



Arresø tilstand og udvikling 1998



VANDMILJØ
overvågning

Vandmiljøovervågning nr. 56

Titel: Arresø, tilstand og udvikling, 1998

Serietitel: Vandmiljøovervågning nr. 56

Udgiver: Frederiksborg Amt, Teknik & Miljø
Miljøafdelingen

Udgivelsesår: 1999

Sagsbehandler: Helle Utoft Rasmussen

Rapport og grafik: Helle Utoft Rasmussen, Bodil Aavad Jacobsen og Ruth
Sthen Hansen

Forsidefoto: Arresø marts 1999. Ruth Sthen Hansen.

Tryk: Frederiksborg Amt

Oplag: 150 stk.

ISSN: 0906-7299

ISBN: 87-7781-166-6

Copyright: Gengivelse tilladt mod tydelig kildeangivelse

Købes hos: Frederiksborg Amt. Teknik & Miljø,
Miljøafdelingen,
tlf. 48 20 50 00

Pris: 75 kr.

Arresø tilstand og udvikling 1998

Indholdsfortegnelse

	Side
Forord	5
Nøgletal for miljøtilstanden i Arresø.	7
1. Indledning	9
1.1 Baggrund	9
1.2 Generel karakteristik	10
2. Klimatiske forhold	11
2.1 Lufttemperatur	11
2.2 Nedbør	11
2.3 Ferskvandsafstrømning	12
3. Oplandsbeskrivelse	13
3.1 Oplandskarakteristik og -beskrivelse	13
3.2 Kilder til næringsstofbelastningen	14
4. Vand- og stofbalancer	19
4.1 Vandbalance	19
4.2 Fosforbalance	22
4.3 Kvælstofbalance	23
4.4 Jernbalance	24
5. Udvikling i miljøtilstand	25
5.1 Ilt og temperatur	26
5.2 Sigtdybde og klorofyl	26
5.3 Fosfor	27
5.4 Kvælstof	28
5.5 Øvrige vandkemiske og -fysiske parametre	28
5.6 Plankton	29
5.6.1 Planteplankton	29
5.6.2 Dyreplankton	32
5.6.3 Samspil mellem plante- og dyreplankton	33
5.6.4 Konklusion	35
5.7 Fiskeyngel	35
6. Sammenfatning	39
7. Referencer	41
Bilag	45

Forord

Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er gennemført i perioden 1989-1997 i 37 danske søer. Gældende fra 1998 er overvågningen foregået ifølge et revideret program.

Overvågningsprogrammet er efter den seneste revision ikke længere specifikt rettet mod at opgøre effekterne af Vandmiljøplanens og de øvrige planers forureningsbegrænsende foranstaltninger. I og med at fokus er udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøskadelige stoffer, er programmets navn ændret til "Nationalt Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003", i daglig tale kaldet NOVA 2003.

Der er sket en omprioritering af de ressourcer, der er anvendt til overvågning af udledninger, forekomst og effekter af næringsstoffer i vandmiljøet. De derved frigjorte midler skal blandt andet anvendes til overvågning af miljøskadelige stoffer, herunder tungmetaller. Listen over miljøskadelige stoffer, der skal overvåges, vil blive justeret efter 2 års målinger.

Det landsdækkende overvågningsprogram er på landsplan blevet reduceret fra 37 til 27 ferskvandssøer, herimellem Arresø og Bastrup Sø der ligger i Frederiksborg Amt. Programmet er samtidig blevet udvidet med 4 brakvandssøer.

I denne rapport beskrives resultaterne af den overvågning som Frederiksborg Amt har udført i Arresø i 1998. Der er lagt vægt på en ret kortfattet beskrivelse af undersøgelsesresultaterne, og en vurdering af udviklingstendenserne i søens miljøtilstand siden overvågningen af søen blev begyndt. Desuden vurderes søens fremtidige udviklingsmuligheder.

Nøgletal for miljøtilstanden i Arresø.

Arresø	1998		Udvikling
	År	Sommer	Sommer
	Gsn.		Gsn./Med.
Opholdstid (år)	1,99	3,44	
Kvælstofbelastning, tons/år	426		
Kvælstofbelastning (mg pr. m ² pr. dag)	29,3		
Total indløbskoncentration (mg/l)	6,70		---/
Kvælstoftilbageholdelse (mg pr. m ² pr. dag)	20,8		
Kvælstoftilbageholdelse, %	62		
Fosforbelastning, tons/år	10,1		
Fosforbelastning (mg pr. m ² pr. dag)	0,69		
Total indløbskoncentration (mg/l)	0,159		---/
Fosfortilbageholdelse (mg pr. m ² pr. dag)	-0,18		
Fosfortilbageholdelse, %	-25		
Sigtdybde, m	0,45	0,39	0/0
Klorofyl a, µg/l	201	224	0/0
Suspenderet stof, mg/l	46	59	
Total kvælstof, mg/l	2,84	2,68	0/0
Uorganisk kvælstof, mg/l	0,48	0,12	
Total fosfor, mg/l	0,208	0,239	--/-
Opløst fosfat-fosfor, mg/l	0,004	0,004	
pH	8,8	9,2	---/---
Silikat	0,08	0,03	---/---
Planteplankton biomasse, mm ³ /l	22,5		0/
% blågrønalger	58		
% kiselalger	6		
% grønalger	34		
% rekylalger	0		

Gennemsnit af udvalgte parametre for Arresø 1998. Udviklingen er baseret på P-værdier beregnet ved lineær regression af data fra 1989-98. 0 angiver ingen signifikant udvikling, +/-, ++/--, +++/--- angiver hhv. 10, 5 og 1% signifikansniveau.

1. Indledning

Arresø er Danmarks største sø (39,87 km²), men samtidig ret lavvandet (middeldybde 3,1 m). Arresø ligger i den nordvestlige del af Frederiksborg Amt øst for Frederiksværk (figur 1.1).

Figur 1.1
Kort med Arresøs geografiske placering i den nordvestlige del af Frederiksborg Amt.



1.1 Baggrund

Arresø er i "Vandområdeplan for Arresø og opland" /1/ målsat med en generel målsætning, tabel 1.1.

Tabel 1.1
Målsætning og kvalitetskrav for Arresø

Målsætning	Generel B
Kvalitetskrav:	
Total fosfor (årgennemsnit)	≤ 0,06 - 0,07 mg/l
Sigtdybde (sommergennemsnit, maj-oktober)	≥ 0,8 m

Arresø opfylder ikke målsætningen. Årsagen er at søen i mange år har fået tilført store mængder fosfor, dels med spildevand fra renseanlæg og spredt bebyggelse og dels fra dyrkede marker ved afstrømning og erosion.

Arresø er som følge af den store næringssaltkoncentration i søvandet karakteriseret ved en stor planteplanktonbiomasse og en heraf følgende ringe sigtdybde. Det uklare vand bevirker at Arresø er uden væsentlig undervandsvegetation.

Ud over en række direkte indgreb overfor kilderne til fosforbelastningen af Arresø, skal der etableres 7 søer i oplandet til Arresø. Disse søer skal tilbageholde fosfor og derved medvirke til at fosforkoncentrationen i Arresø reduceres. De første 2 søer er etableret i henholdsvis 1993 (Solbjerg Engsø) og 1996 (Strødam Engsø). Begge søer ligger i oplandet til Pøleå (se figur 3.1).

Næringssaltbelastningen fra landbruget forsøges især nedbragt ved frivillige jordbrugsforanstaltninger. Omkring Arresø har amtet udpeget et 150 meter bredt bælte som SFL-område (Særligt Følsomme Landbrugsområder). Også skrånende arealer ned til de vandløb, der løber til søen er udpeget. På disse arealer kan der søges om tilskud til miljøvenlige driftsformer.

1.2 Generel karakteristik

Morfometriske data for Arresø ved vandspejlskote 3,97 m. o. DNN ses af tabel 1.2. Kort med indtegnede dybdekurver og prøvetagningsstationer findes i bilag 1.1, areal- og volumenhyposograf i bilag 1.2.

Tabel 1.2
Morfometriske data for Arresø iflg. T.
Høy, 1995

Overfladeareal, km ²	39,87
Gennemsnitsdybde, m	3,1
Maksimal dybde, m	5,9
Vandvolumen, mio. m ³	122,75
Oplandsareal, km ²	215

Det topografiske opland til Arresø er opgjort til 215 km². Heraf afvandes størstedelen til søen via 4 større tilløb, Ramløse Å, Pøleå, Æbelholt Å og Lyngby Å (figur 3.1). Der er opstillet målestationer til måling af vandføring og stoftransport i de 4 tilløb svarende til et målt opland på i alt 131 km². Søen har udløb til Roskilde Fjord gennem Arresø Kanal i søens nordvestlige del. Afløbet er reguleret af en sluse. Der er givet en nærmere beskrivelse af oplandet i afsnit 3.

2. Klimatiske forhold

De klimatiske forhold har stor betydning for en søs miljøtilstand, idet de bl.a. er bestemmende for søens omrøringsforhold og vandtemperatur samt for ferskvandsafstrømningen og stoftilførslen til søen.

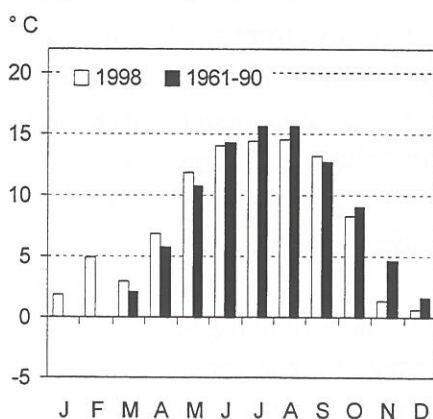
Gennemsnitstemperaturen for 1998 var præget af den usædvanligt varme februar måned. Resten af året var temperaturen tæt på normalen. Der faldt 25% mere nedbør end i et normalår, specielt var oktober bemærkelsesværdig med en nedbørsrekord på 126 mm, hvilket er 125% højere end normalen.

2.1 Lufttemperatur

Årsmiddeltemperaturen ved Flyvestation Værløse var i 1998 7,9 °C, kun 0,2 grad højere end middeltemperaturen for normalperioden (7,7°C).

Januar var temmelig varm og februar var endog usædvanlig varm med en middeltemperatur på 4,9°C, hvor middeltemperaturen for måneden i perioden 1961-90 er 0,05°C. I forårmånederne marts-maj var temperaturen en smule over middel og i juni-august under middel. November måned var kold (figur 2.1).

Figur 2.1
Månedsmiddeltemperatur målt ved
Flyvestation Værløse. Månedsværdier
for 1998 samt normalværdier for peri-
oden 1961-90 (Danmarks Meteorolo-
giske Institut).



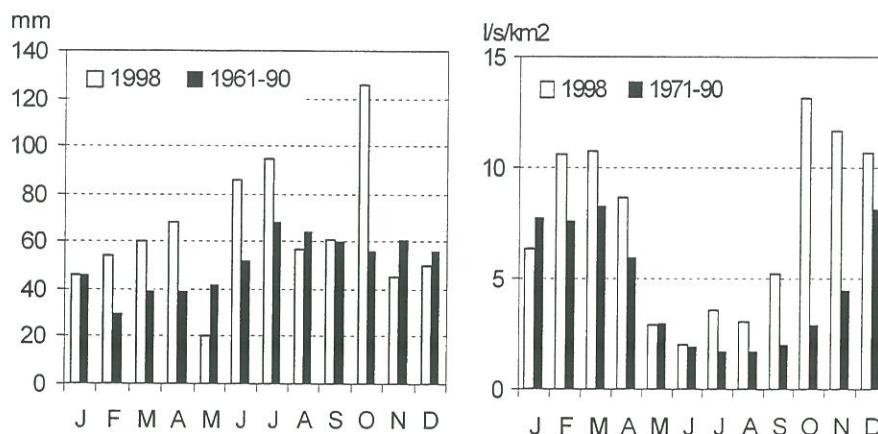
2.2 Nedbør

Årsnedbøren for Østsjælland i 1998 var 768 mm, hvilket er 25 % mere end årsgennemsnittet for perioden 1961-90 (613 mm).

Kun i månederne maj, august, november og december var nedbørsmængden under middel. I oktober var nedbørsmængden rekordstor med 126 mm, hvilket var 70 mm mere end normalt, svarende til

125%. I de øvrige måneder februar-april og juni-juli var nedbørsmængden i 1998 mellem 28 og 43 mm over normalen (figur 2.2 tv).

Figur 2.2
Nedbør i det østlige Sjælland (tv). Månedsværdier for 1998 samt normalværdier for perioden 1961-90.
Månedsmiddelaflstrømning i Havelse Å, 1998, samt normalværdier for perioden 1971-90 (th).



2.3 Ferskvandsafstrømning

Til sammenligning med de meteorologiske data, er afstrømningens månedsmiddel i 1998 for oplandet til Havelse Å vist på figur 2.2 sammen med den gennemsnitlige afstrømning for perioden 1971-90.

Årsmiddelaflstrømningen ved Havelse Å var i 1998 7,4 l/s/km² mod 2,2 l/s/km² i 1997 og en normal på 4,6 l/s/km². Det svarer til 160% mere end normalt, eller den tredjestørste afstrømning, der er målt siden 1960. Det tørre år 1997 blev således afløst af et meget afstrømningsrigt år 1998, hvor januar blev den eneste måned med en middelaflstrømning under normalen. I 9 af årets 12 måneder var månedsmiddelaflstrømningen markant højere end normalen. I månederne juli, september, oktober og november var afstrømningen mere end 100% over normalen.

Maksimumafstrømningen i 1998 var 34,9 l/s/km², hvilket er det 11. højeste registrerede årsmaksimum siden 1948. Årets maksimumafstrømning faldt den 30. oktober.

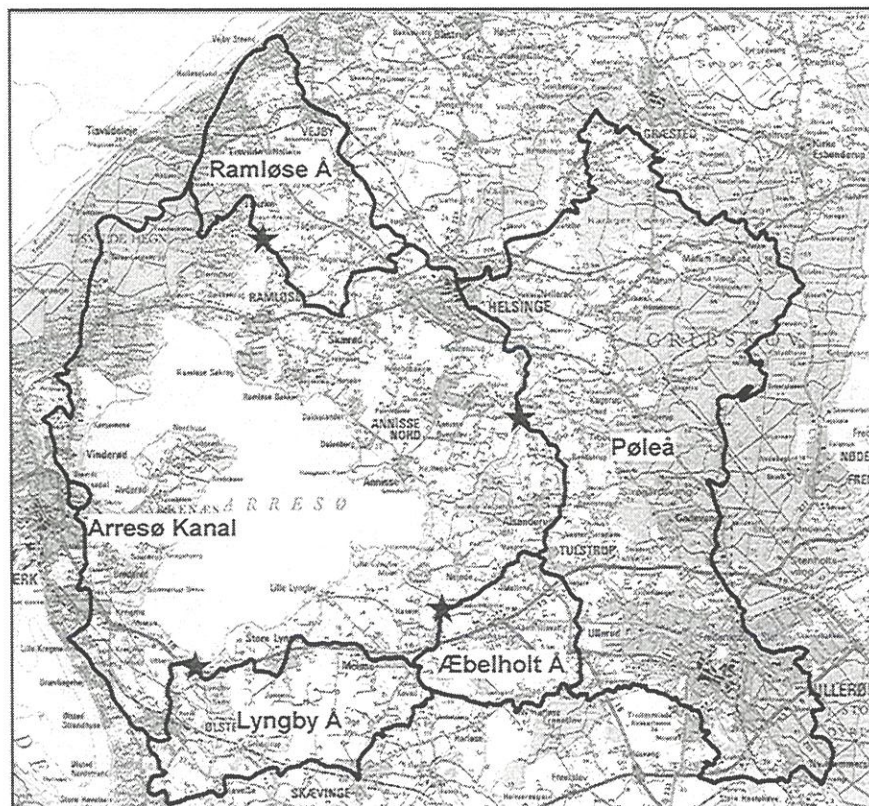
Hvor den store nedbørsmængde i efteråret 1997 ikke gav anledning til afstrømninger over det normale, medførte nedbørsmængden i oktober 1998 en meget stor afstrømning. Det må ses som et udtryk for, at de sekundære grundvandsmagasiner er fyldt, og at en stor del af nedbøren derfor afstrømmer overfladisk.

3. Oplandsbeskrivelse

3.1 Oplandskarakteristik og -beskrivelse

Figur 3.1 viser oplandet til Arresø, deloplandene til de 4 største tilførselsløb samt placeringen af amtets målestationer. Det totale opland til søen er opgjort til 255 km² inklusive et søareal på 39,9 km². Fraregnet søarealet bliver oplandets areal 215 km² (bilag 3).

Figur 3.1
Kort over Arresø's opland med ★-markering af vandløbsstationer.



Det topografiske opland til Arresø består hovedsagelig af landbrugsområder samt i den nordlige- og østlige del af noget skov (bilag 3). De største byer i oplandet er Hillerød og Helsinge. En beskrivelse af de enkelte deloplande ses i tabel 3.1.

Tabel 3.1
Beskrivelse af de målte oplande til Arresø

Vandløb	Oplands-areal til målestation	Oplandstype
Pølea	80 km ²	Store landbrugs- og skovområder En række bysamfund
Æbelholt Å	12 km ²	Landbrugsarealer Enkelte småbebyggelser
Lyngby Å	19 km ²	Landbrugsarealer med enkelte mindre bysamfund
Ramløse Å	20 km ²	Landbrugs-, skov- og moseområder

Oplandet til de 4 målestationer udgør i alt 131 km². De resterende 84 km² er det umålte opland nedstrøms målestationerne samt op-

land til mindre grøfter og vandløb, hvor der ikke er opstillet målestationer.

Målinger i afløbet er foretaget i Arresø Kanal et stykke nedstrøms for udløbet. Det betyder, at der er medtaget et mindre opland efter udløbet på 0,31 km². Bidrag fra dette opland er fratrasket beregningerne for afløbet.

Oplandsanalyser

Jordbunden i de øverste 20 cm i oplandet til Arresø er beskrevet på kort fra Statens Jordbrugsforskning. Et udtræk fra kortet (bilag 3) og en behandling efter /2/ viser, at jordbunden i oplandet til Arresø hovedsageligt består af lerblandet sandjord, der udgør 83% af arealet. Sandblandet lerjord udgør 10% og humus 5%.

De geologiske forhold er tilsvarende beskrevet på kort fra Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS). De vigtigste geologiske forekomster i oplandet til Arresø er smeltevandsand, der udgør 33% af arealet, ferskvandstørv med 31%, smeltevandsgrus med 15% og moræneler med 13% (bilag 3).

3.2 Kilder til næringsstofbelastningen

Kilder til næringsstofbelastningen af Arresø omfatter bidrag fra punktkilder, arealbidrag samt bidrag fra atmosfæren via nedbør. Ifølge den opstillede vandbalance (bilag 4.1) er der desuden i nogle måneder et grundvandstilskud til søen. Det er imidlertid vurderet, at usikkerheden på vandbalancen er betragtelig bl.a. som følge af søens størrelse (afsnit 4.1). Der er derfor ikke taget hensyn til evt. til- og fraførsel af næringsstoffer via grundvandet.

På grund af den store afstrømning i 1998 var tilførslen af næringsstoffer til Arresø den højeste siden 1994.

Fosfor

Fosfortilførslen til Arresø fordelt på belastningskilder for årene 1989-98 er præsenteret i tabel 3.2. Udviklingen i bidraget fra spildevand og belastningskildernes relative betydning i 1998 er vist i figur 3.2.

Der er siden 1989 ofret store midler på at rense spildevand for fosfor i oplandet til Arresø. Indsatsen har betydet et fald fra 27 tons fosfor fra renseanlæg i 1989 til 3 tons i 1998. Bidraget fra regn-

vandsbetingede udledninger har derimod været på samme niveau (ca. 2 tons/år) igennem hele perioden.

Tabel 3.2

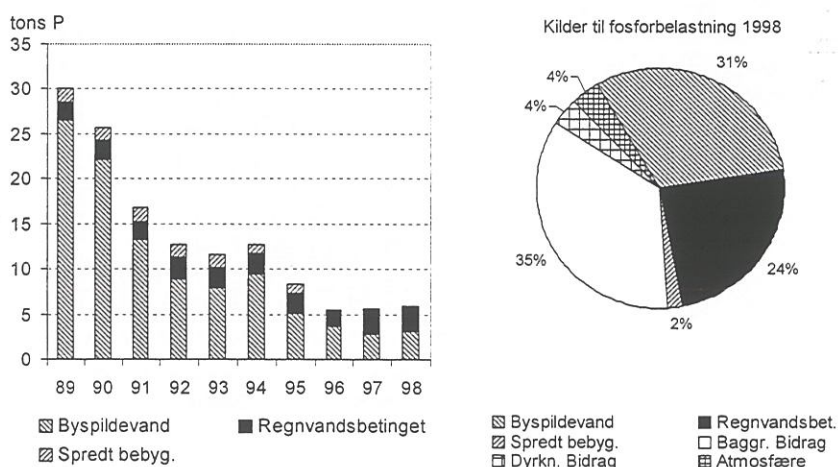
Fosforbidraget til Arresø
1989-98 fordelt på belastningskilder.

Fosfor t P/år	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Byspildevand	26,54	22,18	13,26	8,94	7,88	9,47	5,10	3,71	2,77	3,16
Regnvandsbet.	2,03	2,03	2,03	2,38	2,22	2,22	2,23	1,60	2,69	2,57
Spredt bebyggelse	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0,97	0,97	0,23	0,23	0,23
Udledt spildevand i alt	30,02	25,66	16,74	12,77	11,55	12,66	8,30	5,54	5,68	5,96
Baggrundsbidrag										3,69
Dyrkningsbidrag										0,47
Diffus tilførsel i alt	-3,52	-3,48	6,23	-1,79	-1,22	-2,11	-0,35	-0,61	-0,94	4,16
Atmosfærisk dep.	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40
Total tilførsel⁸⁾	27,10	22,78	23,57	11,58	10,93	11,15	8,55	5,53	5,14	10,52
Indløbskonc., mg P/l	0,801	0,567	0,436	0,266	0,240	0,159	0,151	0,241	0,188	0,159
Ret. Solbjerg Engsø						8,97	4,59	-0,03	0,17	0,42
Ret. Strødam Engsø									1,58	2,03

Det diffuse bidrag er i de fleste år beregnet som negativt. Det kan dels skyldes at fosfor generelt underestimeres ved punktprøvetagning, dels at der foregår en retention af fosfor i vandløbene og de opstrøms beliggende søer. Der er således etableret to engsøer i forbindelse med Pøleå opstrøms for Arresø i 1993 og 1996. Engsøernes samlede retention har i perioden 1994-98 varieret mellem -0,03 og 8,97 tons fosfor/år (tabel 3.2).

Figur 3.2

Udviklingen i spildevandsbelastningen af Arresø 1989-98 (tv) og den relative fordeling af kilder til fosforbelastningen i 1998 (th).



Spildevand fra renseanlæg (31%) og regnvandsbetingede udledninger (24%) var i 1998 stadig de vigtigste kulturbetingede kilder til fosforbelastning af Arresø. Baggrundsbidraget udgjorde 35%.

Kvælstof

Kvælstoftilførslen til Arresø fordelt på belastningskilder for årene 1989-98 er præsenteret i tabel 3.3. Udviklingen i bidraget fra spil-

devand og diffuse kilder og belastningskildernes relative betydning i 1998 er vist i figur 3.3.

Tabel 3.3

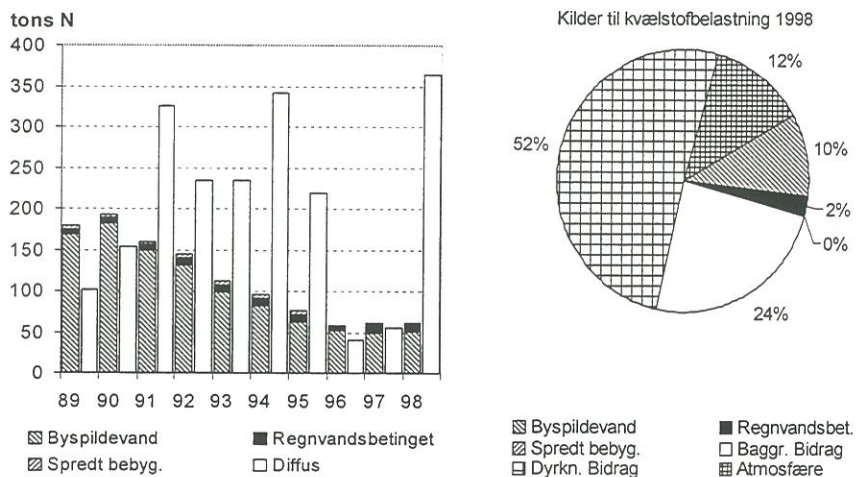
Kvælstofbidraget til Arresø 1989-98 fordelt på belastningskilder.

Kvælstof t N/år	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Byspildevand	168,0	182,0	149,0	131,0	99,0	82,5	63,3	51,5	49,2	50,4
Regnvandsbet.	7,0	7,0	7,0	9,0	9,0	8,6	8,9	6,4	10,7	10,1
Spredt bebyggelse	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	1,1	1,1	1,1
Udledt spildevand i alt	179,0	193,0	160,2	144,2	112,2	95,3	76,4	58,9	61,0	61,6
Baggrundsbidrag										116,3
Dyrkningsbidrag i alt										247,7
Diffus tilførsel	101,0	153,0	324,8	234,8	234,8	341,7	219,0	40,1	55,2	364,1
Atmosfærisk dep.	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0	59,8	59,8
Total tilførsel	359,0	425,0	564,0	458,0	426,0	516,0	374,5	172,9	176,0	485,4
Indløbskonc., mg N/l	8,5	8,9	9,2	9,2	8,1	6,6	5,6	4,6	4,6	6,7
Ret. Solbjerg Engsø						22,9	12,1	6,6	5,0	1,1
Ret. Strødam Engsø									13,7	11,7

Som for fosfors vedkommende ses der et tydeligt fald i kvælstofbidraget fra renseanlæg. Bidraget er siden 1989 faldet til ca. en tredjedel. Derimod ses der ingen udviklingstendens i størrelsen af det diffuse bidrag (figur 3.3), der snarere afspejler variationer i afstrømningens størrelse.

Figur 3.3

Udvikling i spildevandsbelastning og arealbidrag til Arresø 1989-98 og den relative fordeling af kilder til kvælstofbelastningen i 1998.



Det betydeligste bidrag til kvælstofbelastningen i 1998 stammede fra dyrkede arealer. Bidraget var som følge af en meget høj afstrømning i 1998 det hidtil højeste, der er målt i overvågningsperioden.

De enkelte målestationer

Næringsstofbelastningen til de enkelte vandløbsstationer i 1998 er opgjort i tabel 3.4 (tons) og 3.5 (kg/ha). Oplandet til Pøleå bidrog med langt den største andel af den absolutte mængde af både kvælstof (55%) og fosfor (72%) og havde som følge af en større andel af

bymæssig bebyggelse også det største arealmæssige bidrag med hensyn til fosfor. Med hensyn til kvælstof kom de største arealmæssige bidrag fra oplandene til Æbelholt Å og Lyngby Å, der begge er domineret af landbrugsarealer.

Tabel 3.4

Vandtilførsel og næringsstoftransport til de enkelte vandløbsstationer i Arresø opland, 1998.

	Q, 10 ³ m ³	N, t	P, t	PO ₄ , t
Æbelholt Å, st. 1324	3147	25,26	0,42	0,16
Lyngby Å, st. 1320	4452	51,88	0,61	0,20
Ramløse Å, st. 1358	4330	19,71	0,79	0,52
Pøleå, st. 1342	27819	118,79	4,61	1,88

Tabel 3.5

Arealbidrag for vand og næringsstof til de enkelte vandløbsstationer i Arresø opland, 1998.

	Q, l/s/km ²	N, kg/ha	P, kg/ha	PO ₄ , kg/ha
Æbelholt Å, st. 1324	8,0	20,4	0,34	0,13
Lyngby Å, st. 1320	7,3	26,7	0,31	0,11
Ramløse Å, st. 1358	6,7	9,7	0,39	0,26
Pøleå, st. 1342	11,2	15,1	0,58	0,24

Indsatsområder

De største belastningskilder med fosfor til Arresø er stadig spildevand fra renseanlæg og regnvandsbetingede udledninger, hvorfor en yderligere indsats bør koncentrere sig om at nedbringe disse udledninger.

Kvælstofbelastningen af Arresø stammer overvejende fra de dyrkede arealer i søens opland. Gennem vedtagelsen af Vandmiljøplan II vil der blive gennemført foranstaltninger, der skal reducere kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealer. Det drejer sig bl.a. om reduceret gødningsforbrug og ammoniakfordampning samt bedre udnyttelse af gødningen.

4. Vand- og stofbalancer

Vandtilførslen til Arresø var på grund af det afstrømningsrige år 1998 den højeste, der er målt i overvågningsperioden. Både kvælstof og fosforbelastningen var den højeste siden 1994. Søen aflastede 2,6 tons fosfor, en forholdsvis lille mængde til trods for den store afstrømning og deraf følgende korte opholdstid.

Målinger og beregninger

Der er opstillet vand- og stofbalancer for årene 1989-98 baseret på punktudtagning af vandprøver og kontinuerte registreringer af vandføringen i Æbelholt Å, Lyngby Å, Ramløse Å og Pøleå, der tilsammen udgør ca. 60 % af det samlede opland til Arresø (afsnit 3.1 og bilag 3).

Stofbidraget til søen fra arealer nedstrøms målestationerne samt arealerne uden for de større tilløb er opgjort ved at benytte vandføringsvægtede månedsmiddelkoncentrationer fra målte oplande, som er sammenlignelige med hensyn til arealanvendelse og afstrømning, multipliceret med månedsmiddelfastrømningen for de samme oplande. For Arresøs umålte opland er benyttet værdier fra de målte oplande til Lyngby Å og Æbelholt Å. Hertil lægges bidrag fra punktkilder i det umålte opland /2/.

Til beregning af stofbidraget fra atmosfæren er benyttet værdier på 0,10 kg fosfor og 15 kg kvælstof/ha søoverflade som anbefalet af Danmarks Miljøundersøgelser.

Der er korrigeret for det for meget målte opland til afløbsstationen i Arresø Kanal jf. afsnit 3.1.

4.1 Vandbalance

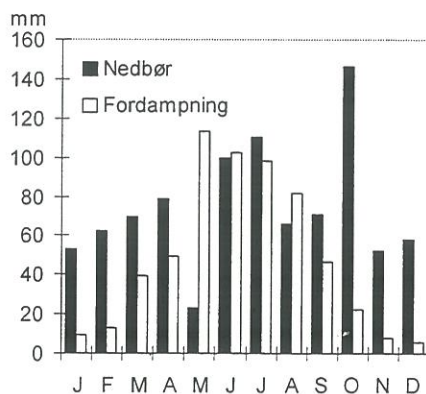
Nedbør og fordampning

Den korrigerede nedbør på basis af målt nedbør fra Danmarks Meteorologiske Institut blev beregnet til 891 mm på Arresø. Den korrigerede fordampning på basis af fordampningstal fra Dansk Jordbrugsforskning blev beregnet til 589 mm svarende til at der på årsbasis har været et nedbørsoverskud på 302 mm, figur 4.1. Korrektionerne er foretaget ifølge /2/.

Nedbørsoverskuddet var mest markant i januar-februar og oktober-december. Kun i maj, juni og august var fordampningen større end

nedbøren. Nedbørsunderskuddet i sommermånederne var på grund af den kølige, regnfulde sommer langt under det normale.

Figur 4.1
Nedbør og fordampning i Arresø 1998

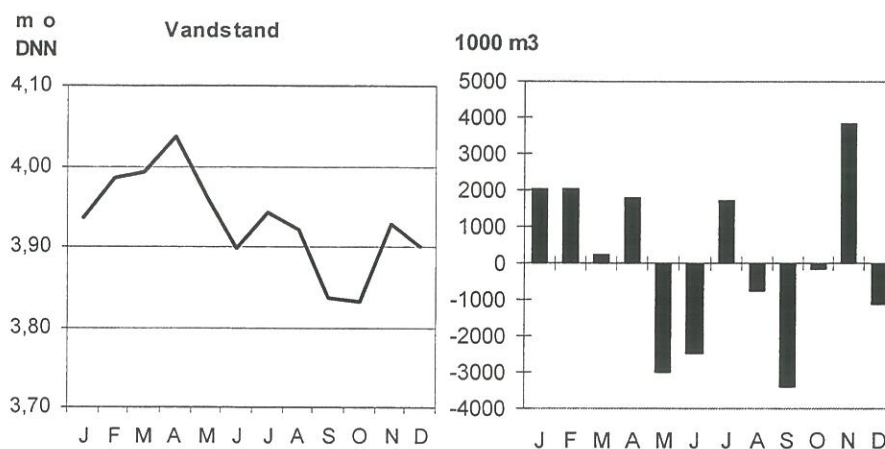


Nedbør direkte på og fordampning fra søoverfladen udgjorde hhv. 36 og 28% af den samlede til- og fraførte vandmængde.

Vandstand og volumenændringer

Vandspejlskoten i Arresø er beregnet på basis af 3 vandstandsstationer. Koten varierede mellem 4,04 m o. DNN i april og 3,83 m o. DNN i oktober, figur 4.2. Forskellen mellem vandstanden ved årets start og slutning var 120 mm og resulterede i en magasinændring på 700.000 m³ vand i 1998.

Figur 4.2
Årstidsvariation i vandstand (tv) og vandvolumen (th) i Arresø 1998.



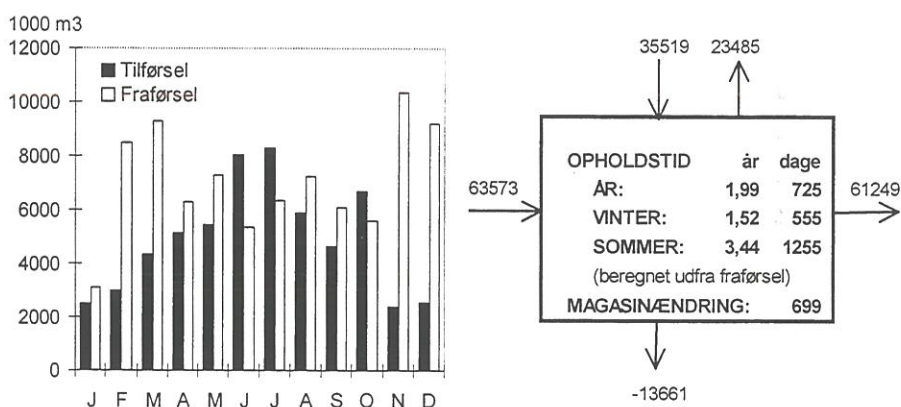
På grund af søens størrelse er vandspejlsvariationerne årsag til store variationer i søens volumen, figur 4.2. Da vandspejlskoten desuden kan variere en del mellem de tre målestationer som følge af vindforholdene kan der være en betydelig usikkerhed på bestemmelsen af søens volumen.

Vandbalance

Variationen i de samlede til- og fraførte vandmængder er præsenteret på månedsbasis i figur 4.3. De meget store fraførsler i november og december er betinget af, at sluseportene i afløbet har været åbnet helt som følge af de store nedbørsmængder i oktober.

Balancen (figur 4.3 th) viser, at der i 1998 netto forsvandt 13 mio. m³ vand ud af Arresø ved udsivning. Det understreges, at dette led ophober usikkerheder fra alle øvrige led i vandbalancen. Samtidig er det som ovenfor nævnt forbundet med stor usikkerhed at beregne volumen for en sø af Arresøs størrelse. I [3] blev det vurderet, at udveksling mellem Arresø og grundvandet kun har ringe betydning. Den beregnede udsivning i 1998 tilskrives derfor usikkerhed på beregningerne, og der er følgelig ikke foretaget stofberegninger på ind- og udsivende grundvand.

Figur 4.3
Variation i den månedlige vandtransport til og fra Arresø i 1998 (tv) samt vandbalance og opholdstider for Arresø 1998. Tallene ved pilene samt magasinændringen angiver 1000 m³ vand.



Opholdstid

Tabel 4.1
Oversigt over opholdstider (år) i Arresø 1989-98 beregnet ud fra fraførslen af vand via afløbet.

År	Årsgsn.	Sommergsn.	Maksimum	Minimum
1989	4,9	6,1	7,2 (jul)	2,6 (jan)
1990	3,8	4,7	5,3 (sep)	1,7 (feb)
1991	2,4	2,4	4,5 (sep)	1,4 (jan)
1992	2,9	5,2	7,9 (okt)	1,2 (feb)
1993	3,5	8,4	9,8 (maj)	1,5 (jan)
1994	1,9	5,4	7,6 (aug)	0,8 (mar)
1995	2,2	4,8	9,6 (sep)	0,7 (feb)
1996	10,3	10,6	13,4 (dec)	7,1 (jan)
1997	7,1	7,3	7,4 (mar)	6,8 (okt)
1998	2,0	3,4	7,9 (jun)	1,0 (nov)

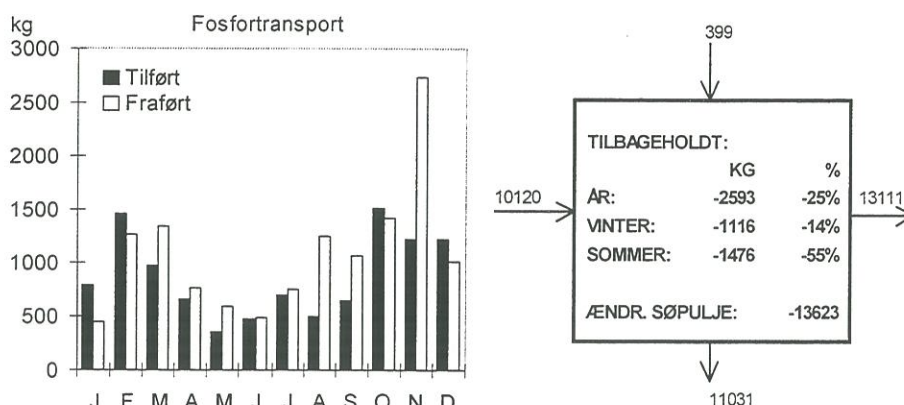
Den teoretiske opholdstid baseret på fraførte vandmængder for hele 1998 var 1,99 år, den hidtil næstkorteste (tabel 4.1). I de tørre år

1996 og 1997 var opholdstiden hhv. 5 og 3,5 gange længere end i 1998. Den gennemsnitlige opholdstid på årsbasis for samtlige undersøgelsesår i Arresø er 4,1 år.

4.2 Fosforbalance

Den totale fosfortilførsel til Arresø i 1998 er præsenteret på månedsbasis i figur 4.4 tv. Tilførslerne var størst i begyndelsen og slutningen af året. Kun i januar, februar, oktober og december var tilførslerne større end fraførslerne. Det skyldes, at 1998 var et år med meget blæst og nedbør. Derved omrøres vandmasserne i Arresø, og sedimenteret partikulært fosfor resuspenderes til vandfasen og skylles ud via afløbet. Aflastningen af fosfor i Arresø er således ikke forårsaget af en iltvindsbetinget frigivelse af ortofosfat, som det er tilfældet i mange næringsrige, danske søer. Den ringe fraførsel i januar, februar og december skyldtes, at søen var isdækket, hvorved en stor mængde partikulært materiale har været sedimenteret.

Figur 4.4
Til- og fraførte fosformængder (tv) og fosforbalance (th) i Arresø 1998. Alle værdier er i kg.



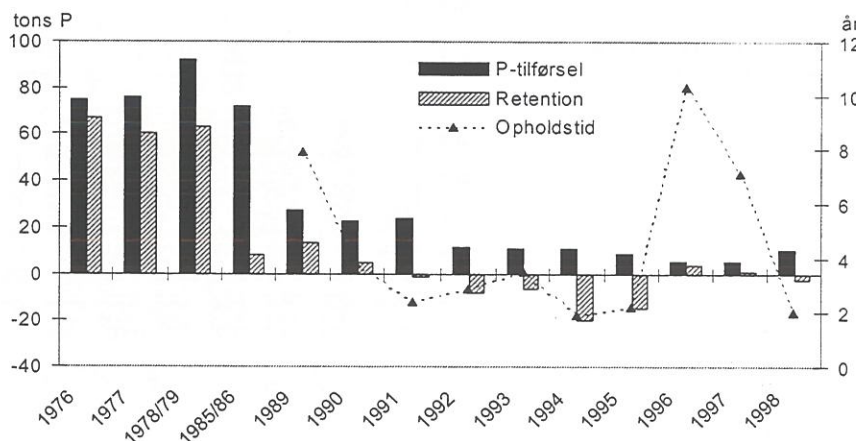
Figur 4.4 th viser en oversigt over Arresø's fosforbalance i 1998. Detaljerede balancer på månedsbasis findes i bilag 4.1 og 4.2, og den årlige transport for samtlige tilsynsår ses i bilag 4.3. På grund af vurderingerne i /3/ er grundvandsbidraget sat til 0 (se afsnit 4.1). En beskrivelse af de enkelte kilder til fosforbelastningen ses i afsnit 3.2.

Figur 4.4 th viser, at søen via afløbet har afgivet 2,59 tons af sin interne fosforpulje, idet der løb 25% mere fosfor ud af søen end der blev tilført. Søpuljen reduceredes med næsten fjorten tons fosfor, hvoraf langt størstedelen (11 tons) blev sedimenteret i slutningen af året og resten forsvandt via udløbet. Da Arresø er præget af resuspensionshændelser i forbindelse med blæsevejr, er der en stor

variation i hvor stor en del af søens fosfor der på et givet tidspunkt befinder sig i vandfasen (søpuljen). Således varierede søpuljen i 1998 mellem 11 tons i december, hvor søen var isdækket, og 34 tons i september. Aflastningens størrelse afhænger derfor i høj grad af om resuspension er sammenfaldende med stor vandfraførsel.

Figur 4.5 viser udviklingen i fosfortilførsel, retention og opholdstid for perioden 1976-98. Aflastning af fosfor fra Arresø fandt første gang sted i 1991 efter at der var sket en markant reduktion i tilførslen. Opholdstiden har stor betydning for, hvorvidt Arresø tilbageholder eller aflaster fosfor. Søen aflastede således ikke fosfor i de 2 tørre år 1996 og 1997 hvor opholdstiden var lang.

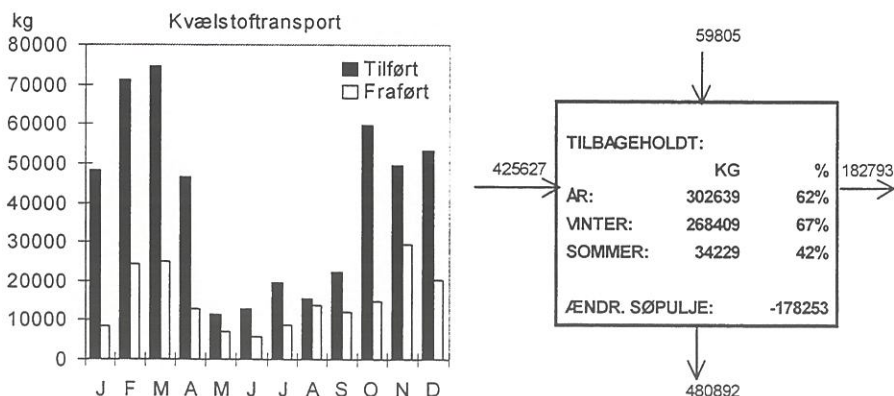
Figur 4.5
Fosfortilførsel, -retention og opholdstid i Arresø 1976-98.



4.3 Kvælstofbalance

Den totale kvælstoftilførsel til Arresø i 1998 er præsenteret på månedsbasis i figur 4.6 tv. Tilførslerne var størst i begyndelsen og slutningen af året og der var i alle måneder et kvælstoftab i søen som følge af omsætning og/eller ophobning af kvælstof.

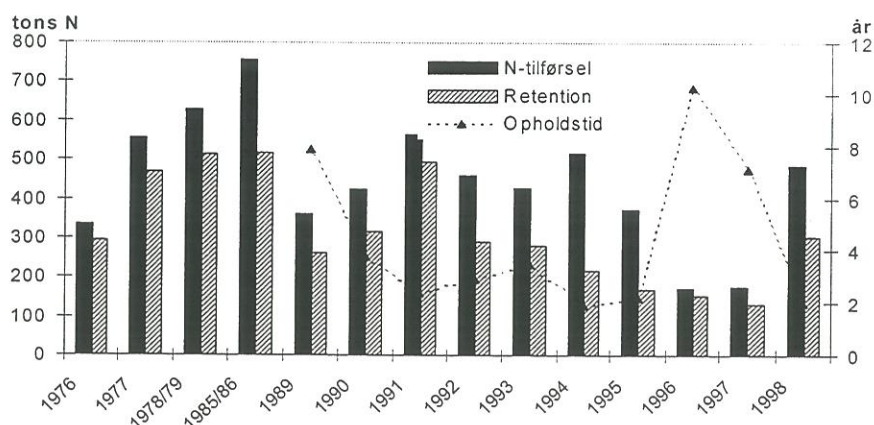
Figur 4.6
Til- og fraførte kvælstofmængder (tv) og kvælstofbalance (th) i Arresø 1998. Alle værdier er i kg.



En oversigt over kvælstofbalancen i Arresø i 1998 er givet i figur 4.6 th. Detaljerede balancer på månedsbasis findes i bilag 4.1 og 4.2, og den årlige transport i samtlige tilsynsår ses i bilag 4.3. På grund af vurderingerne i /3/ er grundvandsbidraget sat til 0 (se afsnit 4.1). En beskrivelse af de enkelte kilder til kvælstofbelastningen ses i afsnit 3.2.

Tilførslen af kvælstof var på grund af den store afstrømning i 1998 den højeste side 1994, i alt 426 tons via indløbet og 60 tons fra nedbør og deposition. På årsbasis blev 62% af det tilførte kvælstof svarende til 303 tons omsat eller tilbageholdt i Arresø.

Figur 4.7
Kvælstoftilførsel, -retention og opholdstid i Arresø 1976-98.



Figur 4.7 viser udviklingen i kvælstoftilførsel, retention og opholdstid i Arresø for perioden 1976-98. Der ses en tydelig sammenhæng mellem kvælstoftilførsel og opholdstid og dermed vandtilførslen. Kvælstofretentionen varierer en del, men der ses ingen tydelig sammenhæng mellem retention og opholdstid. Andre faktorer må derfor også have betydning for retentionen.

4.4 Jernbalance

Der er jævnfør vejledning for prøvetagning til NOVA 2003 ikke målt jern i Arresø 1998.

5. Udvikling i miljøtilstand

I det følgende afsnit er udviklingen i miljøtilstanden i Arresø siden 1989 vurderet ud fra ændringer i fysiske, kemiske og biologiske variable. Afsnittet indeholder desuden en kort præsentation af de vigtigste måleresultater fra 1998.

Tabel 5.1 viser en oversigt over hvilke parametre, der har vist signifikante ændringer i perioden 1989-1998. Vurderingen er foretaget ved hjælp af lineær regression af middel- og medianværdier for sommerperioden (1. maj-30. september). Resultater for indløbskoncentrationer er dog årsgennemsnit.

Tabel 5.1

Udviklingstendenser i sommermiddel og -medianværdier for udvalgte parametre i Arresø 1989-1998. 0 angiver ingen signifikant udvikling, +/-, ++/--, +++/-- angiver hhv. 10, 5 og 1% signifikansniveau. * : årsmiddel

Parameter	Tendens	r ²	p-værdi
Sigtdybde	0/0	0,018/0,016	0,69/0,70
Klorofyl	0/0	0,003/0,087	0,60/0,40
Total fosfor, søkonc.	--/-	0,418/0,372	0,04/0,06
Total fosfor, indløbskonc.*	---/	0,698/	0,00/
Total kvælstof, søkonc.	0/0	0,143/0,131	0,27/0,30
Total kvælstof, indløbskonc.*	---/	0,667/	0,00/
pH	---/---	0,721/0,633	0,00/0,00
Silikat	---/---	0,658/0,662	0,00/0,00
Planteplanktonbiomasse	0/	0,155/	0,25/
Dyreplanktonbiomasse	0/	0,194/	0,69/

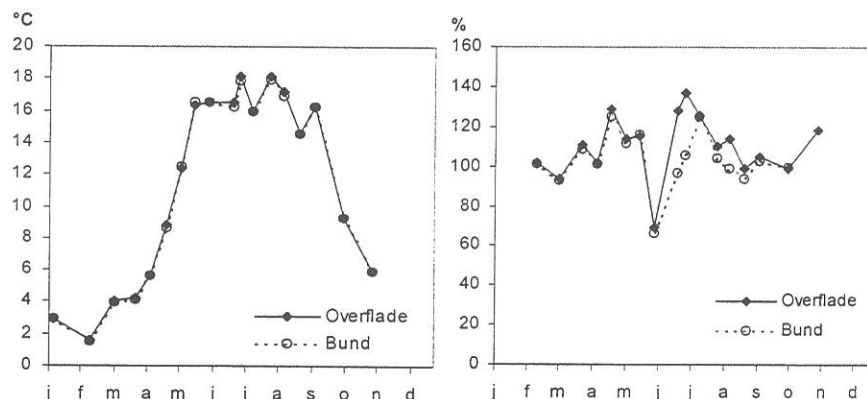
Der er siden overvågningsperiodens start i 1989 sket et signifikant fald på 1% signifikansniveau i den gennemsnitlige indløbskoncentration af både fosfor og kvælstof. Dette har medført et tilsvarende signifikant fald i søkoncentrationen af fosfor (5% signifikansniveau), men ikke af kvælstof. Faldet i søkoncentrationen af fosfor har ikke medført et tilsvarende fald i planteplanktonbiomasse og klorofylkoncentration eller en stigning i sigtdybde. Beregningsgrundlaget for regressionsanalyserne findes i bilag 5.3 og 5.4.

Til beskrivelse af de fysiske og kemiske forhold i de frie vandmasser i Arresø i 1998 er der taget vandprøver og foretaget in situ målinger 19 gange i løbet af året. På den sidste prøvedato i december var søen isdækket, og prøver til vandkemi blev taget i afløbet. Kort med indtegnede prøvestationer findes i bilag 1 og en oversigt over samtlige måleresultater i bilag 5.1 og 5.2.

Prøvetagningsmetodik for de biologiske undersøgelser ses i afsnit 5.6 og 5.7.

5.1 Ilt og temperatur

Figur 5.1
Temperatur (tv) og iltprocent (th) i
Arresø 1998.

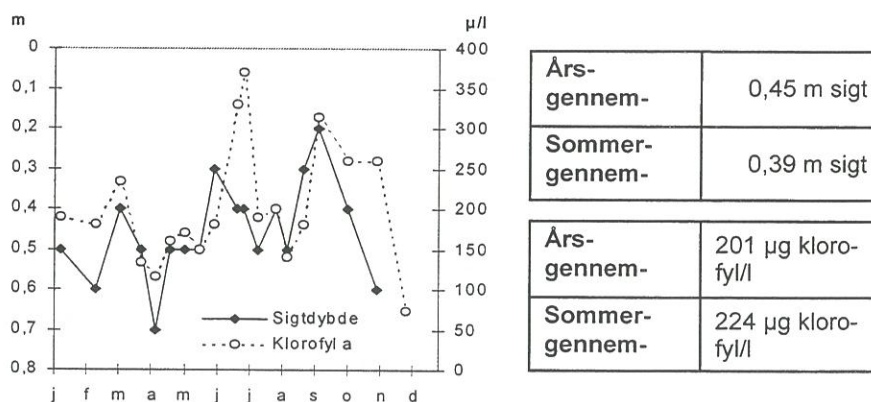


Udviklingen i vandtemperatur og iltprocent i Arresø i 1998 er vist i figur 5.1. På grund af den kølige sommer nåede vandtemperaturen ikke over 20 °C. Til gengæld var iltforholdene gode. Kun på en enkelt dato i juni har iltforbruget i søvandet været særligt stort, og iltprocenten faldt til under 70% i hele vandsøjlen. De lave iltværdier forekom samtidig med et meget stort maksimum af dyreplankton (afsnit 5.6.2), som ud over et stort iltforbrug har øget mængden af CO₂ i søen og dermed bevirket et fald i pH (figur 5.7).

5.2 Sigtdybde og klorofyl

Sigtdybden i Arresø varierede i 1998 mellem 0,2 meter i september og 0,7 meter i april, figur 5.2. Klorofylkoncentrationen og dermed algebiomassen var hele året høj, mellem 74 og 370 µg klorofyl/l. De laveste sigtdybder optrådte stort set samtidig med de højeste klorofylkoncentrationer. Variationen i klorofylkoncentration skyldes dels variation i planteplanktonvæksten dels resuspension af sedimenteret planteplankton.

Figur 5.2
Årstidsvariation i sigtdybde og
klorofyl i Arresø 1998.

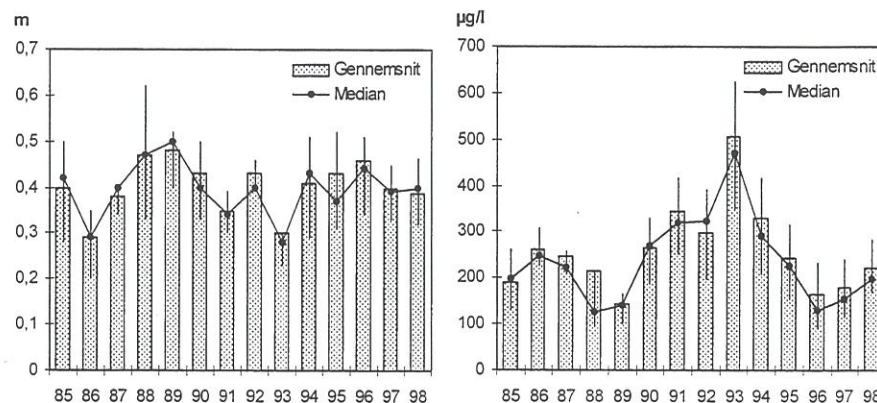


Der ses ingen tydelig udviklingstendens i sigtdybde og klorofyl a i Arresø i perioden 1985-98 (figur 5.3). Den gennemsnitlige sigtdyb-

de har i ingen af årene været i nærheden af kravværdien på 0,8 meter for sommerperioden.

Figur 5.3

Udvikling i gennemsnit og medianværdier for sommerperioden i Arresø 1985-98. Lodrette streger angiver 25 og 75% kvartiler. Tv: Sigt-dybde. Th: Klorofyl.

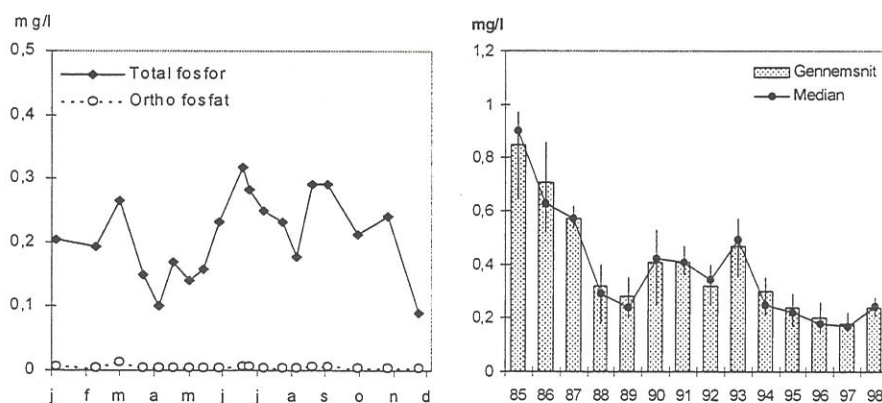


5.3 Fosfor

Årstidsvariationen i fosfor i Arresø i 1998 er vist i figur 5.4. Langt størsteparten af fosforen har været bundet til partikulært stof, hovedsageligt planktonalger, hvilket understøttes af at koncentrationen af total fosfor var højest, når klorofylværdierne var højest. Op-løst uorganisk fosfat var hele året tæt på eller under detektionsgrænsen.

Figur 5.4

Årstidsvariation i fosfor i Arresø 1998 (tv) og udvikling i sommergennemsnit af total fosfor 1985-98 (th). Lodrette streger angiver 25 og 75% kvartiler.

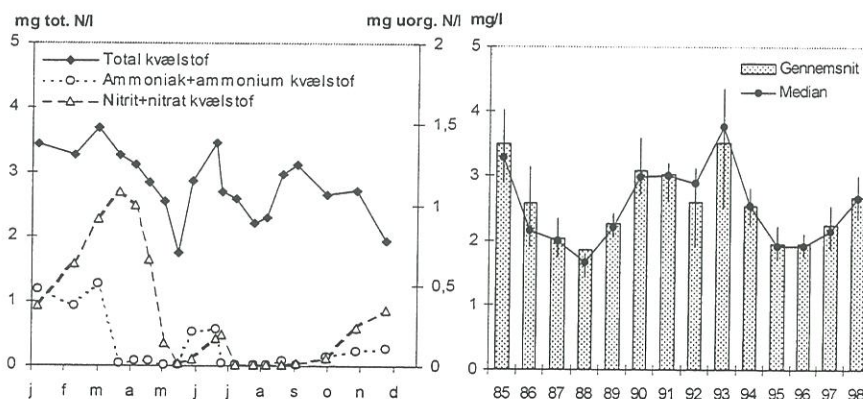


Siden 1985 er der sket et signifikant fald i koncentrationen af total fosfor i søvandet i Arresø (figur 5.4). Også i overvågningsperioden fra 1989-98 er faldet i fosforkoncentrationen signifikant (tabel 5.1). Faldet i sidste halvdel af firserne skal hovedsageligt tilskrives en forbedret rensning eller afskæring af spildevand til søen. Faldet efter 1993 er delvis betinget af anlæg af to engsøer i Pøleå-systemet opstrøms Arresø (tabel 3.2).

5.4 Kvælstof

Figur 5.5

Årstidsvariation i kvælstof i Arresø 1998 (tv) og udvikling i sommergennemsnit af total kvælstof 1985-98 (th). Lodrette streger angiver 25 og 75% kvartiler.



Års-gennem-	2,84 mg total N/l
Sommer-gennem-	2,68 mg total N/l

Årstidsvariationen i total og uorganisk kvælstof ses i figur 5.5. Der var en betydelig tilførsel af nitrat-nitrit kvælstof i de afstrømningsrige måneder marts-april. Det betød, at middelkoncentrationen af nitrat-nitrit kvælstof var 3 gange højere end i det tørre år 1997. I juli-september var koncentrationen af uorganisk kvælstof under detektionsgrænsen.

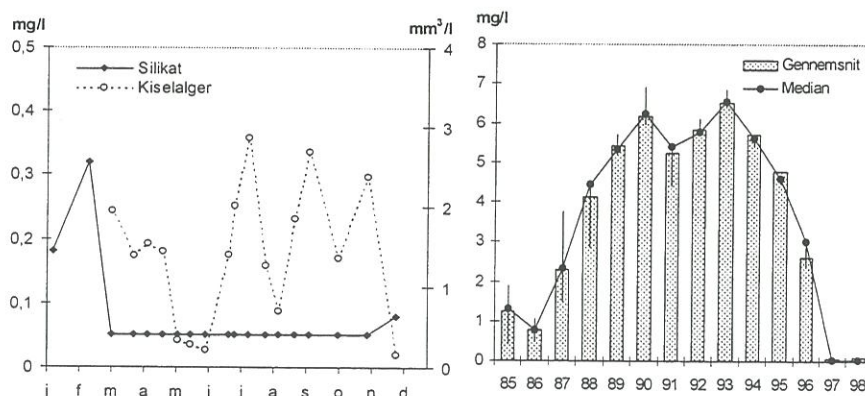
På trods af et signifikant fald i indløbskoncentrationen af total kvælstof sås der ingen signifikant udvikling i middelkoncentrationen af total kvælstof i perioden 1985-1998. Gennemsnittet i 1998 var det højeste siden 1993. Sommergennemsnittet for nitrat-nitrit kvælstof var det højeste siden 1985 (bilag 5.3).

5.5 Øvrige vandkemiske og -fysiske parametre

Silikat

Figur 5.6

Årstidsvariation i silikat og kiselalgebiomasse i Arresø 1998 (tv) og udvikling i silikat 1985-1998 (th). Lodrette streger angiver 25 og 75% kvartiler.



Års-gennem-	0,08 mg Si/l
Sommer-gennem-	0,03 mg Si/l

Årstidsvariationen i silikatkoncentrationen i Arresø i 1998 ses af figur 5.7, hvor også kiselalgebiomassen er indtegnet. Silikatkoncen-

trationen var under detektionsgrænsen i det meste af året bortset fra januar, februar og december, hvor søen var isdækket og kiselalger derfor har været sedimenteret ud af vandfasen. På trods af den lave silikatkoncentration udviklede kiselalger en relativt høj biomasse i en stor del af året.

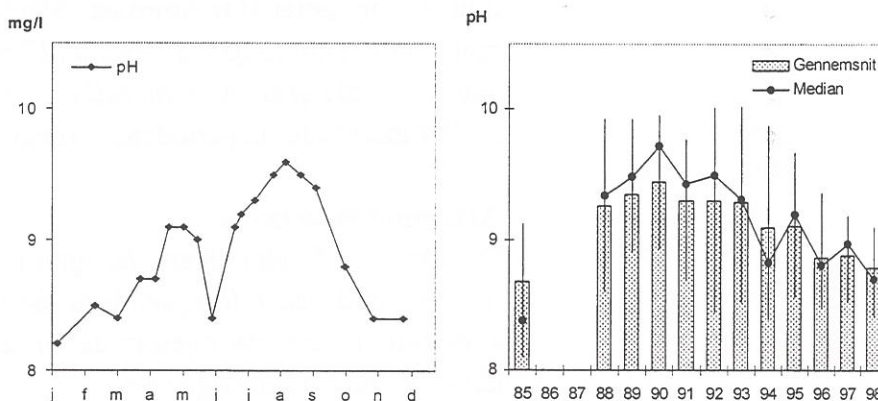
Silikatkoncentrationen i Arresø har udviklet sig fra et moderat niveau i 1985-86 over et relativt højt niveau i 1987-96 og til et meget lavt niveau i 1997-98 (figur 5.4). De lave niveauer i 1985-86 og 1997-98 var sammenfaldende med de højeste biomasser af kiselalger. Der er således ingen tvivl om, at silikatkoncentrationen i Arresø i høj grad reguleres af kiselalgernes vækst.

pH

pH i Arresø varierede i 1998 mellem 8,2 og 9,6 med de højeste værdier under planktonalgernes forårs- og sommermaksimum (figur 5.7). Udviklingen siden 1988 viser et signifikant fald i pH svarende til, at der er sket et fald i algebiomassen (tabel 5.1 og afsnit 5.6).

Års-gennem-	8,79
Sommer-gennem-	9,10

Figur 5.7
Årstidsvariation i pH i Arresø 1998 (tv) og udvikling 1985-1998 (th). Lodrette streger angiver 25 og 75% fraktiler.



5.6 Plankton

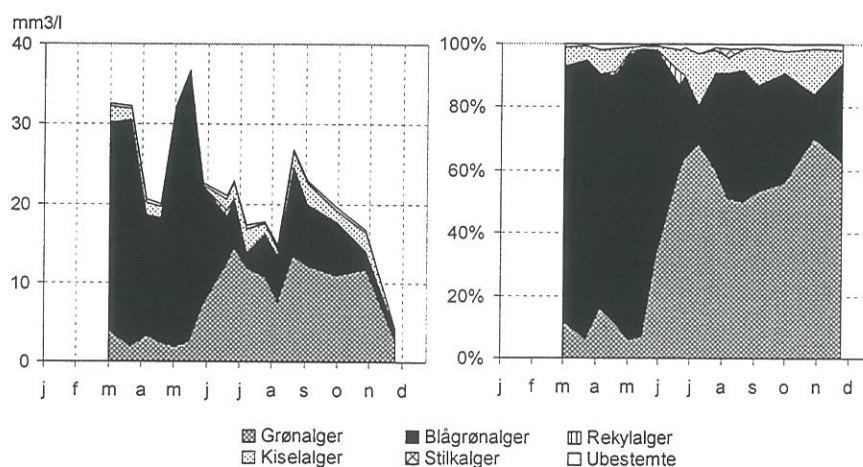
Der er i 1998 indsamlet og undersøgt 17 planteplankton- og 16 dyreplanktonprøver i Arresø. Resultaterne af undersøgelserne er præsenteret i dette afsnit. Dokumentation for resultaterne findes i et særskilt notat /4/.

5.6.1 Planteplankton

Biomasse og årstidsvariation

Den totale planteplanktonbiomasse og de enkelte algegrupperes andele heraf er afbildet i figur 5.8. For yderligere detaljer henvises til bilag 5.5 og /4/.

Figur 5.8
Planteplanktons biomasse (tv) og
procentvise sammensætning (th) i Ar-
resø i 1998.



Planteplanktonbiomassen var høj i hele perioden bortset fra december, hvor søen var isdækket og prøven blev taget i afløbet. Biomasse-gennemsnittet var $23 \text{ mm}^3/\text{l}$ i den produktive periode (marts-oktober) og sommergennemsnittet (maj-september) var $22 \text{ mm}^3/\text{l}$.

Planteplanktonudviklingen var karakteriseret ved 3 markante biomassemaksima. To forårsmaksima i marts ($32 \text{ mm}^3/\text{l}$) og maj ($37 \text{ mm}^3/\text{l}$) domineret af trådformede blågrønalger og et sensommermaksimum i slutningen af august ($27 \text{ mm}^3/\text{l}$) domineret af den chlorococcale grønalge *Chlorella sp.* Blågrønalger har ikke tidligere domineret i forårsperioden i Arresø.

Artssammensætning

Der blev i alt fundet 98 arter/slægter i Arresø i 1998, hvilket var lidt flere end i de to foregående år (86-92 arter). Langt størstedelen af de fundne arter var ligesom de foregående år arter, der er karakteristiske for næringsrige søer.

Som gennemsnit udgjorde blågrønalger 58%, grønalger 34% og kiselalger 6% af den totale biomasse i perioden marts-oktober. Planteplanktonsamfundet var domineret af blågrønalger fra prøvestart i marts til begyndelsen af juni (66-92%) og af grønalger resten af året (50-70%).

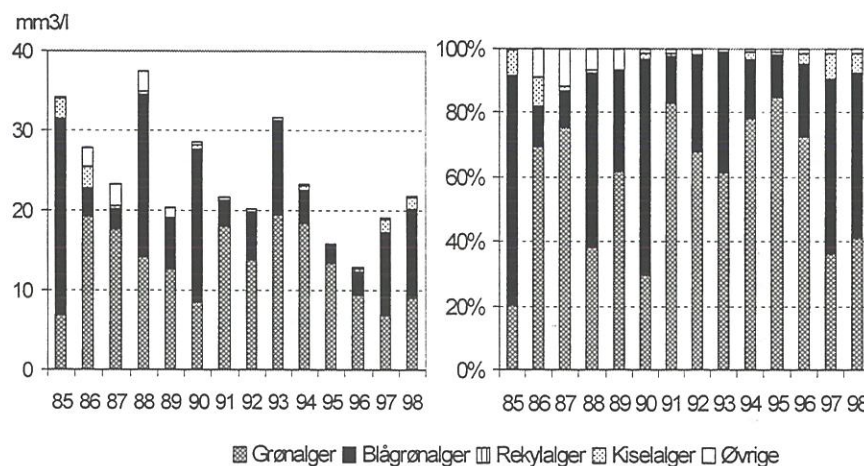
De vigtigste arter var den chlorococcale grønalge *Chlorella sp.* der udgjorde 28% af den samlede planteplanktonbiomasse i den produktive periode, og den trådformede blågrønalge *Limnothrix redekei*, der udgjorde 29%. Andre vigtige arter var de trådformede blågrønalger *Limnothrix spp.* og *Pseudanabaena limnetica* samt kiselalgen *Synedra berolinensis*.

Udvikling 1985-98

Den gennemsnitlige planteplanktonbiomasse og den procentvise sammensætning fra sommerperioden (maj-september) fra årene 1985-98 ses af figur 5.9 og bilag 5.6.

Den højeste gennemsnitlige biomasse fandtes i 1988 (37 mm³/l) og den laveste i 1996 (13 mm³/l). Siden den lave værdi i 1996 er den gennemsnitlige biomasse steget til et niveau på 19-22 mm³/l i 1997-98. Fra 1985-98 er der sket et signifikant fald (1% signifikansniveau) i biomassen af planteplankton i Arresø. Beregnes udviklingen fra overvågningsprogrammets start i 1989 til 1998 ses der ingen signifikant udvikling (tabel 5.1, bilag 5.4).

Figur 5.9
Udvikling i planteplanktons biomasse og sammensætning i Arresø 1985-98. Tidsvægtede gennemsnit for sommerperioden (maj-september).



Blågrønalgler fandtes alle år i sommerperioden, men havde meget varierende betydning (11-71% af den gennemsnitlige biomasse).

Et gennemgående træk ved planteplanktonsamfundet i Arresø har været dominans af små næringskrævende grønalgarter, især *Chlorella* spp. og *Scenedesmus* spp. Kun under masseopblomstring af blågrønalgler, hvor større former dominerede, blev deres dominans brudt i en kortere eller længere periode.

I sommerperioden var kiselalgerne kvantitative betydning i de fleste år ringe (0-3%), men i 1985-86 og i 1997-98 udgjorde kiselalger 7-9% af den gennemsnitlige biomasse. I nogle år fandtes desuden et veludviklet forårsmaksimum af kiselalger (1985-86, 1988, 1991, 1997 samt meget kortvarigt i 1996).

Planteplanktonsamfundet i Arresø må i hele perioden 1985-98 karakteriseres som artsfattigt og hypereutroft med dominans af ganske få arter. Der er sket et markant skift i sammensætningen af de mest betydnende arter i 1997-98, idet betydningen af trådformede blågrøn-

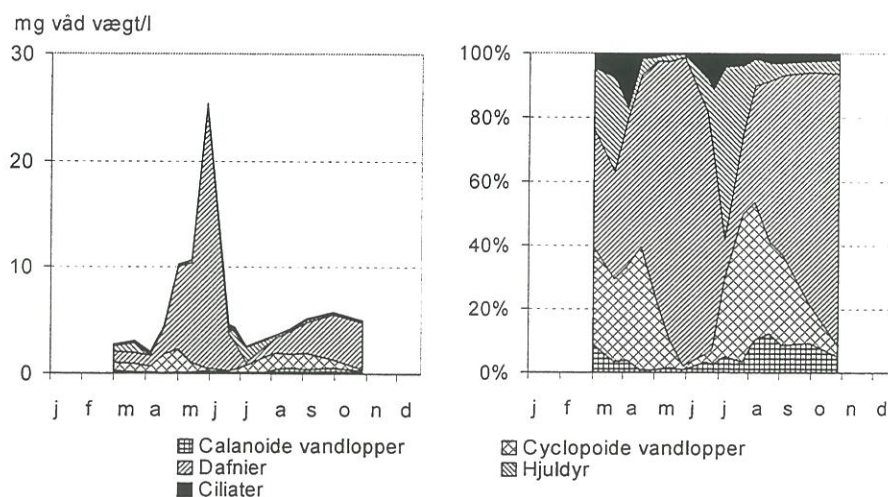
alger og pennate kiselalger er steget og andelen af grønalger er faldet. Et skift fra grønalger til blågrønalger er ofte tegn på at fosforindholdet i søen er reduceret. Søens omrøringsforhold vil desuden favorisere trådformede blågrønalger frem for koloniformer /5/.

5.6.2 Dyreplankton

Biomasse og årstidsvariation

Den totale dyreplanktonbiomasse og de enkelte dyregruppers andele heraf er afbildet i figur 5.10. For yderligere detaljer henvises til bilag 5.7 og /4/.

Figur 5.10
Dyreplanktons biomasse (tv) og procentvise sammensætning (th) i Arresø 1998.



Den samlede dyreplanktonbiomasse varierede mellem 2,1 mg/l i starten af april og 25 mg/l i starten af juni. Den gennemsnitlige biomasse var 6,1 mg/l i den produktive periode (marts-oktober) og 7,4 mg/l i sommerperioden (maj-september).

Dyreplanktonudviklingen var i 1998 især karakteriseret ved et stort biomassemaksimum i maj-juni domineret af små dafnier (*Bosmina*, *Chydorus*). Efter maksimumet dominerede hjuldyr i en kort periode, hvorefter der dannedes et efterårsmaksimum, der især var domineret af større dafniearter (*Daphnia*, *Diaphanosoma*) og cyclopoide vandlopper.

Artssammensætning

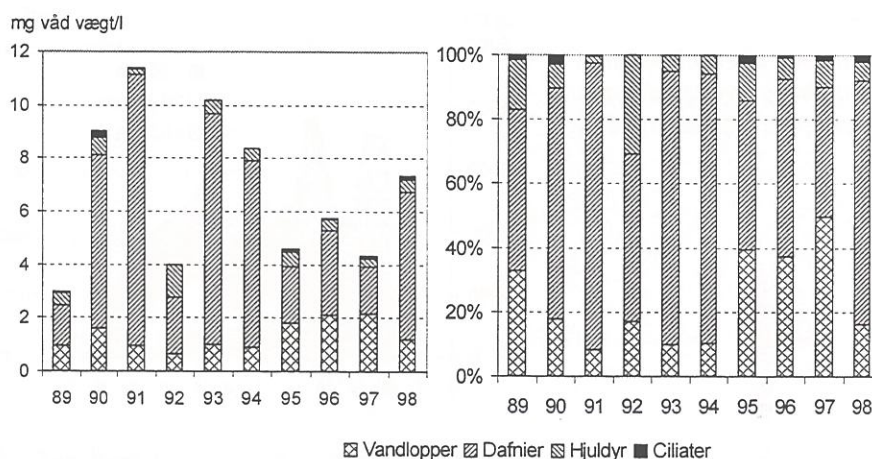
Der blev i alt fundet 40 arter/slægter af dyreplankton i Arresø i 1998 fordelt på ciliater (7), hjuldyr (16), dafnier (9), vandlopper (5). Som gennemsnit var dafnier den dominerende gruppe med en andel på 72% af biomassen i den produktive periode (marts-oktober). Vandlopper udgjorde 19%, hjuldyr 6% og ciliater 2-3%.

Den kvantitativt vigtigste art var den lille dafnieart *Chydorus sphaericus*, der udgjorde en stor del af biomassemaksimet i maj-juni. Andre vigtige arter var *Daphnia hyalina* og *Bosmina longirostris*.

Udvikling 1989-98

Den gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse og den procentvise sammensætning i sommerperioden (maj-september) fra årene 1989-98 ses af figur 5.11 og bilag 5.8.

Figur 5.11
Udvikling i dyreplanktonets biomasse
og artssammensætning i Arresø 1998.



Dyreplanktonbiomassen i 1998 var den højeste siden 1994. Der ses generelt en stor variation i biomassen og en egentlig udvikling kan ikke konstateres (tabel 5.1).

Den vigtigste dyregruppe var dafnier i alle de undersøgte år bortset fra 1997. Vandlopper var næstvigtigst. Dafniernes andel var i 1998 væsentlig større end i de tre foregående år. Andelen af ciliater og hjuldyr var lav i samtlige år undtagen i 1992, hvor hjuldyr udgjorde 31% af den gennemsnitlige biomasse.

5.6.3 Samspil mellem plante- og dyreplankton

Mange dyreplanktonarter ernærer sig ved græsning, hvor føden foruden at bestå af planteplankton udgøres af bakterier og partikler af dødt, organisk stof. Planteplankton græsses af ciliater, hjuldyr, dafnier, alle stadier af calanoide vandlopper samt nauplie- og copepoditstadier af cyclopoide vandlopper.

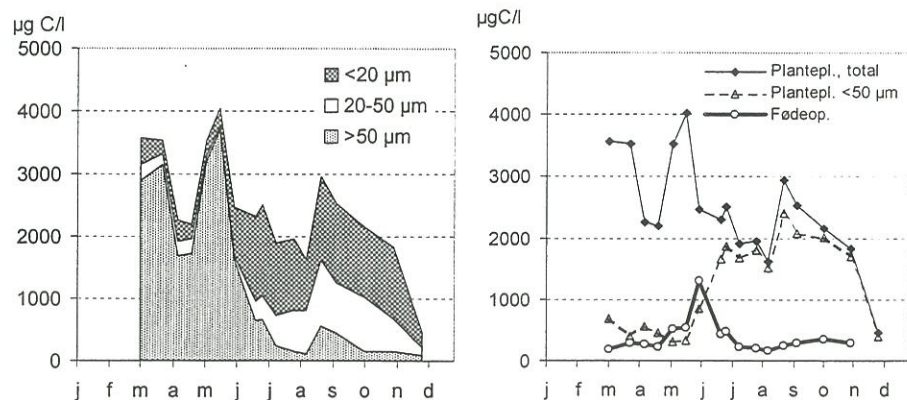
De mest effektive græssere på planteplankton er store dafniearter (*Daphnia*), der er i stand til at græsse partikler i størrelsesintervallet 0,2-50 µm. Mindre dafniearter og copepoder græsser mest effektivt

fødepartikler på 5-20 μm . Ved lave koncentrationer af fødepartikler $<50 \mu\text{m}$ reduceres dyreplanktonets fødeoptagelse. Således regnes dafnier for at være fødebegrænsede ved koncentrationer $< 200 \mu\text{g C/l}$ og calanoide vandlopper ved koncentrationer $<100 \mu\text{g C/l}$ af partikler $<50 \mu\text{m}$.

Planteplanktons størrelsesfordeling

Størrelsesfordelingen af planteplanktonet i Arresø i løbet af 1998 er afbildet i figur 5.12.

Figur 5.12
Årstidsvariation i planteplanktons størrelsesfordeling (tv) og i dyreplanktons fødeoptagelse i Arresø 1998 (th).



Der ses et markant skift i størrelsesfordelingen af planteplankton i Arresø i 1998. Frem til juni måned bestod langt størsteparten af planteplanktonet af trådformede blågrønalger, der på grund af størrelser $>100 \mu\text{m}$ er vanskeligt tilgængelige som føde for dyreplanktonet og samtidig anses for at have en ringe fødekvalitet. Biomassen af planteplankton $<50 \mu\text{m}$ var dog på intet tidspunkt så lav, at dyreplankton blev fødebegrænset. Fra juni og året ud dominerede planteplankton $<50 \mu\text{m}$.

Dyreplanktons fødeoptagelse

Dyreplanktons potentielle fødeoptagelse kan beregnes ud fra skønnede forhold mellem de forskellige dyregruppers fødeoptagelse og dyrenes biomasse /6/. I figur 5.12 th ses dyreplanktonets potentielle, daglige fødeoptagelse afbildet sammen med biomassen af planteplankton totalt og $<50 \mu\text{m}$.

Det ses af figuren, at dyreplankton på intet tidspunkt i 1998 var i stand til at regulere planteplanktonets vækst effektivt. Kun i maj-juni, hvor dafnierne havde maksimum har dyreplanktonet kunnet regulere planteplanktonarter $<50 \mu\text{m}$.

5.6.4 Konklusion

Planteplanktonsamfundet i Arresø kan kort karakteriseres som artsfattigt og hypereutroft med dominans af få arter og en høj gennemsnitlig biomasse.

Koncentrationen af uorganisk ortofosfat var under detektionsgrænsen det meste af året og koncentrationen af uorganisk kvælstof var under detektionsgrænsen i juli-september (afsnit 5.3 og 5.4). Næringssaltbegrænsning af planteplanktonvæksten har dog næppe haft betydning i Arresø i 1998, da der vil være en kontinuert frigivelse af uorganiske næringssalte ved mineralisering af den konstant høje planteplanktonbiomasse samt en kontinuert tilførsel. Græsning fra dyreplankton har kun i ringe grad haft indflydelse på biomassen af planteplankton. Dyreplanktonet var domineret af små dafniearter, der har en begrænset regulerende effekt på større arter af planteplankton.

Der er i 1997-98 sket et markant skift i sammensætningen af de mest betydende arter, idet der ses en stigende mængde af trådformede blågrønalger og pennate, kolonidannende kiselalger.

5.7 Fiskeyngel

Fiskeynglen i Arresø blev undersøgt natten mellem den 20. og 21. juli 1998. Undersøgelsen blev udført som angivet i /7/ med yngeltræk i 6 transekter i littoralen og 12 transekter i pelagiet af ca. 1 minuts varighed. En detaljeret rapport over undersøgelsens resultater findes i /8/.

Ynglens tæthed og sammensætning

Der blev konstateret yngel fra 4 arter: skalle, løje, aborre og hork samt ikke identificerbar yngel af karpefisk. Skalleyngel og løje-yngel dominerede fangsten dog med klar dominans af yngel af skalle både i littoralen og især i pelagiet. Med brasen og sandart som de dominerende arter i søen, kan det undre, at ingen af disse var repræsenteret i den fangne yngel, men for begge arter gælder, at rekrutteringen ofte er svingende. Det kan ikke udelukkes, at den uidentificerede karpefiskeyngel har været brasen, men det er ikke sandsynligt med tanke på brasenynglens normale størrelse på fangsttidspunktet.

Den samlede yngeltæthed var 2,43 pr. m³ i littoralen og 0,17 pr. m³ i pelagiet. Tabeller over de beregnede tætheder findes i bilag 5.9.1-2. Vægtmæssigt var tætheden (i spritvægt) 0,43 g pr. m³ i littoralen

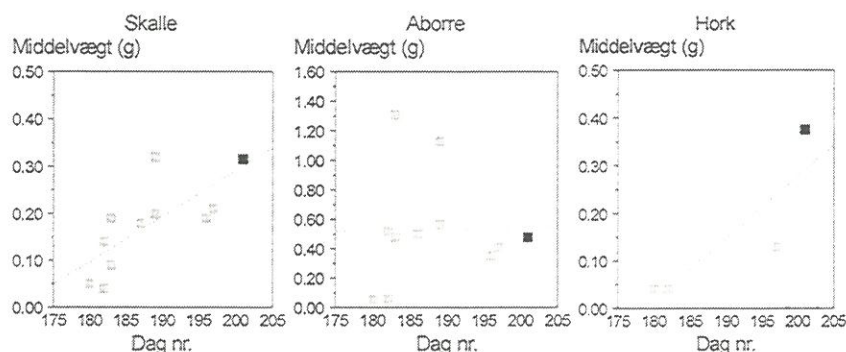
og 0,04 g pr. m³ i pelagiet. Tabeller over de beregnede biomasse-tætheder findes i bilag 5.9.3-4.

Sammenlignet med 11 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelser, var yngeltætheden i Arresø tæt på medianværdien, hvad angår karpefiskeyngel, men mere beskedne for aborreyn-glens vedkommende som følge af en ringe tæthed i pelagiet. Totalt var fiskeynglens tæthed dog tæt på medianværdien sammenlignet med de øvrige søer.

Størrelse

Skalle- og horkynglens middelvægt var stor i Arresø sammenlignet med middelvægten fundet i de øvrige søer som følge af et sent undersøgelsestidspunkt. Aborreyn-glens middelvægt var mere beskedne (figur 5.13). Længdefordelingen af fiskeynglen ses i bilag 5.10.

*Figur 5.13
Middelvægten af skalle-, aborre- og horkynglen på undersøgelsestidspunktet i Arresø juli 1998 (sort markering) sammenlignet med andre undersøgte danske søer.*



Fordeling

Ynglens fordeling i de undersøgte søer viste en forkærlighed hos karpefiskeynglen for de lavvandede områder, og kun i de uklare og lavvandede søer fandtes karpefiskeyngel i pelagiet. Aborreyn-glens var mere jævnt fordelet, dog med generelt aftagende mængder med øget dybde og sigtdybde.

Fiskeynglens forkærlighed for littoralen i Arresø passer godt til det aktuelle billede af fordelingen i middeldyb søer. Diagrammer med tætheden og biomassen af fiskeyngel i Arresø 1998 sammenlignet med andre søer findes i figur 5.14.

Påvirkning af dyreplanktonet

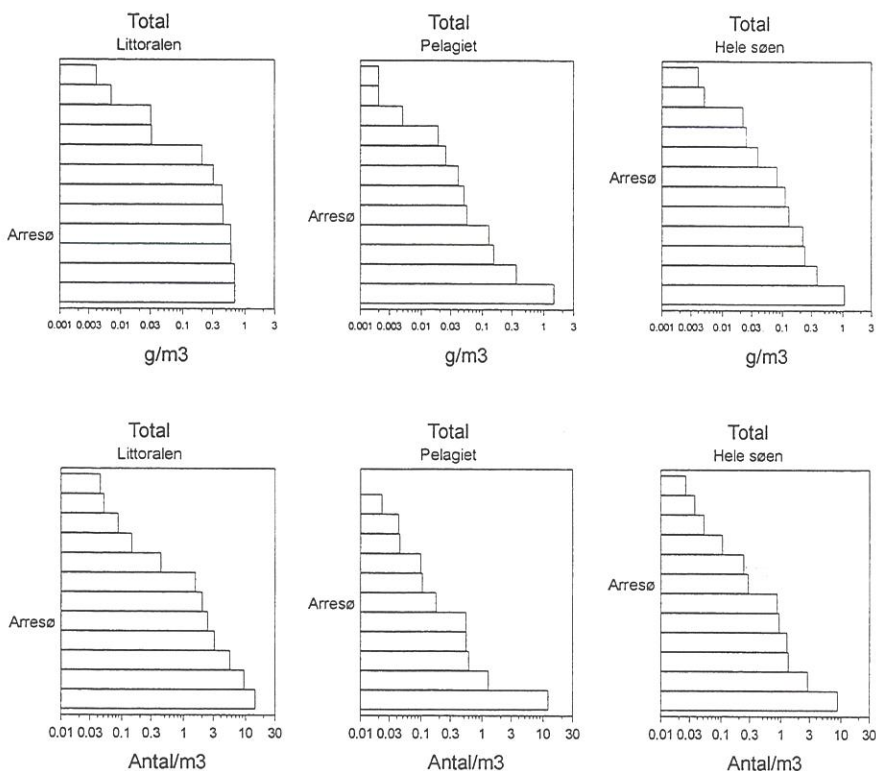
Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate omkring 1. juli var med 3,4 mg tv/m³/d lidt under medianværdien sammenlignet med de øv-

rige undersøgte søer bl.a. som følge af en ringe konsumtion hos aborrefiskeynglen (figur 5.15).

Prædationstrykket var dog i niveau med prædationstrykket fundet i lignende middeldybe søer. Fiskeynglens daglige prædation var væsentligt mindre end dyreplanktonets potentielle produktion skønnet ud fra målinger foretaget i perioden 1995-1997, og årsynglen har næppe alene reguleret dyreplanktonet i 1998 /8/.

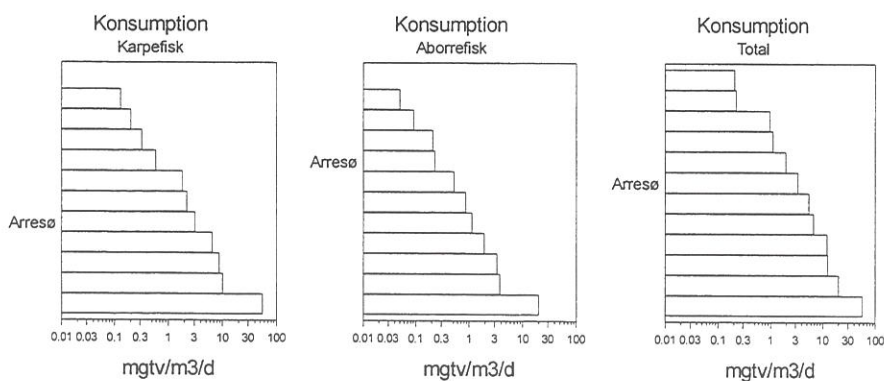
Figur 5.14

Tæthed (antal/m³) og biomasse (g/m³) af fiskeyngel i Arresø i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med andre danske søer.



Figur 5.15

Fiskeynglens konsumptionsrate i Arresø sammenlignet med konsumptionsraten fundet i andre danske søer.



6. Sammenfatning

Beliggenhed og morfometri

Arresø ligger i den nordvestlige del af Frederiksborg Amt øst for Frederiksværk. Arresø er Danmarks største sø (39,87 km²), men samtidig ret lavvandet (middeldybde 3,1 m). Den maksimale dybde er 5,9 meter og søens vandvolumen er opgjort til 123 mio. m³.

Opland

Det topografiske opland til Arresø er beregnet til 215 km². Heraf afvandes størstedelen til søen via 4 større tilløb, Ramløse Å, Pøleå, Æbelholt Å og Lyngby Å.

Målsætning og kvalitetskrav

Arresø er målsat med en generel målsætning med krav om en gennemsnitlig fosforkoncentration på $\leq 0,06-0,07$ mg/l og en sommersigdybde på $\geq 0,8$ meter.

Arresø opfylder ikke målsætningen. Årsagen er at søen i mange år har fået tilført store mængder fosfor, dels med spildevand fra renseanlæg og spredt bebyggelse og dels fra dyrkede marker ved afstrømning og erosion.

Belastningskilder og indsatsmuligheder

De største belastningskilder med fosfor til Arresø er spildevand fra renseanlæg og regnvandsbetingede udledninger. En yderligere indsats mod at reducere fosforbelastningen bør derfor koncentrere sig om at nedbringe disse udledninger.

Kvælstofbelastningen af Arresø stammer overvejende fra de dyrkede arealer i søens opland. Gennem vedtagelsen af Vandmiljøplan II vil der blive gennemført foranstaltninger, der skal reducere kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealer i fremtiden.

Vandbalance

Vandtilførslen til Arresø var på grund af det afstrømningsrige år 1998 den højeste, der er målt i overvågningsperioden. Opholdstiden var følgelig kort, 2,0 år mod gennemsnitligt 4,1 år.

Stofbalancer

Både kvælstof og fosforbelastningen var den højeste siden 1994 med henholdsvis 10,5 tons fosfor og 485 tons kvælstof. Søen aflastede 2,6 tons fosfor, en forholdsvis lille mængde til trods for den store afstrømning og deraf følgende korte opholdstid.

Ilt

Iltforholdene i Arresø var gode i 1998. Kun på en enkelt dato i juni, hvor dyreplanktonbiomassen var meget høj, har iltforbruget i søvandet været særligt stort, og iltprocenten faldt til under 70% i hele vandsøjlen.

Sammenfatning

<i>Sigtdybde</i>	Middelsigtdybden var i 1998 0,45 meter og sommergennemsnittet 0,39 meter. De dårlige sigtdybdeforhold i Arresø skyldes en høj produktion af planteplankton i søen samt hyppig resuspension af sedimenteret partikulært materiale.
<i>Fosfor</i>	Koncentrationen af totalfosfor i søvandet i Arresø har udvist et signifikant fald siden 1985. Koncentrationen var dog stadig høj i 1998 med et årsgennemsnit på 0,21 mg/l.
<i>Kvælstof</i>	Middelkoncentrationen af kvælstof var i 1998 2,84 mg/l, det højeste siden 1993. Koncentrationen af uorganisk kvælstof var høj i de afstrømningsrige måneder i starten af året og faldt til under detektionsgrænsen i juli-september.
<i>Silikat</i>	Silikatkoncentrationen var i lighed med i 1997 under detektionsgrænsen i 1998. Silikatkoncentrationen er utvivlsomt lav på grund af tilstedeværelsen af en relativt stor mængde kiselalger.
<i>Planteplankton</i>	Planteplanktonsamfundet i Arresø kan kort karakteriseres som artsfattigt og hypereutroft med dominans af få arter og en høj gennemsnitlig biomasse (23 mm ³ /l).
<i>Dyreplankton</i>	Dyreplanktonet var domineret af små dafniearter, der har en begrænset regulerende effekt på større arter af planteplankton. Den gennemsnitlige biomasse af dyreplankton var 6,1 mg våd vægt/liter.
<i>Fiskeyngel</i>	Der blev fanget yngel fra skalle, løje, aborre, hork samt ikke identificerbare karpefisk. Skalle- og løjeyngel dominerede.
<i>Udvikling 1989-98</i>	Der er siden overvågningsperiodens start i 1989 sket et signifikant fald på 1% signifikansniveau i den gennemsnitlige indløbskoncentration af både fosfor og kvælstof i Arresø. Dette har medført et tilsvarende signifikant fald i søkoncentrationen af fosfor (5% signifikansniveau), men ikke af kvælstof. Faldet i søkoncentrationen af fosfor har ikke medført et tilsvarende fald i planteplanktonbiomasse og klorofylkoncentration eller en stigning i sigtdybde. Der er dog i 1997-98 sket et markant skift i sammensætningen af de mest betydende arter af planteplankton, idet der ses en stigende mængde af trådformede blågrønalger og af kiselalger. Dette kan være en følge af den lavere fosforkoncentration i søen.

7. Referencer

- /1/ Frederiksborg Amt 1993. Vandområdeplan for Arresø og opland, Planlægningsdokument nr. 2.
- /2/ NOVA 2003. Oplandsanalyse af vandløbs- og søoplande. Teknisk anvisning fra DMU, nr. xx. 1998.
- /3/ Frederiksborg Amt 1995. Arresø, tilstand og udvikling 1994. Vandmiljøovervågning nr. 21.
- /4/ Frederiksborg Amt 1999. Arresø 1998. Plante- og dyreplankton. Rapport udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /5/ Olrik, K., 1993. Planteplanktonøkologi. Miljøprojekt nr. 243. Miljøstyrelsen.
- /6/ Hansen, A., Jeppesen, E., Bosselmann, S. og Andersen, P. 1992. Zooplankton i søer. Metoder og artsliste. Miljøprojekt nr. 205. Miljøstyrelsen.
- /7/ Danmark Miljøundersøgelser 1998. NOVA 2003 - Fiskeyngelundersøgelser i søer. Teknisk anvisning fra DMU nr. ? (udkast).
- /8/ Frederiksborg Amt 1999. Fiskeynglen i Arresø, juli 1998. Rapport udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

**Arresø
Tilstand og udvikling
1998**

Bilag

Bilag

	Side
1. Indledning	
1.1 Dybdekort med målestationer	49
1.2 Hypsograf	49
3. Oplandsbeskrivelse	53
4. Vand- og stofbalancer	
4.1 Balancer på månedsbasis	57
4.2 Dokumentation for beregninger	58
4.3 Årsbalancer for Arresø 1989-1998	61
5. Udvikling i miljøtilstand	
5.1 Temperatur- og iltprofiler 1998	65
5.2 Sigtdybde, pH og vandkemi 1998	66
5.3 Gennemsnit for nøgleparametre 1985-1998	67
5.4 Regressionsanalyser 1989-1998	68
5.5 Planteplankton biomasse 1998	71
5.6 Planteplankton biomasse 1989-98	72
5.7 Dyreplankton biomasse 1998	73
5.8 Dyreplankton biomasse 1989-98	74
5.9 Tæthed og biomasse af fiskeyngel	75
5.10 Længdefordeling af fiskeyngel	76
6. Tidligere undersøgelser og rapporter	
6.1 Undersøgelser i Arresø 1976-98	79
6.2 Rapporter	80

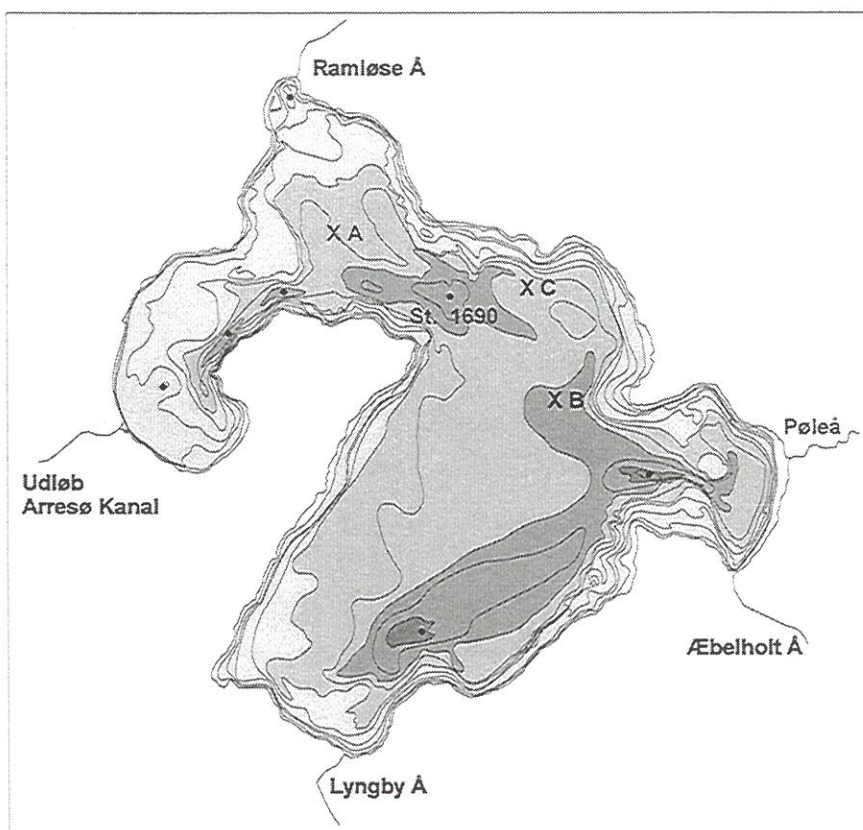
1. Indledning

1.1 Dybdekort med målestationer

1.2 Hypsograf

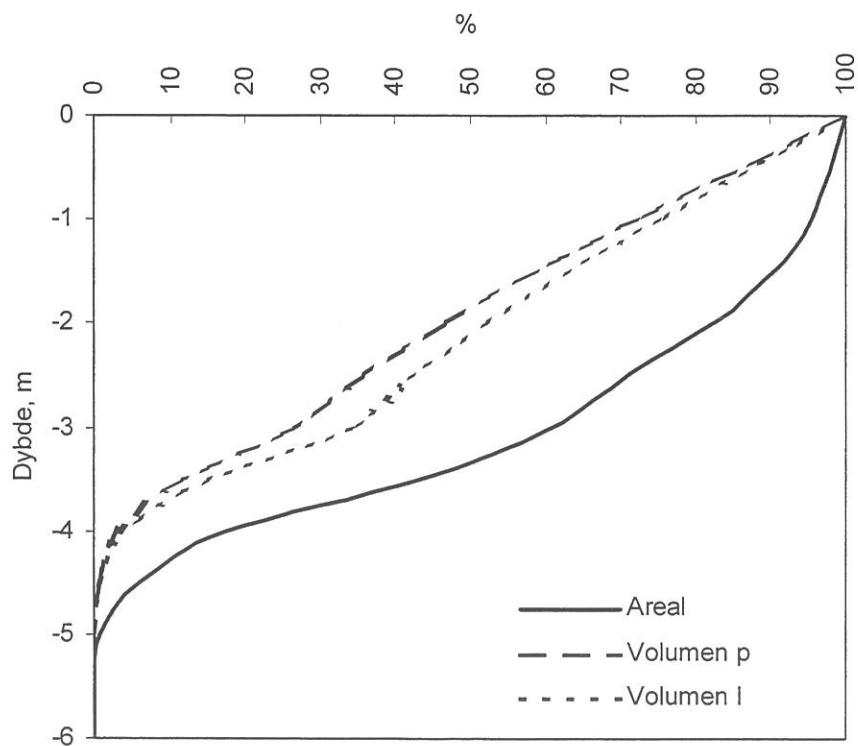
Bilag 1.1

Kort over Arresø med indtegnede dybdekurver og målestationer. Afstanden mellem kurverne er 0,5 meter. Station 1690: Vandkemi- og planteplanktonstation. A, B og C: Dyreplanktonstationer.



Bilag 1.2

Areal- og volumenhyposograf for Arresø angivet ved Vandspejlskote 3,97 m o. DNN. Volumen p = parabelberegning, volumen l = lineær beregning.



3. Oplandsbeskrivelse

Bilag 3. Oplandsbeskrivelse

Oplandsstørrelser iflg. topografisk oplandsregistreing fra Hedeselskabet 1998.

Delopland	ha
Æbelholt Å	1179
Ramløse Å	2026
Lyngby Å	1925
Pøleå	7964
Arresø Kanal (for meget målt)	31
Direkte opland	8413
Opland i alt	21507

Arealanvendelse i oplandet til Arresø iflg. CORINE

Arresø 1997			Oplandsareal : 21.600 ha
Oplandstype	Areal, ha	%	
Bebyggelse og tekniske anlæg	3246	15,03	
Dyrket land	11683	54,09	
Skov	5038	23,32	
Natur	630	2,92	
Vådområder	1000	4,63	
Ferskvand	3	0,01	
I alt	21600	100	

Jordtyper i oplandet til Arresø iflg. Statens Jordbrugsforskning

Jordtype	ha	%
Grov og fin lerblandet sandjord	18026	83,37
Grov og fin sandblandet lerjord	2231	10,32
Humus	1132	5,24
Svær, meget svær lerjord, silt	94	0,43
Grovsandet jord	59	0,27
Lerjord	55	0,25
Finsandet jord	25	0,12
I alt	21622	100

Geologiske forhold i oplandet til Arresø iflg. GEUS

Type	ha	%
Smeltevandssand	6986	32,47
Ferskvandstørv	6602	30,69
Smeltevandsgrus	3251	15,11
Moræneler	2966	13,79
Flyvesand	715	3,32
Smeltevandsler	415	1,93
Ferskvandsler	111	0,52
Ferskvandssand	99	0,46
Ferskvand ekskl. Arresø	83	0,39
Saltvandsgrus	77	0,36
Ferskvandsgytje	62	0,29
Ikke karteret, ukendt	55	0,26
Ferskvandsgrus	39	0,18
By	17	0,08
Okker og myremalm	16	0,07
Saltvandssand	13	0,06
Smeltevandssilt	6	0,03
I alt	21513	100

4. Vand- og stofbalancer

4.1 Balancer på månedsbasis

4.2 Dokumentation for beregninger

4.3 Årsbalancer for Arresø 1989-1998

Arresø 1998

Vandbalance - 1000 m ³	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
Q Tilløb	2956,95	4167,31	4685,59	3888,78	1368,93	1170,29	2265,66	1930,06	2472,51	5449,74	4724,18	4668,18	39748,18
Q Umålt opland	1808,60	2582,06	2846,77	2212,43	928,45	643,36	1175,63	1117,11	1551,95	3123,01	2815,91	3021,46	23826,74
Nedbør	2127,46	2497,46	2774,95	3144,95	924,98	3977,43	4393,67	2636,20	2821,20	5827,40	2081,21	2312,46	35519,39
Samlet tilførsel	6893,02	9246,83	10307,31	9246,16	3222,37	5791,08	7834,96	5683,37	6845,66	14400,15	9621,30	10002,10	99094,31
Fraførsel Arresø Kanal	2736,25	7979,97	7753,70	4333,31	2819,55	1259,97	2434,93	4000,46	4252,95	4722,02	10045,81	8999,42	61338,36
Fordampning	359,63	513,13	1578,85	1986,72	4508,50	4087,47	3912,04	3267,35	1846,38	894,68	315,77	214,90	23485,42
Samlet fraførsel	3095,88	8493,10	9332,55	6320,03	7328,05	5347,44	6346,98	7267,80	6099,33	5616,70	10361,58	9214,32	84823,78
Volumenændring	2050,65	2050,65	252,51	1794,15	-3016,83	-2498,52	1701,12	-757,53	-3415,53	-172,77	3827,52	-1116,36	699,05
Udsivning	1746,49	-1296,92	722,25	1131,98	-1088,85	2942,16	-213,14	-826,91	4161,85	8956,22	-4567,80	1904,14	13571,47

Opholdstid - dage	1370	431	496	866	1369	2900	1545	944	845	774	358	417	725
-------------------	------	-----	-----	-----	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fosforbalance - kg	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
P Tilløb	440,20	1012,10	526,50	411,10	214,70	282,90	456,40	319,10	402,20	899,00	707,00	748,40	6419,60
P umålt	326,62	420,58	421,12	208,66	133,31	141,27	197,76	147,33	208,77	552,83	493,65	450,33	3702,23
P atmosfære	23,88	28,03	31,15	35,30	10,38	44,65	49,32	29,59	31,67	65,41	23,36	25,96	398,70
Samlet tilførsel	790,70	1460,72	978,77	655,06	358,39	468,82	703,47	496,02	642,64	1517,24	1224,02	1224,68	10520,53
Samlet fraførsel	443,11	1259,25	1340,08	758,85	587,29	490,67	752,16	1251,85	1063,00	1415,12	2741,94	1007,75	13111,07
Retention	347,59	201,47	-361,31	-103,79	-228,90	-21,85	-48,68	-755,83	-420,37	102,12	-1517,93	216,93	-2590,54
Retention - procent	44	14	-37	-16	-64	-5	-7	-152	-65	7	-124	18	-25

Kvælstofbalance - kg	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året
N Tilløb	23923,1	36086,1	34007,0	19961,3	4458,0	3098,5	6142,9	5639,8	8704,6	25687,1	22928,4	25008,8	215645,6
N umålt	20871,1	30911,2	36005,6	21218,1	5530,8	2948,1	6183,8	5497,8	8979,0	24335,3	23145,7	24365,3	209991,8
N atmosfære	3582,07	4205,04	4672,27	5295,23	1557,42	6696,91	7397,75	4438,65	4750,14	9811,76	3504,20	3893,55	59805,0
Samlet tilførsel	48376,3	71202,3	74684,9	46474,7	11546,3	12743,5	19724,5	15576,2	22433,7	59834,1	49578,3	53267,6	485442,4
Samlet fraførsel	8370,2	24359,4	25009,2	12808,3	7214,4	5830,2	8859,6	13754,6	12131,7	14771,8	29367,0	20316,9	182793,4
Retention	40006,1	46842,9	49675,7	33666,3	4331,9	6913,3	10864,9	1821,6	10302,1	45062,3	20211,4	32950,7	302649,1
Retention - procent	83	66	67	72	38	54	55	12	46	75	41	62	62

Bilag 4.1

Vand- og stofbalancer på månedsbasis

	TILLØB	NEDBØR	FORDAMP	TILFØRT	FRAFØRT	DIFF.:	MAGASIN ÆNDRING	MAGASIN ÆNDRING
JAN	4766	2127	360	6533	2732	3801	2050,647	1750
FEB	6749	2497	513	8734	7968	765	2050,647	-1285
MAR	7532	2775	1579	8728	7742	986	252,51	734
APR	6101	3145	1987	7259	4327	2932	1794,15	1138
MAJ	2297	925	4508	-1286	2815	-4102	-3016,83	-1085
JUN	1814	3977	4087	1704	1258	445	-2498,52	2944
JUL	3441	4394	3912	3923	2431	1492	1701,12	-210
AUG	3047	2636	3267	2416	3995	-1579	-757,53	-821
SEP	4024	2821	1846	4999	4247	753	-3415,53	4168
OKT	8573	5827	895	13505	4715	8790	-172,77	8963
NOV	7540	2081	316	9306	10031	-726	3827,52	-4553
DEC	7690	2312	215	9787	8986	801	-1116,36	1917
SUM	63575	35519	23485	75609	61249	14360	699,054	13661

Diagram illustrating a black box model for a magazine subscription. The model is represented by a central rectangle. Inputs are shown as arrows pointing into the rectangle: 63575 (left), 35519 (top), and -13661 (bottom). Outputs are shown as arrows pointing away from the rectangle: 23485 (top), 61249 (right), and 699 (bottom). The internal data flow is as follows:

OPHOLDSTID:	år	dage
ÅR:	1,99	725
VINTER:	1,52	555
SOMMER:	3,44	1255

(beregnet ud fra fraførsel)

MAGASINÆNDRING: 699

FOSFORBALANCE(KG): ARRESØ 1998						
	TILFØRT	ATMOS:	TILFØRT	FRAFØRT	DIFF.:	SØPULJE
JAN	767	23,9	790,6991	443	348	24632
FEB	1433	28,0	1460,716	1259	201	23577
MAR	948	31,1	978,7684	1340	-361	25657
APR	620	35,3	655,0573	759	-104	16809
MAJ	348	10,4	358,3944	587	-229	18530
JUN	424	44,6	468,8206	491	-22	33846
JUL	654	49,3	703,4734	752	-49	29210
AUG	466	29,6	496,0247	1252	-756	28533
SEP	611	31,7	642,6373	1063	-420	34801
OKT	1452	65,4	1517,24	1415	102	24973
NOV	1201	23,4	1224,015	2742	-1518	28829
DEC	1199	26,0	1224,682	1008	217	11009
SUM	10122	398,7	10520,53	13111	-2591	

FOSFORBALANCE(KG): ARRESØ 1998			
10122 →		TILBAGEHOLDT:	
		ÅR:	KG
		VINTER:	-1115
		SOMMER:	-1476
		ÆNDR. SØPULJE:	-13623
			11033

Bilag 4.2

Dokumentation for beregning af fosforbalancer for Arresø 1998.

KVÆLSTOFBALANCE(KG):

ARRESØ

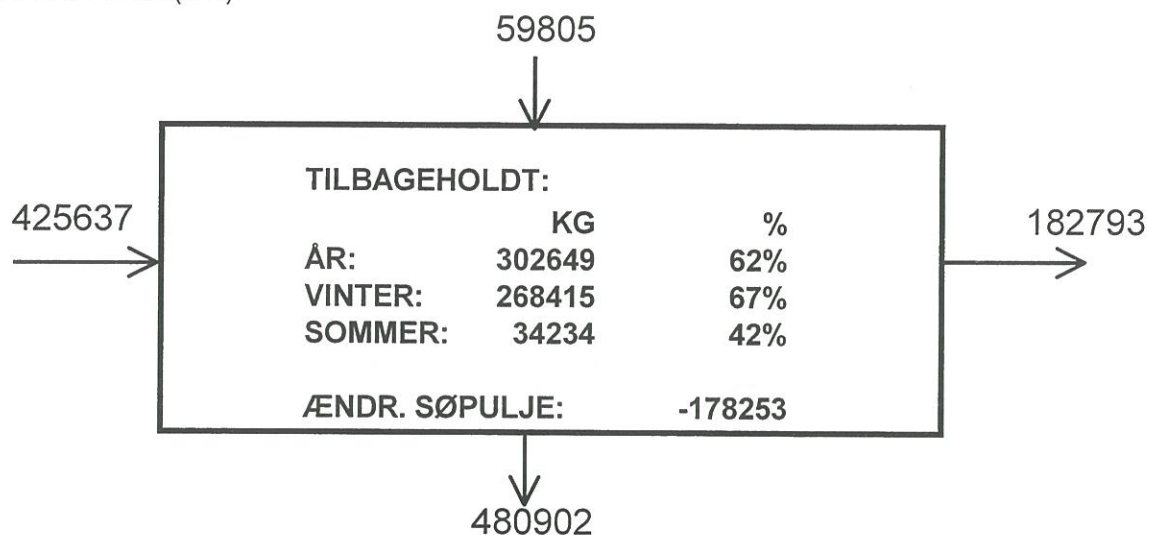
1998

	TILFØRT	ATMOS:	TILFØRT	FRAFØRT	DIFF.:	SØPULJE
JAN	44794	3582	48376	8370	40006	414162
FEB	66997	4205	71202	24359	46843	402776
MAR	70013	4672	74685	25009	49676	432583
APR	41179	5295	46475	12808	33666	373043
MAJ	9989	1557	11546	7214	4332	267377
JUN	6047	6697	12743	5830	6913	365216
JUL	12327	7398	19724	8860	10865	291498
AUG	11138	4439	15576	13755	1822	320009
SEP	17684	4750	22434	12132	10302	374317
OKT	50022	9812	59834	14772	45062	312159
NOV	46074	3504	49578	29367	20211	326572
DEC	49374	3894	53268	20317	32951	235909
SUM	425637,4	59805	485442,4	182793	302649	

KVÆLSTOFBALANCE(KG):

ARRESØ

1998



SØSKEMA 1, 1999 - VAND- OG STOFBALANCER

Sønavn: Arresø

Amt: Frederiksborg

Hydrologisk reference: 3221s4900000001970

Vandbalance $10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{år}^{-1}$	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Vandtilførsel ¹⁾	33,10	39,10	52,70	41,30	43,00	66,50	52,50	20,45	25,26	63,57
Nedbør ^{1a)}	0	0	0	0	0	30,95	23,30	17,30	23,20	35,52
Total tilførsel	33,10	39,10	52,70	41,30	43,00	97,45	75,80	37,75	48,47	99,09
Vandfraførsel ²⁾	39,90	50,70	74,40	48,30	44,00	64,50	57,00	11,45	16,97	61,25
Fordampning ^{2a)}	0	0	0	0	0	25,64	24,90	23,14	25,03	23,49
Total fraførsel	39,90	50,70	74,40	48,30	44,00	90,14	81,90	34,59	42,00	84,73
Udsivning	-6,80	-11,60	-21,70	-7,00	-1,00	12,35	0,50	8,63	7,99	13,66
Magasinændring ³⁾	0	0	0	0	0	-5,04	-6,60	-5,47	-1,53	0,70
Fosfor t P/år	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Udledt spildevand i alt ⁴⁾	30,02	25,66	16,74	12,77	11,55	12,66	8,30	5,54	5,68	6,03
heraf:										
- a) Byspildevand	26,54	22,18	13,26	8,94	7,88	9,47	5,10	3,71	2,77	3,23
- b) Regnvandsbetinget	2,03	2,03	2,03	2,38	2,22	2,22	2,23	1,60	2,69	2,57
- c) Industri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- d) Dambrug	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- e) Spredt bebyggelse	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0,97	0,97	0,23	0,23	0,23
Baggrundsbidrag ^{5a)}										3,69
Dyrkningsbidrag ^{5b)}										0,40
Diffus tilførsel ^{5c)}	-3,52	-3,48	6,23	-1,79	-1,22	-2,11	-0,35	-0,61	-0,94	
Atmosfærisk deposition ⁶⁾	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40
Andet ⁷⁾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total tilførsel⁸⁾	27,10	22,78	23,57	11,58	10,93	11,15	8,55	5,53	5,14	10,52
Magasinændring ³⁾	13,10	4,78	-1,43	-8,22	-6,18	-20,10	-14,72	3,47	1,13	-2,59
Total fraførsel⁹⁾	14,00	18,00	25,00	19,80	17,11	31,25	23,27	2,06	4,01	13,11
Indløbskoncentration, mg P/l ¹⁰⁾	0,801	0,567	0,436	0,266	0,240	0,159	0,151	0,241	0,188	0,159
Retention	13	4,78	-1,43	-8,22	-6,18	-20,10	-14,72	3,47	1,13	-2,59
Retention - procent	48	21	-6	-71	-57	-180	-172	63	22	-25
Kvælstof t N/år	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Udledt spildevand i alt ⁴⁾	179,00	193,00	160,20	144,20	112,20	95,30	76,44	58,94	60,97	62,04
heraf:										
- a) Byspildevand	168,00	182,00	149,00	131,00	99,00	82,50	63,34	51,52	49,18	50,81
- b) Regnvandsbetinget	7	7	7	9	9	8,6	8,9	6,36	10,726	10,17
- c) Industri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- d) Dambrug	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- e) Spredt bebyggelse	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	1,06	1,06	1,06
Baggrundsbidrag ^{5a)}										116,34
Dyrkningsbidrag ^{5b)}										247,25
Diffus tilførsel ^{5c)}	101,00	153,00	324,80	234,80	234,80	341,70	219,04	40,08	55,24	
Atmosfærisk deposition ⁶⁾	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	59,81	59,81
Andet ⁷⁾	0	0		0	0	0	0	-5,1		
Total tilførsel⁸⁾	359,00	425,00	564,00	458,00	426,00	516,00	374,48	172,92	176,01	485,44
Magasinændring ³⁾	261,00	315,00	494,00	291,00	280,00	217,80	169,48	151,92	131,08	302,65
Total fraførsel⁹⁾	98,00	110,00	70,00	167,00	146,00	298,20	205,00	21,00	44,94	182,79
Indløbskoncentration, mg N/l ¹⁰⁾	8,46	8,85	9,20	9,18	8,07	6,57	5,63	4,59	4,60	6,70
Retention	261	315	494	291	280	218	169	152	131	303
Retention - procent	73	74	88	64	66	42	45	88	74	62
Naturlig baggrundsconcentration ¹¹⁾ :										
Total-N mg N/l							1,44	0,69	1,43	1,830
Total-P mg P/l							0,07	0,03	0,05	0,058

Bilag 4.3

Gennemsnit for vand- og stofbalancer i Arresø 1989-1998. Forklaringer til skema findes på næste side.

5. Udvikling i miljøtilstand

- 5.1 Temperatur- og iltprofiler 1998
- 5.2 Sigtdybde, pH og vandkemi 1998
- 5.3 Gennemsnit for nøgleparametre 1985-1998
- 5.4 Regressionsanalyser 1989-1998
- 5.5 Planteplankton biomasse 1998
- 5.6 Planteplankton biomasse 1989-98
- 5.7 Dyreplankton biomasse 1998
- 5.8 Dyreplankton biomasse 1989-98
- 5.9 Tæthed og biomasse af fiskeyngel
- 5.10 Længdefordeling af fiskeyngel

TEMPERATUR, °C		Dato																		
Dybde, m		06-01-98	10-02-98	04-03-98	25-03-98	08-04-98	22-04-98	06-05-98	19-05-98	02-06-98	24-06-98	30-06-98	13-07-98	30-07-98	11-08-98	26-08-98	09-09-98	06-10-98	03-11-98	
Overflade		2,9	1,6	4	4,2	5,6	8,8	12,4	16,3	16,5	16,5	18,1	16	18,1	17,2	14,6	16,2	9,3	5,9	
	1	2,9	1,5	4	4,1	5,6	8,8	12,5	16,4	16,5	16,5	18,1	16	18	17,2	14,6	16,2	9,3	5,9	
	2	2,9	1,5	3,9	4,1	5,6	8,7	12,5	16,5	16,5	16,4	18	16	18	17,1	14,6	16,2	9,3	5,9	
	3	2,9	1,5	3,9	4,1	5,6	8,7	12,5	16,5	16,5	16,4	17,9	16	18	17,1	14,6	16,2	9,3	5,9	
	4	2,9	1,5	3,9	4,1	5,6	8,6	12,5	16,5	16,5	16,3	17,9	16	18	17	14,6	16,2	9,3	5,9	
Bund	2,9	1,5		4,1	5,6	8,6	8,6	12,5	16,5	16,5	16,2	17,8		17,9	16,9		16,2	9,3	5,9	

Bilag 5.1
Arresø 1998. Temperaturprofiler

ILTKONC. mg/l		Dato																
Dybde		10-02-98	04-03-98	25-03-98	08-04-98	22-04-98	06-05-98	19-05-98	02-06-98	24-06-98	30-06-98	13-07-98	30-07-98	11-08-98	26-08-98	09-09-98	06-10-98	03-11-98
Overflade		14,2	11,9	14,6	12,5	15	11,8	11,3	6,6	12,4	12,6	12	10,1	11	10	10,1	11,4	14,4
	1	14,1	11,8	14,7	12,5	15	11,7	11,3	6,5	12,2	12,5	11,9	10,1	11	9,9	10,1	11,4	14,5
	2	14,2	11,9	14,6	12,4	14,9	11,7	11,3	6,5	12	11,7	12,1	10,1	10,6	9,8	10,1	11,5	14,5
	3	14,1	11,8	14,6	12,4	14,9	11,7	11,5	6,4	11,7	11,3	11,9	9,9	10,5	9,6	10,1	11,5	14,5
	4	14,1	11,8	14,6	12,4	14,8	11,7	11,4	6,3	10,8	10,9	11,9	9,8	10,2	9,4	10	11,5	14,5
Bund		14,1		14,4	12,3	14,6	11,6	11,4	6,4	9,7	10		9,7	9,7		9,9	11,5	14,3

ILTPROC., %		Dato																
Dybde		10-02-98	04-03-98	25-03-98	08-04-98	22-04-98	06-05-98	19-05-98	02-06-98	24-06-98	30-06-98	13-07-98	30-07-98	11-08-98	26-08-98	09-09-98	06-10-98	03-11-98
Overflade		102	94	111	102	129	114	115	69	128	137	126	110	114	99	105	99	118
1		101	94	111	102	129	113	115	67	127	136	125	110	114	99	105	99	120
2		101	94	111	102	128	113	115	67	124	127	125	110	110	98	104	100	120
3		101	94	111	102	128	113	117	66	120	122	126	108	109	96	104	100	120
4		101	93	111	102	127	112	116	66	111	117	125	106	104	94	104	100	120
Bund		101		109	101	125	112	116	66	97	106		104	99		103	100	119

Bilag 5.1
Arresø 1998. Iltprofiler

Arresø 1998. Sigtdybde, pH og vandkemi

VANDKEMI, blandingsprøve	Dato																		
PARAMETER	06-01-1998	10-02-1998	04-03-1998	25-03-1998	08-04-1998	22-04-1998	06-05-1998	19-05-1998	02-06-1998	24-06-1998	30-06-1998	13-07-1998	30-07-1998	11-08-1998	26-08-1998	09-09-1998	06-10-1998	03-11-1998	01-12-1998
Sigtdybde, m	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2	0,4	0,6
pH (felt)	8,5	8,6	8,5	8,8	8,8	9,3	8,9	8,7	7,8	9,1	9,1	9,3	9,5	9,5	9,7	9,5	9,5	8,6	9,5
pH (lab.)	8,2	8,5	8,4	8,7	8,7	9,1	9,1	9	8,4	9,1	9,2	9,3	9,5	9,5	9,6	9,5	9,4	8,8	8,4
Total alkalinitet, mmol/l	2,54	2,64	2,63	2,59	2,72	2,72	2,15	1,84	2,02	2,36	2,04	1,91	1,36	1,54	1,54	1,61	1,59	1,85	2,01
Total fosfor, mg/l	0,204	0,192	0,265	0,149	0,1	0,169	0,14	0,158	0,233	0,319	0,283	0,25	0,232	0,177	0,292	0,291	0,212	0,241	0,091
Orthofosfat, mg/l	0,006	<0,005	0,014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,007	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	0,007	<0,005	<0,005	<0,005
Total kvælstof, mg/l	3,43	3,28	3,7	3,28	3,13	2,84	2,55	1,75	2,86	3,45	2,7	2,59	2,22	2,29	2,97	3,13	2,65	2,73	1,95
Nitrit-nitrat kvælstof, mg/l	0,37	0,63	0,91	1,08	1	0,66	0,14	0,02	0,04	0,17	0,19	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	0,05	0,24	0,35
Ammoniak-ammonium kvælstof, mg/l	0,47	0,37	0,51	0,02	0,03	0,03	<0,01	0,01	0,21	0,23	0,02	0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,01	0,06	0,09	0,11
N/P forhold (total)	17	17	14	22	31	17	18	11	12	11	10	10	10	13	10	11	13	11	21
N/P forhold (opløst)	140	200	101	220	206	138	30	6	50	57	35	4	4	4	7	4	22	66	92
Klorofyl a, µg/l	190	180	233	134	116	160	170	150	180	330	370	190	200	140	180	314	260	260	74
GT, Susp. stof, mg/l		28	33	21	24	26	28	31	46	64	54	42	43	30	68	68	35	31	17
Suspenderet stof, mg/l	37	37	41	25	29	33	34	41	59	69	70	54	45	44	90	76	51	41	23
Ledningsevne, mS/m	57,5	58,8	55,5	59	58,8	57,8	52,3	50,5	52,4	53,5	50,8	47,3	44,2	45,2	45,1	47,5	51,5	51,5	54
Silikat, mg/l	0,18	0,32	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08

Bilag 5.2

Vandkemiske og fysiske data for Arresø 1998

Årstal		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Sigtdybde	Gennemsnit	0,35	0,36	0,35	0,39	0,43	0,35	0,37	0,41	0,28	0,35	0,35	0,45	0,38	0,45
	Median	0,3	0,3	0,36	0,36	0,4	0,33	0,37	0,4	0,25	0,31	0,31	0,44	0,39	0,47
Sigtdybde (1/5-1/10)	Gennemsnit	0,4	0,29	0,38	0,47	0,48	0,43	0,35	0,43	0,3	0,41	0,43	0,46	0,4	0,39
	75% fraktil	0,5	0,35	0,4	0,62	0,52	0,5	0,39	0,46	0,3	0,51	0,52	0,51	0,45	0,46
	25% fraktil	0,28	0,2	0,34	0,33	0,4	0,33	0,3	0,4	0,23	0,29	0,31	0,34	0,33	0,32
	Median	0,42	0,29	0,4	0,47	0,5	0,4	0,34	0,4	0,28	0,43	0,37	0,44	0,39	0,40
Klorofyl	Gennemsnit	216	240	207	274	256	345	336	393	552	413	438	224	245	201
	Median	241	246	207	254	255	340	327	380	566	372	402	230	218	188
Klorofyl (1/5-1/10)	Gennemsnit	192	263	246	215	142	265	343	298	507	331	244	165	180	224
	75% fraktil	263	309	258	213	166	330	416	390	625	415	315	234	239	282
	25% fraktil	131	227	209	94	101	186	251	199	350	208	154	90	116	167
	Median	198	249	221	127	139	270	319	324	469	292	225	130	156	197
Silikat	Gennemsnit	1,25	0,78	2,29	4,13	5,42	6,18	5,25	5,82	6,51	5,7	4,78	2,61	0,06	0,08
	Median	1,3	0,76	2,33	4,44	5,33	6,24	5,39	5,77	6,55	5,61	4,6	3	0,03	0,03
Silikat (1/5-1/10)	Gennemsnit	1,16	0,77	2,57	3,61	5,43	6,39	4,83	5,91	6,66	5,59	4,53	2,66	0,03	0,03
	75% fraktil	1,9	1,05	3,75	4,04	5,71	6,9	5,26	6,1	6,84	5,7	4,61	3,1	0,03	0,03
	25% fraktil	0,41	0,46	1,5	2,86	5,17	5,94	4,4	5,72	6,39	5,39	4,47	2,36	0,03	0,03
	Median	1,23	0,69	2,72	3,86	5,58	6,33	4,85	5,91	6,7	5,56	4,52	2,91	0,03	0,03
NH4-H	Gennemsnit	0,24	0,04	0,1	0,15	0,07	0,03	0,11	0,05	0,06	0,03	0,02	0,04	0,11	0,14
	Median	0,15	0,02	0,01	0,1	0,06	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,08
NH4-H (1/5-1/10)	Gennemsnit	0,31	0,01	0,01	0,08	0,05	0,01	0,04	0,02	0,08	0,05	0,01	0,01	0,01	0,06
	Median	0,3	0,01	0,01	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
NO2-N	Gennemsnit	0,88	0,6	0,07	0,52	0,2	0,21	0,23	0,3	0,49	0,42	0,24	0,06	0,11	0,34
	Median	0,81	0,09	0,01	0,18	0,01	0,01	0,03	0,07	0,34	0,26	0,04	0,02	0,04	0,23
NO2-N (1/5-1/10)	Gennemsnit	0,34	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06
	Median	0,16	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
TOT-N	Gennemsnit	4,28	3,24	2,25	3,04	3	3,5	2,99	3,72	4,63	3,61	3,38	2,5	2,66	2,84
	Median	4,46	3,21	2,14	3,13	3,01	3,58	2,91	3,24	4,8	3,22	2,76	2,46	2,71	2,79
TOT-N (1/5-1/10)	Gennemsnit	3,5	2,58	2,03	1,85	2,27	3,09	3,02	2,6	3,51	2,54	1,96	1,96	2,24	2,68
	75% fraktil	4,03	3,14	2,35	1,8	2,42	3,6	3,2	3,13	4,35	2,81	2,22	2,11	2,53	3,00
	25% fraktil	2,9	1,9	1,73	1,43	2,05	2,72	2,59	1,89	2,5	2,25	1,7	1,76	1,87	2,37
	Median	3,28	2,15	2	1,66	2,21	2,98	3,01	2,9	3,76	2,54	1,91	1,91	2,14	2,66
pH	Gennemsnit	8,68	-	-	9,26	9,35	9,45	9,3	9,3	9,29	9,1	9,11	8,87	8,89	8,79
	75% fraktil	9,13			9,93	9,93	9,96	9,77	10	10	9,88	9,67	9,36	9,19	9,10
	25% fraktil	8,1			8,6	8,91	8,93	8,69	8,45	8,53	8,39	8,56	8,48	8,53	8,40
	Median	8,38	-	-	9,34	9,49	9,72	9,43	9,5	9,31	8,83	9,2	8,81	8,97	8,70
pH (1/5-1/10)	Gennemsnit	9,17	-	-	9,89	9,93	9,96	9,78	10	10	9,83	9,69	9,34	9,22	9,18
	Median	9,1	-	-	9,94	9,97	9,98	9,81	10,1	10,2	9,95	9,8	9,4	9,27	9,22
PO4-P	Gennemsnit	0,65	0,45	0,32	0,23	0,13	0,14	0,11	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,004
	Median	0,71	0,47	0,33	0,27	0,1	0,15	0,12	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,003
PO4-4 (1/5-1/10)	Gennemsnit	0,53	0,24	0,2	0,07	0,03	0,09	0,07	0,02	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004
	Median	0,59	0,23	0,19	0,04	0,03	0,09	0,08	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004
TOT-P	Gennemsnit	1	0,91	0,65	0,55	0,46	0,51	0,41	0,43	0,55	0,41	0,4	0,24	0,23	0,21
	Median	1	0,93	0,61	0,61	0,51	0,57	0,43	0,41	0,58	0,36	0,35	0,24	0,19	0,21
TOT-P (1/5-1/10)	Gennemsnit	0,85	0,71	0,57	0,32	0,28	0,41	0,41	0,32	0,47	0,3	0,24	0,2	0,18	0,24
	75% fraktil	0,97	0,86	0,62	0,4	0,35	0,53	0,47	0,4	0,57	0,35	0,29	0,26	0,22	0,28
	25% fraktil	0,64	0,52	0,54	0,18	0,2	0,25	0,36	0,25	0,35	0,21	0,17	0,14	0,15	0,21
	Median	0,9	0,63	0,57	0,29	0,24	0,42	0,41	0,34	0,49	0,25	0,22	0,18	0,17	0,25
COD partik.	Gennemsnit	-	-	-	61	65	87	88	99	149	115	119	64	62	-
	Median	-	-	-	59	65	85	85	94	156	95	110	65	53	-
COD partik. (1/5-1/10)	Gennemsnit	-	-	-	46	54	70	74	82	144	94	79	56	53	-
	Median	-	-	-	30	52	72	69	82	145	80	71	49	50	-

Bilag 5.3

Gennemsnits- og fraktilværdier for udvalgte parametre i Arresø 1985-1998.

Bilag 5.4

Sommergennemsnit - sigtddybe 1989-98

Regression Statistics	
Multiple R	0,1336
R Square	0,0178
Adjusted R Square	-0,1049
Standard Error	0,0552
Observations	10

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0,0004	0,0004	0,1453	0,7130
Residual	8	0,0244	0,0031		
Total	9	0,0249			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	5,0290	12,1241	0,4148	0,6892	-22,9292	32,9872	-22,9292	32,9872
X Variable 1	-0,0023	0,0061	-0,3812	0,7130	-0,0163	0,0117	-0,0163	0,0117

Sommergennemsnit - klorofyl 1985-1998

Regression Statistics	
Multiple R	0,1854
R Square	0,0344
Adjusted R Square	-0,0863
Standard Error	112,2348
Observations	10

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	3588,2406	3588,2406	0,2849	0,6080
Residual	8	100773,1308	12596,6413		
Total	9	104361,3713			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	13416,9670	24632,9882	0,5447	0,6008	-43386,8423	70220,7764	-43386,8423	70220,7764
X Variable 1	-6,5950	12,3566	-0,5337	0,6080	-35,0895	21,8995	-35,0895	21,8995

Sommergennemsnit - planteplankton 1985-1998

Regression Statistics	
Multiple R	0,3935
R Square	0,1548
Adjusted R Square	0,0492
Standard Error	5,3210
Observations	10

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	41,4889	41,4889	1,4654	0,2606
Residual	8	226,5059	28,3132		
Total	9	267,9949			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	1435,2485	1167,8432	1,2290	0,2540	-1257,8044	4128,3014	-1257,8044	4128,3014
X Variable 1	-0,7092	0,5858	-1,2105	0,2606	-2,0601	0,6418	-2,0601	0,6418

Bilag 5.4

Regressionsstatistik på sommergennemsnit for sigtddybe, klorofyl og planteplankton.

Sommergennemsnit total-N 1989-98

Regression Statistics	
Multiple R	0,3782
R Square	0,1431
Adjusted R Square	0,0359
Standard Error	0,4975
Observations	10

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0,3306	0,3306	1,3356	0,2812
Residual	8	1,9801	0,2475		
Total	9	2,3107			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	128,7768	109,1927	1,1794	0,2721	-123,0221	380,5757	-123,0221	380,5757
X Variable 1	-0,0633	0,0548	-1,1557	0,2812	-0,1896	0,0630	-0,1896	0,0630

Årsgennemsnit - Total kvælstof, Indløbskoncentration

Regressionsstatistik	
Multipl R	0,8169
R-kvadreret	0,6673
Justeret R-kvadreret	0,6258
Standardfejl	1,1105
Observationer	10

ANOVA

	fg	SK	MK	F	Signifikans F
Regression	1	19,7913	19,7913	16,0486	0,0039
Residual	8	9,8657	1,2332		
I alt	9	29,6569			

	Koefficienter	Standardfejl	t-stat	P-værdi	Nedre 95%	Øvre 95%	Nedre 95,0%	Øvre 95,0%
Skæring	983,5807	243,7293	4,0355	0,0038	421,5396	1545,6219	421,5396	1545,6219
X-variabel 1	-0,4898	0,1223	-4,0061	0,0039	-0,7717	-0,2079	-0,7717	-0,2079

Sommermedian - silikat 1989-98

Regression Statistics	
Multiple R	0,8139
R Square	0,6624
Adjusted R Square	0,6202
Standard Error	1,5159
Observations	10

ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	36,0724	36,0724	15,6974	0,0042
Residual	8	18,3839	2,2980		
Total	9	54,4563			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	1322,4283	332,7080	3,9747	0,0041	555,2017	2089,6548	555,2017	2089,6548
X Variable 1	-0,6612	0,1669	-3,9620	0,0042	-1,0461	-0,2764	-1,0461	-0,2764

Bilag 5.4

Regressionsstatistik på sommergennemsnit for total kvælstof i søvand og indløb samt for silikat.

Bilag 5.4

Sommergennemsnit - total-P 1989-98

Regression Statistics	
Multiple R	0,6467
R Square	0,4182
Adjusted R Square	0,3455
Standard Error	0,0787
Observations	10

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0,0357	0,0357	5,7503	0,0433
Residual	8	0,0496	0,0062		
Total	9	0,0853			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	41,7456	17,2815	2,4156	0,0421	1,8945	81,5968	1,8945	81,5968
X Variable 1	-0,0208	0,0087	-2,3980	0,0433	-0,0408	-0,0008	-0,0408	-0,0008

Årsgennemsnit - Total fosfor, Indløbskoncentration

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,8360
R-kvadreret	0,6989
Justeret R-kvadreret	0,6613
Standardfejl	0,1256
Observationer	10

ANOVA					
	fg	SK	MK	F	Signifikans F
Regression	1	0,2928	0,2928	18,5690	0,0026
Residual	8	0,1261	0,0158		
I alt	9	0,4189			

	Koefficienter	Standardfejl	t-stat	P-værdi	Nedre 95%	Øvre 95%	Nedre 95,0%	Øvre 95,0%
Skæring	119,0762	27,5588	4,3208	0,0025	55,5255	182,6269	55,5255	182,6269
X-variabel 1	-0,0596	0,0138	-4,3092	0,0026	-0,0915	-0,0277	-0,0915	-0,0277

Sommergennemsnit - pH 1989-98

Regression Statistics	
Multiple R	0,8494
R Square	0,7214
Adjusted R Square	0,6866
Standard Error	0,1859
Observations	10

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0,7159	0,7159	20,7183	0,0019
Residual	8	0,2764	0,0346		
Total	9	0,9923			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	195,3965	40,7972	4,7895	0,0014	101,3181	289,4750	101,3181	289,4750
X Variable 1	-0,0932	0,0205	-4,5517	0,0019	-0,1403	-0,0460	-0,1403	-0,0460

Bilag 5.4

Regressionsstatistik på sommergennemsnit for total fosfor i søvand og indløb samt for pH.

SØ: ARRESØ 1985-1998														
STATION: 1690														
KONSULENT: Miljøbiologisk Laboratorium ApS														
DYBDE: Blandingsprøver														
EMNE: Planteplankton biomassegennemsnit og procentvis sammensætning i sommerperioden (1.5-30.9)														
ÅR	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Gennemsnit	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
mm³/l														
BLÅGRØNALGER	24,29	3,48	2,47	15,72	5,69	15,11	1,13	3,54	9,46	3,16	1,19	0,96	0,39	2,05
Kolonidannende				2,91	0,26	1,04	0,91	1,24	0,05	0,60	0,27	0,72	3,02	1,01
Trådformer m. heterocyst	0,14		0,14	1,70	0,44	2,95	1,07	1,22	2,45	0,48	0,66	1,23	7,03	8,04
Trådformer u. heterocyst	24,43	3,48	2,60	20,33	6,39	19,11	3,11	6,00	11,97	4,24	2,13	2,91	10,43	11,10
BLÅGRØNALGER ialt	0,04	0,06		0,04			0,06			0,01				0,11
REKYLALGER									0,03					
FUREALGER	2,67	0,00	0,31	0,31	0,08	0,60	0,16	0,07	0,01	0,58	0,11	0,42	1,49	1,33
KISELALGER		2,60	0,05								0,02	0,01		0,05
STILKALGER	6,90	19,24	17,64	14,23	12,64	8,47	17,91	13,78	19,38	18,32	13,45	9,41	6,92	9,01
GRØNALGER	0,21	2,44	2,74	2,54	1,33	0,35	0,31	0,41	0,21	0,18	0,15	0,19	0,31	0,30
UBESTEMTE ARTER														
TOTAL	34,24	27,82	23,35	37,45	20,45	28,52	21,55	20,26	31,59	23,33	15,86	12,93	19,15	21,91
MAKSIMAL BIOMASSE	66	57	30	63	34	81	44	45	54	45	39	24	35	37
Måned	aug-sep	aug	maj+sep	sep	okt	sep	maj	dec	jul	sep	feb	maj+nov	sep+dec	maj
procent														
BLÅGRØNALGER	71	13	11	54	31	67	14	30	38	18	13	23	54	51
REKYLALGER	0	0		0			0		0		0	0		1
FUREALGER		0							0		0	0		
KISELALGER	8	9	1	1	0	2	1	0	0	2	1	3	8	6
STILKALGER			0								0	0		0
GRØNALGER	20	69	76	38	62	30	84	68	61	79	85	73	36	41
UBESTEMTE ARTER	1	9	12	7	7	1	1	2	1	1	1	1	2	1

Sag: Arresø 1998																			
Station: 1690																			
Konsulent: Miljøbiologisk Laboratorium ApS																			
Dybde: Blanding																			
Emne: Dyreplankton biomasse, mg våd vægt/liter																			
Dato:	04-mar	25-mar	08-apr	22-apr	06-maj	19-maj	02-jun	24-jun	30-jun	13-jul	30-jul	11-aug	26-aug	09-sep	06-okt	03-nov	Vægtet gns. 04-mar	Vægtet gns. 31-okt	Vægtet gns. 01-maj
mg våd vægt/liter																			
CILIATER	0,126	0,233	0,355	0,081	0,152	0,052	0,064	0,378	0,474	0,108	0,118	0,060	0,133	0,155	0,152	0,099	0,160	0,148	
HJULDYR	0,503	0,905	0,068	0,229	0,095	0,217	0,219	0,459	0,824	1,368	0,702	0,319	0,228	0,203	0,192	0,220	0,396	0,426	
DAFNIER	0,983	1,032	0,949	2,438	7,680	9,324	24,556	3,517	2,692	0,296	0,803	1,318	2,167	2,877	4,265	4,278	4,411	5,583	
CALANOIDE VANDLOPPER	0,242	0,110	0,081	0,043	0,087	0,185	0,223	0,149	0,104	0,124	0,105	0,374	0,530	0,444	0,560	0,255	0,239	0,233	
CYCLOPOIDE VANDLOPPER	0,818	0,799	0,609	1,757	2,253	0,901	0,282	0,116	0,220	0,629	1,493	1,592	1,235	1,475	0,689	0,179	0,940	0,961	
TOTAL	2,672	3,079	2,063	4,548	10,267	10,679	25,344	4,619	4,313	2,525	3,220	3,664	4,293	5,154	5,858	5,030	6,146	7,352	
procent																			
CILIATER	5	8	17	2	1	0	0	8	11	4	4	2	3	3	3	2	3	2	
HJULDYR	19	29	3	5	1	2	1	10	19	54	22	9	5	4	3	4	6	6	
DAFNIER	37	34	46	54	75	87	97	76	62	12	25	36	50	56	73	85	72	76	
CALANOIDE VANDLOPPER	9	4	4	1	1	2	1	3	2	5	3	10	12	9	10	5	4	3	
CYCLOPOIDE VANDLOPPER	31	26	30	39	22	8	1	3	5	25	46	43	29	29	12	4	15	13	
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

SØ: ARRESØ 1989-1998 STATION: Dyreplankton KONSULENT: Miljøbiologisk Laboratorium ApS DYBDE: Blandingsprøver fra 3 stationer EMNE: Dyreplankton biomassegennemsnit og procentvis sammensætning i sommerperioden (1.5-30.9)											
ÅR	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
Gennemsnit											
mg våd vægt/liter											
CILIATER	0,05	0,28	0,06	-	-	-	0,12	0,05	0,08	0,15	
ROTATORIER	0,45	0,67	0,21	1,23	0,52	0,47	0,53	0,38	0,35	0,43	
CLADOCERER	1,50	6,50	10,20	2,08	8,64	7,01	2,13	3,17	1,74	5,58	
COPEPODER	0,97	1,60	0,95	0,68	1,03	0,88	1,81	2,14	2,17	1,19	
TOTAL DYREPLANKTONBIOMAS	2,97	9,05	11,42	3,99	10,19	8,37	4,60	5,74	4,34	7,35	
MAKSIMAL BIOMASSE	5,60	15,40	55,10	9,50	24,10	19,81	11,88	18,14	5,73	25,34	
måned	okt	aug	jun	jun	jun	jun	okt	jun	aug	jun	
Procent											
CILIATER	2	3	1	-	-	-	3	1	2	2	
ROTATORIER	15	7	2	31	5	6	12	7	8	6	
CLADOCERER	51	72	89	52	85	84	46	55	40	76	
COPEPODER	33	18	8	17	10	11	39	37	50	16	

Bilag 5.9.1

Den beregnede tæthed af fiskeynglen hos de respektive arter i littoralzonen og i pelagiet i Arresø juli 1998.

	Antal/m ³		Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Skalle	1,561	0,158	64	94
Løje	0,675	0,003	28	2
Ubestemt	0,076	0,000	3	0
Aborre	0,045	0,007	2	4
Hork	0,089	0,000	4	0

Bilag 5.9.2

Den beregnede tæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Arresø juli 1998.

	Antal/m ³		Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	2,313	0,161	95	96
Aborrefisk	0,134	0,007	5	4
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	2,447	0,168	100	100

Bilag 5.9.3

Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive arter i littoralzonen og i pelagiet i Arresø juli 1998.

	Spritvægt g/m ³		Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Skalle	0,352	0,036	82	94
Løje	0,029	0,000	7	1
Ubestemt	0,001	0,000	0	0
Aborre	0,022	0,002	5	5
Hork	0,027	0,000	6	0

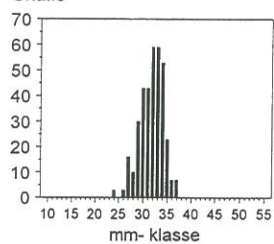
Bilag 5.9.4

Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Arresø juli 1998.

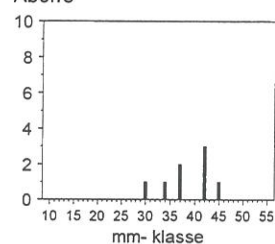
	Spritvægt g/m ³		Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	0,382	0,036	88	95
Aborrefisk	0,050	0,002	12	5
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	0,432	0,038	100	100

Bilag 5.10
Længdefordelingen af de respektive
arters yngel i fangsten i Arresø juli
1998.

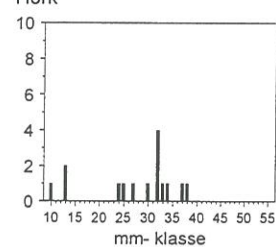
Skalle



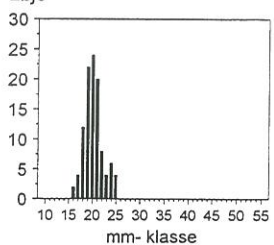
Aborre



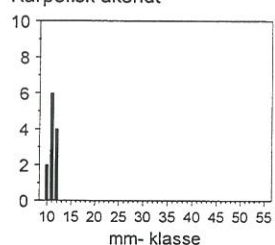
Hork



Løje



Karpefisk ukendt



6. Tidligere undersøgelser og rapporter

6.1 Undersøgelser i Arresø 1976-98

6.2 Rapporter

Bilag 6.1

Oversigt over undersøgelser foretaget i Arresø 1976-1998.

VMPB=Vandmiljøplanens Basisprogram 1989-98. NOVA=Det reviderede nationale program til overvågning af vandmiljøet 1998-2003.

Årstal for tilsyn	Omfang af tilsyn	Status for rapportering
1976	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
1977	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
1978	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
	Planteplankton n=14	ref. /1/
	Vegetation	ref. /1/
	Dyreplankton	ref. /1/
	Bunddyr	ref. /1/
1979	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
	Planteplankton n=15	ref. /1/
	Dyreplankton n=9	ref. /1/
1980-1982	Vandbalance	ref. /5/
1984	Fisk	ref. /6/
1985	Vandkemi n=10	ref. /8/
	Planteplankton	ref. /4/
1986	Vandkemi n=12	ref. /8/
	Sediment	ref. /8/
	Planteplankton	ref. /7/
1987	Vandkemi n=11	ref. /8/
	Sediment	ref. /8/
	Vegetation	ref. /16/
1988	Vandkemi n=14	ref. /8/
	Sediment	ref. /10, 16/
1989	VMPB + Plankton	ref. /9, 14/
1990	VMPB + Plankton	ref. /12, 21/
1991	VMPB	ref. /16/
	Vegetation	ref. /16/
	Fisk	ref. /16, 17/
1992	VMPB + Plankton	ref. /20, 22/
1993	Sediment	
	VMPB + Plankton	ref. /23, 24/
1994	VMPB + Plankton	ref. /32, 34/
1995	VMPB + Plankton	ref. /37, 38/
1996	VMPB + Fisk + Plankton	ref. /38, 40, 41/
1997	VMPB + Sediment + Plankton	ref. /44, 43, 42, 45/
1998	NOVA	ref /46, 47, 48, 49/

Rapporter om undersøgelser foretaget i Arresø

- /1/ Hovedstadsrådet 1982. Recipientundersøgelser af Arresø 1976-1981 - Arbejdsdokument udarbejdet af Vandkvalitetsinstituttet og COWI.
- /2/ Hovedstadsrådet 1984. Forslag til Recipientkvalitetsplan for Roskilde Fjord og opland. Planlægningsdokument 421.
- /3/ Hovedstadsrådet, 1986. Recipientkvalitetsplan for Roskilde Fjord og opland, Planlægningsdokument 421.
- /4/ Hovedstadsrådet 1986. Phytoplankton i Arresø 1985. Recipientovervågning nr. 25, rapport udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /5/ Hovedstadsrådet 1987. Arresøs vandbalance 1980, 1981 og 1982., Recipientovervågning nr. 27. Rapport udarbejdet af Det Danske Hedeselskab.
- /6/ Hovedstadsrådet 1987. Fiskene i Arresø. Recipientovervågning nr. 26.
- /7/ Hovedstadsrådet 1988. Phytoplankton i Arresø 1986. Recipientovervågning nr. 34. Rapport udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /8/ Hovedstadsrådet 1989. Arresø 1985-1988, Tilsynsdata. Recipientovervågning nr. 45. Rapport udarbejdet af COWI.
- /9/ Resultaterne af Vandmiljøplanens overvågning 1989.
- /10/ Restaurering og fremtidig tilstand af Arresø. Arresøarbejdsgruppen 1989.
- /11/ Frederiksborg Amt 1989. Tilførsel af næringsstoffer fra enkeltudledere og gårde i oplandet til Arresø.
- /12/ Frederiksborg Amt 1991. Arresø, Tilstand og udvikling 1990. Recipientovervågning nr. 10.
- /13/ Frederiksborg Amt, 1991. Arresø 1987 og 1988. Phytoplankton. Vandmiljøundersøgelse nr. 7. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.

- /14/ Frederiksborg Amt, 1991. Arresø 1989. Phyto- og zoo-plankton. Vandmiljøundersøgelser nr. 8. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /15/ Skov- og Naturstyrelsen & Frederiksborg Amt, 1991. Op-landsanalyse. Reduktion af Arresøens belastning.
- /16/ Frederiksborg Amt 1992. Arresø, Tilstand og udvikling 1991. Vandmiljøovervågning nr. 3. Frederiksborg Amt og Waterconsult.
- /17/ Frederiksborg Amt 1993. Fiskebestanden i Arresø, august 1991. Vandmiljøundersøgelser nr. 18. Udført og rapporteret af Fiskeøkologisk Laboratorium.
- /18/ Frederiksborg Amt 1993. Vandområdeplan for Arresø og opland, Planlægningsdokument nr. 2.
- /19/ Frederiksborg Amt 1991. Vandløb og kilder, tilstand og udvikling 1992. Vandmiljøovervågning nr. 10.
- /20/ Frederiksborg Amt 1993. Arresø - Tilstand 1992. Vandmiljøovervågning nr. 7.
- /21/ Frederiksborg Amt 1992. Arresø 1985-1991. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /22/ Frederiksborg Amt 1993. Arresø 1992. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /23/ Frederiksborg Amt 1994. Overvågningssøer 1993. Tilstand og udvikling. Vandmiljøplanovervågning nr. 11.
- /24/ Frederiksborg Amt 1994. Arresø 1993. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /25/ Frederiksborg Amt 1994. Resultater af fosforfraktionering på sedimenter fra Arresø 1993. Notat udarbejdet af VKI.
- /26/ Frederiksborg Amt 1994. Afstrømningsmålinger 1993. Rapport udarbejdet Det Danske Hedeselskab.

- /27/ Frederiksborg Amt 1994 Redegørelse for de tekniske, lov-mæssige, administrative og økonomiske forhold ved frilæg-gelse af rørlagte vandløbsstrækninger i oplandet til Arresø. Rapport udarbejdet af N&R Consult a/s.
- /28/ Frederiksborg Amt 1994. Forundersøgelser af mulige søpro-jekter i Arresøplanen.
- /29/ Frederiksborg Amt 1994. Søprojekter i Arresøens opland.
- /30/ Frederiksborg Amt 1995. Vandløb og kilder, tilstand og udvikling 1994. Vandmiljøovervågning nr. 2.
- /31/ Frederiksborg Amt 1995. Solbjerg Engsø, en del af Arresø-planen. Etablering og udvikling 1993/94.
- 32/ Frederiksborg Amt 1995. Arresø 1994. Plante- og dyre-plankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /33/ Frederiksborg Amt 1995. Afstrømningsmålinger 1994. Rap-port udarbejdet af Det Danske Hedeselskab.
- /34/ Frederiksborg Amt 1995. Arresø - Tilstand og udvikling 1994. Vandmiljøovervågning nr. 21.
- /35/ Frederiksborg Amt 1996. Arresø 1995. Plante- og dyre-plankton. Notat udarbejdet Miljøbiologisk Laboratorium.
- /36/ Frederiksborg Amt 1996. Afstrømningsmålinger 1995. Rap-port udarbejdet af Det Danske Hedeselskab.
- /37/ Frederiksborg Amt 1996. Arresø - Tilstand og udvikling 1995. Vandmiljøovervågning nr. 25.
- /38/ Frederiksborg Amt 1997. Arresø 1996. Plante- og dyre-plankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /39/ Frederiksborg Amt 1997. Afstrømningsmålinger 1996. Rap-port udarbejdet af Det Danske Hedeselskab.
- /40/ Frederiksborg Amt 1997. Fiskeundersøgelse i Arresø 1996. Udført og rapporteret af Fiskeøkologisk Laboratorium.

- /41/ Frederiksborg Amt 1997. Arresø - Tilstand og udvikling 1996. Vandmiljøovervågning nr. 34.
- /42/ Frederiksborg Amt, 1998. Arresø 1997. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /43/ Frederiksborg Amt 1998. Sedimentundersøgelse i Arresø. 0Profilmåling og fosforfraktionering. - Notat udarbejdet af VKI.
- /44/ Frederiksborg Amt 1998. Arresø - Tilstand og udvikling 1997. Vandmiljøovervågning nr. 48.
- /45/ Frederiksborg Amt, 1998. Afstrømningsmålinger 1997. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.
- /46/ Frederiksborg Amt 1999. Arresø - Tilstand og udvikling 1998. Vandmiljøovervågning nr. 56.
- /47/ Frederiksborg Amt, 1999. Arresø 1998. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.
- /48/ Frederiksborg Amt 1999. Fiskeynglen i Arresø, juli 1998. Rapport udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.
- /49/ Frederiksborg Amt, 1999. Afstrømningsmålinger 1998. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

