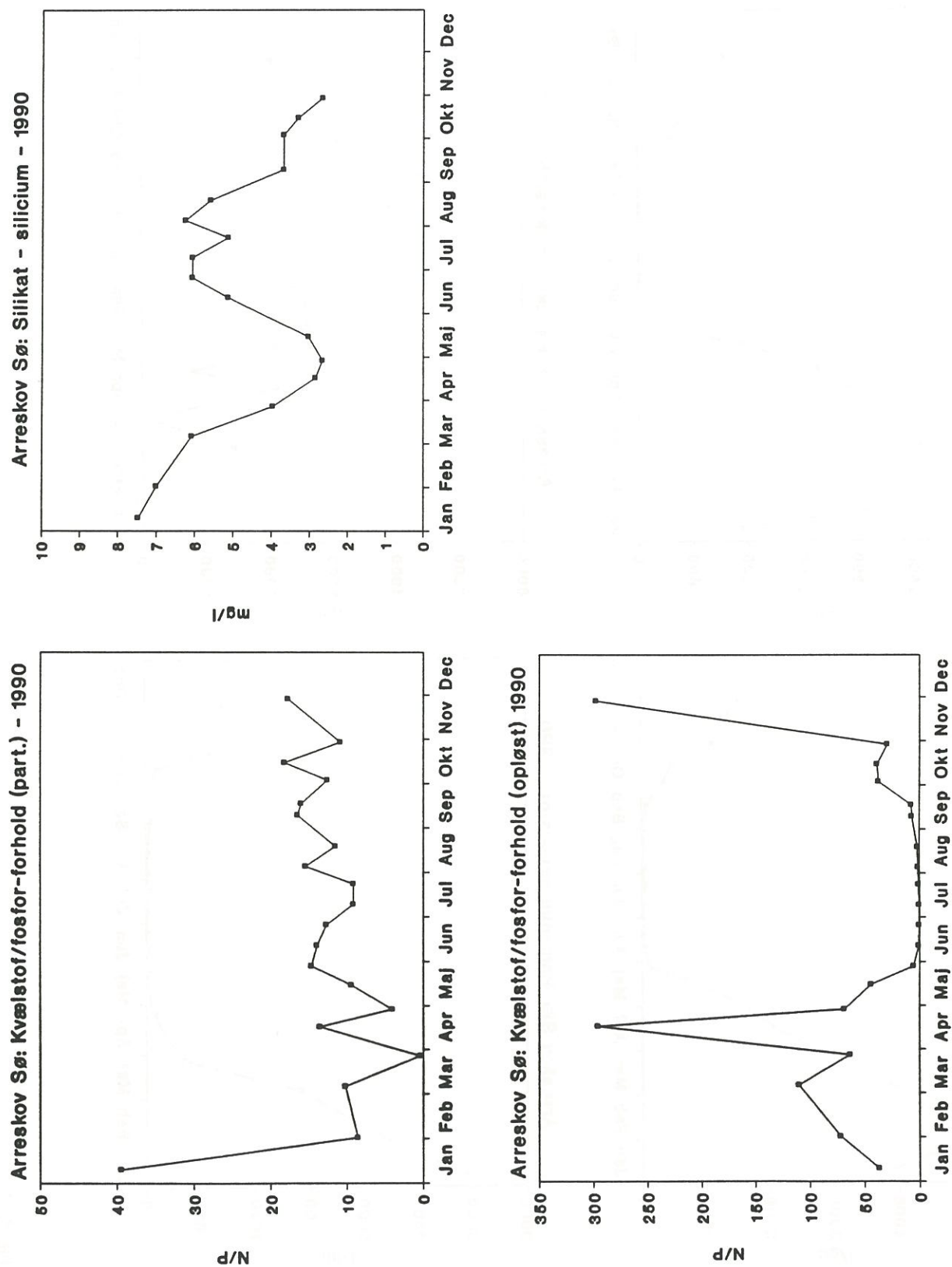


Fig. 8.1.5
Forhold mellem kvælstof og fosfor i henholdsvis partikulær og opløst form samt silikat i søvand fra Arreskov Sø.

8.2 Sediment

Dette afsnit beskriver sedimentets sammensætning og betydning som mulig fosforkilde for algevæksten i Arreskov Sø. Resultaterne af de kemiske målinger af sedimentet fra tre stationer fremgår af figurerne 8.2.1 og 8.2.2.

Tørstofindholdet og tørstoffets glødetab (som er et udtryk for sedimentets organiske indhold) er som gennemsnit for de tre stationer henholdsvis 5% og 37% i sedimentoverfladen. Både tørstofindholdet og glødetabsværdierne stiger ganske lidt ned gennem sedimentet. I sedimentdybden 40-50 cm er tørstof- og glødetabsværdierne således henholdsvis 9% og 38%. Som det fremgår af tørstof- og glødetabsværdierne, er vandindholdet ned gennem sedimentprofilen meget stort i Arreskov Sø sammenlignet med mange andre danske søer (jf. tabel 8.2.1).

Sedimentets fosforindhold er som middel 2,1 mg P/g TS i de øverste sedimentlag og aftager ned gennem profilet til ca. 1,1 mg P/g TS i 40-50 cm's dybde. At fosforindholdet er størst i sedimentets øverste lag skyldes formodentlig, at der i den periode, hvor lagene har været afsat, har været en større tilførsel af fosfor end tidligere. Effekten af afskæring af spildevandet i 1983 til Arreskov Sø, hvor tilledningen af fosfor blev reduceret med 66%, kan dog ikke aflæses direkte i sedimentprofilens udformning. Da sedimentet er meget løst (stort vandindhold), vil de øvre sedimentlag derfor konstant blive omlejret af bølgepåvirkningen i søen. Det må dog antages at fosforindholdet i de øverste lag sediment er blevet reduceret siden afskæringen af spildevandet. Over halvdelen af fosforet findes endvidere som "rest-P", som for størsteparten er fosfor bundet til organisk materiale.

Kvælstofindholdet er som middel 21 mg N/g TS i de øverste sedimentlag og aftager stort set ikke til 40-50 cm's dybde.

Kalciumindholdet er højt i de øverste sedimentlag (ca. 100 mg Ca/g TS), men aftager ned gennem sedimentet til ca. 50 mg Ca/g TS i en dybde på 30-50 cm. Jernindholdet er relativt lavt (17-21 mg Fe/g TS) og varierer kun lidt ned gennem sedimentprofilen.

Vægtforholdet mellem jern og fosfor i sedimentet er ca. 10 i 0-10 cm's dybde og stiger til over 16 fra 20 cm's dybde og nedefter. Jern i iltet tilstand har stor betydning for binding af fosfor i sedimentet. Det er således vist, at der er sammenhæng mellem sedimentets evne til at binde fosfor og sedimentets jern/fosfor vægtforhold (Jensen og Andersen, 1990). Således vil fosfor let kunne frigives fra sedimentet, når jern/fosfor forholdet er under 10. I modsætning hertil vil et sediment med et jern/fosfor forhold på over 15 have en god fosforbindingsevne. Det kan derfor antages, at der vil kunne frigives væsentlige mængder fosfor fra sedimentet i Arreskov Sø, til trods for at søens vandmasser relativt let omrøres og der sikres en god iltning af de øverste sedimentlag. Det er beregnet, at der faktisk bliver frigivet store mængder fosfor fra sedimentet, jf. afsnit 8.1.

Såfremt der i de øverste 10 cm af sedimentet skulle opnås et jern/fosfor forhold på mindst 16, skulle søen aflaste mindst 12.000 kg fosfor via afløbet eller tilføres mindst 190.000 kg jern.

Søens fremtidige tilstand er således ikke mindst afhængig af tilførsel og fraførsel af jern og fosfor. I 1990 blev der til sammenligning fraført 287 kg fosfor og tilbageholdt 2.615 kg jern (det skønnede grundvandsbidrag er

indregnet i værdierne, jf. afsnit 6). Såfremt denne tendens fortsætter, vil sedimentets fosforbindingsevne først være væsentligt forbedret om ca 30 år.

Sedimentprofilerne for de tre stationer viser kun mindre lokale variationer (jf. figurerne 8.2.1 og 8.2.2). Dog viser kalcium store variationer både mellem stationer og ned gennem sedimentprofilerne. Dette kan muligvis forklares ved, at der har været en varierende bestandsstørrelse af snegle og muslinger på de enkelte lokaliteter, som gennem tiden har aflejret deres tomme kalciumholdige skaller og huse. På station 108105 (den nordligste station) bemærkes det, at glødetabsværdierne og kvælstofindholdet markant forøges i en sedimentdybde på 20-40 cm. Dette antyder, at der i en overgang er sket en forøget aflejring af organisk materiale. Dette kunne eventuelt stamme fra en periode, hvor der har været forekomst af undervandsvegetation i området.

Sedimentet i Arreskov Sø afviger noget fra sediment i mange andre danske søer. Således er tørstofindholdet generelt lavere og glødetabsværdierne og kvælstofindholdet højere, jf. tabel 8.2.1.. Dette antyder, at der sker en relativt mindre nedbrydning af organisk materiale i Arreskov Sø.

Tabel 8.2.1

Fordeling af % tørstof, % glødetab, total kvælstof, total fosfor og jern-/kalciumindholdet i overfladesedimentet (0-5 cm), for fynske overvågningssøer samt en række andre danske søer (Kristensen m.fl., 1990).

	Arreskov Sø	Søholm Sø	Lange Sø	Øvrige søer	
				Middel	Median
Tørstof, %	5	7	10	11	9
Glødetab, %	37	32	26	30	27
Kvælstof, mg N/g TS	21	10	11	16	13
Tot-fosfor, mg P/g TS	2,1	2,1	2,0	2,3	1,7
Total jern, mg Fe/g TS	19	14	20	26	18
Kalcium, mg Ca/g TS	96	173	132	94	90

Arreskov Sø: Sedimentprofiler - 1990

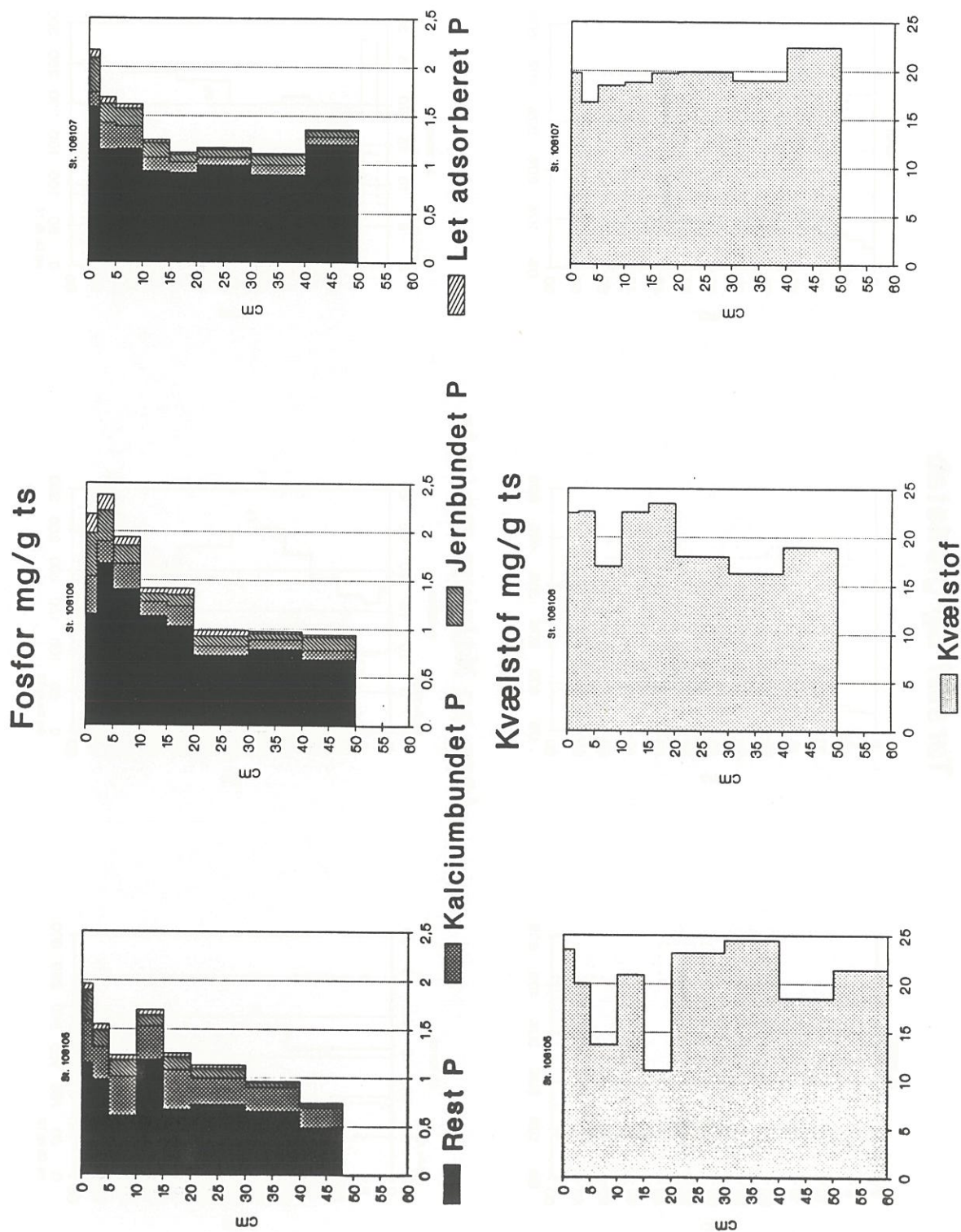
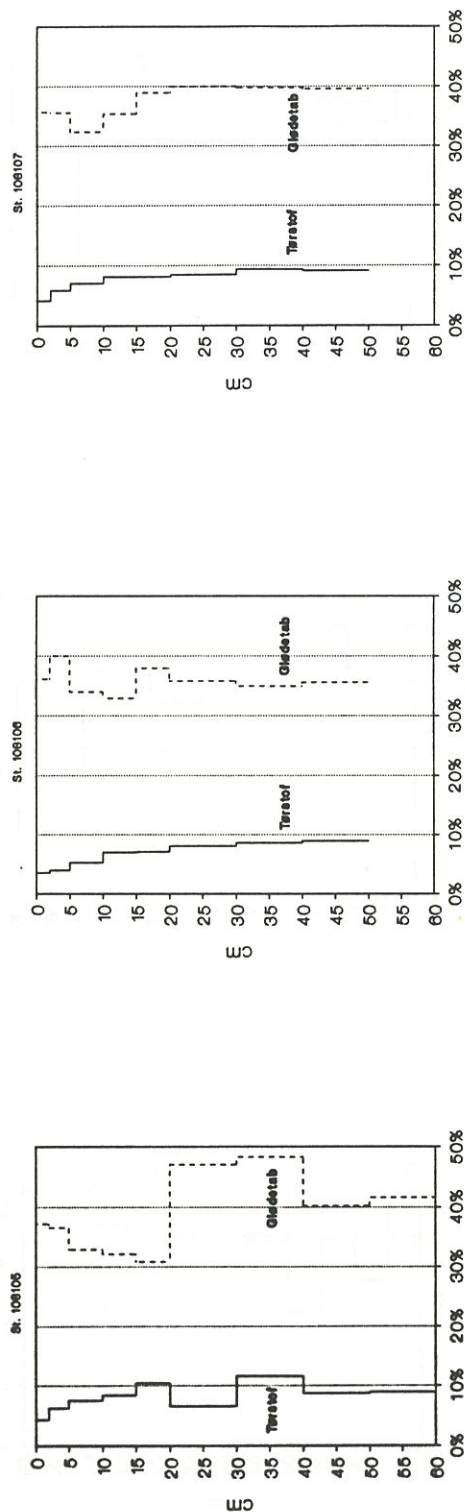


Fig. 8.2.1
Indhold af total fosfor og opdeling af denne i forskellige puljer samt total kvælstof i sedimentprofiler fra Arreskov Sø.

Arreskov Sø: Sedimentprofiler - 1990

Tørstof og glødetab



Jern og Kalcium mg/g ts

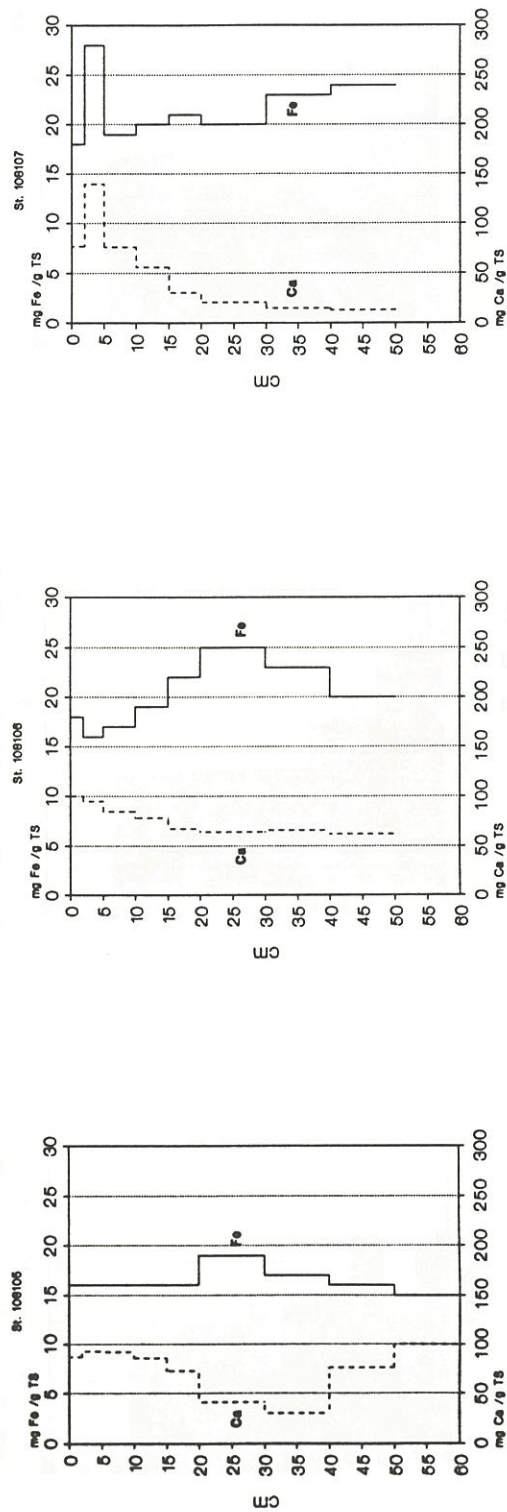


Fig. 8.2.2
Indhold af tørstof, glødetab (organisk materiale) og jern, kalcium i sedimentprofiler fra Arreskov Sø.

9. Biologiske forhold.

I det følgende præsenteres resultaterne af de biologiske undersøgelser i 1990. For fyto- og zooplanktons vedkommende vil resultaterne fra 1989 endvidere blive omtalt, da disse tidligere kun er blevet overordnet behandlet (Fyns Amt, 1990). Endelig præsenteres resultatet af de fiskeundersøgelser, som blev udført i søen i 1987, og undersøgelse af bundvegetation i 1989. Der er endvidere indsamlet bundfaunaprøver i 1989 og 1990, men disse er endnu ikke bearbejdet.

9.1. Fytoplankton.

9.1.1 Artssammensætning.

Antallet af fytoplanktonarter i Arreskov Sø var relativt højt i 1990, idet der blev registreret ialt 109 arter/slægter. Heraf var den helt overvejende del arter/slægter, der er karakteristiske for næringsrige, relativt lavvandede søer.

Opgjort efter artsantal var grønalger og blågrønalger dominerende med hhv. 45 arter/slægter og 22 arter/slægter. Der fandtes 16 arter/slægter af kiselalger og 2 arter af øjealger. Furealger, gulalger og desmidiaceer, som hovedsageligt er udbredt i "renere" søer, var kun repræsenteret med 10 arter.

Blandt grønalgerne dominerede de chlorococcale grønalger, især slægterne *Oocystis*, *Scenedesmus* og *Chlorella*. Rentvandsformer som desmidiaceer, var repræsenteret med 5 arter, men var uden kvantitativ betydning.

Blågrønalgerne domineredes af kolonidannende former, først og fremmest kolonier hvori de enkelte celler havde en diameter $< 1 \mu\text{m}$ (*Aphanotece* spp, *Microcystis incerta*, m.fl.). Også *Microcystis*arter med større cellediameter optrådte i stort tal. I september og oktober var den trådformede *Anabaena cf. circinalis* dominerende.

Kiselalgerne domineredes af centriske former, først og fremmest *Stephanodiscus/Cyclotella*, der var hyppige i planktonet året igennem. *Melosira granulata* var velrepræsenteret fra juli og året ud. Blandt de pennate kiselalger havde *Asterionella formosa* betydning i marts-april.

9.1.2 Biomasse.

Fytoplanktonets biomasse er opgjort både som volumen og som overfladevandets indhold af klorofyl a. Af disse to metoder giver volumenbestemmelsen det sikreste udtryk for biomassen. Klorofyl a er ganske vist den vigtigste bestanddel af algecellernes grønne pigment, men pigmentindholdet i algerne kan variere ganske meget, bl. afhængig af algetype og årstid. Til gengæld er måling af vandets klorofylindhold en nem og hurtig måde at opnå et indtryk af fytoplanktonmængden.

Resultaterne af volumenopgørelserne og de enkelte algegrupperes procentvise andel af den totale biomasse fremgår af figur 9.1.1.

Fytoplanktonbiomassen i Arreskov Sø 1990 var hele året høj og varierede fra 1,7 mm³/l i januar til maksimum 63 mm³/l i midten af juni. Gennemsnit for algerne væsentligste vækstperiode, marts-oktober, var meget høj, 29 mm³/l.

Kiselalger dominerede i slutningen af marts og november, og forekom desuden i større mængde juni-november. Grønalger (Chlorococcales) dominerede i april-maj. Resten af året dominerede blågrønalger. De udgjorde som gennemsnit i perioden marts-november 72% af den totale fytoplanktonbiomasse. Kolonidannende former udgjorde størstedelen af blågrønalgerne i januar-august, medens kvælstoffikserende trådformer dominerede i september-oktober.

Årsvariationen i vandets klorofyl a indhold fremgår af figur 9.1.2. Niveauet var generelt højt og lå i sommerperioden gennemsnitlig på 150 µg/l. Årets højeste værdi på 1000 µg/l målt i oktober i forbindelse med et maksimum af *Anabaena cf. circinalis*.

Det målte klorofyl a indhold er tilsyneladende ikke et korrekt udtryk for fytoplanktonbiomassen i sommerperioden. Algecellernes gennemsnitlige klorofylindhold ændrer sig således fra 3,15 µg/mm³ i sommerperioden, hvor små kolonidannende blågrønalger dominerer til 10,6 µg/l i efterårsperioden under maksimum af *Anabaena*.

9.1.3 Primærproduktion.

Den beregnede primærproduktion i Arreskov Sø 1990 fremgår af figur 9.1.2, hvor både variationen i den daglige produktion pr. m² søoverflade, den potentielle primærproduktion pr. time samt den daglige maksimale primærproduktion er angivet.

Den potentielle primærproduktion er et mål for fytoplanktonsamfundets evne til at vokse under optimale lysforhold. Den angives pr. time, og vil normalt være nært forbundet med fytoplanktonbiomassen. Den maksimale primærproduktion er tilsvarende et mål for fytoplanktonets højest opnåelige primærproduktion ved den aktuelle daglængde. Endelig beregnes primærproduktionen pr. overfladeenhed under naturlige lysforhold, idet der regnes med, at sollyset svækkes ned gennem vandmassen, således at algerne kun kan vokse ned til en dybde af ca. det dobbelte af sigtdybden.

Primærproduktionen pr. m² var lav i foråret og steg frem til den 13. juni, hvor algebiomassen var størst (fig. 9.1).

Den højeste værdi opnåedes i oktober, hvor der indtrådte et efterårsmaksimum af *Anabaena cf. circinalis*. Dette maksimum optrådte umiddelbart efter en forudgående uge med usædvanligt varmt og stille vejr. Sådanne vejrforhold vides netop at begunstige blågrønalgers vækst, idet de da kan stige op i vandmassen og danne et tæt vækstlag nærmest vandoverfladen.

I tabel 9.1 er fytoplanktonets vækst i de tre overvågningssøer i Fyns Amt sammenlignet. Ligeledes er der draget sammenligning mellem planktonalgemængden og sigtddyben i de tre søer.

Tabel 9.1

Sommermiddelværdier af primærproduktion, sigtddybe og algebiomasse samt årsproduktion i Arreskov Sø, Søholm Sø og Lange Sø.

		Arreskov Sø		Søholm Sø		Lange Sø	
		1989	1990	1989	1990	1989	1990
Primærproduktion	mg C/m ² d	1530	1675	1053	1169	2788	2701
Potentiel primærprod.	mg C/m ³ h	356	422	69	56	359	398
Maks. primærprod.	mg C/m ³ d	4740	5683	880	794	4915	5326
Årsprod. af fytoplankton	g C/m ³ år	319	376	236	223	512	504
Fytoplanktonvolumen	mm ³ /l	38,3	32,7	8,0	6,7	11,2	50,7
Klorofyl a	µg/l	129	147	30	31	130	135
Sigtddybe	m	0,27	0,25	1,25	1,41	0,84	0,78

Årsproduktionen i Arreskov Sø 1990 er beregnet til 376 g C/m²/år. Denne værdi er ikke imponerende høj i betragtning af søens næringsrigdom. Årsagen hertil er de dårlige lysforhold i vandet, der kun giver mulighed for algevækst i de øverste ca. 0,5 m af vandmassen. Sammenlignes med Lange sø, der har samme niveau af potentiel primærproduktion og klorofyl a, ses at den daglige primærproduktion og årsproduktionen er reduceret på grund af den ringere sigtddybe i Arreskov Sø. Primærproduktionen i Arreskov Sø bliver således begrænset af den ophvirvlen af bundmaterialer, der sker i denne lavvandede og vindpåvirkede sø.

9.1.4 Årstidsvariation i artssammensætning og biomasse

I det følgende gives en kort beskrivelse af årstidsvariationen i fytoplanktonets artssammensætning og biomasse.

10. januar - 8. marts:

Biomassen steg fra 1,7 mm³/l i januar til 7,8 mm³/l i begyndelsen af marts. Kolonidannende blågrønalger var dominerende (46-75%) med *Microcystis wessenbergii* som vigtigste art. Næstvigtigste art var rekylalger i januar (22%) og små, centriske kiselalger i begyndelsen af marts (29%).

29. marts - 17. maj:

Kiselalger havde maksimum i marts-april (max 67% af algebiomassen). Det bestod af små, centriske arter, *Stephanodiscus/Cyclotella* efterfulgt af den pennate, kolonidannende art, *Asterionella formosa*. Sidst i april - midt i maj dominerede chlorococcale grønalger med *Oocystis spp.*, *Coelastrum microporum* og *Scenedesmus spp.* som vigtigste arter. Kolonidannende blågrønalger udgjorde dog i perioden 13-41% af planteplanktonbiomassen.

30. maj - 16. oktober:

Biomassen var i denne periode stærkt svingende og helt domineret af blågrønalger, der udgjorde 50-93% af den totale fytoplanktonbiomasse. Årsmaksimum, 63 mm³/l, optrådte i midten af juni og efterfulgtes af endnu et maksimum i slutningen af juli. Begge maksima domineredes af kolonidannende blågrønalger, *Microcystis wesenbergii* og blågrønalgelignende kolonier med små celler (cellediameter < 1 µm).

Efter et betydeligt fald i biomassen til 15 mm³/l i begyndelsen af august, skiftede dominansen fra kolonidannende blågrønalger til den trådformede, kvælstoffikserende art *Anabaena cf. circinalis*, der havde et maksimum midt i oktober.

Kiselalger forekom i ret stor mængde i hele perioden. De vigtigste arter var små *Stephanodiscus/Cyclotella* (cellediameter < 10 µm) i juli og *Melosira granulata* i august-oktober. Grønalger forekom i mindre mængde i hele perioden og var kun betydelige i begyndelsen af juli (19%) og i august (12-19%). Vigtigste arter var *Oocystis spp.*, *Scenedesmus spp.* og *Pediastrum spp.*

30. oktober - 29. november:

Biomassen faldt brat til 15 mm³/l i slutningen af oktober. Blågrønalger (*Anabaena cf. circinalis*) dominerede stadig, medens små kiselalger som (*Stephanodiscus/Cyclotella* og den større *Melosira granulata*) var forekom i relativt stor mængde. I november skiftede dominansen til centriske kiselalger, *Stephanodiscus/Cyclotella*, *Stephanodiscus rotula* og *Melosira granulata*. Chlorococcale grønalger, *Oocystis spp.*, *Tetrastrum staurogeniaeforme* og *Scenedesmus spp.* udgjorde dog samtidig en relativt stor del af algebiomassen (19%).

9.1.5 Sammenligning med fytoplanktonsamfundet i 1989.

Den gennemsnitlige fytoplanktonbiomasse var stor og af samme størrelse i 1989 og 1990, hhv. 32 og 29 mm³/l, ligesom maksimumsbiomassen var stort set ens for de to år (64 og 63 mm³/l). Derimod sås betydelige forskelle i både artssammensætning og årstidsvariation imellem de to år.

I 1989 sås en markant forårstop domineret af små, centriske kiselalger. I 1990 udvikledes forårsmaksimum langt svagere, og de dominerende grupper var i begyndelsen af maksimum små, centriske kiselalger og mod slutningen af maksimum chlorococcale grønalger.

I 1989 bestod langt den overvejende del af blågrønalgebiomassen af koloniformer (52-100%) med *Microcystis wesenbergii* som den dominerende art. I 1990 dominerede koloniformerne indtil slutningen af august, hvorefter de afløstes af trådformede, kvælstoffikserende former, især *Anabaena cf. circinalis*. Trådformerne udgjorde i september-oktober 1990 38-85% af blågrønalgebiomassen. I 1989 udgjorde trådformerne derimod maksimalt 47%. Af koloniformerne var blågrønalgelignende kolonier med meget små celler (cellediameter < 1 µm) vigtigst i 1990, mens *Microcystis wesenbergii* var næstvigtigst.

9.1.6 Diskussion: Fytoplanktonets årstidsvariation - regulerende faktorer.

Nedenfor diskuteres fytoplanktonets årstidsvariation, idet der især lægges vægt på de faktorer, der er bestemmende for planktonets udvikling og artssammensætning: Næringssalte, klimaforhold og græsning. Forholdene omkring græsning behandles mere indgående i afsnittet om zooplankton.

I vinter- og forårsperioden var fytoplanktonmængden moderat, og der optrådte ikke, som i 1989, et markant forårsmaksimum af kiselalger. Da der var rigeligt af både kvælstof, fosfor og silicium i perioden, må fytoplanktonet have været begrænset af græsning. Dette kommer til udtryk derved, at de tilstedeværende kiselalger var store former som *Asterionella formosa*, der er relativt modstandsdygtige overfor græsning.

Biomasseminimum midt i maj skyldtes formodentlig ligeledes græsning, der især reducerede kiselalger og grønalger.

Den kraftige opblomstring af kolonidannende blågrønalger, der skete fra slutningen af maj til midten af juni, fremkom efter en periode med tørt og solrigt vejr. I opblomstringsperioden formåede algerne at bringe koncentrationen af uorganisk kvælstof ned nær nul, og kvælstoftilgængeligheden kan have begrænset mange algearters vækst i denne periode. De kolonidannende blågrønalger er muligvis i stand til at fikser atmosfærisk kvælstof, og vil i så fald have en konkurrencemæssig fordel i forhold til andre arter. Endvidere er disse blågrønalger på grund af deres gelekappe temmelig modstandsdygtige overfor zooplanktonets græsning, hvilket giver dem en yderligere fordel overfor små, hurtigtvoksende grønalger og kiselalger, der let nedgræsses.

Efter en meget varm periode i slutningen af juli/begyndelsen af august, skete der et sammenbrud af fytoplanktonsamfundet, og derefter et skift i dominansforholdene fra kolonidannende blågrønalger til den trådformede blågrønalge *Anabaena cf. circinalis*, som er kvælstoffikserende. Dette skift kan skyldes kvælstofbegrænsning, men et tilsvarende skift observeredes ikke i 1989, hvor kvælstofniveauet var ligeså lavt.

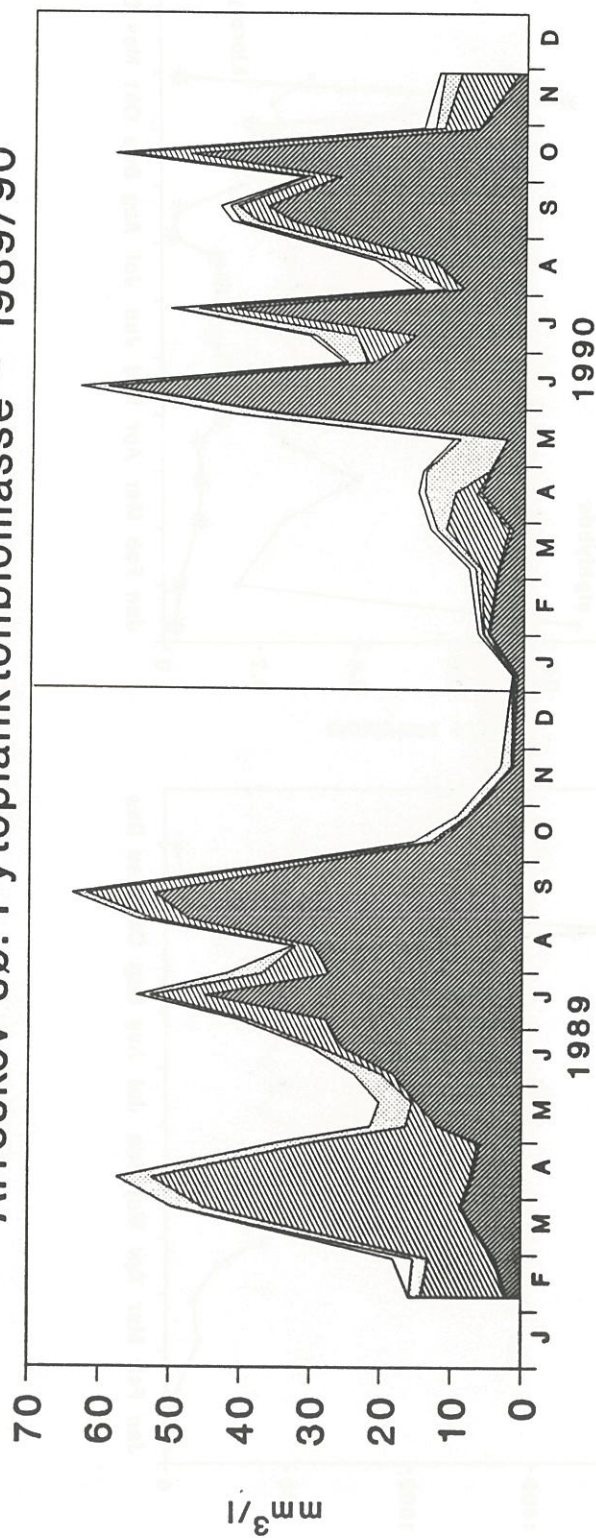
Algebiomassen lå på et højt niveau, men var temmelig svingende igennem perioden juni-oktober. I hele denne periode var zooplanktonmængden for lille til at kontrollere fytoplanktonets mængde gennem græsning.

Da zooplanktonbiomassen og næringssaltniveauerne var temmelig konstante hen gennem sommerperioden, antages de store udsving i fytoplanktonbiomassen at skyldes de varierende klimatiske forhold, der øver indflydelse på lysindstråling, vandtemperatur og vandets gennemsigtighed. De nævnte faktorer vides alle at kunne have stor indflydelse på fytoplanktonets mængde og sammensætning. F. eks. ændres vandets massefylde med temperaturen og dermed vandets evne til at "bære" fytoplanktoncellerne.

Fytoplanktonsammensætningen i 1990 karakteriserer Arreskov Sø som en næringsrig, lavvandet sø, hvor kvælstofbegrænsning i sommerperioden kombineret med et højt fosforniveau antagelig favoriserer kolonidannende

og trådformede blågrønalger på bekostning af andre algegrupper, som f.eks. grønalger.

Arreskov sø: Fytoplanktonbiomasse - 1989/90



Procentfordeling

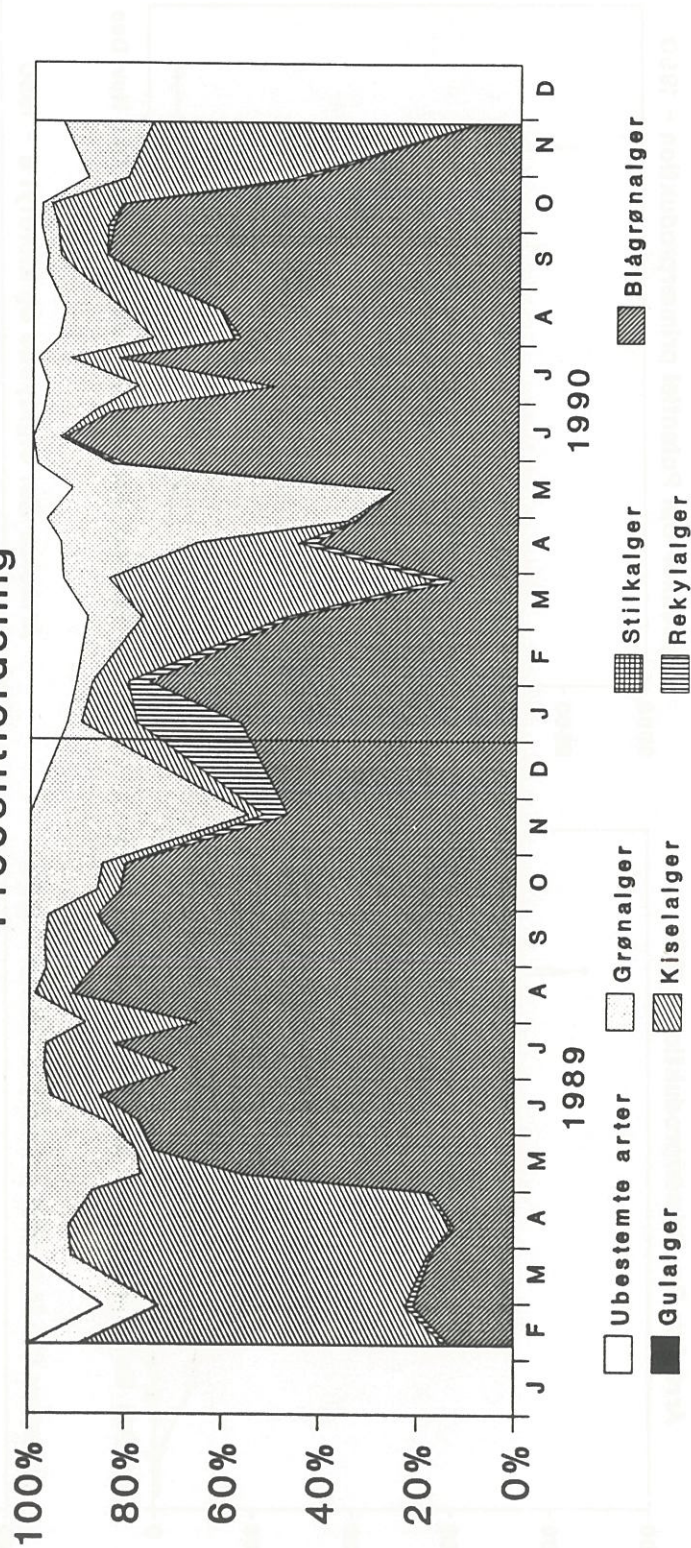


Fig. 9.1.1
Fytoplanktonbiomasse (planteplanktonbiomasse) og procentfordeling af de enkelte fytoplanktongrupper i 1989 og 1990 i Arreskov Sø.

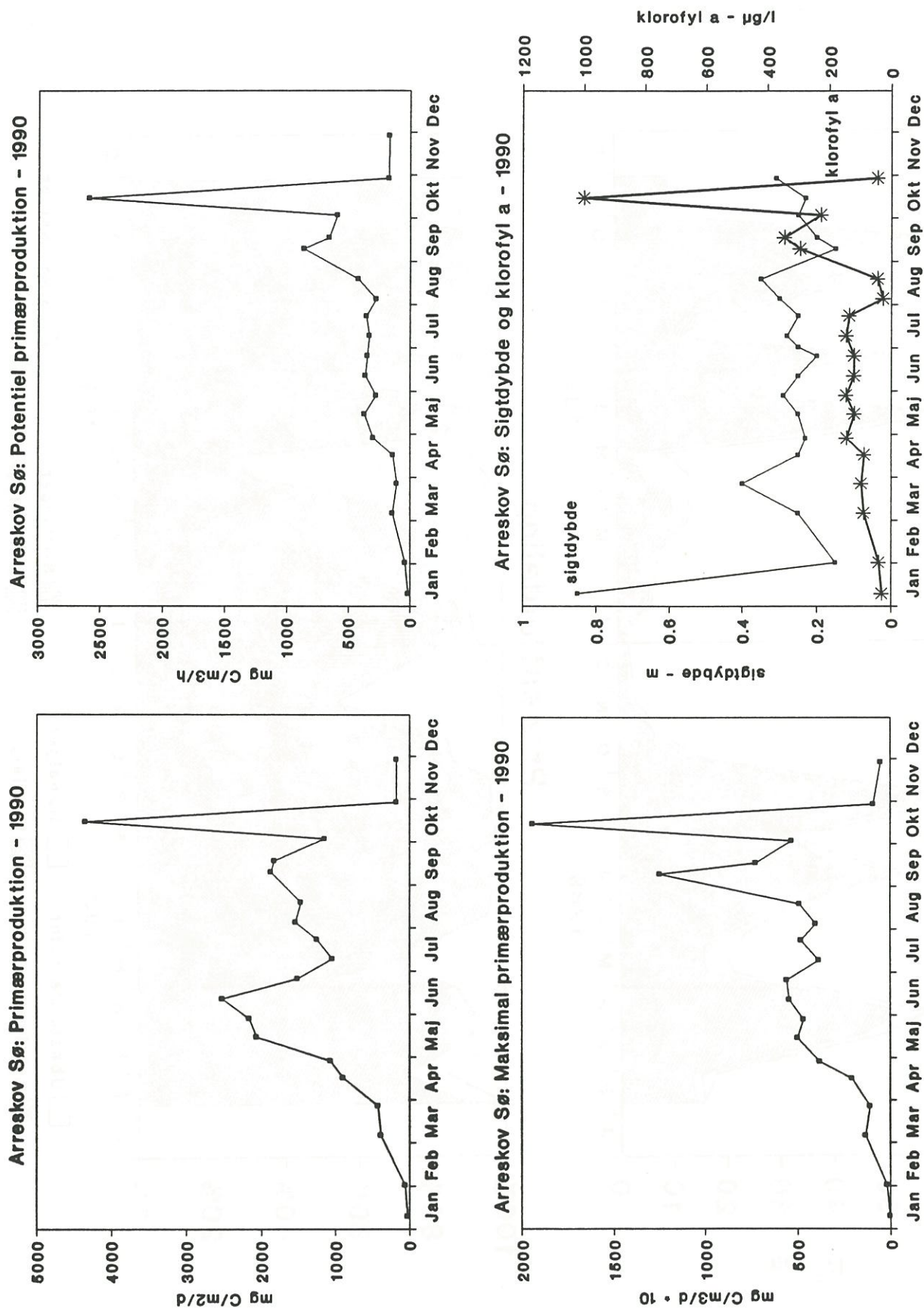


Fig. 9.1.2
Primærproduktion (algeproduktion), potentiel og maksimal primærproduktion samt sigtdybde og klorofylindhold i søvand fra Arreskov Sø.

9.2 Zooplankton.

9.2.1 Artssammensætning.

I 1990 blev der ialt identificeret 24 arter af rotatorier og krebsdyr, samt et antal forskellige ciliater.

Ciliater (encellede dyr).

Der blev identificeret 4 slægter og én taxonomisk gruppe af tintinnider, der omfatter flere arter. Derudover blev der kun fundet unavngivne ciliater i størrelsesgruppen $<100\ \mu\text{m}$. Ciliaternes gennemsnitlige biomasse i marts-oktober var 1,14 mg/l. Heraf udgjorde unavngivne ciliater i størrelsesgruppen $<100\ \mu\text{m}$ 0,06 mg/l. Ciliaterne udgjorde kun 2% af den gennemsnitlige zooplanktonbiomasse.

Rotatorier (hjuldyr).

Der blev fundet 11 arter af rotatorier og deres gennemsnitlige biomasse i marts-oktober var 2,2 mg/l. Rotatorier udgjorde 22% af den gennemsnitlige zooplanktonbiomasse. *Asplanchna priodonta* udgjorde p.g.a. sin størrelse den største del (1,1 mg/l) af den gennemsnitlige rotatoriebiomasse. Endvidere udgjorde *Filinia longiseta*, *Collotheca* sp. *Keratella quadrata* og *Brachionus angularis* hver 0,2 mg/l af den gennemsnitlige rotatoriebiomasse.

Cladocérer (daphnier).

Der blev fundet 8 arter af cladocérer og deres gennemsnitlige biomasse i marts-oktober var 6,1 mg/l. Cladocérerne udgjorde 64% af den gennemsnitlige zooplanktonbiomasse. *Daphnia galeata* udgjorde 4,5 mg/l af den gennemsnitlige cladocérbiomasse. Derudover udgjorde *Chydorus sphaericus* og *Bosmina longirostris* hver 0,7 mg/l af den gennemsnitlige cladocérbiomasse.

Copepoder (vandlopper).

Der blev fundet 5 arter af copepoder heraf 4 cyclopoide og én calanoid copepod. Copepoderne udgjorde 12% af den gennemsnitlige zooplanktonbiomasse. Deres gennemsnitlige biomasse i marts-oktober var 1,3 mg/l. *Eudiaptomus graciloides* udgjorde 0,5 mg/l, cyclopoide copepoditer 0,4 mg/l og *Cyclops strenuus* 0,2 mg/l af den gennemsnitlige copepodbiomasse.

9.2.2 Årstidsvariation i biomasse og artssammensætning.

I det følgende gives en kort beskrivelse af årstidsvariation i zooplanktonets biomasse og sammensætning. Biomassefordelingen er illustreret på figur 9.2.1.

10. januar - 1. februar:

Biomassen faldt fra 6 mg/l til 3 mg/l. Cladoceren *Daphnia galeata* dominerede i januar.

1. februar - 13. juni:

Fra februar til ultimo april steg biomassen fra 3 mg/l til et forårsmaksimum på 28 mg/l. Medio juni faldt biomassen brat tilbage til 3 mg/l. I næsten hele perioden dominerede *Daphnia galeata*, mens rotatorien *Asplanchna priodonta* og cladocéren *Bosmina longirostris* relativt betydende *Asplanchna priodonta* dominerede på en enkelt dato (30. april).

27. juni - 20. august:

Ultimo juni til og med august varierede biomassen mellem 2 og 5 mg/l. I perioden skete et skift fra at cladocéren *Daphnia galeata* var dominerende i starten og slutningen af perioden, til dominans af rotatorier (*Collotheca* sp., *Trichocerca stylata*, *Filinia longiseta*) midt i perioden.

10. september - 29. november:

I perioden september-november svingede biomassen imellem 3 mg/l og 8 mg/l med størst biomasse midt i oktober. I perioden udgjorde cladocérer og copepoder nogenlunde samme andel af zooplanktonbiomassen, men med skiftende indbyrdes dominans perioden. Blandt cladocérer og copepoder skyldtes dels skiftende dominans blandt cladocérene forekom skiftende indbyrdes dominans mellem arterne (*Daphnia galeata*, *Bosmina coregoni*, *Chydorus sphaericus*). Ligeledes skiftedes *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops vicinus*, *Cyclops strenuus* til at være dominerende blandt copepoderne.

9.2.3 Sammenligning med zooplanktonsamfundet i 1989.

I 1990 var både den gennemsnitlige zooplanktonbiomasse og maksimumbiomassen lavere end i 1989. Dette skyldtes dels en relativ mindre biomasse igennem foråret 1990, dels et relativt lavt sekundært biomassemaksimum i efteråret 1990. De store forskelle i biomasserne mellem de to år er hovedsagelig et resultat af lavere copepodbiomasse i 1990 (*Cyclops strenuus*), samt et resultat af lavere biomasse af cladocérer (*Daphnia galeata*). Derimod var der en større rotatoriebiomasse (*Asplanchna priodonta*) i 1990 sammenlignet med 1989.

9.2.4 Græsning.

Det er ikke kun fytoplankton der bliver græsset. Zooplankton kan også blive nedgræsset. Det er hovedsagelig fisk, som kan have stor indflydelse på antallet af zooplankton i vandmasserne, men der findes også en del zooplanktonarter som spiser andre og mindre zooplanktonarter.

Blandt fiskene er det især skaller og brasener, som lever af zooplankton. Skallerne fanger zooplanktonet i de frie vandmasser, mens brasener tager zooplanktonet når de roder i bundmaterialet i deres søgen efter føde. Aborrer har også betydning for zooplanktonmængden, da de lever af zooplankton så længe de er små, derefter bliver de rovfisk ligesom gedden.

Blandt zooplanktonarterne, som dyrker kannibalisme, er en del cyclopoide copepod arter samt rotatorien *Asplanchna priodonta*.

9.2.5 Diskussion.

Den observerede artssammensætning og biomasseudvikling af fyto-og zooplankton i Arreskov Sø i 1990 karakteriserer en næringsrig sø.

Det mest udprægede zooplankton maksimum var totalt domineret af cladoceren *Daphnia galeata*. Herudover dannedes nogle sekundære maksima domineret af hhv.:

1. *Daphnia galeata*.
2. *Daphnia galeata* og cyclopoide nauplier.
3. *Bosmina coregoni*, *Chydorus sphaericus*, calanoide copepoditer og cyclopoide nauplier.

Zooplanktonet i Arreskov Sø består af arter, der karakteriserer næringsrige søer, idet der er tale om forholdsvis små arter.

Allerede i det tidlige forår voksede zooplanktonbiomassen og blev stor sammenlignet med biomassen resten af året. Parallelt hermed voksede zooplanktonets beregnede fødeoptagelse (figur 9.2.2). Dette antyder, at der på daværende tidspunkt har været et godt fødegrundlag for zooplanktonet. Fødegrundlaget blev skabt samtidig nemlig i løbet af senvinteren og det tidlige forår, hvor der opbyggedes et forårsmaksimum af hurtigvoksende alger, hovedsagelig kiselalger. Der er et godt fødeemne for zooplanktonet. Det var ikke kun kiselalgerne, men også de små grønalger *Oocystis spp.*, *Coelastrum microporum* og *Scenedesmus spp.* der blev nedgræsset af den store cladocé biomasse. Cladocernerne er alle effektive fytoplanktongræsere.

Fytoplanktonmaksimaet var ikke så udpræget, som det var tilfældet i 1989. Årsagen hertil har formentlig været, at fyto- og zooplanktonet voksede samtidig, således at der ikke var nogen tidsforskydning mellem fytoplanktonmaksima og zooplanktonmaksima i 1990, hvilket var tilfældet i 1989.

Fra midten af maj faldt zooplanktonmængden til ca. 5 mm³/l. Samtidig steg fytoplanktonbiomassen voldsomt, primært i form af en voldsom blågrønalg opvækst. Zooplanktonfaldet skyldtes formodentlig, at fødegrundlaget blev reduceret, fordi blågrønalgkolonierne blev for store til at spise, og fordi de øvrige algearter var udkonkurreret.

Resten af året gjorde dette billede sig gældende: En stor fytoplanktonbiomasse, der var meget vanskelig tilgængelig som fødekilde for zooplanktonet. Dette afspejler sig ved at både zooplanktonbiomassen (figur 9.2.1) og zooplanktonfødeoptagelsen (figur 9.2.2) var forholdsvis lille sammenlignet med fytoplanktonbiomassen fra juni måned og fremefter.

Medio/ultimo juni, primo august, medio september og medio oktober dannedes sekundære zooplanktonbiomassetoppe. Disse afspejlede tilsyneladende en forbedring i fødekvaliteten, idet der på disse tidspunkter eller

umiddelbart før blev skabt et fødegrundlag i form af andre algearter end blågrønalger. Specielt var der tale om kisel- og grønalger. De cyclopoide nauplier og copepoditer, som udgjorde en væsentlig del af zooplanktonet ved de sekundære zooplankton-toppe, lever overvejende af små algearter. Det samme er tilfældet med cladocérarterne.

Den lille zooplankton-top i starten af august bestod primært af ciliater og rotatorier. Dette hang sammen med, at der på det tidspunkt skete et sammenbrud i blågrønalgesamfundet. Herved blev skabt en pludselig tilførsel af organisk materiale, som skulle nedbrydes bakterielt. Netop bakterierne er en væsentlig del af ciliaternes føde.

Sammenfattende fremgår det, at zooplanktonet ikke var i stand til at kontrollere fytoplanktonets biomasse i Arreskov Sø hovedsagelig på grund af den tilstedeværende blågrønalgebiomasse, som fremkommer i sommerperioden.

Arreskov Sø: Zooplanktonbiomasse - 1989/90

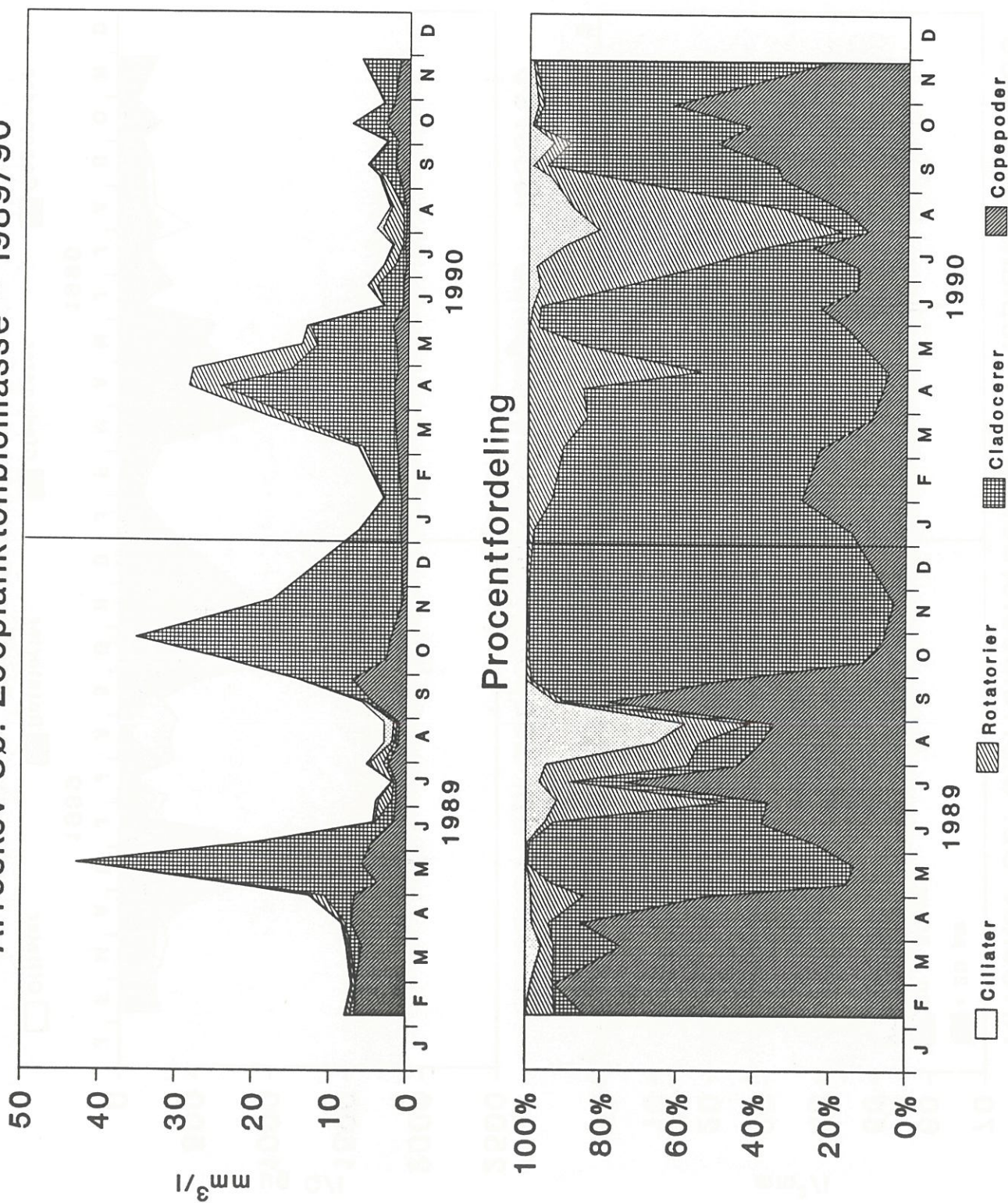
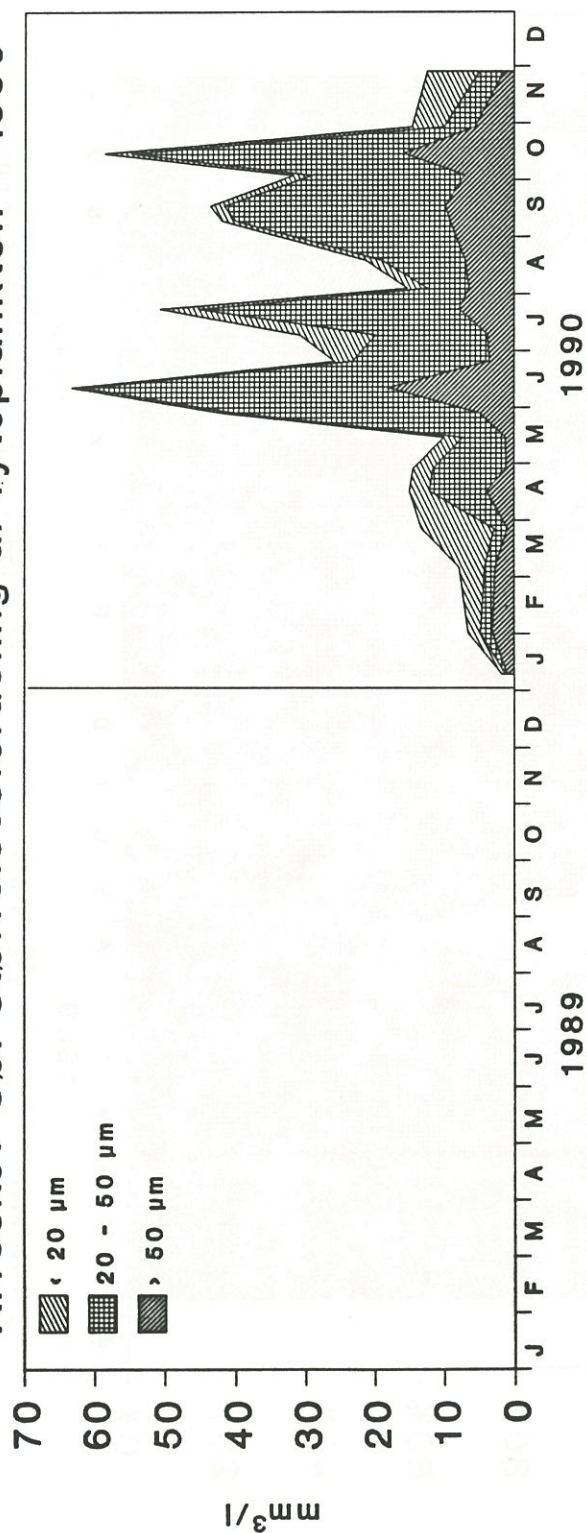


Fig. 9.2.1
 Zooplanktonbiomasse (dyreplanktonbiomasse) og procentfordeling af de enkelte zooplanktongrupper i 1989 og 1990 i Arreskov Sø.

Arreskov Sø: Størrelsesfordeling af fytoplankton - 1990



Arreskov Sø: Zooplankton, fødeoptagelse - 1989/90

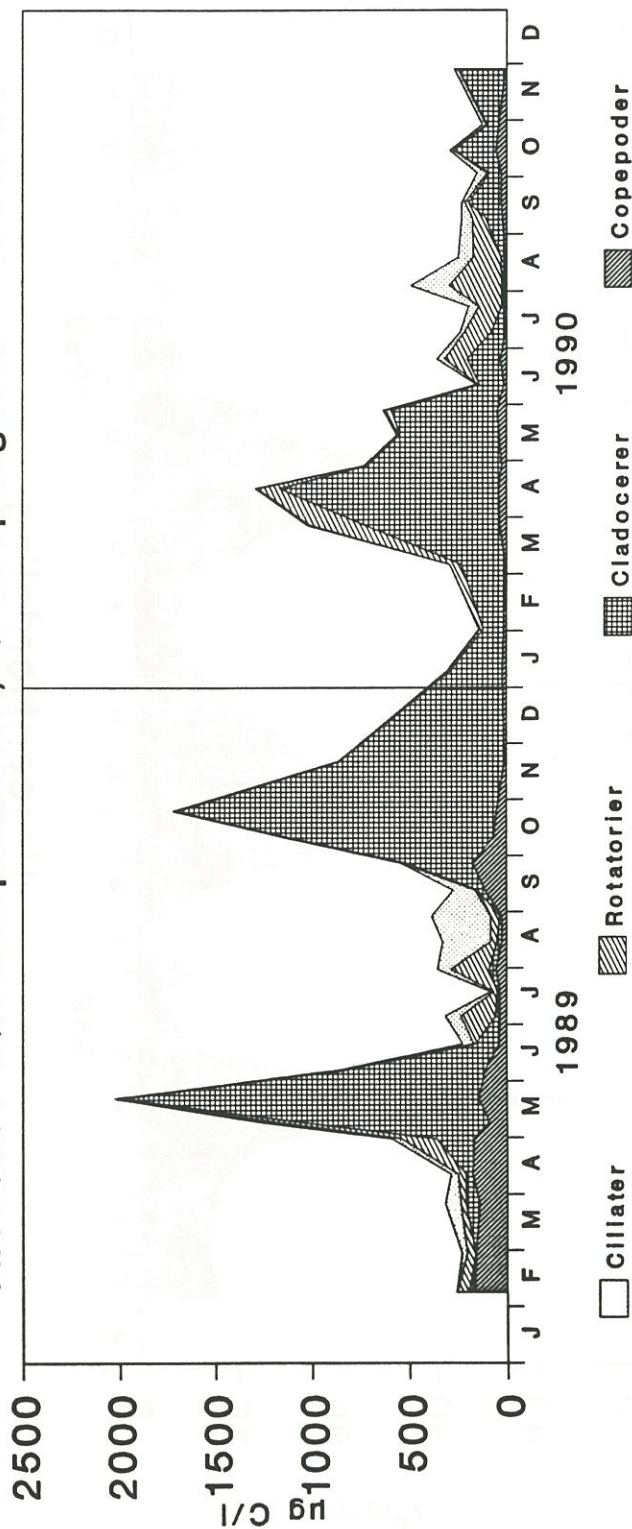


Fig. 9.2.2

9.3 Fisk

Arreskov Sø's fiskebestand er undersøgt i september/oktober 1987 jf. afsnit 2. I det følgende gives et uddrag heraf.

Der blev fanget i alt 2.348 fisk med en samlet vægt på 161 kg, henholdsvis i garn og ved elfiskeri. Fiskene fordelte sig på 8 arter nemlig: gedde, brasen, rudskalle, skalle, ål, aborre, hork og sandart.

Fiskenes antals- og vægtmæssige fordeling for fangster med garn + elfiskeri, udtrykt i CPUE-værdier (dvs fangst pr. fiskeri-indsats) er vist i figur 9.3.2.

Det fremgår, at skalle var søens dominerende fiskeart med en vægtmæssig bestandsandel på 30% og en antalsmæssig andel på ca. 21%. Brasen og hork udgjorde kun henholdsvis 6% og 8% af den antalsmæssige fordeling og henholdsvis 9% og 1% af den vægtmæssige fordeling. Aborre var søens talrigste art med en antalsmæssig bestandsandel på 48%, men med en vægtmæssig andel på kun 18%. De øvrige tilstedeværende arter bortset fra ål udgjorde alle kun nogle få procent af søens fiskebestand, både hvad angår antal og biomasse.

Fangsterne af skalle og brasen var for størsteparten fisk med en relativ stor gennemsnitsvægt.

Ålebestanden i søen udgjorde antalsmæssigt 15% af fiskebestanden, men hele 40% af biomassen. Da ål er vanskelig at fange med de anvendte redskaber, er disse værdier formodentlig underestimerede. Det kan således konkluderes, at der i Arreskov Sø er en god bestand af ål. Af de fangne ål var der ingen under 20 cm, hvilket antyder, at naturlig opgang af glasål fra Odense Å systemet stort set ikke forekommer og at ålebestanden derfor udelukkende hidrører fra de udsætninger, som er foretaget i de foregående år.

Ud fra den samlede fangst af fisk kan der beregnes et såkaldt

$$\text{artsdiversitets-indeks: } I_a = \sqrt{\sum (\text{artsvægt}\%/100)^2}$$

Indekset beskriver på vægtbasis, hvor varieret fiskebestanden er. Består fiskebestanden af få arter med en stor vægtmæssig andel, vil indeksværdien nærme sig 1, medens et stort antal arter med ens vægtandele giver en indeks-værdi nær 0. En sø med en varieret fiskebestand vil således have en lille indeksværdi. Af tabel 9.3.1 fremgår værdier af I_a for de tre fynske overvågningssøer, herunder Arreskov Sø, samt et gennemsnit for en række øvrige danske søer (Københavns Amt, 1990; Århus Amt, 1989).

Tabel 9.3.1

Diversitets-indeks for fynske overvågningssøer samt gennemsnittet for en række andre søer (Århus Amt, 1989; Københavns Amt, 1990).

Arreskov Sø	0,54
Lange Sø	0,50
Søholm Sø	0,52
Gns. af andre søer	0,55

For søen blev endvidere beregnet et "Fredfisk-indeks" for fisk fanget i oversigtsgarn. Fredfisk-indekset angiver forholdet mellem antal fredfisk (brasen, skalle, rudskalle) og fredfisk + rovfisk (aborre, gedde og sandart). I indekset indgår kun fisk større end 10 cm. Indekset er for Arreskov Sø beregnet til 86%.

Figure 1 is a line graph showing the relationship between the percentage of redfish in the diet (Fredflak (%)) and the total forage (Total foer (sommermiddell, µg/l)). The Y-axis is labeled 'Fredflak (>10cm) / Fredflak (>10cm) + Rovflak (>10cm) %' and ranges from 0 to 100. The X-axis is labeled 'Total foer (sommermiddell, µg/l)' and ranges from 0 to 1000. A dashed curve shows the relationship, with data points marked by asterisks: Sæholm S (1988) at approximately (50, 80), Lange S (1989) at approximately (350, 90), and Arreskov S (1987) at approximately (550, 85).

I 1961 udførtes ved hjælp af vodtræk fiskeundersøgelser i Arreskov Sø (Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, 1961). En sammenligning af resultaterne fra disse tidligere fangster med undersøgelserne foretaget i 1987 kan dog kun foretages med forbehold, idet der ikke er anvendt samme fiskemetoder.

Samlet vurdering af fiskebestanden.

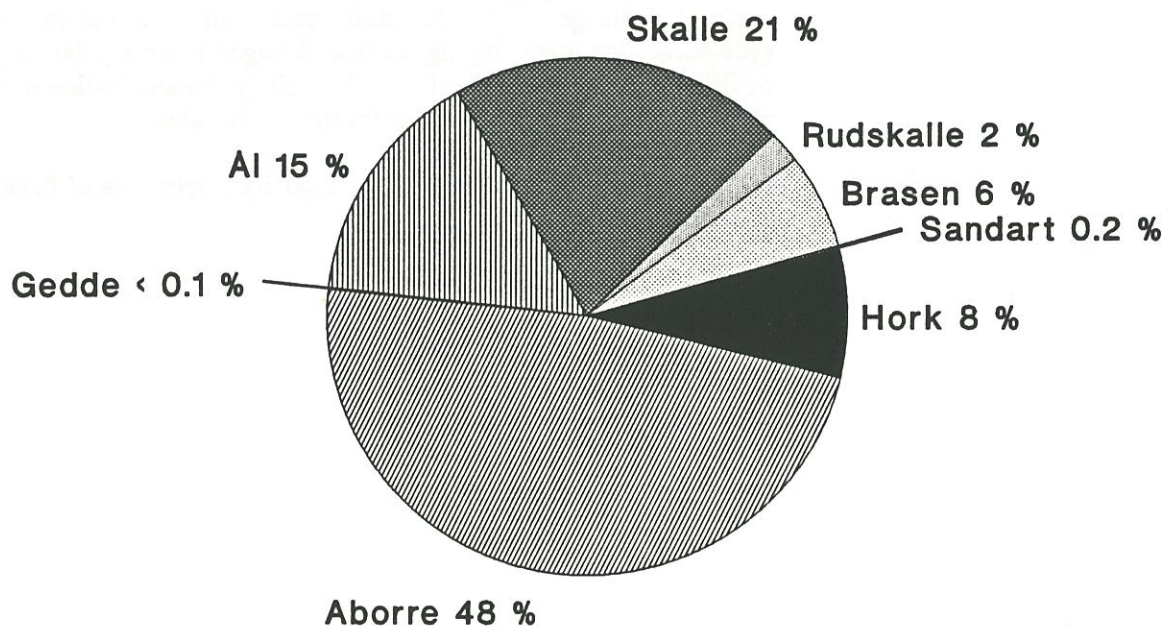
Med kun 8 forskellige fiskearter hører Arreskov Sø blandt de mere artsfattige danske søer. Karakteristiske bredzone-fisk som karuds og suder synes umiddelbart at mangle, eller er yderst fåtallige, uanset at disse skulle have velegnede levesteder i søens ellers relativt udbredte områder med rørsump. Eftersom der er fisket med stor indsats i 1987 uden fangst af løje, er det sandsynligt, at denne fiskeart er forsvundet fra søen.

Yngre årgange af brasen, skalle, sandart og gedde var fåtallige. Bestanden af gedde og sandart var tillige gået betydeligt tilbage, hvorimod aborre dels har forøget deres gennemsnitsstørrelse, dels er blevet betydelig talrigere siden 1961. Dette peger henimod, at der i perioden mellem 1961 og 1987 er sket betydende dødsfald blandt fiskene, samt at der har været fejlslagen gyde-succes for nogle årgange af fisk. Årsagen til en fejlslagen gydesucces og fiskedød kan være høje pH-værdier, giftige koncentrationer af ammoniak eller perioder med dårlige iltforhold i søvandet.

Alt i alt er der siden 1961 sket en betydelig forringelse af fiskebestanden i Arreskov Sø.

Arreskov Sø: Fiskeundersøgelser - 1987

Antalsmæssig fordeling



Vægtmæssig fordeling

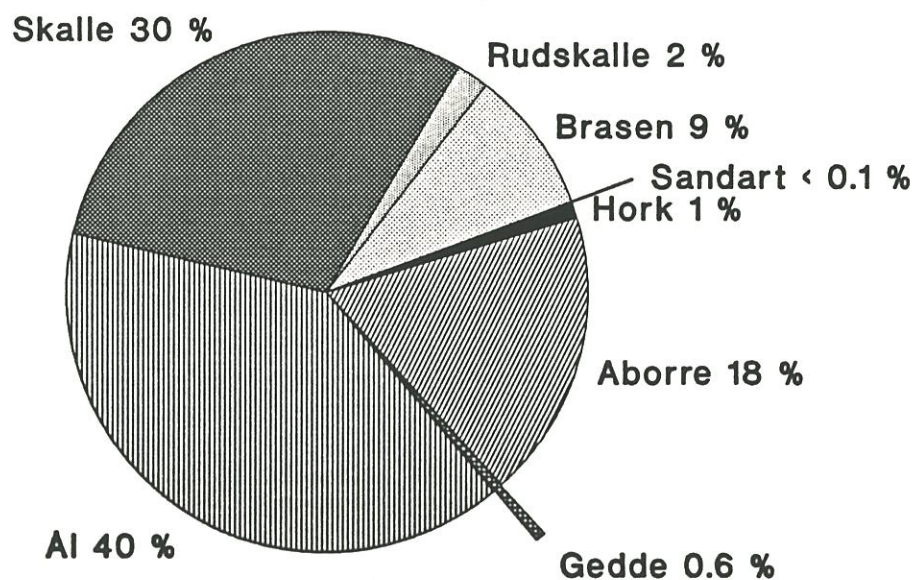


Fig. 9.3.2
Antal- og vægtmæssig fordeling af fiskesammensætningen i 1987 i Arreskov Sø.

9.4 Bundvegetation

Der blev i august 1989 udført en vegetationsundersøgelse i og omkring Arreskov Sø. Denne undersøgelse viste tilstedeværelsen af en yderst sparsom bundvegetation.

Ved den østlige bred blev der fundet Børstebladet vandaks på en ca. 100 m lang strækning nordvest for Søkilde (figur 3.1). Derudover blev der fundet Vandkrans langs den sydøstlige bred, enkelte steder langs den sydvestlige, vestlige og nordlige bred samt omkring Mågeø.

Lysets nedtrængen i søvandet er af afgørende betydning for, hvor vandplanterne kan vokse. Normalt vil de ikke vokse på dybder, der er større end søens gennemsnitlige sigtddybde om sommeren. Ved undersøgelser i 1989 var gennemsnitssigtddybden 0,27 m, stort set svarende til forholdene i 1990.

Eftersom Arreskov Sø er omkranset af rørsump, som kan vokse ud på dybder over en halv meter, er det ikke mærkeligt at søen mangler undervandsvegetation.

1911. Vol. 41. Part 1. Pp. 1-100. London: The Royal Anthropological Institute.

1912. Vol. 42. Part 1. Pp. 1-100. London: The Royal Anthropological Institute.

1913. Vol. 43. Part 1. Pp. 1-100. London: The Royal Anthropological Institute.

1914. Vol. 44. Part 1. Pp. 1-100. London: The Royal Anthropological Institute.

10. Samlet vurdering af søens aktuelle tilstand.

Ifølge regionplanens målsætning for Arreskov Sø skal denne være egnet som "Referenceområde for naturvidenskabelige studier". Formålet med denne målsætning er først og fremmest at sikre søens egnethed som levested og rasteplass for fugle, specielt vandfugle. Selvom der ikke er fastsat direkte krav til søens miljøkvalitet indebærer målsætningen, at søen skal have et naturligt og alsidigt plante- og dyreliv, som er upåvirket eller næsten upåvirket af forurening.

Det vurderes imidlertid, at søen for at opfylde målsætningen skal have en sigtddybde på mindst 1 meter, et artsrigt fytoplankton med dominans af rentvandsarter og uden masseopblomstring af enkelte algegrupper, en veludviklet rankegrøde og en arts- og individrig smådyrsfauna. Endelig skal fiskebestanden have en naturlig alders- og artsfordeling med balance mellem fredfisk og rovfisk.

I dette afsnit sammenfattes de vigtigste resultater fra undersøgelsen af Arreskov Sø i 1990, idet hovedvægten lægges på at karakterisere de biologiske forhold i søen, samt de vigtigste faktorer, der har betydning for disse. På denne baggrund vurderes tilstanden i forhold til målsætningen.

Arreskov Sø er stor og fladvandet med en meget ringe sigtddybde (0,25 m) som følge af kraftig ophvirvling af sedimentet og stor planktonalgebiomasse. Vandets opholdstid i søen er ca. 1 år, og der synes at være en betydelig grundvandsindsivning til søen.

Der er næsten ingen bundvegetation, hvilket skyldes flere faktorer: Dårlige lysforhold i vandet, stor vindeksponering, som forårsager et stort slid på eventuel vegetation, og et løst sediment, som giver et dårligt rodfast. Den manglende bundvegetation har betydning for både sedimentophvirvling, planktonsammensætning og fiskebestand.

Det høje fosforindhold i søvandet skyldes først og fremmest fosforfrigivelse og ophvirvling fra sedimentet. Denne er beregnet til mindst 1.300 kg pr. år, hvor den eksterne tilførsel kun er på ca. 760 kg. Det meste af det frigivne/ophvirvlede fosfor sedimenteres dog i søen igen, og nettoafslutningen fra søen i 1990 var kun på ca. 300 kg.

Fosfortilgængeligheden synes ikke at have begrænset planktonalgernes vækst i 1990. Hvis algernes vækst skal begrænses, må bl.a. den interne belastning med fosfor reduceres væsentligt.

Kvælstofniveauet i søen er lavt i sommerperioden, og dette er muligvis en medvirkende årsag til, at søen i sommerperioden domineres af blågrønalger, da disse især trives ved høje fosforkoncentrationer og moderate kvælstofkoncentrationer (lavt N/P forhold). Tidligere synes søen at have haft et højere N/P forhold og dens plankton var da ofte domineret af grøn- og kiselalger, idet der dog altid har været et stort islæt af blågrønalger i planktonet (jf. afsnit 11.1).

Fytoplanktonmængden var i forårsperioden begrænset af græsning fra zooplankton. I hele perioden juni-oktober var der masseopblomstring af blågrønalger, og i denne periode kunne zooplanktonet ikke kontrollere

fytoplanktonets mængde gennem græsning. Gennemsigtigheden i vandet var da meget ringe, og fytoplanktonet var først og fremmest begrænset af lysmængden. Fytoplanktonmængden var stærkt svingende, og i juli skete der et sammenbrud af fytoplanktonsamfundet i forbindelse med en periode med varmt og stille vejr. I det hele taget er vejrforholdene af stor betydning for de biologiske forhold i søen, der derfor kan skifte fra dag til dag.

Fiskebestanden er dårlig i søen, hvilket antagelig skyldes dårlige forhold for yngelen som følge af højt Ph, periodevis høj koncentration af fri ammoniak og meget ensartede fysiske forhold, bl.a. som følge af manglende bundvegetation.

Arreskov Sø havde således i 1990 et fattigt og forureningspåvirket plante- og dyreliv, som slet ikke lever op til regionplanens målsætning om et naturligt og alsidigt plante- og dyreliv. Årsagen hertil skal først og fremmest søges i tidligere tiders spildevandstilførsler.

11. Udvikling i tilstand.

11.1 Udvikling frem til 1990.

Der er tilbage i tiden foretaget enkelte undersøgelser der belyser, hvorledes miljøkvaliteten har været i søen før 1972, hvor Fyns Amt iværksatte den første egentlige recipientundersøgelse af søen.

J. Boye Petersen (Petersen, 1950) har således to gange, nemlig i august 1920 og august 1950, bl.a. målt sigtddybden i søen til henholdsvis 0,31 og 0,23 meter (begge er enkeltmålinger). Begge gange har blågrønalger tilsyneladende været dominerende i fytoplanktonet. Derudover er i en begrænset del af søen i 1950 registreret en relativt rig undervandsvegetation af *Børstebladet Vandaks* og *Vandranunkel*. I 1938 noterede Sigurd Olsen en sigtddybde på 15 cm i søen (Olsen, 1944). Søen er desuden undersøgt af J. Dahl, Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser i juni 1961 (Dahl, 1963). Sigtddybden er her målt til 0,18 meter (enkeltmåling). Fytoplanktonet har på dette tidspunkt af sommeren været domineret af kiselalger. Også i dette tilfælde er der på trods af den ringe sigtddybde, i visse dele af søen konstateret en relativt rig undervandsvegetation med arter af *Vandaks* og *Vandranunkel* (i søens sydlige, sydvestlige og nordlige del).

I juli 1964 undersøgte E. Fjerdingstad søens fytoplankton, og konstaterede herved dominans af grønalger og kiselalger, men også blågrønalger, især *Lyngbya contorta* blev fundet i stort tal (Fjerdingstad, 1964).

Senere har Fyns Amt iværksat undersøgelser af søen i perioden august 1972-juli 1973 og i september 1973-august 1974. I sommerperioden 1972, 1973 og 1974 er målt sigtddybder på henholdsvis 0,20-0,30 meter, 0,35-0,65 meter og 0,7-1,0 meter. Det fremgår af undersøgelser udført af Vandkvalitetsinstituttet for Fyns Amt, at algefloraen i sommeren 1974 har været domineret af grønalger, hvorimod blågrønalger har været mindre talrige. (Vandkvalitetsinstituttet, 1974 og 1975).

Medarbejdere og projektstuderende ved Odense Universitet har i perioden 1977-1979 udført både fysisk-kemiske og biologiske undersøgelser i søen. Det fremgår bl.a. heraf, at sigtddybden i sommerperioden 1977 og 1979 har været henholdsvis 0,30-1,10 meter og 0,31-3,30 meter.

Fyns Amt har siden da udført undersøgelser i søen i perioden 1987-1990 (i 1987 i samarbejde med Odense Universitet). Resultater af de af amtet iværksatte undersøgelser i 1974 (før afskæring af spildevand fra Korinth, vest) og 1987-1990 (efter afskæring af spildevandet) er præsenteret i figur 11.1 og tabel 11.1. Det kan supplerende oplyses, at blågrønalger i 1987, ligesom i 1989 og 1990, har været meget dominerende i fytoplanktonet i sommerperioden. Fyns Amt har derudover i 1989 enkelte steder i søen på helt lavt vand fundet mindre bevoksninger af vandplanterne *Børstebladet Vandaks* og *Vandkrans*.

En sammenligning af resultater fra forskellige år bør altid foretages med forsigtighed, idet bl.a. de eksakte vejrforhold de enkelte år har meget stor betydning for de fysisk-kemiske og biologiske forhold i selve søen og for vand- og stoftransporterne til og fra søen. Til eksempel var 1989 et forholdsvist varmt og tørt år, hvorimod 1990 var tæt på et "normalår" hvad afstrømning angår.

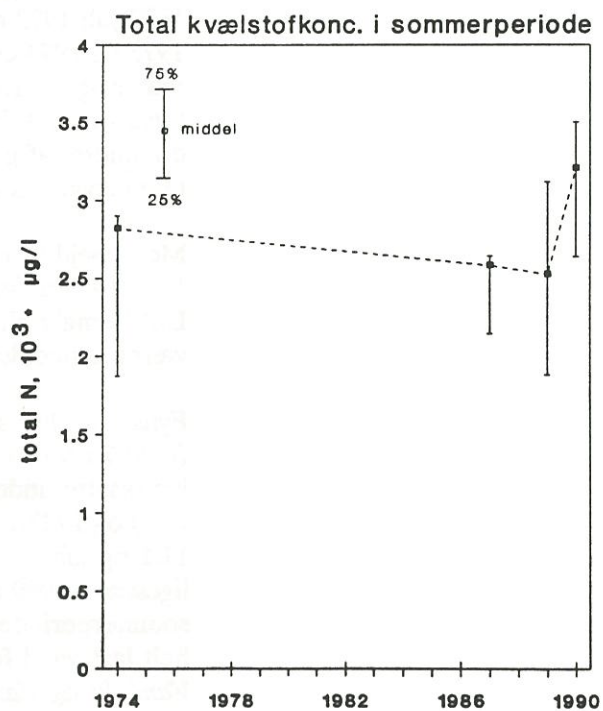
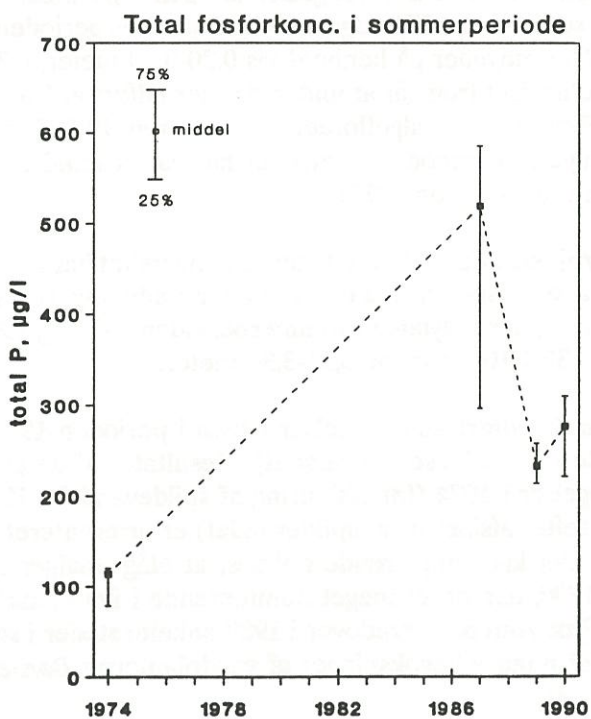
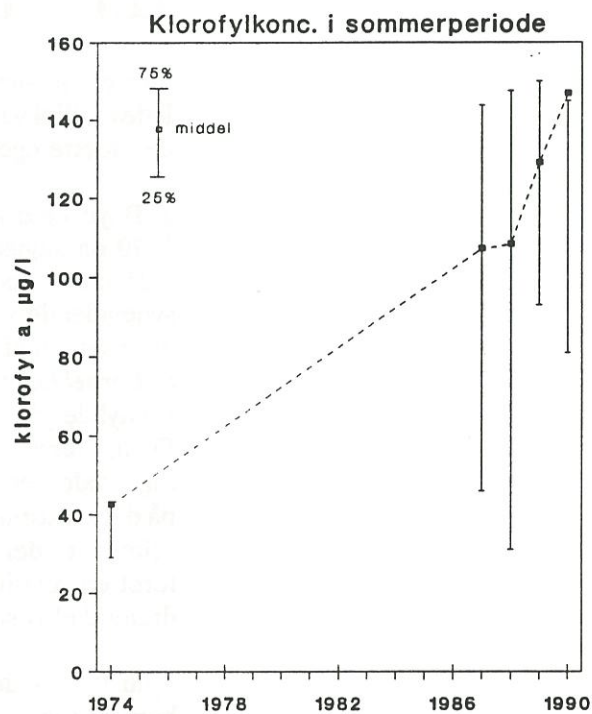
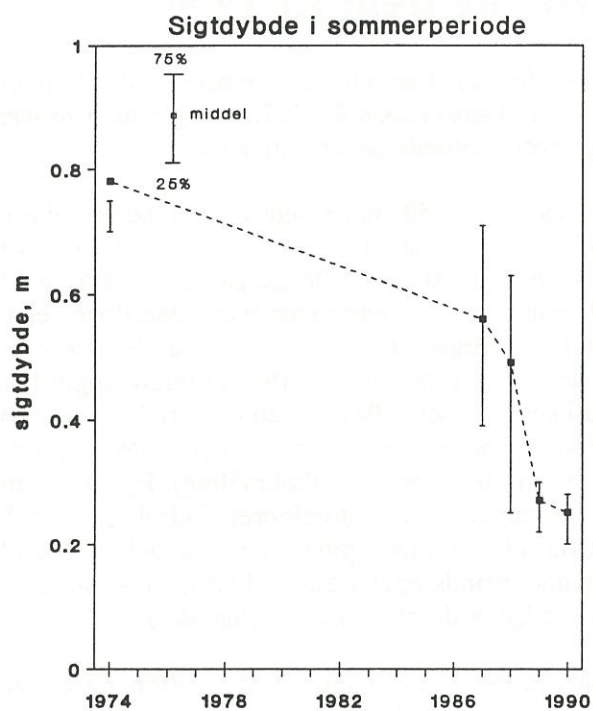


Fig. 11.1

Middelværdi samt 25 og 75% fraktiler af sigtdybde, klorofyl-a koncentration, total fosfor og total kvælstof i sommerperioden (1/5-30/9) i Arreskov Sø i årene 1974-90.

Yderligere kan de anvendte måle- og beregningsmetoder have været forskellige de enkelte år. Dette gælder fx for metoden til analyse af klorofyl, idet denne er ændret pr. 8. marts 1985 (skift fra acetone- til ethanol-ekstraktion).

Med disse forbehold foretages i det følgende en sammenligning af udvalgte resultater, der belyser ændringer af miljøkvaliteten i Arreskov Sø i perioden 1973/74-1990.

Som det fremgår af figur 11.1, har sigtddybden været faldende siden 1974. Specielt i 1989 og 1990 har de målte sigtddybder været meget lave. Klorofylmængden har tilsvarende været stigende i perioden. Den lave sigtddybde i sommerperioden skyldes imidlertid ikke blot en forøget algemængde i søen. Mængden af ophvirvlet materiale fra bunden, er øget, hvilket bl.a. ses af, at tørstofmængden i vandet er steget forholdsvis mere end klorofylmængden (tabel 11.1).

Koncentrationen af total fosfor toppede i 1987, men lå endnu i 1989-90 på et niveau, der var dobbelt så stort som i 1974. Der er ingen tvivl om, at fosforafgivelse fra sedimentet spiller en stor rolle for de forhøjede fosforkoncentrationer. Koncentrationen af total kvælstof har derimod kun ændret sig lidt i perioden.

I tabel 11.2 er foretaget en sammenligning af søens massebalance beregnet for årene 1973-1974, 1987 og 1989. Uanset at de anvendte beregningsmetoder har været forskellige, antages det dog, at størrelsesordenne er rimeligt sammenlignelige i de tre tilfælde.

Periode	Total-N, kg			Total-P, kg		
	Tilførsel	Tilførsel-aførsel	Tab i %	Tilførsel	Tilførsel-aførsel	Tab i %
¹⁾ 1973-1974	36.240	16.240	45	1.560	1.160	74
²⁾ 1987	22.630	8.420	37	850	-1.320	-155
1989	24.100	7.700	32	538	-130	-24
1990	40.700	7.700	19	759	317	-42

¹⁾ Spildevand fra Korinth, vest, er afskåret i 1983. Fosforbelastningen før afskæring af spildevandet har været af størrelsesordenen $970 \text{ PE} \times 0,6 \times 1,31 \text{ kg P/PE} \times \text{år} = 760 \text{ kg P/år}$ (forudsat en 40% rensning).

²⁾ Data fra (Jensen & Andersen, 1989).

Bemærkninger: Det skal fremhæves, at beregningsmetoderne i de tre tilfælde ikke har været ens, hvorfor fortolkningen af resultaterne må ske med forsigtighed.

Tabel 11.2

Oversigt over beregnede massebalancer for kvælstof og fosfor i Arreskov Sø i 1973-1974, 1987, 1989 og 1990.

Det fremgår, at kvælstoftabet, bortset fra 1990, har været omkring 30-45% af tilførslen på årsbasis (tab ved sedimentation og denitrifikation). Beregningerne antyder endvidere, at der i 1974 har fundet en netto fosfortilbageholdelse sted i søen på årsbasis, hvorimod der i 1987 er sket en væsentligt netto fosforafgivelse fra søen (intern belastning stor som følge af mange års fosforberigelse via spildevand). Fosforafgivelsen fra søen har ifølge beregningen endvidere været mindre i 1989 og 1990 end i 1987.

Årsagen til, at miljøkvaliteten vurderet ud fra sigtddybder og klorofylindholdet i søvandet har været dårligere efter afskæring af spildevandet end før afskæringen må således antages at være, at der i de senere år er sket

en frigivelse af tidligere ophobet fosfor fra søbunden. Fytoplanktonets sammensætning i søen synes samtidig at være ændret betydeligt fra dominans af grønalger om sommeren i 1974 til total dominans af blågrønalger de senere år.

11.2 Vurdering af den fremtidige tilstand.

Arreskov Sø har idag en moderat belastning af kvælstof, en belastning, som bortset fra svingninger i afstrømningen synes at have været nogenlunde konstant i de senere år. Kvælstoftilførslen må forventes at mindskes i de kommende år, men indtil nu er der ikke set nogen reduktion som følge af vandmiljøplanen. En reduktion af kvælstoftilførslingen vil antagelig kun i ringe omfang begrænse algemængden, så længe den interne fosforbelastning er så stor, at kvælstoffikserende blågrønalger favoriseres.

Fosfortilførslen fra sedimentet anslås i øjeblikket til at være noget større end den eksterne belastning. Den interne belastning kan dog forventes at aftage med tiden efterhånden som der sker en nettoeksport af fosfor fra søen. På basis af sedimentforhold samt fosfor- og jernbalance vurderes det, at det med den nuværende fosforafkastning fra søen vil tage næsten 30 år før fosforafgivelsen fra sedimentet er nedbragt til et minimum (jvf. afsnit 8.2). Hvor klarvandet søen da bliver, kan beregnes ud fra modeller, som sammenkæder fosforindholdet i tilløbet med søvandets fosforindhold og gennemsigtighed (Kristensen m.fl., 1990).

Modellerne er i tabel 11.2.1 anvendt på undersøgelsesresultater fra 1974 til 1990.

Tabel 11.2.1

Observeret og modelberegnet årsmiddel fosforkoncentration og sommermiddel-sigt dybde for Arreskov Sø 1989 og 1990. Beregningerne af fosforkoncentrationen er lavet på baggrund af formel 12 i (Kristensen m.fl. 1990a). Sigtdybden er beregnet på baggrund af de observerede fosforkoncentrationer ud fra formel 4 i (Kristensen m.fl. 1990a).

År	Total fosfor µg/l		Sommer-sigt dybde meter	
	Observeret	Modelberegnet	Observeret	Modelberegnet
1974	114	ca. 300	0,78	0,8-1,1
1987	449	ca. 180	0,57	0,5-0,7
1989	232	ca. 130	0,27	0,6-0,9
1990	230	ca. 130	0,25	0,6-0,9

I 1974 synes søen at have haft en god bindingskapacitet for fosfor, således at den målte fosforkoncentration i søen faktisk var lavere end den beregnede. Det skal dog bemærkes, at der er stor usikkerhed på tallene fra 1974. Med de store spildevandstilførsler, som fortsatte indtil 1983, skete der en voldsom fosforophobning i sedimentet. Denne ophobning har i 1980'erne givet en voldsom intern fosforbelastning, hvilket har betydet, at de aftagende eksterne fosfortilførsler ikke har medført en tilsvarende nedsat koncentration i søvandet. Modellen beregner den fosforkoncentration, man ville forvente i en ligevægtstilstand, dvs. uden den nuværende store interne belastning.

Den observerede sigtddybde svarer i 1974 og 1987 til den beregnede, men i 1989 og 1990 udgør den kun 30-40%. Dette kan skyldes den store grad af ophvirvlen af bundmaterialer, som finder sted i søen, og som synes øget i 1989 og 1990.

Modellen forudsiger, at når den interne belastning er væk, vil fosforkoncentrationen i søvandet ligge på ca. 130 $\mu\text{g P/l}$, hvis fosforbelastningen fortsætter på 1990 niveau. Dette vil ifølge modellen give en sommersigtddybde på 0,7-1,0 meter. Hvis man skal sikre sig en sommersigtddybde i søen på omkring 1 meter, skal fosfortilledningen ifølge modelberegningen reduceres med 50% i forhold til 1990. Dette vil give en beregnet fosforkoncentration i søvandet på 65 $\mu\text{g/l}$ og en sommersigtddybde på 0,9-1,3 meter.

Denne forudsigelse af sigtddybden må dog tages med forbehold, da der også fremover må forventes at være meget ophvirvlet stof i vandet. Dette fænomen er kendt helt tilbage til 1920, hvor der er målt sigtddybder på ned til 20 cm. En forventet lav fosforkoncentration vil imidlertid kunne begrænse mængden af planktonalger stærkt. Dette vil have en positiv indflydelse på muligheden for etablering af rankegrøde (bedre lysforhold) og en bedre fiskebestand (de høje pH værdier og ammoniakkoncentrationer undgås).

Muligheden for at reducere fosfortilførslen til Arreskov Sø er tilstede, eftersom det vurderes, at kun 35% af fosfortilledningen i 1990 stammede fra den naturlige afstrømning (basisbidrag).

Hvor meget fosfortilledningen reelt kan reduceres, kan ikke vurderes på nuværende tidspunkt, idet vi ikke kender fosfortilledningens fordeling på de enkelte kilder: Husdyrgødning, dyrkning, spredt bebyggelse og erosion..

Den tid, der går før forholdene bedres er afhængig af, hvor hurtigt den overskydende mængde fosfor i sedimentet aflastes. Det er antagelig muligt at øge fosforaflastningen ved at styre stemmeverket, således at vandet især lukkes ud i perioder med høj fosforkoncentration i søen, dvs. i sommer- og efterårsperioden. Der må dog samtidig tages hensyn til, at vandstanden i søen ikke må svinge for meget. Under alle omstændigheder må man forvente, at der går en årrække, før aflastningen er gennemført.

Tabel 11.1 Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Arreskov Sø, st. 198101-198124, i perioden 1974-90.

	2)1974	1)1987	1)1988	3)1989	3)1990
Sigtdybde - sommer (1.5. - 30.9.)					
Sigtdybde, gns. (m)	0,78	0,57 ⁴⁾	0,49	0,27	0,25
Sigtdybde, 50% frakt. (m)	0,70	0,55	0,43	0,25	0,25
Sigtdybde, 75% frakt. (m)	1,00	0,92	0,90	0,45	0,35
Sigtdybde, maks. (m)	0,70	0,29	0,25	0,21	0,15
Sigtdybde, min. (m)					
Fosfor - sommer (1.5. - 30.9.)					
Total fosfor, gns. (µg P/l)	114	519	-	231	275
Total fosfor, 50% frakt. (µg P/l)	100	464	-	239	238
Total fosfor, maks. (µg P/l)	140	782	-	294	394
Total fosfor, min. (µg P/l)	79	276	-	142	196
Orto-fosfat, gns. (µg P/l)	32	335	-	24	29
Orto-fosfat, 50% frakt. (µg P/l)	8	309	-	17	20
Orto-fosfat, 25% frakt. (µg P/l)	5	191	-	11	11
Orto-fosfat, maks. (µg P/l)	55	440	-	51	75
Orto-fosfat, min. (µg P/l)	5	171	-	8	7
Part. fosfor, gns. (µg P/l)	82	185	-	207	247
Part. fosfor, 50% (µg P/l)	74	137	-	206	216
Part. fosfor, 25% (µg P/l)	65	106	-	194	185
Part. fosfor, maks. (µg P/l)	107	342	-	277	357
Part. fosfor, min. (µg P/l)	65	105	-	131	176
Kvælstof - sommer (1.5. - 30.9.)					
Total kvælstof, gns. (µg N/l)	2819	2579	-	2524	3206
Total kvælstof, 50% frakt. (µg N/l)	2650	2420	-	2610	3020
Total kvælstof, maks. (µg N/l)	3200	3420	-	3420	4411
Total kvælstof, min. (µg N/l)	2500	2120	-	1094	2420
Opl. uorg. kvælstof, gns. (µg N/l)	751	101	-	44	147
Opl. uorg. kvælstof, 50% frakt. (µg N/l)	590	31	-	23	30
Opl. uorg. kvælstof, 25% frakt. (µg N/l)	119	28	-	22	22
Opl. uorg. kvælstof, maks. (µg N/l)	1210	256	-	201	977
Opl. uorg. kvælstof, min. (µg N/l)	119	27	-	16	21
Part. N/Part. P - sommer (1.5. - 30.9.)					
Part. N/Part. P, gns.	26	5,6	-	13	12
Part. N/Part. P, 50% frakt.	22	13	-	12	12
Part. N/Part. P, maks.	30	23	-	22	17
Part. N/Part. P, min.	19	9,9	-	4,4	9

Bemærkninger:

- 1) Station 108101
- 2) Station 108103
- 3) Station 108104
- 4) Station 108121 + 108124 (data fra Odense Universitet)

Tabel 11.1 Oversigt over fysisk-kemiske og biologiske forhold i Arreskov Sø, st. 198101-198124, i perioden 1974-90.

		²⁾ 1974	²⁾ 1987	¹⁾ 1988	³⁾ 1989	³⁾ 1990
Årsprimærproduktion	(g C/m ² år)	169	369	-	319	376
Primærprod. - sommer (1.5. - 30.9.)						
Primærprod., gns.	(mg C/m ² d)	792	1660	-	1482	1674
Primærprod., 50% frakt.	(mg C/m ² d)	659	1192	-	1296	1542
Primærprod., 75% frakt.	(mg C/m ² d)	730	1316	-	1359	1968
Primærprod., max.	(mg C/m ³ d)	1472	3334	-	3261	2524
Primærprod., min.	(mg C/m ³ d)	464	704	-	958	1942
Klorofyl-a - sommer (1.5. - 30.9.)						
Klorofyl-a, gns.	(µg/l)	42	107	108	129	147
Klorofyl-a, 50% frakt.	(µg/l)	41	84	90	129	120
Klorofyl-a, 75% frakt.	(µg/l)	43	144	148	150	145
Klorofyl-a, max.	(µg/l)	57	160	170	210	345
Klorofyl-a, min.	(µg/l)	29	37	18	81	27
Øvrige variable - sommer (1.5. - 30.9.)						
(Nitrit+nitrat)-kvælstof, gns.	(µg N/l)	378	51	-	15	199
Ammonium-kvælstof, gns.	(µg N/l)	373	50	-	30	27
pH, gns.		8,43	9,06	9,15	8,84	9,2
Total alkalinitet, gns.	(meq/l)	2,44	-	-	2,17	1,86
Total kuldioxid, gns.	(mmol/l)	-	2,38	-	2,10	2,12
Silikat, gns.	(mg Si/l)	-	5,6	-	4,1	4,7
Tørstof (part.), gns.	(mg TS/l)	-	33,1	-	60	67
Glødetab (part.), gns.	(mg TS/l)	-	23,7	-	40	40
COD (part.), gns.	(mg O ₂ /l)	-	-	-	87	105
Alle variable - vinter (1.12. - 31.3.)						
Total-fosfor, gns.	(µg/l)	79	267	-	219	205
Orto-fosfat, gns.	(µg/l)	41	201	-	19	83
Total-kvælstof, gns.	(µg N/l)	5231	3170	-	3212	5359
(Nitrit+nitrat)-kvælstof, gns.	(µg N/l)	1935	997	-	686	1861
Ammonium-kvælstof, gns.	(µg N/l)	1014	405	-	86	2100
pH, gns.		7,90	8,11	8,04	8,30	8,1
Total alkalinitet, gns.	(meq/l)	1,92	-	-	2,96	2,64
Total kuldioxid, gns.	(mmol/l)	-	3,09	-	2,99	2,68
Silikat, gns.	(mg Si/l)	-	8,6	-	4,1	6,7
Tørstof (part.), gns.	(mg/l)	-	13,9	-	47	26
Glødetab (part.), gns.	(mg/l)	-	7,4	-	25	16
COD (part.), gns.	(mg O ₂ /l)	-	-	-	61	65

Bemærkninger:

- 1) Station 108101
- 2) Station 108103
- 3) Station 108104

Date		Time		Location		Remarks	
1941	10/1	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/2	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/3	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/4	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/5	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/6	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/7	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/8	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/9	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/10	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/11	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/12	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/13	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/14	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/15	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/16	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/17	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/18	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/19	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/20	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/21	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/22	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/23	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/24	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/25	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/26	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/27	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/28	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/29	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/30	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
1941	10/31	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15

Page 10

1941 10/1 10:00

1941 10/2 10:00

1941 10/3 10:00

12. Behov for fortsat overvågning og resultatvurdering.

De fysisk-kemiske og biologiske forhold i søen kan variere betydeligt fra år til år. Dette skyldes primært, at vejrforholdene (temperatur, vind, nedbør, lysindstråling) kan være meget forskellige de enkelte år. Derudover kan der i oplandet til søen ske ændringer i arealanvendelsen, som kan få betydning for miljøtilstanden i søen. Dette gælder også ændringer, som ikke direkte er betinget af vandmiljøplanen, f.eks. ændringer i drift af skovene, især større skovrydninger.

Endvidere er visse forhold i forbindelse med vurderingen af søens tilstand og belastning med næringsstoffer ikke fuldt oplyste.

Det er derfor nødvendigt, at overvågningen fortsættes over en årrække, og at resultaterne til stadighed nyvurderes.

Blandt de forhold, som bør belyses nærmere, er følgende:

- Betydningen af arealanvendelse og udledning fra spredt bebyggelse for næringsstofbelastningen af søen.
- Søens vand- og massebalance - specielt vurdering af mængden af vand og næringssalte, der strømmer til med grundvand.
- Mulighed for at ændre på stemmeværksdriften, således at der opnås en større udskylning af fosfor
- Søens evne til at fjerne kvælstof ved denitrifikation
- Størrelsen af den fosforpulje i søbunden, som kan frigives til vandfasen.

THE HISTORY OF THE CITY OF BOSTON FROM 1630 TO 1800

The history of the city of Boston from 1630 to 1800 is a story of growth and change. It begins with the arrival of the first settlers in 1630, who founded the city as a haven for Puritans seeking religious freedom. Over the years, Boston grew from a small village into a major center of commerce and industry. The city played a key role in the American Revolution, and its history is marked by significant events such as the Boston Tea Party and the Battle of Bunker Hill. By 1800, Boston had become one of the most important cities in the young nation.

13. Konklusion.

Arreskov Sø er stærkt beriget med plantenæringsstofferne kvælstof og fosfor. Søen har ringe sigtddybde som følge af et højt indhold af partikler, herunder alger i søvandet. Fytoplanktonet domineres om sommeren af blågrønalger, der hyppigt danner vandblomst på søoverfladen. Fiskebestanden er dårlig, og en række fiskearter synes at have forringet ynglesucces på grund af den dårlige vandkvalitet.

Søen er målsat som naturvidenskabeligt referenceområde, og for at opfylde målsætningen skal søen have en sigtddybde på mindst 1 meter, et artsrigt fytoplankton med dominans af rentvandsarter og uden masseopblomstring af enkelte algegrupper, en veludviklet rankegrøde og en arts- og individrig smådyrsfauna. Endelig skal fiskebestanden have en naturlig alders- og artsfordeling med balance mellem fredfisk og rovfisk.

Målsætningen som naturvidenskabeligt referenceområde er derfor langt fra opfyldt.

Søen har formentlig senest i starten af dette århundrede haft langt klarere vand, mere stabile sedimentforhold og en ret veludviklet rankegrøde. Vandet er i de sidste par år blevet langt mere uklart, og der findes idag kun enkelte spredte og meget små bevoksninger af rankegrøde på helt lavt vand.

Årsagen til søens ringe miljøkvalitet er bl.a., at der gennem mange år er blevet tilledt spildevand fra Korinth by. Derudover kan tilførsel af spildevand fra spredt bebyggelse, tilførsel af plantenæringsstoffer fra landbrugsområderne i oplandet, samt tilførsel af plantenæringsstoffer fra arealerne omkring søen i forbindelse med gentagne vandstandssænkninger have bidraget yderligere til forringelsen af søens tilstand.

Søens opland består idag overvejende af landbrugsområder (58%), men der er også store skovarealer (36%), således at andelen af landbrugsområder i oplandet er mindre end for Fyn og Danmark som helhed, hvor andelen er på ca. 80%. Husdyrholdet i oplandet er på 0,5 dyreenheder /ha landbrugsareal, hvilket er lidt lavere end for Fyn og Danmark som helhed (hhv. 0,6 og 0,7 DE/ha).

Denne arealfordeling og -udnyttelse er nok årsagen til, at den nuværende belastning af søen er forholdsvis beskeden, sammenlignet med mange andre danske søer. På baggrund af modelberegninger af søens fosforindhold skønnes det dog, at fosfortilledningen til søen skal reduceres med op til 50%, hvis målsætningen for søen skal opfyldes.

Forbedringen af søens tilstand forsinkes imidlertid af, at der ud over den eksterne belastning af søen med næringsstoffer forekommer en intern belastning, hvorved fosfor tilføres vandfasen fra søbunden. Det skønnes, at den interne belastning med fosfor er mindst dobbelt så stor som den eksterne belastning, og at den vil være stor mange år frem i tiden.

Selvom fosforbelastningen er reduceret med ca. 65 % siden 1983, er der ikke sket nogen bedring i søens tilstand. Både fosfor og kvælstof findes idag i så rigelige mængder i søvandet, at algemængden kun i meget ringe omfang er begrænset af tilgængeligheden af næringssalte. Dog kan der i

sommerperioden opstå kvælstofbegrænsning, hvilket først og fremmest har betydning for artssammensætningen af fytoplanktonet, idet blågrønalger favoriseres af dette forhold. Søens dyreplankton formår kun periodevis at holde almængden nede ved græsning.

Det er således meget væsentligt for en forbedring af miljøkvaliteten, at søvandets indhold af både kvælstof og fosfor reduceres.

Selvom der endnu ikke kan konstateres resultater af vandmiljøplanen, forudsætter dens fulde gennemførelse, at der sker en væsentlig reduktion af tilledningen af kvælstof og fosfor til Arreskov Sø fra jordbruget. Desuden skal der foretages væsentlige begrænsninger i tilførslen af næringsstoffer - især fosfor - fra den spredte bebyggelse. Det vil endvidere kræve helt særlige indgreb, hvis den interne fosforbelastning hurtigt skal mindskes.

Referencer:

Fjerdingstad, E., 1964:

Rapport over planktonundersøgelser i Arreskov Sø d. 5/7 1964. Rapport til Odense Kommune 1964.

Fyns Amt, 1990:

Vandmiljøovervågning: De ferske vandområder, Arreskov Sø, 1989. Rapport.

Fyns Amt, 1991:

Vandmiljøovervågning: Vandløb og kilder, 1990. Rapport.

Fyns Amt, 1991a:

Atmosfærisk nedfald, 1990. Rapport.

Håkanson, L., 1981:

A manual of lake morphometry.

Jensen, H.J., J.P. Muller, M. Timmermann, 1990:

Fiskeri i Arreskov Sø 28/9-2/10 1987. Intern rapport i forbindelse med projektet "Metodeudvikling til fiskeundersøgelser i danske søer" til Miljøstyrelsen.

Jensen, H.S., F.Ø. Andersen, 1990:

Fosforbelastning i lavvandede eutrofe søer. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C4, 1990.

Kristensen, P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, E. Mortensen, Aa. Rebsdorf, 1990:

Prøvetagning og analysemetoder i søer: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 32 s.

Kristensen, P., J.P. Jensen, E. Jeppesen, 1990a:

Eutrofieringsmodeller for søer. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C9, 1990.

Københavns Amt, 1990:

Vandmiljøovervågning, Overvågning af søer, 1989. Miljøserie nr. 16. Rapport.

Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium, 1977:

Limnologisk metodik.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1990:

Arreskov Sø 1990, plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1990a:

Gødstrup Sø 1989 - Phyto- og zooplankton. Rapport til Ringkøbing Amtskommune.

Miljøstyrelsen, 1983:

Vejledning i recipientkvalitetsplanlægning. Del 1. Vandløb og søer.

Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1988:

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

Mortensen,E., H.J.Jensen, J.P.Muller, M.Timmermann:
Fiskeundersøgelser i søer, 1990: Overvågningsprogram. Undersøgelsesprogram, fiskeredskaber og metoder. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990.

Olsen,S., 1944:
Danish Charophyta, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, biologiske skrifter, bind III, nr. 1, København 1944.

Pedersen,J.Boye, 1950:
Arreskov Sø 1950. Djur och Natur 1950: 154-157.

Vandkvalitetsinstituttet, 1974:
Miljøbeskyttelse. Forundersøgelser af søer, moser og nor i Fyns Amt. Beretning om 63 vandområder i amtet.

Vandkvalitetsinstituttet, 1975:
Recipientundersøgelse af Sørup Sø, Hvidkilde Sø, Nielstrup Sø, Ollerup Sø, Brændegård Sø, Nørre Sø, Arreskov Sø. Udført for Fyns Amtskommune 1973-74.

Århus Amt, 1990:
Ravn Sø, 1989: Teknisk rapport.

Denne rapport er en del af Fyns Amts bidrag til **VANDMILJØ OVERVÅGNING 1990**, der i alt omfatter følgende rapporter:

- Vandløb og kilder 1990 (ISBN 87-7343-083-8)
- Arreskov Sø 1990 (ISBN 87-7343-085-4)
- Lange Sø 1990 (ISBN 87-7343-087-0)
- Søholm Sø 1990 (ISBN 87-7343-089-7)
- Det Særlige Landovervågningsopland 1990 (ISBN 87-7343-091-9)
- Punktkilder 1990 (ISBN 87-7343-093-5)
- Kystvande 1990 (ISBN 87-7343-095-1)
- Grundvand 1990 (ISBN 87-7343-097-8)
- Atmosfærisk nedfald 1990 (ISBN 87-7343-099-4)

