Windolf

DATA RAPPORT

ØRN SØ 1992

ÅRHUS AMT
MILJØKONTORET

JUNI 1993

REGISTERBLAD

UDGIVER: Århus Amt, Miljøkontoret, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg.

TITEL: Ørn Sø 1992.

FORFATTERE: Lisbeth Drasbech (stofbalance, vandkemi), Helle Jensen (fytoplankton), Karen Schacht (zooplankton)

LAY-OUT: Rita Maagaard

RESUME: Denne datarapport indeholder en præsentation af Miljøkontorets undersøgelser i Ørn Sø i 1992. Søen er en af de 37 søer på landsplan, der indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Data fra 1993 inkluderet tidligere år, vil blive afrapporteret grundigere end niveauet i nærværende rapport.

Siden 1989 er der sket en reduktion i fosfortilførslen til søen fra 7,2 til 3,9 tons pr. år. Reduktionen skyldes, at der udledes mindre fosfor fra de 11 dambrug langs Funder Å og Sandemandsbækken. Udledningen blev i 1992 målt til knap 1 ton, og recipientskvalitetsplanens krav til dambrugene (2 tons) er således overholdt.
I takt med den reducerede fosfortilførsel, er der ikke sket en reduktion i koncentrationen af fosfor i søen. Dette skyldes, at der tilbageholdes mindre og mindre mængder fosfor i søen, hvilket er ensbetydende med, at den interne belastning betyder relativt mere.
Sommergennemsnittet af fosfor i søen har de sidste fire år ligget på mellem 100 og 115 µg/l, bortset fra 1991, hvor den var på 128 µg/l.
Kvælstoftilførslen var i 1992 på 48,5 tons. Dette er et fald på 17 tons i forhold til 1989. Kvælstof koncentrationen i søen er de sidste fire år ikke faldet (sommergennemsnit mellem 1,3 og 1,5 mg/l), men generelt ses et mindre fald i søkoncentrationen i forhold til midt i halvfjerdserne.
Den gennemsnitlige sommersigtdybde har de sidste fire år varieret på mellem 1,3 og 1,6 m. Recipientskvalitetsplanens krav på 1,8 m er således ikke opfyldt, men det synes sandsynligt, at sigtdybden bliver omkring to meter når søen kommer i ligevægt med fosfortilførslen.
Algebiomassen i Ørn Sø begrænses ikke af næringssalte, men begrænses i perioder af zooplankton. I 1992 således i juni og juli.
Algebiomasse og -sammensætning har ikke ændret sig de sidste fire år og domineres primært (specielt i 1992) af kiselalger.
Zooplanktonet domineres af Cladocerer, og specielt for 1992 sås i maj en stor rotatoriebiomasse.

EMNEORD: Søer, eutrofiering, vandmiljøplan, fytoplankton, zooplankton.

FORMAT: A4.

SIDETAL: 58.

OPLAG: 50.

ISBN: 87-7295-383-7.

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning

Ørn Sø indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram, og siden 1989 er der hvert år foretaget detaljerede undersøgelser i søen og i tilløbene i overensstemmelse med overvågningsprogrammet.

Århus Amts Miljøkontor agter ca. hver tredje år, at foretage en mere detaljeret afrapportering af søen. Dette vil ske næste gang på baggrund af undersøgelserne i 1993. I nærværende rapport er Miljøstyrelsens paradigma for amternes afrapportering for 1992 fulgt i høj grad.

Ørn Sø
Søen er ca. 42 ha. stor, har et volumen på 1,7 x 10^6 m^3 og en gennemsnitsdybde på 4 meter.
Stratifikationen i søen er ikke stabil.
Langt den største del af vandtilførslen kommer fra Funder Å, der i meget stor udstrækning er grundvandsfødt.

Vand- og næringsstofbalance, samt relation mellem søkoncentration og tilførsler
I 1992 blev der tilført 32,7 mio. m^3 vand, hvormed opholdstiden var på 18,5 døgn.
Vandtilførslen gennem året varierer kun lidt og variationen fra år til år er ligeledes begrænset.

De senere år er der sket en væsentlig reduktion af fosfor, total kvælstof, ammonium og BI_5 i Funder Å opstrøms søen. Reduktionen skete primært i 1990 og 1991. Tallene fra 1992 indikerer, at der nu er nået et koncentrationsniveau, hvor en yderligere reduktion vil kræve flere tiltag i forhold til dambrugene langs åen.

I 1992 blev der tilført knap 4 tons fosfor til søen. Dette er en reduktion på knap 15 % i forhold til 1991.
I forhold til de to tidligere år er reduktionen dog betydelig større (45 % fra 1989 til 1992).
Fosfortilbageholdelsen i søen har de sidste to år været på omkring 20 %. I 1989 og 90 blev der tilbageholdt ca. dobbelt så meget.
Denne reduktion i tilbageholdelsesprocenten, skyldes, at frigivelsen af fosfor fra sedimentet er øget. Dette medfører igen, at koncentrationen af fosfor i søen ikke er faldet i takt med tilledningen, men derimod har været konstant gennem flere år.

Forholdet mellem den tilbageholdte mængde jern og fosfor var i 1992 på 15 og er af samme størrelse som forholdet mellem de totale mængder (vægt) i sedimentet. Dette er et højt jern/fosfor forhold, hvilket sandsynligvis betyder, at de tilførte mængder fosfor til søen er bundet rimeligt stabilt i sedimentet.

I 1992 blev der tilført knap 50 tons kvælstof til søen. Dette er en reduktion på 4 tons i forhold til 1991. Siden 1989 er tilførslen dog faldet med ca. 25 %. Inden for de sidste fire år er der ikke sket en reduktion i koncentrationen af kvælstof i søen, men set over en længere årrække, er koncentrationen i søen faldet i takt med tilførslen.
Kvælstoffjernelsen var i 1992 på 13 % og denne har de sidste 3 år varieret mellem 7 og 16 %. Det er en lav kvælstoffjernelse, der skyldes en hurtig vandgennemstrømning og et lavt kvælstofniveau i søen.

Kilder til stoftilførsel
I 1992 blev udledningerne fra mange af dambrugene langs Funder Å målt. Der blev udledt ca. 1 ton fosfor, af de ca. 4 tons der ialt tilledtes søen. I forhold til tidligere beregninger over udledninger fra dambrug er dette en betydelig reduktion. Arealbidraget udgjorde godt 2,5 tons og fra den spredte bebyggelse er det anslået, at der blev tilledt 0,3 tons fosfor.
Af de tilledte ca. 50 tons kvælstof kommer ca. halvdelen fra dambrugene og ca. halvdelen fra arealbidraget.

Det er vanskeligt at vurdere, hvorvidt recipientskvalitetsplanen er overholdt for udledningerne fra kloakerede områder og fra den spredte bebyggelse, men kravene for dambrugsudledningerne er overholdte. Det må dog antages, at udledningen fra spredt bebyggelse er overvurderet.

Vandkemi i søen
Sommergennemsnittet af totalfosfor har i de fire "overvågningsår" været på mellem 100 og 115 µg/l, dog bortset fra 1991 hvor det var på 128 µg/l. Variationen skyldes sandsynligvis forskelle i nettotransporten af fosfor fra bunden.
Sommergennemsnittet af sigtdyben var i 1992 på 1,3 m. Sigtdybden har, som for fosfors vedkommende, ikke ændret sig i "overvågningsårene". Det samme er gældende for klorofylindholdet, hvor sommergennemsnittet i 1992 var på 56 µg/l.
Sommergennemsnittet af total kvælstof var i 1992 på 1,3 mg/l. Dette er meget lig resultatet fra de tidligere tre år, men i forhold til tidligere undersøgelser, ses et faldende kvælstof indhold i søen.
Algevæksten synes hverken at have været begrænset af orthofosfat eller ammonium/nitrat.
Ørn Sø har en lav alkalinitet, - i 1992 svingede den mellem 0,8 og 0,9 meq/l.

Recipientskvalitetsplanens krav om en gennemsnitlig sommersigtdybde på mindst 1,8 meter er, jf. ovennævnte, ikke opfyldt.

Fytoplankton
Gennem 1992 dannedes der tre markante maksima. Et om foråret bestående af centriske kiselalger (15 mg vv/l), et i juni bestående af rekylalger (4 mg vv/l) og et i sensommeren/efteråret bestående af trådformede kiselager (28 mg vv/l). Algeudvikling og -sammensætning har været meget ens de 4 "overvågningsår", bortset fra manglen af kiselalgemaksimummet i efteråret 1990.

Zooplankton
Zooplanktonet i Øm Sø består primært af cladocerer, men specielt for 1992 var, at biomassen af rotatorier i foråret var markant større end tidligere.
Zooplanktonets indvirkning på algebiomassen har været meget ens de fire "overvågningsår" og zooplanktonet begrænser de små algers vækst i en forholdsvis stor del af vækstperioden.

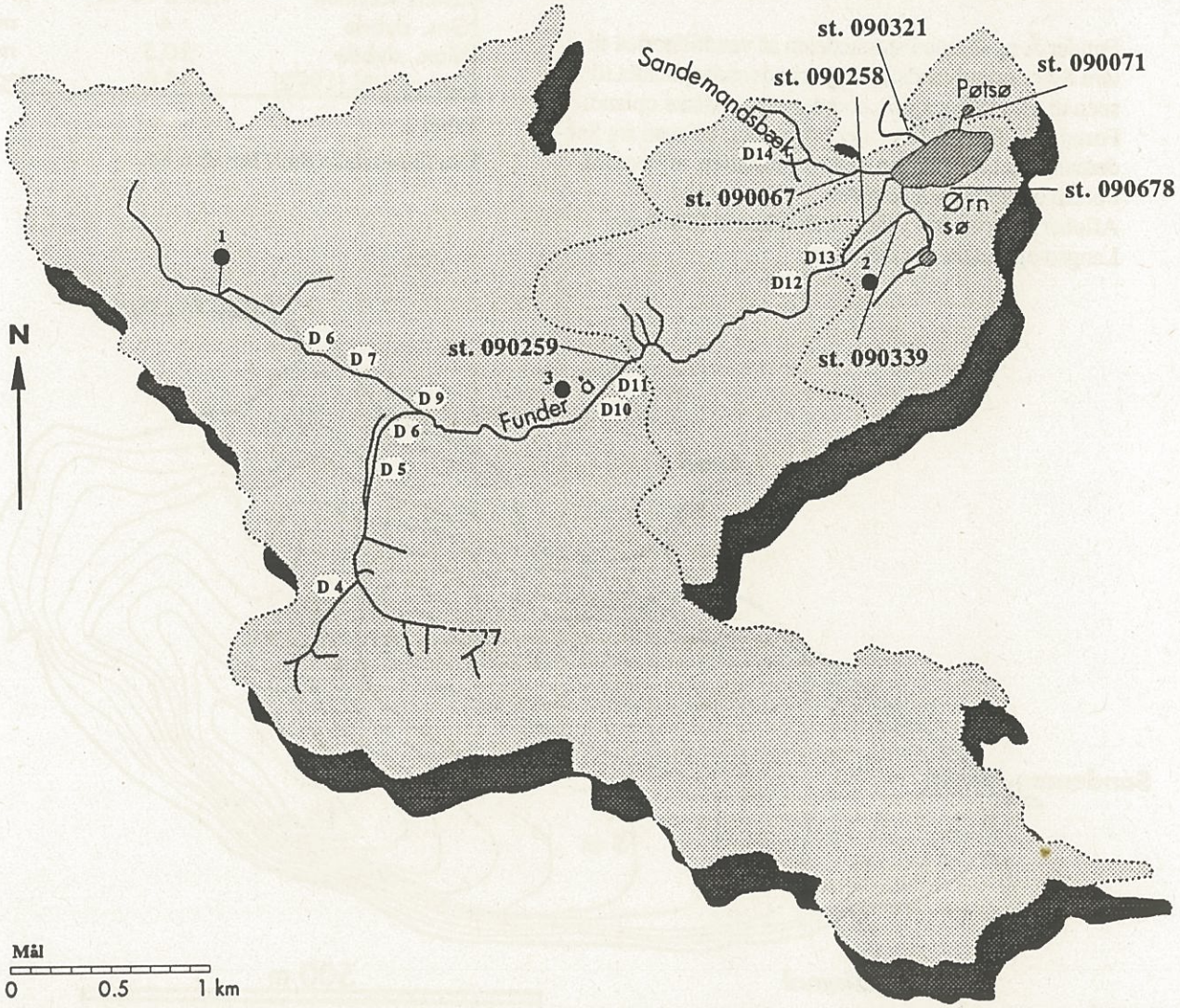
Indledning

Ørn Sø indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Århus Amts Miljøkontor udfører derfor hvert år detaljerede undersøgelser i søen for at belyse søens forureningstilstand og følge en eventuel ændring i forureningstilstanden.

Miljøkontoret agter ca. hver tredje år at foretage en mere detaljeret afrapportering af søen. Dette vil ske næste gang på baggrund af undersøgelserne i 1993 med en vurdering af alle undersøgelsesår.

I nærværende rapport præsenteres resultaterne fra 1992, og Danmarks Miljøundersøgelsers forslag til paradigma for amternes rapportering for 1993 for søer, følges i høj grad.



Figur 1.
Topografisk opland, vandløb, prøvetagningsstationer og rensningsanlæg i oplandet til Ørn Sø.
1. Hesselhus, 2. Ridehal, Funderholme, 3. Funder Station.

Beskrivelse af søen

Ørn Sø ligger i det Midtjydske søhøjland umiddelbart vest for Silkeborg. Den største del af søen er relativt lavvandet, dog har søen et mindre og dybere område, hvor den største dybde er på 10,5 meter (se figur 2).

Hovedtilløbet er Funder Å, som strømmer til søen fra vest. Funder Å har sit udspring omkring isens hovedopholdslinie i sidste istid. Herfra løber åen imod øst og afvander dermed et område, hvor jordbunden hovedsagligt består af grovsandet jord og lerblandet sandjord. Jordbunden er i øvrigt kalkfattig, hvilket bevirker, at en del af det vand, som strømmer til søen er okkerholdigt.

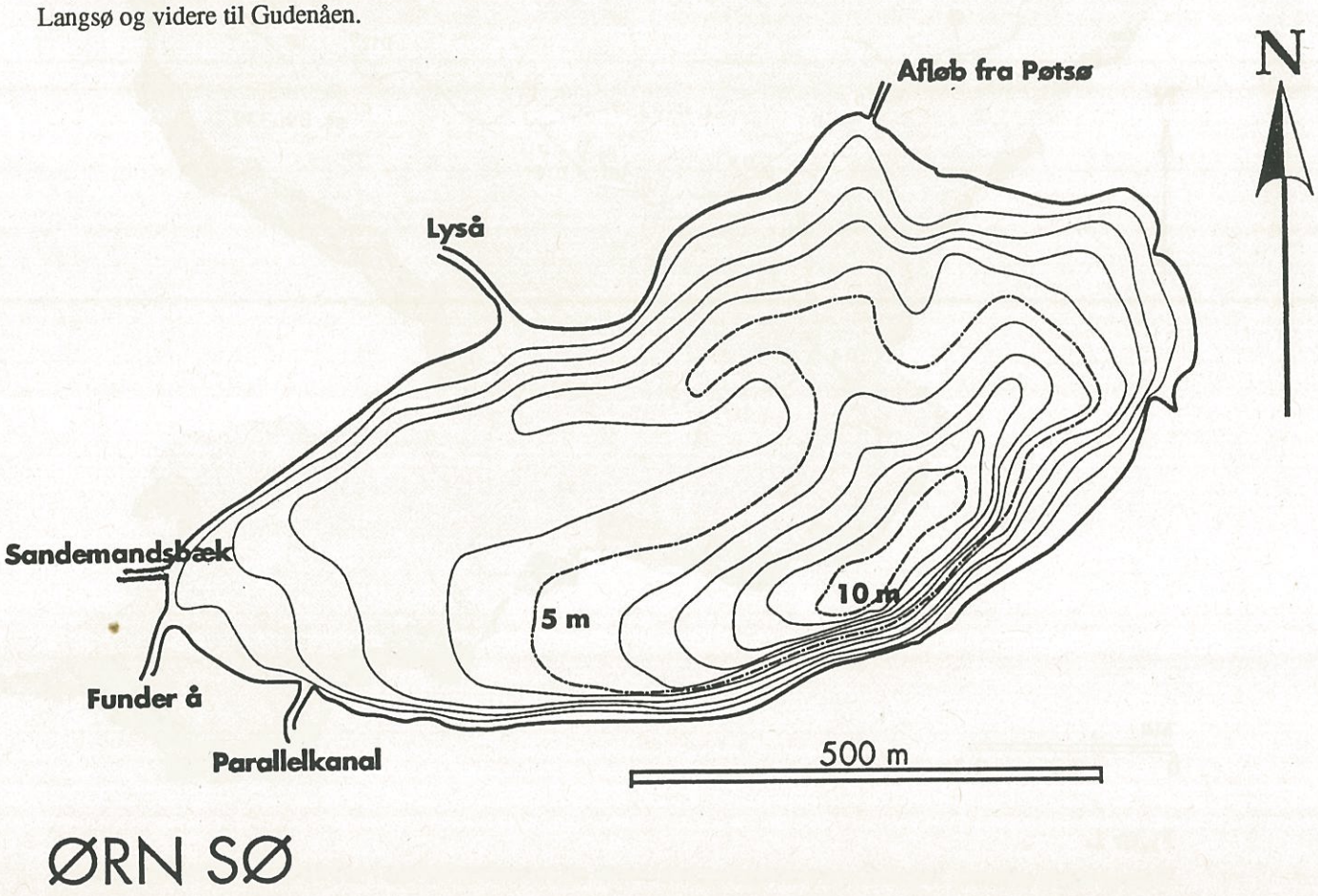
Funder Å og dermed størstedelen af vandtilførslen til Ørn Sø er grundvandsfødt og grundvandsoplandet til søen er væsentligt større end det topografiske opland. Foruden Funder Å ledes der noget vand til søen fra Sandemandsbækken, kilden ved Kuranstalten, afløbet fra Pøt Sø og fra Parallelkanalen.
Afløbet fra søen er Lysåen, som løber til Silkeborg Langsø og videre til Gudenåen.

Arealerne ved søens sydlige og østlige bred er beplantet med skov, mens der er mere åbent imod nord og specielt mod vest. Søen er derfor rimeligt vindeksponeret og der dannes derfor kun et forholdsvist ustabilt springlag i den dybe del af søen i sommermånederne.
Den største del af søen er dermed totalopblandet året rundt.

Morfometriske data kan aflæses af tabel 1.

Oplandsareal	56	km*2
Søens areal	42	ha
Søens volumen	1,68 x 10*6	m*3
Gns. dybde	4	m
Max. dybde	10,5	m
Opholdstid (1992)	18,6	døgn

Tabel 1.
Morfometriske data for Ørn Sø.



Figur 2.

Vand- og næringsstofbalance

Analysering i tilløb og afløb er i 1992 sket efter de samme retningslinier som fra 1989 til 1991 (se Århus Amt, 1990).

Vandføringen i søens hovedtilløb Funder Å blev målt ved en kontinuert vandføringsstation ved Funderholme og ved Funder Station. I Sandemandsbækken, som er det andet betydende vandløb til Ørn Sø, blev vandføringen målt ved en vingemåling 18 gange, og i afløbet, Lysåen, 19 gange i løbet af året.
For at få en kontinuert vandføring i Sandemandsbækken og i Lysåen er der lavet en qQ-relation med Funder Station, Funder Å, som den bedste referencestation. De målte og de beregnede daglige vandføringer findes i bilag.

I de mindre tilløb, Parallelkanalen og afløbet fra Pøt Sø blev der ikke målt vandføring. I kilden ved Kuranstalten blev der målt vandføring 6 gange i løbet af året.

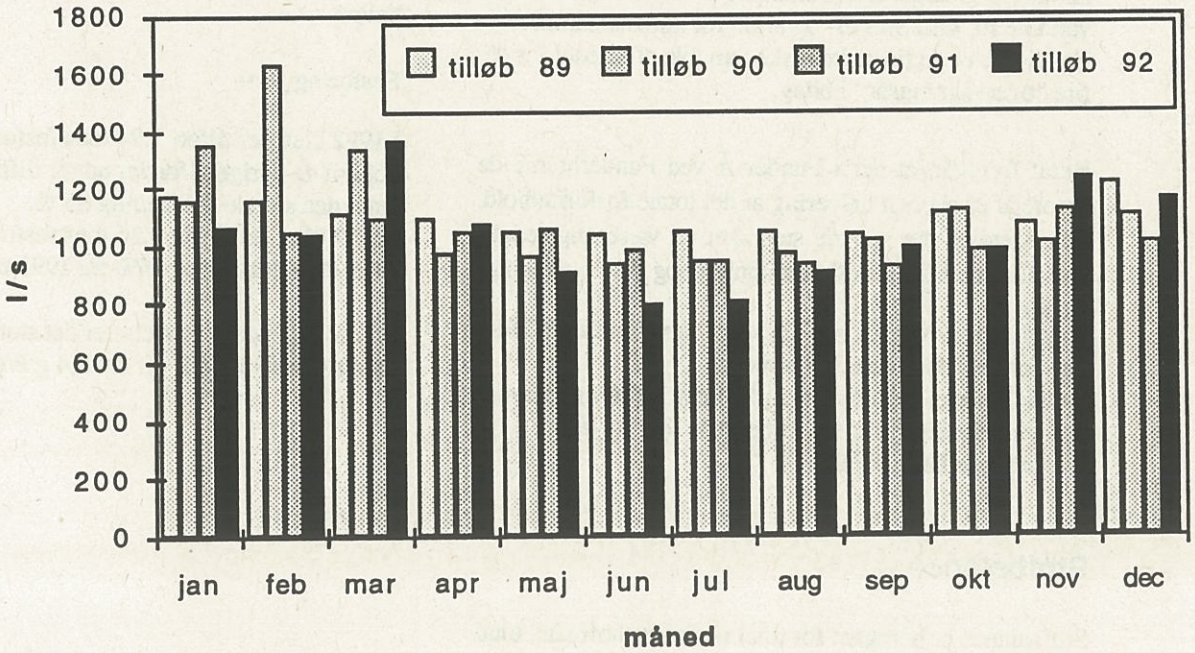
Ved beregning af den årlige vandtransport og stoftransport til Ørn Sø er de ovennævnte vandløb samlet under benævnelsen "umålt opland". Transporten her er fundet ved en oplandskorrigering af vandføring og stofkoncentrationer i Funder Å ved Funderholme.

Vandbalance

Ved beregning af vandbalancen for Ørn Sø er der gjort den forudsætning at nedbøren er lig med fordampningen. Endvidere er der indregnet 13 aflæste vandstandshøjder i afløbet fra søen, der er forudsat at repræsentere vandstandsændringerne i selve søen.

Som nævnt er Funder Å stort set grundvandsfødt, hvilket betyder, at vandføringen i åen svinger forholdsvis lidt gennem året. Således var den gennemsnitlige vandføring gennem året i 1992 på 870 l/s, og sommergennemsnittet var på 824 l/s.
Funder Å udgør også langt den største del af vandtilførslen til Ørn Sø, hvilket betyder, at den samlede vandtilførsel til søen ikke varierer meget gennem året og årene (figur 3).
I 1992 sås en mindre vandtilførsel fra maj til august end de øvrige år, - sandsynligvis en konsekvens af den tørre forsommer.

Den samlede vandtilførsel til Ørn Sø var i 1992 på 32,7 mio. m³ vand (tabel 2). Dette betyder at vandets opholdstid i 1992 var på 18,5 dage.



Figur 3.
Den månedlige vandtilførsel til Ørn Sø fra 1989 til 1992.

Kilder 1992	Stationsnr.	Oplandsareal km2	Vand mio. m3/år	Total-P t P/år	Ortho-P t P/år	Total-N t N/år	Total Fe t Fe/år
Funder Å, Funderholme	90258	48	27,51	3,36	1,03	40,27	37,3
Sandemansbæk	90067	2	2,44	0,23	0,05	3,34	3,28
Umålt opland		6	2,75	0,34	0,1	4,03	3,73
Atmosfære			-	0,01	-	0,84	-
Total tilførsel			32,7	3,94	1,18	48,48	44,31
Afløb Ørn Sø	90321	56	32,45	3,11	0,65	42,82	32,32
Reduktion %				19%	44%	13%	29%

Tabel 2.

Vand- og næringsstofbalance for Ørn Sø i 1992.

Tilførslen fra det umålte opland er fundet ved at oplandskorrigere til Funder Å. Der sker tilsyneladende en mindre vandudveksling mellem søen og grundvandet. Følgende stofkoncentration i grundvandet er anvendt: Total N: 0,5 mg N/l, Total P: 30 µg P/l, Total Fe: 1 mg Fe/l.

Sammenlignet med resultaterne fra 1989 til 1991 er den samlede vandtilførsel gennem årene meget konstant, hvilket betyder, at vandets opholdstid de fire "undersøgelsesår" har varieret mellem 16 og 19 dage.

Den samlede vandafledning fra Ørn Sø var i 1992 på 32,5 mio. m³. D.v.s., at tilledning og afledning var meget lig hinanden, og at der tilsyneladende ikke finder nogen væsentlig udveksling med grundvand sted.

Vandkemi i tilløbene til søen

Af tabel 3 fremgår årsmedianerne af forskellige kemiske variable for Ørn Sø's til- og afløb for alle måleårene. Endvidere er de fleste kemiske variable afbilledet for de fire "overvågningsår" i bilag.

Heraf fremgår, at der i Funder Å ved Funderholme de senere år er sket en halvering af det totale fosforindhold. Endvidere er der samme sted sket en væsentlig reduktion for total kvælstof, ammonium og BI_5's vedkommende.
I Sandemandsbækken ses ligeledes en væsentlig reduktion for total fosfors vedkommende.
Reduktionerne skyldes den forbedrede rensning, det reducerede foderforbrug og forbedrede fodertyper på dambrugene langs Funder Å.

Stofbalance

Stofbalance er beregnet for total fosfor, orthofosfat, total kvælstof og total jern (tabel 2). Dette er gjort ved hjælp af de målte og beregnede daglige vandføringer kombineret med de kemiske målinger i til- og afløb.

I beregningerne er det forudsat, at den atmosfæriske kvælstofdeposition på søens overflade var 20 kg N/ha/år og at fosfordepositionen var 0,2 kg P/ha/år.

Som tidligere nævnt, beregnes vand- og stoftilførslen fra det umålte opland på 6 km² ved at oplandskorrigere til Funder Å, Funderholme. Hermed antages det, at der pr. arealenhed afledes lige store mængder vand fra det umålte opland og fra Funder Å, samt at de gennemsnitlige stofkoncentrationer fra det umålte opland stemmer rimeligt overens med stofkoncentrationerne ved Funderholme.

Fosfor og jern

I 1992 blev der tilført 3,94 tons fosfor til Ørn Sø. I forhold til de øvrige tilførsler udgør tilførslen fra Funder Å langt den største del, nemlig 85 %.
I 1991 blev der tilført 4,56 tons fosfor til Ørn Sø, hvilket giver en reduktion på 14% fra 1991 til 1992.

I forhold til søens størrelse er det store mængder fosfor søen tilføres - i 1992 var det 9,4 g P/m²/år.

Station	År	Total-P µg P/l	PO4-P µg P/l	Total-N mg N/l	NH4-N mg N/l	NO3-N mg N/l	BI5 mg/l	Tot-COD mg/l	Total Fe mg/l
Funder Å, Funder Station (90259)	1974	174	66	1,14	0,453	0,386			
	1978	202	54	1,43	0,464	0,461	3,0	10,0	
	1979	155	45	1,69	0,268	0,445	2,2	8,1	
	1980	163	45	2,19	0,317	0,61	2,5	10,1	
	1981	190	54	1,92	0,419	0,561	3,9	9,8	
	1982	225	65	2,53	0,458	0,658	3,9	10,8	
	1983	226	73	2,64	0,64	0,743	4,7	13,7	
	1984	285	72	2,29	0,838	0,534	5,9	16,6	
	1985	236	66	2,14	0,691	0,519	4,1	11,7	
	1986	219	69	2,10	0,792	0,540	4,1	12,0	
	1987	219	51	1,90	0,622	0,470	4,2	12,3	
	1988	202	59	1,89	0,576	0,570	4,2	12,5	
	1991	159			0,287				
	1992	121			0,317				
Funder Å, Funderholme (90258)	1978	230	50	1,78	0,668	0,437	3,5	10,5	
	1985	261	77	2,02	0,698	0,675	4,0	15,0	
	1987	246	62	2,12	0,579	0,610	4,6	15,0	2,18
	1989	220	55	1,80	0,481	0,739	3,5	10,0	1,79
	1990	158	52	1,50	0,338	0,691	2,7	11,2	1,67
	1991	117	43	1,46	0,337	0,684	2,1	8,8	1,34
	1992	123	39	1,47	0,366	0,689	2,8		1,36
Parallelkanal (090339)	1989	176	56	1,80	0,590	0,748	3,1	10,0	1,78
Sandemansbæk (090067)	1989	103	21	1,22	0,170	0,534	1,8	13,1	1,13
	1990	68	13	1,23	0,130	0,315	1,7	11,1	0,94
	1991	70	18	1,13					1,00
	1992	70	18	1,27					0,94
Afløb Pøt Sø (090071)	1989	400	189	1,77	0,372	0,383	4,4	29,8	1,62
	1991	420	221	1,92					2,13
Kilde v/Kuranstalt (090678)	1987	31	25	0,55	0,028	0,020		2,6	3,00
	1989	39	32	0,12	0,031	0,020		4,0	2,90
	1990	33	28	0,10				3,0	
	1991	33	32	0,49		0,040			3,10
	1992	35	28	0,11		0,029			3,10
Afløb Ørn Sø (090321)	1978	110	27	1,85	0,176	0,553	4,8	11,5	
	1981	110	34	1,84	0,286	0,630	4,4	16,5	
	1984	114	36	1,83	0,426	0,606	4,7	17,9	
	1985	140	36	1,63	0,454	0,580	3,6	13,0	
	1989	114	35	1,47	0,343	0,559	3,3	12,2	1,29
	1990	102	32	1,50					1,09
	1991	96	23	1,27					0,86
	1992	90	17	1,36					0,97

Det er Pøt + P. der falder mest i årene 84

Station	År	Total-P µg P/l	PO4-P µg P/l	Total-N mg N/l	NH4-N mg N/l	NO3-N mg N/l	BI5 mg/l	Tot-COD mg/l	Total Fe mg/l
Funder Å, Funder Station (90259)	1974	174	66	1,14	0,453	0,386			
	1978	202	54	1,43	0,464	0,461	3,0	10,0	
	1979	155	45	1,69	0,268	0,445	2,2	8,1	
	1980	163	45	2,19	0,317	0,61	2,5	10,1	
	1981	190	54	1,92	0,419	0,561	3,9	9,8	
	1982	225	65	2,53	0,458	0,658	3,9	10,8	
	1983	226	73	2,64	0,64	0,743	4,7	13,7	
	1984	285	72	2,29	0,838	0,534	5,9	16,6	
	1985	236	66	2,14	0,691	0,519	4,1	11,7	
	1986	219	69	2,10	0,792	0,540	4,1	12,0	
	1987	219	51	1,90	0,622	0,470	4,2	12,3	
	1988	202	59	1,89	0,576	0,570	4,2	12,5	
	1991	159			0,287				
	1992	121			0,317				
Funder Å, Funder-holme (90258)	1978	230	50	1,78	0,668	0,437	3,5	10,5	
	1985	261	77	2,02	0,698	0,675	4,0	15,0	
	1987	246	62	2,12	0,579	0,610	4,6	15,0	2,18
	1989	220	55	1,80	0,481	0,739	3,5	10,0	1,79
	1990	158	52	1,50	0,338	0,691	2,7	11,2	1,67
	1991	117	43	1,46	0,337	0,684	2,1	8,8	1,34
	1992	123	39	1,47	0,366	0,689	2,8		1,36
Parallelkanal (090339)	1989	176	56	1,80	0,590	0,748	3,1	10,0	1,78
Sandemansbæk (090067)	1989	103	21	1,22	0,170	0,534	1,8	13,1	1,13
	1990	68	13	1,23	0,130	0,315	1,7	11,1	0,94
	1991	70	18	1,13					1,00
	1992	70	18	1,27					0,94
Afløb Pøt Sø (090071)	1989	400	189	1,77	0,372	0,383	4,4	29,8	1,62
	1991	420	221	1,92					2,13
Kilde v/Kuranstalt (090678)	1987	31	25	0,55	0,028	0,020		2,6	3,00
	1989	39	32	0,12	0,031	0,020		4,0	2,90
	1990	33	28	0,10				3,0	
	1991	33	32	0,49		0,040			3,10
	1992	35	28	0,11		0,029			3,10
Afløb Ørn Sø (090321)	1978	110	27	1,85	0,176	0,553	4,8	11,5	
	1981	110	34	1,84	0,286	0,630	4,4	16,5	
	1984	114	36	1,83	0,426	0,606	4,7	17,9	
	1985	140	36	1,63	0,454	0,580	3,6	13,0	
	1989	114	35	1,47	0,343	0,559	3,3	12,2	1,29
	1990	102	32	1,50					1,09
	1991	96	23	1,27					0,86
	1992	90	17	1,36					0,97

Tabel 4.

Årsmedian (interpolerede) af de kemiske målinger i tilløb og afløb til og fra Ørn Sø.

I 1992 var der en fosfortilbageholdelse i Ørn Sø på godt 800 kg, svarende til 19%. Fosfortilbageholdelsen var i 1991 procentvis af samme størrelse, hvorimod der i 1989 og 1990 procentvis blev tilbageholdt ca. dobbelt så meget. Dette fald i fosfortilbageholdelsen indenfor de seneste år vil blive uddybet yderligere under afsnittet om "Sammenhæng mellem søkoncentration og ekstern/intern stoftilførsel", men generelt kan det konkluderes, at søen ikke er i ligevægt.

Den arealrelaterede fosfortilbageholdelse i Ørn Sø er, set i relation til de øvrige danske overvågningssøer stor, (Århus Amt, 1992), hvilket kan tillægges, at der tilføres meget jern til søen.

I 1992 blev der tilledt 44 tons total jern til søen. I 1991 blev der tilledt godt 50 tons, og de to tidligere år var tilledningen ca. 65 tons pr. år.
Det fald der ses, er sandsynligvis en konsekvens af etablering af bundfældningsbassiner på dambrugene langs Funder Å, idet der her sker en udfældning af bl.a. jern.

Forholdet mellem den totale mængde (vægt) jern og fosfor i sedimentet blev målt i 1991, og var på mellem 15 og 20 (Århus Amt, 1991).

Forholdet mellem tilbageholdt jern og tilbageholdt fosfor i søen var i 1991 på 20 og i 1992 på 15 og er således af samme størrelse som mængderne i sedimentet.

Ved et jern/fosfor indhold i sedimentet på 15 og derover, er jernmængden så stor at den kan kontrollere fosfatfrigivelsen fra sedimentet, således at den interne fosforbelastning bliver mindre, end ved et lavere jern/fosfor indhold (Miljøstyrelsen, 1990a).
For Ørn Sø kan dette betyde, at den igennem årene tilførte fosformængde, er bundet så stabilt, at der umiddelbart ikke vil ske en frigivelse heraf, når belastningen af søen nedsættes.

Kvælstof

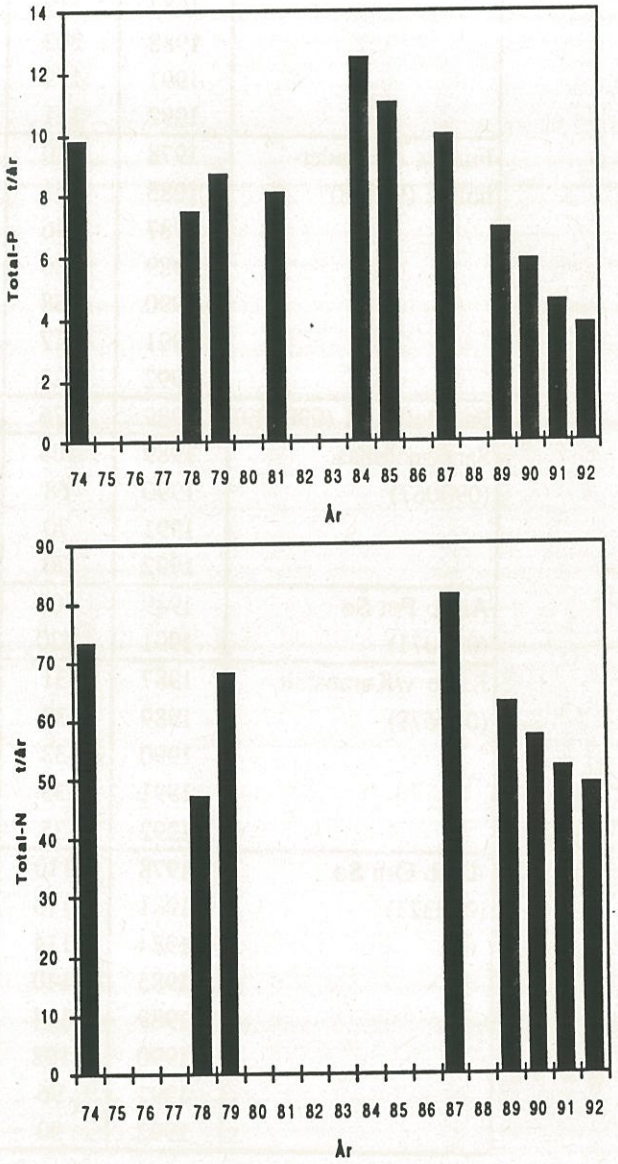
I 1992 blev der tilført 48,5 tons kvælstof til Ørn Sø. Det er 4 tons mindre, end der blev tilført det forrige år, hvilket bl. a. skyldes, at der blev tilledt mindre vand i 1992. Koncentrationen af kvælstof i det tilførte vand var meget ens de to år.

I 1992 blev der afledt knap 43 tons kvælstof fra søen. D.v.s. der sker en kvælstoffjernelse på 13%. Kvælstoffjernelsen har de 3 tidligere "overvågningsår" varieret mellem 7 og 16%.
Det er en lav kvælstoffjernelse, som skal ses i relation til en hurtig vandgennemstrømning og lave kvælstofkoncentrationer i søvandet.

Under afsnittet "Sammenhæng mellem søkoncentration og ekstern/intern stoftilførsel" behandles fosfor og kvælstof dynamikken nøjere gennem året.

Kilder til stoftilførsel

Figur 4 viser den totale tilførsel af fosfor og kvælstof gennem måleår siden 1974. For begge parametres vedkommende gælder, at der de senere år er sket et markant fald i tilførslen til Ørn Sø.



Figur 4.
Mængden af tilført kvælstof og fosfor til Ørn Sø i perioden 1974 til 1992.

Renseanlæg		Type/PE	Årsvand-føring (m3)	Total-N kg N/år	Total-P kg P/år
Hesselhus	målt	MB/130	9490	660	7
Ridehal, Funderholme	skønnet	M/25	2737	91	29
Total			12227	751	36

Tabel 4.

Spildevandsudledninger fra kloakerede områder i Ørn Sø's opland i 1992.

	Antal huse	PE	Total-N kg N/år	Total-P kg P/år
Funder Å	210	588	759	259
Funder Station	7	20	28	10
Sandemansbækken	3	8	18	6
Umålt opland	11	31	33	11
	231	647	838	286

Tabel 5.

Spildevandsudlednnger fra den spredte bebyggelse i Ørn Sø's opland til vandløb og sø 1992. I beregningerne er følgende benyttet (Miljøstyrelsens beregningsgrundlag): 50% af bebyggelsen nedsiver, 15% renser mekanisk og 35% renser mekanisk og afleder til markdræn. Renseniveau ved nedsivning: 100% N, 100% P. Ved mekanisk rensning: 10% N, 10% P. Ved mekanisk rensning efterfulgt af markdræn: 55% N, 55% P. 2,8 PE/ejendom.

Af tabel 4 til 7 fremgår, hvor meget fosfor og kvælstof der i 1992 blev tilført Ørn Sø fra henholdsvis den spredte bebyggelse, fra de to renseanlæg i området, fra regnvandsudledninger og fra de 11 dambrug, hvor de 10 er beliggende langs Funder Å og et ved Sandemandsbækken.

Af tabellerne fremgår desuden, hvorledes tallene er fremkommet.

	Årsvand-føring (m3)	Total-N kg N/år	Total-P kg P/år
Funder Station	6500	36	4
Umålt opland	63500	352	52
Total	70000	388	56

Tabel 6.

Regnvandsudledninger i Ørn Sø's opland i 1992.

3 metoder !!

Dambrug 1992	Total-N kg/år	Total-P kg/år
Skærskov (1)	1040	190
Graunbjerg (1)	2500	0
Kristianshede (3)	120	13
Hørbylunde (3)	1799	175
Blaksdal (3)	949	93
Kalpendal (3)	2433	260
Funder (1)	3300	130
Banbjerg (2)	1700	60
Funderholme (2)	3230	0
Ørn Sø (2)	3760	0
Skovdal (3)	691	70
I alt	21521	992

Tabel 7.

Udledning af total kvælstof og total fosfor fra dambrug til vandløb i Ørn Sø's opland.

(1): Værdier baseret på Miljøkontorets målinger (N= 12 i 1992) og dambrugerens egenkontrol (N= 10-16 i 1992)

(2): Værdier baseret på dambrugerens egenkontrol (N= 10-16 i 1992)

(3): Beregnede værdier: Foderforbrug - produktion, 7% reduktion af N og 20% reduktion af P

I tabel 8 er bidragene til Ørn Sø samlet. Arealbidraget er fremkommet som en differens mellem det totale målte bidrag af henholdsvis kvælstof og fosfor og bidragene fra de 4 andre nævnte kilder.

	t N/år	t P/år
Dambrug	21,52	0,99
Renseanlæg	0,75	0,04
Regnvandsudledninger	0,39	0,06
Spredt bebyggelse	0,84	0,29
Arealbidrag	24,98	2,56
Total	48,48	3,94

Tabel 8. Kilder til kvælstof- og fosfortilførslen til Ørn Sø 1992. Arealbidraget er fremkommet som en difference mellem de totale udledninger og de øvrige kilder.

Af tabellen fremgår, at der samlet blev tilledt 48,5 tons kvælstof til Ørn Sø, hvoraf ca. halvdelen kom fra dambrugene og ca. halvdelen fra arealafstrømning. For fosfors vedkommende blev der tilledt godt 3,9 tons til søen, hvor arealafstrømningen udgjorde ca. 2/3 og dambrugsudledningerne ca. 1/4.

Ved sammenligning med sidste års værdier, stemmer spildevandsudledningerne fra den spredte bebyggelse og renseanlæggene for både fos-for og kvælstofs vedkommende meget overens.
Der er imidlertid stor forskel på dambrugsudledningerne de to år imellem.

I 1991 blev udledningerne fra dambrugene beregnet på 2 forskellige måder: Dels en (1) der primært var baseret på differencen mellem forbruget af foder og produktionen af fisk på dambrugene, fratrukket faste rensningsgrader for henholdsvis fosfor og kvælstof (20% reduktion af P og 7% reduktion af N) og dels en (2), hvor dambrugsbidraget fremkom som differencen mellem den samlede transport af næringssalte til Ørn Sø og de øvrige kilder.
For fosfors vedkommende var resultatet i 1991 for beregningsmåde (1) en udledning på 3,3 tons og for beregningsmåde (2) 1,7 tons. Som det fremgår af tabel 7 blev der i 1992 målt (primært målt - se tabeltekst) en udledning af fosfor på godt 990 kg.
Forskellen mellem (1) i 1991 og resultaterne i 1992 skyldes primært, at der reelt har fundet en større bundfældning af fosfor sted på dambrugene, end hvad der blev indregnet i beregningerne.

Beregningsmetode (2) synes således mere realistisk, og hvis faldet i den totale transport fra 1991 til 1992 sammenlignes med faldet i udledningerne fra dambrug beregnet efter metode (2) i 1991 og målingerne i 1992, stemmer dette rimeligt overens.

Arealbidraget i 1992, der er fremkommet som differencen mellem den totale transport og de øvrige kilder, kan udregnes pr. arealenhed. Dette bliver for fosfors vedkommende 0,46 kg/ha/år. Det er noget højere end forventelig i forhold til andre oplande i Århus Amt, hvilket kan tillægges to årsager: At oplandet til Ørn Sø reelt er meget større, end det der inddrages i beregningerne, eller at udledningerne fra dambrugene reelt var noget større, end det der blev målt i 1992.

For kvælstofs vedkommende ligger den målte udledning i 1992 mellem resultaterne fra de to beregningsmetoder i 1991. Som for fosfors vedkommende, har der været en større fjernelse af kvælstof på dambrugene end der blev indregnet i beregningsmetode (1).
Der en en forskel på ca. 8 tons kvælstof mellem metode (2) i 1991 og resultaterne fra 1992. Årsagen hertil er ikke umiddelbar.

Recipientskvalitetsplan opfyldt?

Ifølge Recipientskvalitetsplanen for Århus Amt må der højst tilføres 25 kg fosfor fra kloakerede områder til Ørn Sø pr. år og maksimalt 100 kg fosfor fra spredt bebyggelse. For dambrugenes vedkommende må den samlede udledning fra dambrugene indtil 1995 maksimalt være på 2 tons. Fra den 1/1 1995 må der maksimalt udledes 1 ton.

Tilledningen af fosfor fra de kloakerede områder og fra den spredte bebyggelse overstiger kravene i recipientkvalitetsplanen.

I vurdering af tilledningerne er der dog indlagt en del skønnede værdier og det er derfor muligt, at recipientkvalitetsplanen reelt er overholdt.
Bidragene fra den spredte bebyggelse er sandsynligvis overvurderet, - hvilket betyder, at de i 1992 målte udledninger fra dambrug sandsynligvis er i underkanten.
Udledningerne fra dambrugene er, jf. Recipientkvalitetsplanens nuværende krav om udledning af maksimalt 2 tons fosfor, overholdt.

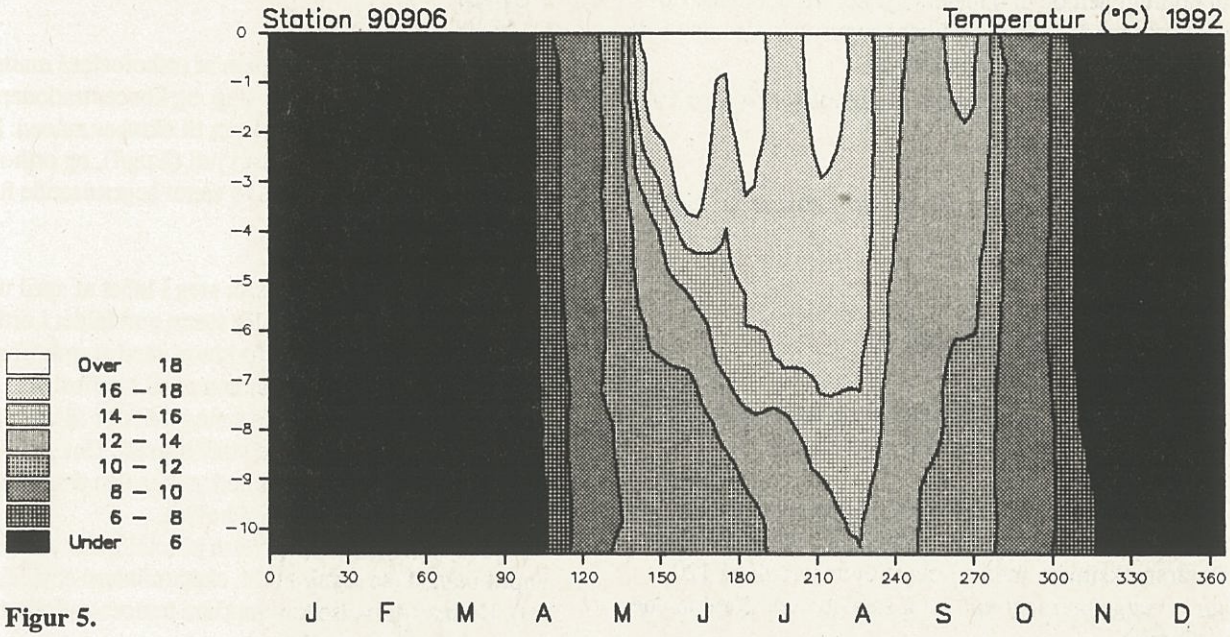
Fysiske og kemiske målinger fra Ørn Sø

I figur 5 og 6 er vist temperatur- og iltfordelingen på det dybeste sted i Ørn Sø i 1992. I figur 7 er vist vandkemien i overfaldevandet i 1991 og 1992. I det følgende er figurerne kommenteret, således at der primært sker en sammenligning mellem 1991 og 1992, men hvor der er væsentlige forskelle sammenlignet med resultaterne fra 1989 og 1990, kommenteres dette.
I tabel 9 og 10 kan års- og sommergennemsnittene af de fysiske og kemiske variable gennem flere år aflæses.

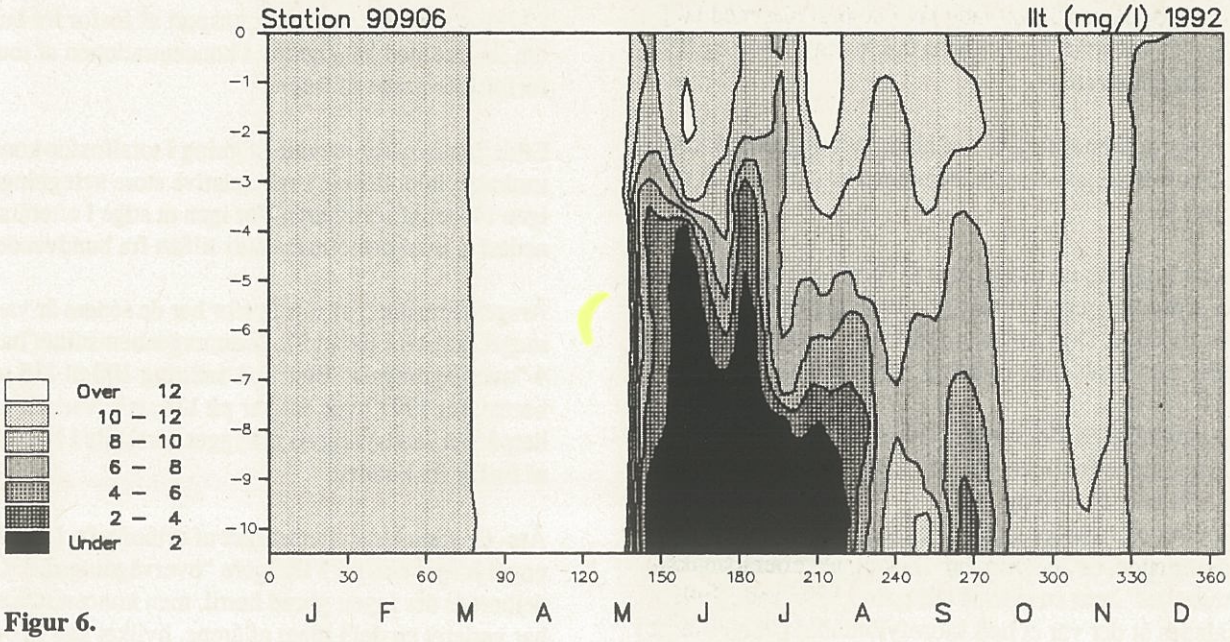
Temperatur

Af figur 5 ses, at temperaturen i Ørn Sø begyndte at stige midt i april. Dette er ca. 14 dage senere end de tre tidligere år.

I den største del af søen er vandtemperaturen stort set konstant ned gennem vandsøjlen, men i den dybeste del



Figur 5.
Temperaturfordelingen i Ørn Sø i 1992 på de dybeste sted i søen (kemistation).



Figur 6.
Iltfordelingen i Ørn Sø i 1992 på det dybeste sted i søen (kemistation).

af Ørn Sø udvikles der hvert år en mere eller mindre stabil lagdeling i sommermånederne.
I forhold til de tre tidligere år var lagdelingen i 1992 mere markant og temperaturen ved bunden sidst i maj og sidst i juli var der ingen markant lagdeling længere. Opblandingsdybden varierede mellem ca. 3 og 7,5 meter.

Ilt

I figur 6 er iltkoncentrationen i vandsøjlen afbilledet. Fra sidst i maj til i begyndelsen af august var der under 2 mg ilt pr. l ved bunden. I begyndelsen af juni var ilten stort set opbrugt helt op til 4 meters dybde. Herefter blev opblandingsdybden større og først i august var det kun på de 2-3 nederste meter der ingen ilt var.
Iltforholdene i 1992 var mere sammenlignelig med 1989 og 1990.

Temperatur- og iltkurver fra de tre tidligere år findes i bilag.

Klorofyl og sigtdybde

Forløbet af kurverne over klorofyl og sigtdybden for 1992 afspejler smukt hinanden gennem året.

Generelt har kurven over klorofyl et totoppet forløb, med et forårsmaksimum på 105 µg/l og et sensommer/efterårsmaksimum med en maksimumsværdi på 120 µg/l. I begge perioder var det kiselalger, der dominerede planktonet.

Sigtdybden var tilsvarende lav i de perioder med højt klorofylindhold, henholdsvis 0,8 m om foråret og 0,95 m om efteråret.

Iøvrigt stemmer forløbet af algeudviklingen og klorofylindholdet meget overens gennem året (se figur 15 og figur 7).

Sidst i maj og fra sidst i juni til først i juli var klorofylkoncentrationerne forholdsvis lave, med gode sigtdybder til følge. Den største sigtdybde i "produktionsperioden" blev målt sidst i juni og var på 2,4 m.

Sammenlignes 1992 med 1991 er års- og sommergennemsnittene for henholdsvis klorofyl og sigtdybden meget ens (tabel 9 og 10).
Ses der på forløbet gennem de to år for klorofyls vedkommende, er den primære forskel, at "efterårsmaksimummet" kom en måned tidligere i 1992 end i 1991, således at der var et højt klorofylindhold allerede sidst i juli måned. Denne forskel ses også på forløbet af sigtdybderne de to år imellem.

1991 og 1992 ligner således hinanden meget. Sammenlignes disse to år med 1989 og 1990 (Århus Amt, 1992 og tabel 9 og 10), ses, at algemængden målt som klorofyl var noget større i 1991 og 1992 end de to forgående år. Tilsvarende var sigtdybden ca. 25 cm mindre. Forskellene er dog ikke markante, men umiddelbart passer det lidt højere klorofylindhold og de tilsvarende lavere sigtdybder målt de sidste to år bedre med fosforniveauet i søen end med resultaterne fra 1989 og 1990 (Miljøstyrelsen, 1990b).

Fosfor

Generelt faldt koncentrationen af orthofosfat i marts, hvor produktionen af alger steg, og koncentrationen forblev mere eller mindre lav frem til oktober måned. Den laveste værdi blev målt sidst i juli (4 µg/l), og orthofosfat synes dermed ikke at have været begrænsende for algernes vækst.

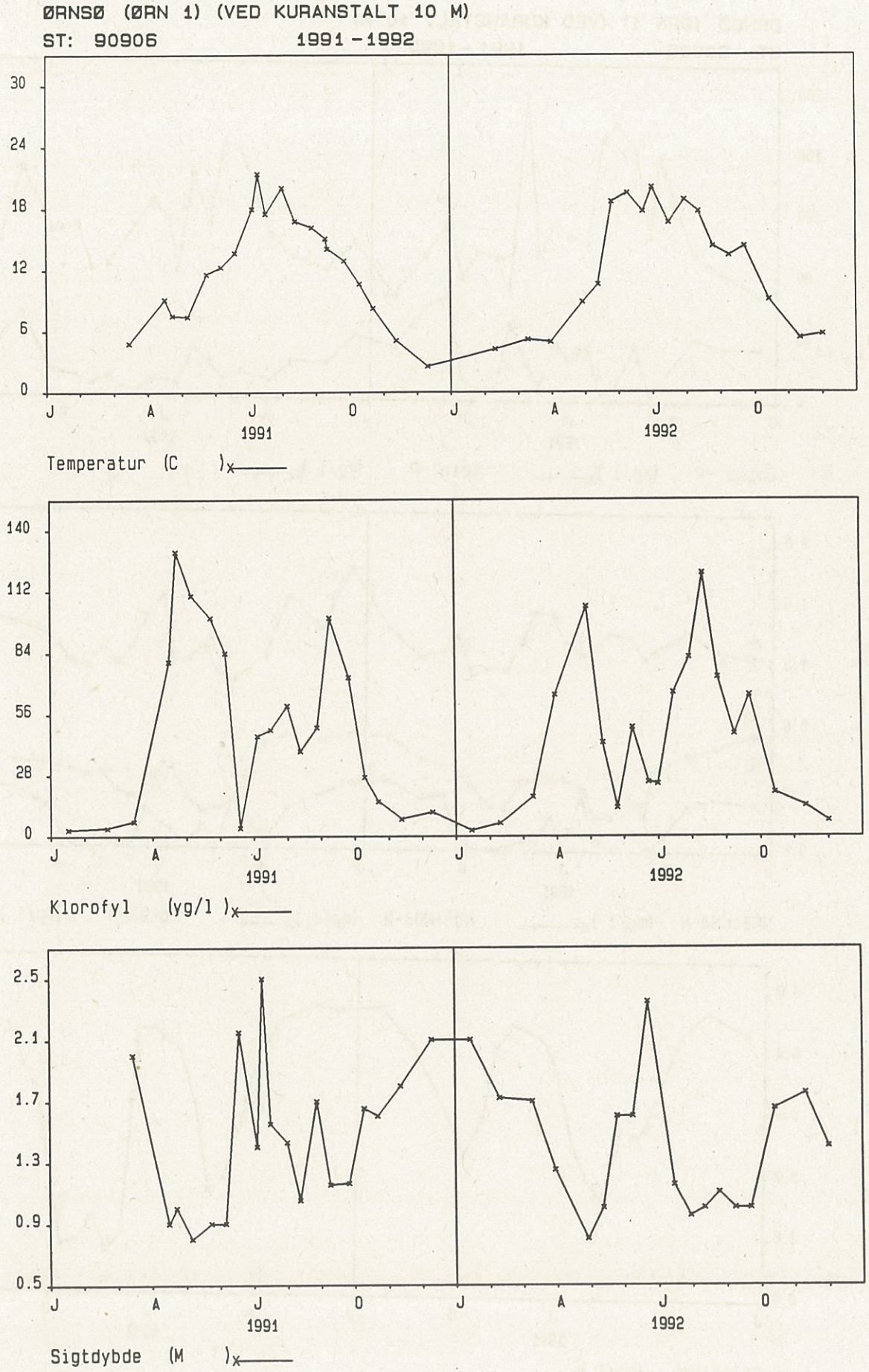
Koncentrationen af totalfosfor steg i løbet af april måned. Stigningen var betydelig større end faldet i orthofosfat og kan således ikke forklares med at orthofosfat ved optagelse af algerne omdannes til totalfosfor.
I marts måned blev der tilført meget fosfor til søen (se afsnittet om ekstern/interne stoftilførsel). Dette blev dog hurtigt fraført igen og var således ikke den direkte årsag til stigningen i totalfosfor-indholdet.
Derimod skete der en frigivelse af totalfosfor fra bunden i april måned (se afsnittet om ekstern/intern stoftilførsel). Denne frigivelse kan forklare koncentrationsstigningen i overfaldevandet.

I 1991 sås, som i 1992, en transport af fosfor fra bunden om foråret med en stigning i koncentrationen af totalfosfor i søvandet til følge.

Efter den ovenfor nævnte stigning i totalfosfor-koncentrationen faldt denne, trods relative store svingninger, igen i løbet af sommeren, for igen at stige i efterårsmånederne, hvor orthofosfat blev tilført fra bundvandet.

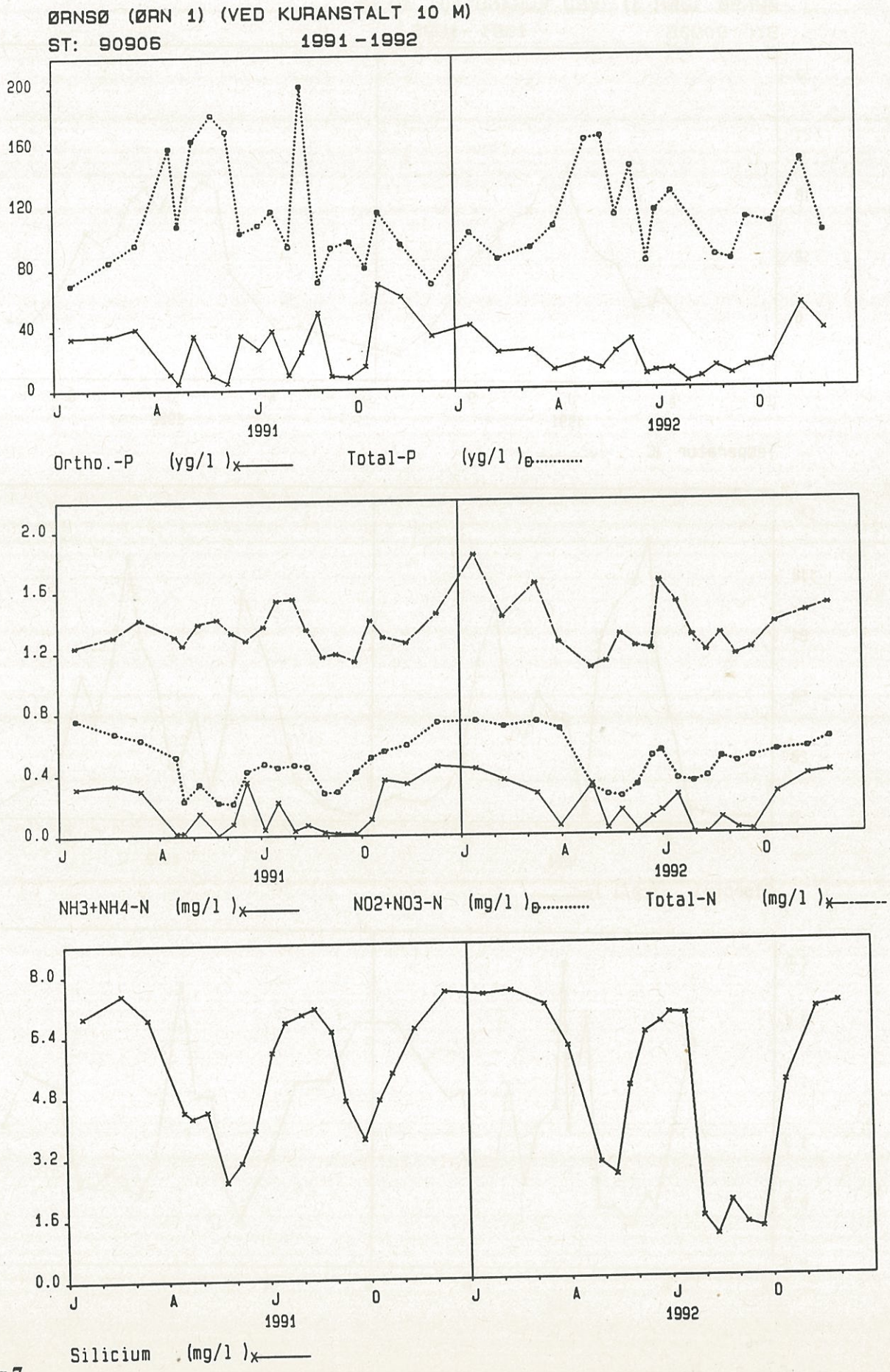
Årsgennemsnittet af totalfosfor har de senere år været meget konstant (tabel 9). Sommergennemsnittet har i de 4 "overvågningsår" ligget på omkring 100 til 115 µg/l, bortset fra 1991 hvor det var på 128 µg/l. Variationen herpå kan sandsynligvis tillægges forskelle i frigivelsen af fosfor fra bunden.

Års- og sommergennemsnittet af orthofosfat i 1992 var noget lavere end de 3 tidligere "overvågningsår". Umiddelbart er der ingen grund hertil, men koncentrationerne har varieret en del i løbet af årene, hvilket kan få betydning for gennemsnittene.

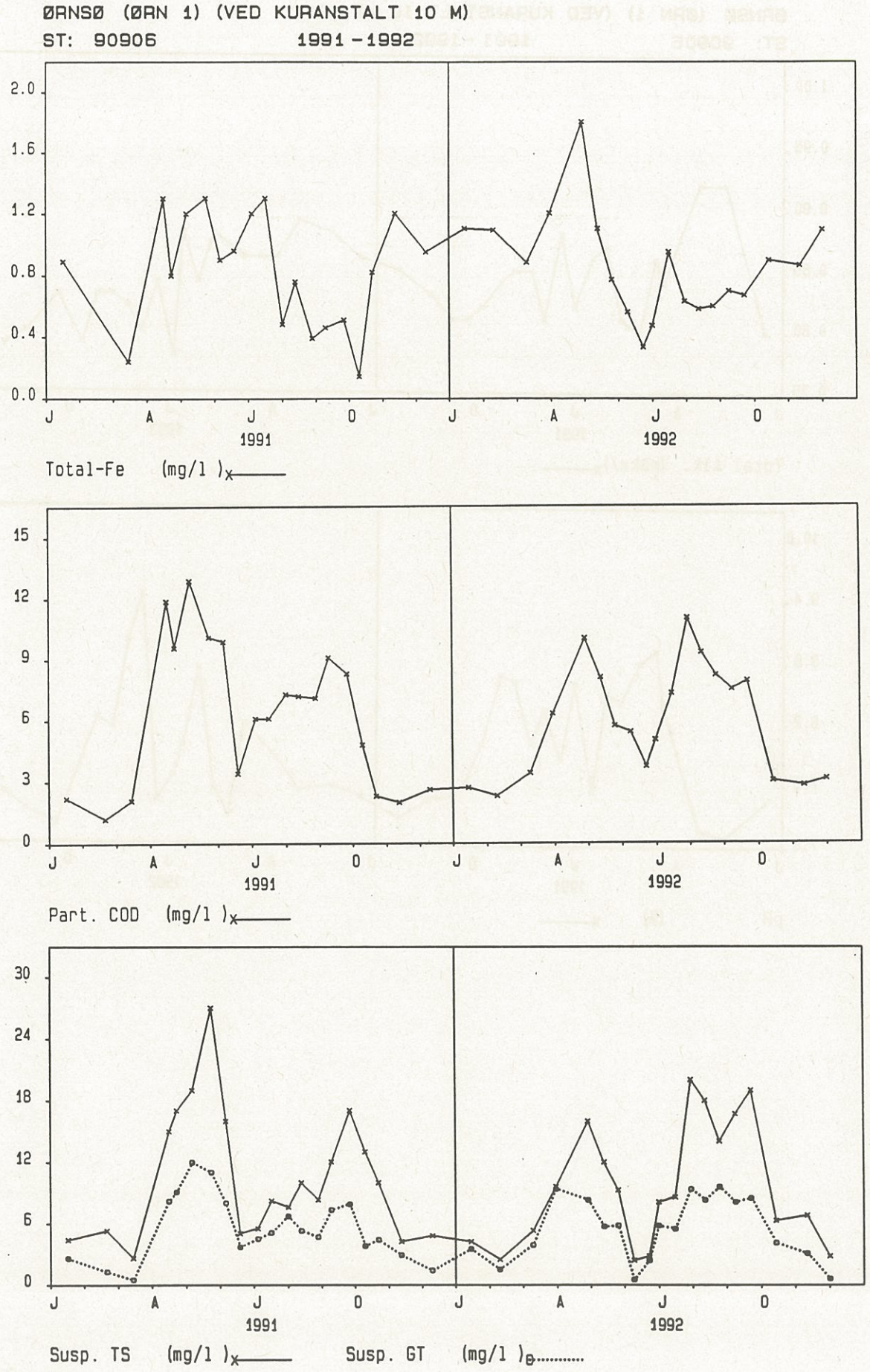


Figur 7.

Årstidsvariation af forskellige kemiske og fysiske variable i overfladevandet i Ørn Sø 1991 og 1992.

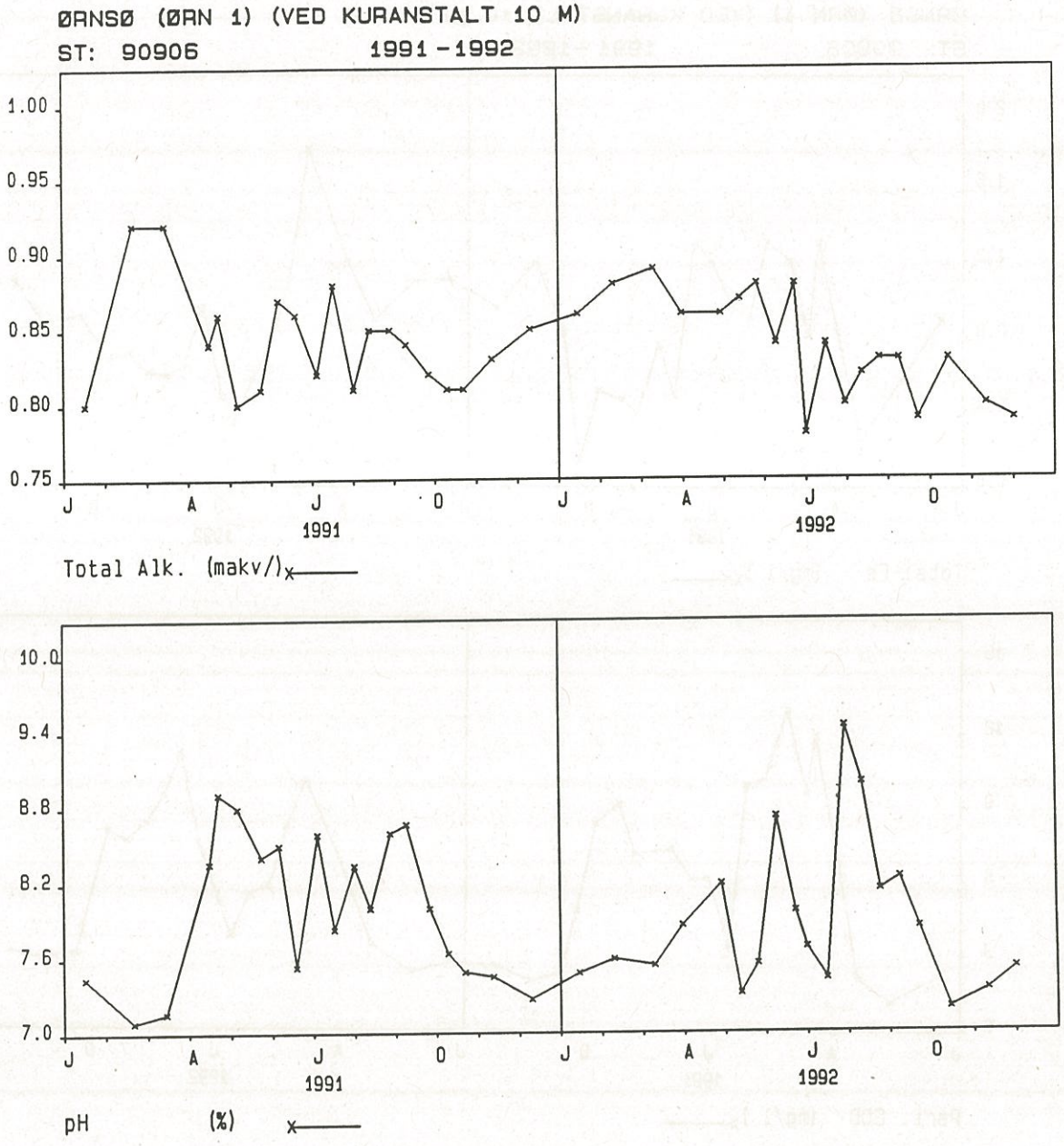


Figur 7.
Årstidsvariation af forskellige kemiske og fysiske variable i overfladevandet i Ørn Sø 1991 og 1992.



Figur 7.

Årstidsvariation af forskellige kemiske og fysiske variable i overfladevandet i Ørn Sø 1991 og 1992.



Figur 7.
Årstidsvariation af forskellige kemiske og fysiske variable i overfladevandet i Ørn Sø 1991 og 1992.

Kvælstof

Indholdet af total kvælstof varierede i 1992 mellem 1,1 og 1,8 mg/l. Generelt er det et forholdsvis lavt kvælstofniveau, med en forholdsvis lille variation gennem året.

Sidst i juni var der en lidt større stigning af total kvælstof, samtidig med at også ammoniumindholdet steg. Stigningerne skyldes sandsynligvis, at der blev tilført ammonium fra bunden, idet springlaget netop på dette tidspunkt ikke var stabilt. Ammoniumkoncentrationen var, på grund af et meget lavt iltindhold ved bunden, her stigende indtil sidst i juni (2,8 mg/l), for herefter at falde (2,1 mg/l) og senere igen stige i en periode med mere stabil lagdeling.

Nitratkoncentrationen synes at være styret af produktionen, idet koncentrationen faldt i april og juli, da der var mange alger til stede.
Koncentrationerne var iøvrigt ikke så lave, at de på noget tidspunkt synes at have været begrænsende for algevæksten.

Mængden af kvælstof i Ørn Sø har været faldende med kvælstoftilførslen til søen gennem årene (se senere). Fra 1991 til 1992 skete der intet fald i tilførslen af kvælstof og det ses da også, at års- og sommergennemsnittene de to år er meget ens.

Opløst silicium

Den opløste silicium fulgte i høj grad udviklingen af kiselalger, hvilket også har været tilfældet de øvrige år. Kiselalgerne udgjorde en meget stor del af algebiomassen, hvorved kurven over opløst silicium bliver et spejlbillede af kurven over klorofyl.

Opløst silicium har på intet tidspunkt været begrænsende for kiselalgernes vækst.

Total jern

Fra marts til slutningen af april steg koncentrationen af total jern fra 0,9 mg/l til 1,8 mg/l.
Stigningen falder sammen med en frigivelse af jern fra bunden, som igen falder sammen med den frigivelse af fosfor der fandt sted fra bunden i foråret.
Herefter faldt koncentrationen af jern til et niveau på omkring 0,5 til 0,7 mg/l.
Års- og sommergennemsnittene af total jern har været ret konstante i de 4 "overvågningsår".
Som nævnt tidligere er tilførslen af total jern til Ørn Sø faldet gennem årene. At dette ikke ses som et fald i koncentrationerne af jern i søen, skyldes sandsynligvis at der tilbageholdes mindre og mindre jern i sedimentet i takt med den mindre tilbageholdelse af fosfor.

Partikulær COD

Forløbet af partikulær COD gennem året fulgte i høj grad algemængden.

Af tabel 9 og 10 ses, at års- og sommergennemsnittene de senere år har været meget konstante.

Suspenderet tørstof og suspenderet glødetab

Det suspenderede tørstof og - glødetab fulgte ligeledes i store træk algemængden i søen.

Sidst i april og sidst i juli var der en forskel på de to kurver på henholdsvis 7 og 10 mg/l. Netop på disse tidspunkter var kiselalger meget dominerende med vådvægte svarende til ca. 15 og 25 mg/l. Hvis det antages, at 20% af kiselalgerne er tørstof og at ca. halvdelen heraf udgør kiselskaller, repræsenterer kiselskallerne ca. 1/4 af forskellen mellem suspenderet tørstof og suspenderet glødetab på de nævnte tidspunkter. Resten af forskellen repræsenterer andet uorganisk materiale i søen.

Siden 1990 er der målt suspenderet tørstof og suspenderet glødetab i Ørn Sø.
Års- og sommergennemsnittene af suspenderet glødetab er meget ens de tre år, hvilket stemmer overens med, at den gennemsnitlige biomasse af alger har været tilsvarende konstant.

For suspenderet tørstofs vedkommende er års- og sommergennemsnittene meget ens for 1991 og 1992. Derimod er sommergennemsnittet af suspenderet tørstof i 1990 kun ca. halvdelen af tallene for 1991 og 92, og årsgennemsnittet i 1990 ca. 2/3 af tallene for 1991 og 92.
En del af forklaringen på den mindre mængde tørstof i 1990, er, at der i 1990, i forhold til de to efterfølgende år, var meget få kiselalger til stede i Ørn Sø. Således var der i sommerperioden (1. maj - 30. sep.) ubetydelige mængder kiselalger tilstede, hvilket er medvirkende årsag til, at den største forskel på gennemsnittene mellem 1990 og 1991-92 er på sommergennemsnittene og ikke på årsgennemsnittene.

pH og alkalinitet

pH fulgte algeudviklingen i søen, således at pH var høj samtidig med at der var mange alger tilstede og lav, når

der ikke var mange alger i søen.
Sidst i juli, hvor algemængden var stor, blev den største pH-værdi i årets løb målt, nemlig 9,4. Generelt var pH i perioderne med store algemængder mellem 8,1 og 9,0. I vintermånederne var pH mellem 7,2 og 7,6.

Total-alkaliniteten er, på grund af en kalkfattig jordbund i oplandet, lav i Ørn Sø, og svingede mellem 0,8 og 0,9 meq/l i 1992. Dette er en lille variation, der dog i store træk fulgte algeudviklingen i søen.

Af tabel 9 og 10 ses, at gennemsnittene for pH og total alkaliniteten har været meget konstant gennem årene.

Recipientkvalitetsplan opfyldt?

Ifølge Recipientkvalitetsplanen skal den gennemsnitlige sommersigtdybde være på mindst 1,8 meter. Dette krav er således ikke opfyldt, men det er tidligere vurderet (f.ek. Århus Amt, 1992), at når Recipientkvalitetsplanens krav er opfyldt og når søen bliver i ligevægt med fosfortilførslen, vil sigtdybden nærme sig to meter.

Station	1974 90906	1978 afløb	1979 90906	1981 afløb	1984 afløb	1985 afløb	1987 90906	1989 90906	1990 90906	1991 90906	1992 90906
Temperatur	12,5	9,3	7,9	8,7	9,2	9	8,1	10,4	10,3	9,5	10,2
Susp. tørstof mg/l									6,5	9,4	8,7
Susp. glødetab mg/l									4,2	4,8	5,0
Total COD mg/l		11	14,5	15,7	18,2	14,8	12,9	12,7	14,2	14,1	
Part. COD mg/l			4	4,6	7,9	4,4	4,7	5,2	4,9	5,5	5,4
Klorofyl (ukor) µ g/l	52	22		13	69	41	40	30	32	41	39
Sigtdybde, m	1,1		1,4				1,1	1,6	1,7	1,6	1,5
pH		8,1	7,7	7,5	7,6	7,5	7,7	7,8	7,9	7,9	7,8
Alkalinitet mekv/l	0,77				0,87	0,85	0,87	0,9	0,87	0,85	0,84
Total-N mg/l	1,34	1,83	2,26	1,98	1,83	1,63	1,87	1,52	1,48	1,34	1,39
NH4-N mg/l	0,52	0,23	0,24	0,24	0,36	0,42	0,36	0,31	0,27	0,20	0,22
NO3-N mg/l	0,42	0,56	0,43	0,62	0,63	0,57	0,57	0,61	0,55	0,51	0,53
Total-P µ g P/l	154	113	99	110	114	156	109	107	106	108	112
Ortho-P µ g P/l	54	25	38	34	39	35	30	30	34	31	23
Opl. silicium mg Si/l	6,23		5,72	5,81	5,42	6,27	6,42	6,02	6,79	5,81	5,29
Jern mg Fe/l							1,03	1,13	1,05	0,81	0,93

Tabel 9.

Årsgennemsnit af fysiske og kemiske variable i Ørn Sø's overfladevand.

Station	1974 90906	1978 afløb	1979 90906	1981 afløb	1984 afløb	1985 afløb	1987 90906	1989 90906	1990 90906	1991 90906	1992 90906
Temperatur	13,9	15,9	13,4	14,4	14,5	15	13	16,5	16,4	14,7	16,2
Susp. tørstof mg/l									6,6	12,4	12,0
Susp. glødetab mg/l									5	6,9	6,3
Total COD mg/l		14,4	20	20	19,1	15,3	16,5	14,4	14,9	17,8	
Part. COD mg/l			6,6	7,4	14,2	7,4	7,4	7,1	6,5	7,9	7,3
Klorofyl (ukor) µ g/l	85		33	22	128	73	73	50	47	65	56
Sigtdybde, m	0,8		1,1				1,0	1,5	1,6	1,3	1,3
pH		8,6	8,1	7,9	8,0	7,8	8,1	8,1	8,3	8,3	8,1
Alkalinitet mekv/l					0,87	0,83		0,91	0,83	0,84	0,83
Total-N mg/l	1,24	1,44	1,9	2,38	1,75	1,59	1,9	1,37	1,46	1,34	1,29
NH4-N mg/l	0,41	0,004	0,1	0,16	0,23	0,28	0,18	0,18	0,14	0,09	0,08
NO3-N mg/l	0,26	0,25	0,25	0,52	0,51	0,43	0,52	0,53	0,43	0,36	0,39
Total-P µ g P/l	172	128	119	124	116	192	106	112	98	128	116
Ortho-P µ g P/l	44	10	33	23	28	28	17	24	27	23	14
Opl. silicium mg Si/l	5,2		4,29	4,13	3,3	4,93	5,39	5,67	6,6	5,1	3,69
Jern mg Fe/l							0,67	0,93	0,76	0,86	0,70

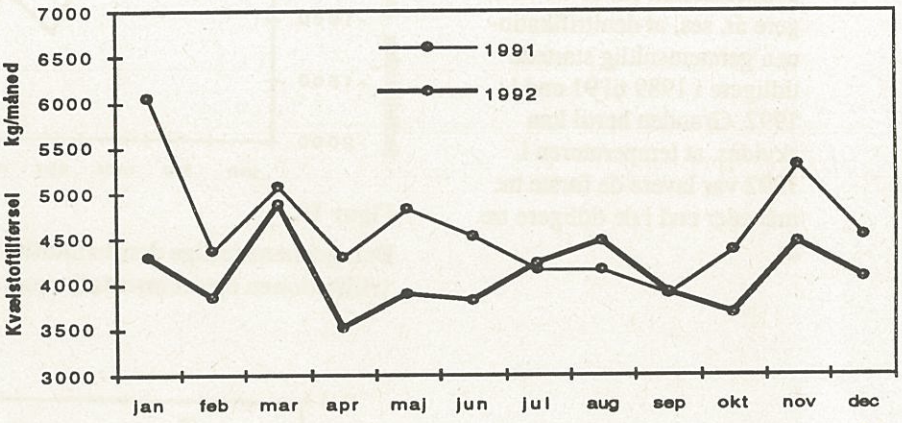
Tabel 10.

Sommergennemsnit af fysiske og kemiske variable i Ørn Sø's overfladevand.

Sammenhæng mellem søkoncentration og ekstern/intern stoftilførsel

Kvælstof

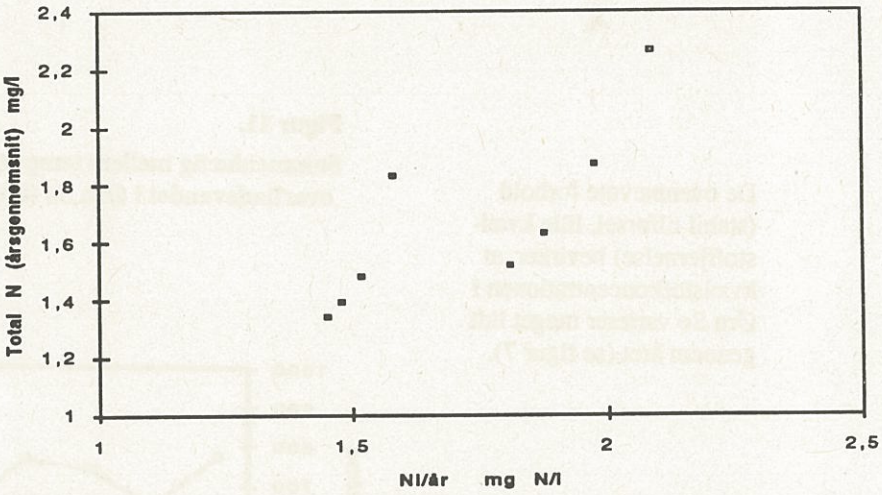
I figur 8 er kvælstoftilførslen til Ørn Sø afbilledet måned for måned for 1991 og 92. Variationen gennem årene er lav, som følge af den store og stabile grundvandstilførsel. Således varierede tilførslen i 1992 mellem 3,5 tons og 4,9 tons.
Tilførslen var som nævnt lavere i 1992 sammenlignet med 1991 og også sammenlignet med de øvrige "overvågningsår". Den lavere tilførsel i 1992 sammenlignet med 1991 skyldtes bl.a. en reduktion i de tilledte vandmængder.



Figur 8.
Kvælstoftilførslen til Ørn Sø i 1991 og 1992 (angivet måned for måned).

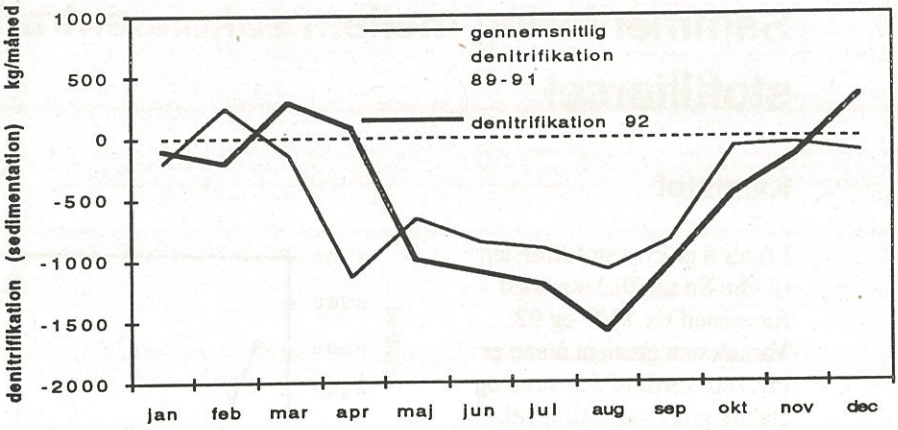
I figur 9 er årsgennemsnittet af total kvælstof afbilledet mod den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof. Det ses, at koncentrationen i søen er faldende med den mindre tilførsel.

Den vandføringsvægtede indløbskoncentration af total kvælstof var i 1992 på 1,5 mg/l. Dette er en forholdsvis lille indløbskoncentration, med en lav kvælstofkoncentration i søen til følge.



Figur 9.
Sammenhæng mellem den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof (Ni/år) og koncentration af kvælstof i Ørn Sø (interpolerede årsgennemsnit).

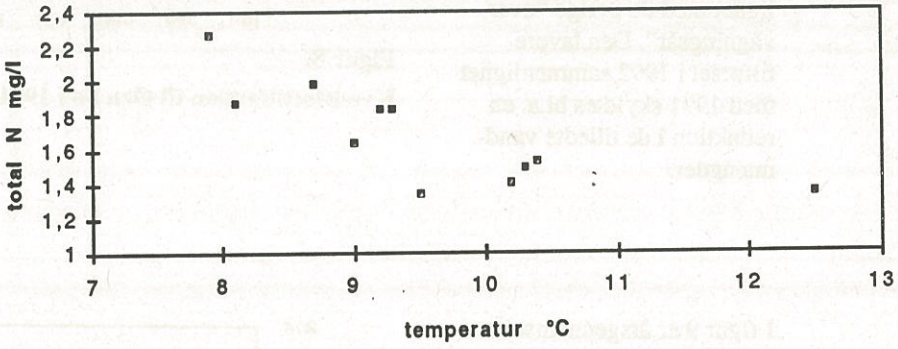
I figur 10 er den gennemsnitlige denitrifikation (sedimentation) i årene 1989 til 91 afbilledet sammen med denitrifikationen (sedimentationen) i 1992. Sammenlignes denitrifikationen i 1992 med gennemsnittet fra de tre tidligere år, ses, at denitrifikationen gennemsnitlig startede tidligere i 1989 til 91 end i 1992. Grunden hertil kan skyldes, at temperaturen i 1992 var lavere de første tre måneder end i de tidligere tre år.



Figur 10.

Den gennemsnitlige denitrifikation og sedimentation fra 1989 til 1991 og denitrifikationen og sedimentationen i 1992 angivet måned for måned.

Af figur 11 ses, at kvælstofindholdet i Ørn Sø i høj grad er afhængig af vandtemperaturen i søen.



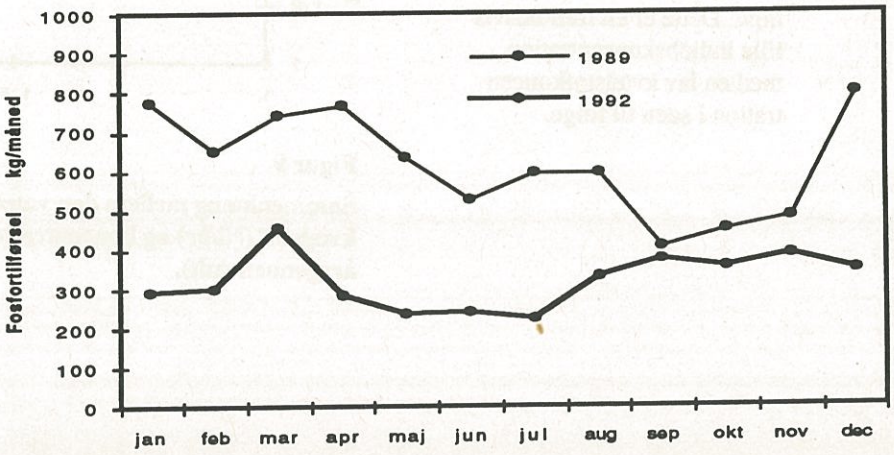
Figur 11.

Sammenhæng mellem temperaturen og koncentrationen af total kvælstof i overfladevandet i Ørn Sø (interpolerede årsgennemsnit).

De ovennævnte forhold (stabil tilførsel, lille kvælstoffjernelse) bevirker, at kvælstofkoncentrationen i Ørn Sø varierer meget lidt gennem året (se figur 7).

Fosfor

I figur 12 er tilførslen af total fosfor til Ørn Sø vist måned for måned for 1992 og 1989. Som nævnt tidligere, er tilførslen faldet gennem de senere år og som det ses, kan faldet konstateres for hver enkelt måned.

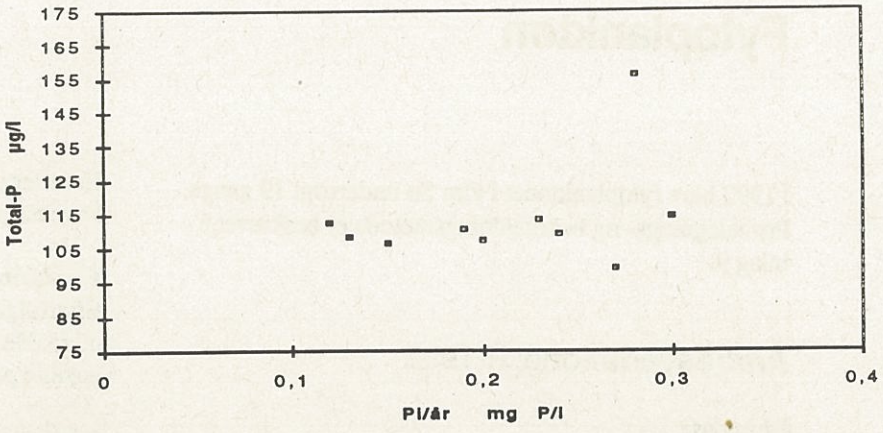


Figur 12.

Fosfortilførslen til Ørn Sø i 1989 og 1992 angivet måned for måned.

Et lignende fald kan dog ikke konstateres i koncentrationen af total fosfor i søen. I figur 13 er årsgennemsnittet heraf afbilledet mod den vandføringsvægtede indløbskoncentration af total fosfor. Indløbskoncentrationen har været faldende gennem årene, mens koncentrationen af fosfor i søen har været meget konstant på et niveau på mellem 100 og 115 µg/l.

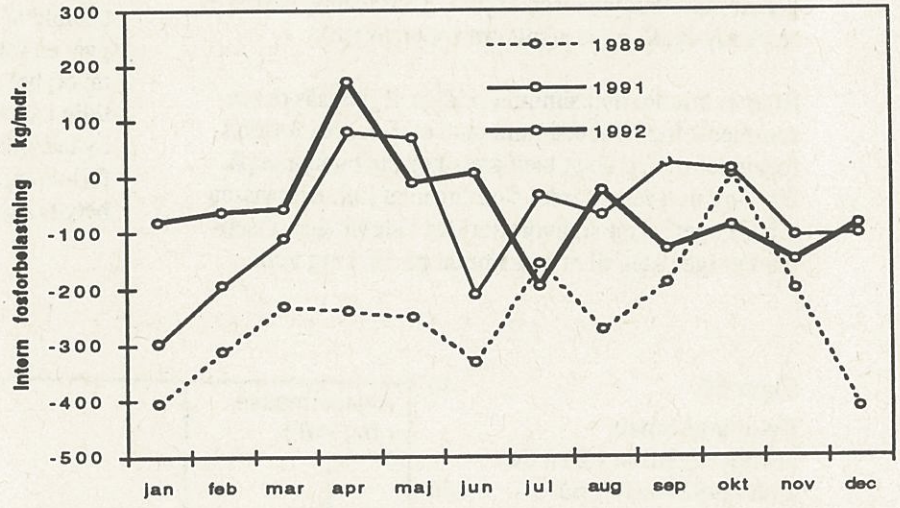
Årsagen hertil er, at der tilbageholdes mindre og mindre mængder forfor i søen i takt med, at der tilføres mindre. I 1989 blev der tilbageholdt ca. 3 tons fosfor, i 1990 ca. 2 tons, i 1991 ca. 1 ton og i 1992 ca. 800 kg., svarende til henholdsvis 43%, 35%, 21% og 19% af de tilførte mængder.



Figur 13.
Sammenhæng mellem den vandføringsvægtede indkøbskoncentration af fosfor (Pi/år) og koncentration af fosfor i Ørn Sø (interpolerede årsgennemsnit).

En mindre tilbageholdelse i søen, er ensbetydende med en større nettotransport af fosfor fra sedimentet. Af figur 14 ses, at der i 1991 og 1992 fandt en transport af fosfor fra sedimentet sted om foråret, som begge år medførte en stigning af koncentrationen af total fosfor i søen.
Hverken i 1989 eller i 1990 blev der registreret nogen nettotransport af fosfor fra sedimentet (1989 vist i figur 14).

Det synes sandsynligt, at stigningen i nettotransporten af fosfor fra sedimentet, er en konsekvens af en mindre sedimentation af fosfor i takt med den faldende tilførsel til søen og af en konstant frigivelse af fosfor fra bunden.



Figur 14.
Den interne fosforbelastning af Ørn Sø i 1989, 1991 og 1992 angivet måned for måned.

Fytoplankton

I 1992 blev fytoplanktonet i Ørn Sø undersøgt 19 gange. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag 9.

Årstidsvariationen i 1992

Biomasse
Den tidsmæssige variation i fytoplanktonbiomassen (udtrykt som mg vådvægt pr. liter) er vist i figur 15. Fytoplanktonet blev overvejende domineret af kiselalger og i noget mindre grad af rekylalger. Der blev registreret biomasser på 0,07 - 27,66 mg vv/l med tre maksima hhv. forår, sommer og sensommer/efterår.

I løbet af april udviklede der sig et forårsmaksimum på 15,4 mg vv/l, hvilket var forårsaget af stigende lysintensitet og høje koncentrationer af næringssalte. Biomassen aftog i løbet af maj, hvilket sandsynligvis skyldtes sedimentation af alger, hvilket også indikeres af et relativt højt klorofylindhold i bundvandet. Det er næppe sandsynligt, at græsning har haft indflydelse på kiselalgernes forsvinden, da zooplanktontoppen, der sås i slutningen af maj - begyndelsen af juni, overvejende bestod af store rov-hjuldyr (se afsnit om zooplankton).

Efter et mindre maksimum i midten af juni sås et sensommer-/efterårsmaksimum med et to-toppet forløb.I forbindelse med dette blev årets højeste biomasse på 27,7 mg vv/l registreret i slutningen af juli. Biomassen aftog noget i august, hvorefter den i slutningen af september igen steg til et maksimum på 18,2 mg vv/l.

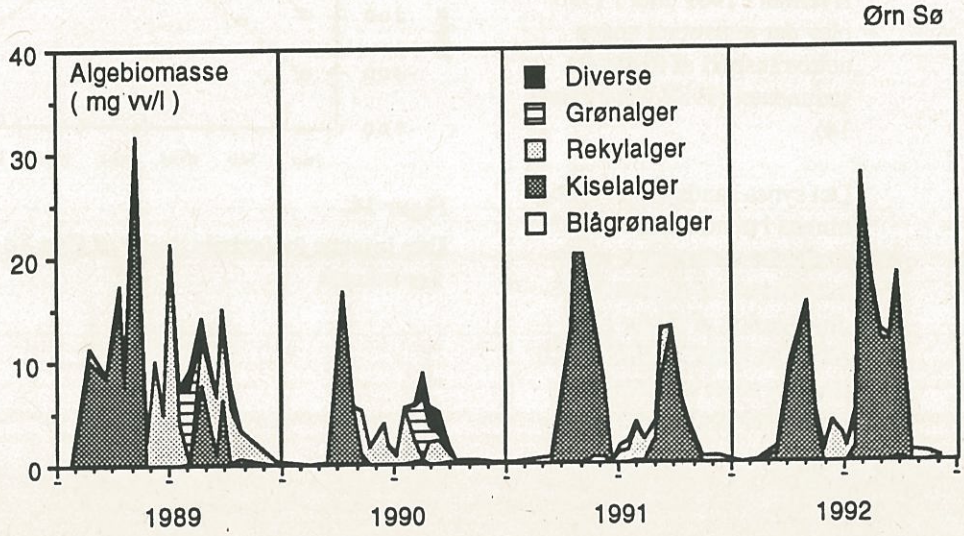
Herefter aftog biomassen til et lavt vinterniveau, hvilket hovedsageligt skyldes aftagende lysintensitet.

Planktonsammensætningen
Efterfølgende uddybes planktonets årstidsvariation nærmere. De kvantitativt dominerende arter/grupper på de enkelte prøvetagningsdage er angivet i tabel 11.

Efter en lav vinterbiomasse, der bestod ligeligt af kiselalger og rekylalger, indtrådte kiselalgernes forårsopblomstring i løbet af april. Det absolutte maksimum på 15,2 mg vv/l i slutningen af april kan have været større, da den forudgående prøve er fra begyndelsen af april, hvilket i relation til fytoplanktonets dynamik er en relativ lang periode. Maksimumet bestod i lighed med de tidligere år næsten udelukkende (13 mg vv/l) af den lille centriske kiselalge *Stephanodiscus hantzschii* (figur 16).

I forbindelse med kiselalgernes aftagen sås der i maj-juni en tiltagende mængde rekylalger, der toppede midt i juni med en biomasse på 3,9 mg vv/l. Rekylalger, der tildels ernærer sig mixotroft, er almindelige i forbindelse med en anden algegruppes tilbagegang. Dette kan skyldes, at mængden af opløste næringsstoffer øges ved henfald af en algepopulation, men også at rekylalgerne pga. en relativ høj vækstrate hurtigt kan udnytte en favorabel situation. Pga. deres bevægelighed er de samtidig i stand til at foretage betydelige daglige vandringer i vandsøjlen og dermed opsøge vandlag med gunstige forhold mht. næringsstoffer og lys, hvilket kan have haft betydning, da der samtidig forekom springlag.

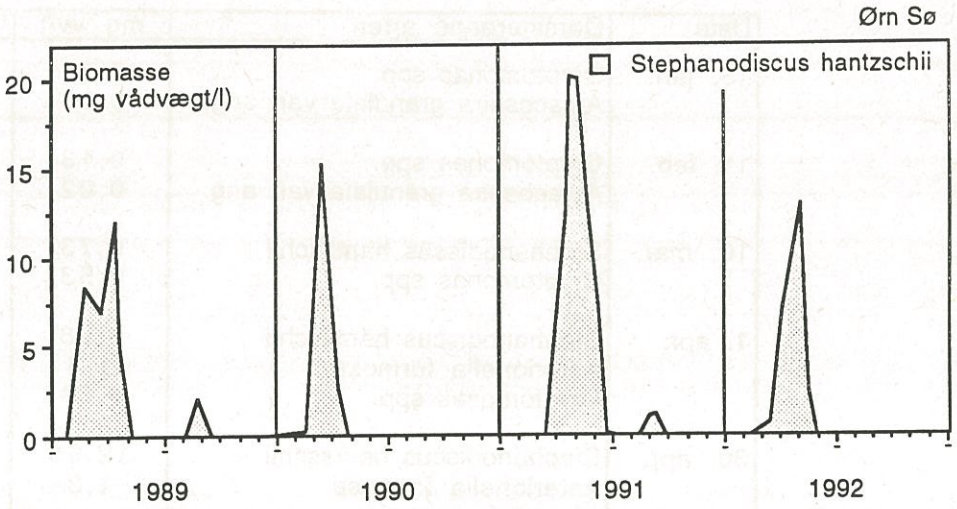
Figur 15.
Fytoplanktonets årstidsvariation i Ørn Sø 1989-1992 fordelt på grupper.



Dato	Dominerende arter	mg vv/l	mg C/l	%
15. jan.	Cryptomonas spp.	0,04	0,004	56
	Aulacoseira granulata var. ang.	0,03	0,003	44
11. feb.	Cryptomonas spp.	0,13	0,014	85
	Aulacoseira granulata var. ang.	0,02	0,002	15
10. mar.	Stephanodiscus hantzschii	0,73	0,08	51
	Cryptomonas spp.	0,53	0,058	37
1. apr.	Stephanodiscus hantzschii	6,98	0,768	75
	Asterionella formosa	1,3	0,143	14
	Cryptomonas spp.	0,64	0,018	7
30. apr.	Stephanodiscus hantzschii	12,96	1,425	84
	Asterionella formosa	1,3	0,143	8
13. maj	Stephanodiscus hantzschii	2,4	0,264	51
	Aulacoseira italica	1,23	0,136	26
	Cryptomonas spp.	0,88	0,097	19
26. maj	Cryptomonas spp.	1,14	0,125	100
10. jun.	Cryptomonas spp.	3,68	0,404	93
24. jun.	Cryptomonas spp.	2,68	0,295	100
1. jul.	Cryptomonas spp.	1,41	0,155	89
	Trachelomonas volvocina	0,13	0,015	8
16. jul.	Cryptomonas spp.	2,72	0,3	62
	Aulacoseira italica	0,58	0,064	13
	Aulacoseira granulata	0,38	0,042	9
	Aulacoseira granulata var. ang.	0,33	0,036	8
	Trachelomonas volvocina	0,32	0,035	7
30. jul.	Aulacoseira granulata var. ang.	11,03	1,213	40
	Aulacoseira granulata	10,69	1,176	39
	Aulacoseira italica	3,87	0,426	14
13. aug.	Aulacoseira granulata	15,02	1,652	86
	Cryptomonas spp.	0,96	0,106	6
26. aug.	Aulacoseira granulata	9,51	1,046	75
	Fragilaria crotonensis	1,39	0,153	11
	Cryptomonas spp.	0,88	0,097	7
9. sep.	Aulacoseira granulata	10	1,1	83
	Fragilaria crotonensis	1,42	0,157	12
23. sep.	Aulacoseira granulata	16,95	1,865	93
15. okt.	Cryptomonas spp.	0,92	0,102	87
	Cryptophyceae	0,08	0,009	8
12. nov.	Cryptomonas spp.	0,72	0,08	96
2. dec.	Cryptomonas spp.	0,32	0,036	76
	Aulacoseira granulata	0,1	0,012	24

Tabel 11.

Dominerende arter/slægter i Ørn Sø i 1992.



Figur 16.
Biomassen af Stephanodiscus hantzschii i Ørn Sø 1989-1992.

Mens rekylalgerne aftog i løbet af juli, begyndte kiselalgebiomassen igen at tiltage. I slutningen af juli forekom et markant maksimum på 26,2 mg vv/l, der overvejende bestod af *Aulacoseira granulata* og den noget mindre *Aulacoseira granulata var. angustissima*. Efter et fald i løbet af august steg kiselalgebiomassen igen til et maksimum i slutningen af september (17,2 mg vv/l), der fuldstændig blev domineret af *Aulacoseira granulata*. I samme periode sås en mindre mængde rekylalger. Herefter faldt biomassen til et lavt vinterniveau.

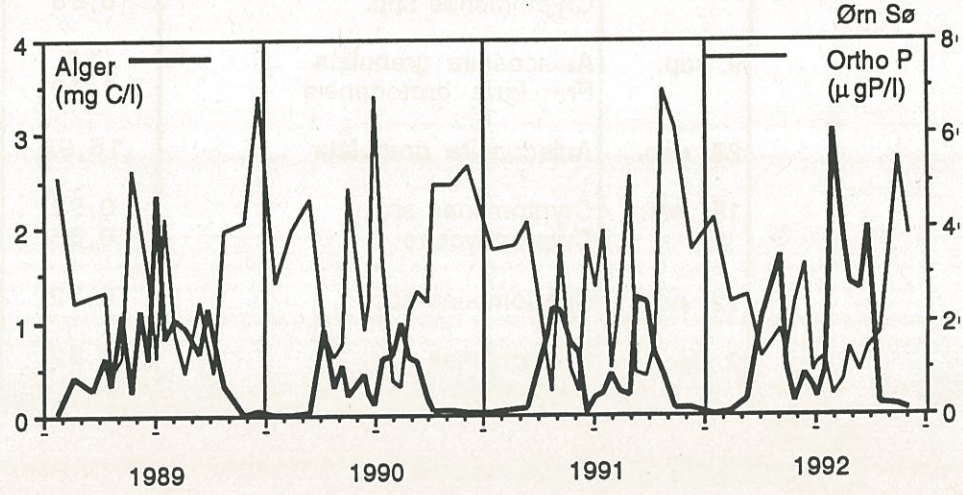
Sammenligning med tidligere år

Artssammensætningen og successionen adskiller sig ikke væsentligt fra tidligere år. Foråret er domineret af en kiselalgeopblomstring, der hovedsageligt består af *Stephanodiscus hantzschii*. Herefter følger en opblomstring af rekylalger, der i efteråret afløses af et kiselalgemaksimum. Der er dog en tendens til, at dette maksimum de sidste par år har været større end i 1989, mens kiselalgerne i efteråret 1990 stort set ikke forekom i planktonet. I lighed med årene 1989-1991 blev der heller ikke i 1992 observeret blågrønalgemængder af betydning, hvilket ikke umiddelbart er forklarligt.

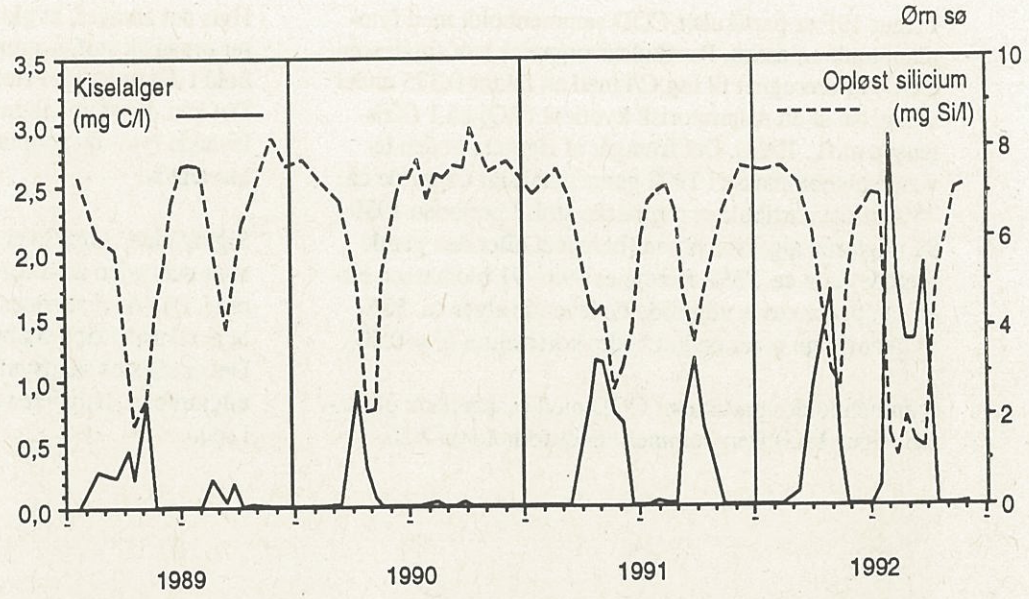
Fytoplankton i relation til fysiske og kemiske variable

I det følgende relateres planktonbiomassen til nogle fysiske og kemiske faktorer, der kan have haft indflydelse på planktonsammensætningen og -koncentrationen.

Forholdet mellem tilgængeligt N og P kan bruges til at vurdere, om planktonproduktionen begrænses af kvælstof eller fosfor. Fytoplankton indeholder på vægtbasis gennemsnitligt kvælstof og fosfor i forholdet 7:1. Det er dog påvist, at det optimale forhold i visse arter afviger fra dette forhold, så det bør derfor tages med et vist forbehold. I 1992 var N/P-forholdet generelt > 7, og planktonet var derfor potentielt fosforbegrænset. For at et næringsstof reelt kan være begrænsende, skal det forekomme i lave koncentrationer, ligesom tidligere opbyggede interne næringsstofpuljer i planktoncellerne skal være opbrugt. Generelt antages det, at der ikke forekommer fosforbegrænsning af algeproduktionen ved koncentrationer over 5-10 µg P/l, mens fosforsultede celler dog kan optage fosfor ned til koncentrationer < 1 µg P/l (Reynolds, 1984).



Figur 17.
Fytoplanktonbiomassen i Ørn Sø 1989-1992 sammenholdt med orthofosfatkoncentrationen.



Figur 18.
Kiselalgebiomassen i Ørn Sø 1989-1992 sammenholdt med koncentrationen af opløst silicium.

Som det fremgår af figur 17, faldt ortho-P koncentrationen i forbindelse med fytoplanktonmaksima. Koncentrationen nåede dog kun i korte perioder i sommermånederne under 10 µg P/l, så hvis planktonet har været fosforbegrænset, har det kun været kort-varigt.

Silicium er et nødvendigt næringsstof for kiselalger. Som det ses i figur 18, faldt koncentrationen af opløst silicium i forbindelse med tiltagende kiselalgebiomasse. Silicium antages at være begrænsende for den enkelte kiselalges vækst ved koncentrationer < 28 µg Si/l, mens populationstilvæksten begrænses (dvs. udsynkningen overstiger produktionen) ved koncentrationer < 0,23 mg Si/l (Reynolds, 1984). I 1992 var siliciumkoncentrationen hele året så stor, at den på intet tidspunkt har været begrænsende.

Kiselalger kræver tillige en vis turbulens for ikke at synke ud af vandsøjlen. Af figur 19 fremgår det, at der er god overensstemmelse mellem stor eller fuld opblandingsdybde og tilstedeværelsen af kiselalger i planktonet.

Det fremgår af figur 19A, at sigtdybden falder ved stigende koncentration af suspenderet tørstof og en tilsvarende sammenhæng ses i figur 19B mellem sigtdybden og klorofylkoncentrationen (et udtryk for algemængden).

Sammenholdes algemængden (udtrykt som klorofyl) med mængden af suspenderet tørstof (figur 19C), ses der ligeledes en lineær sammenhæng.

Fytoplanktonbiomassen er ved oparbejdningen opgjort som vådvægt. For at kunne relatere biomassen til de vandkemiske data er biomassen herefter omregnet til kulstof (jvf. Edler, 1979). Ifølge vejledningen i planktonoparbejdning (Olrik, 1992) er kulstofberegningen for kiselalger ændret til ikke længere at tage hensyn til en vakuole i cellerne med et lavere kulstofindhold, som det tidligere har været praksis. I det følgende præsenteres kulstofbiomassen for fytoplankton i 1992 derfor særskilt.

I figur 19D er klorofylkoncentrationen relateret til den samlede algebiomasse. Det fremgår, at forholdet mellem klorofyl og algekulstof i 1992 var 1:20, mens det for perioden 1989-91 var 1:7. Klorofylindholdet i alger er dog meget variabelt, idet det ikke blot varierer mellem de enkelte grupper, men også mellem de enkelte arter i en gruppe /Reynolds, 1984). Lysintensiteten og algecellernes fysiologiske tilstand er også af betydning for klorofylindholdet. Kristensen m.fl. (1991) har også fundet, at klorofylindholdet i de enkelte overvågningssøer er variabelt afhængig af, hvilken algegruppe, der dominerer.

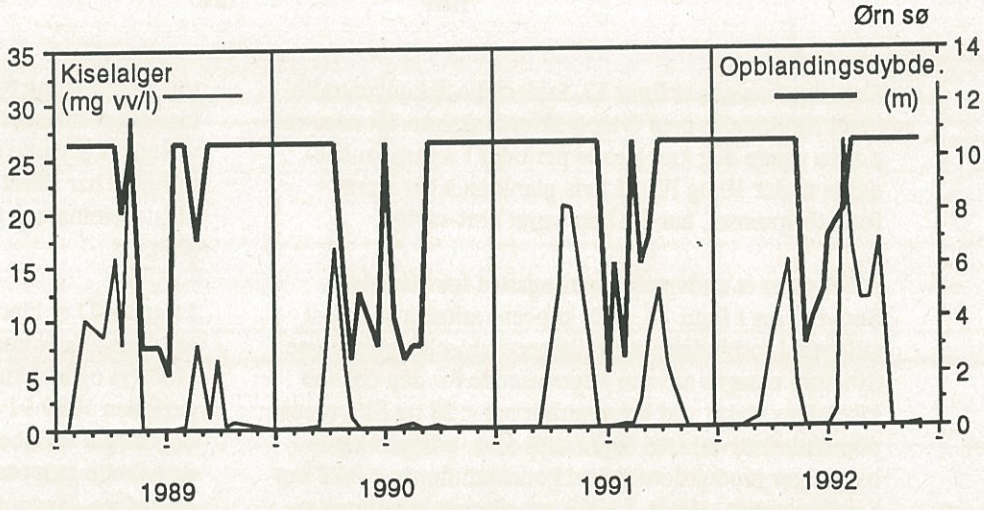
Omregnes kiselalgebiomassen (udtrykt som vådvægt) i perioden 1989-91 til kulstof ifølge den nuværende beregningsmetode, øges den samlede fytoplanktonbiomasse (udtrykt som kulstof). I figur 19E er den omregnede biomasse for perioden 1989-92 sammenholdt med klorofylkoncentrationen. Dette viser et klorofyl-kulstof forhold på 1:10, hvilket dog kun er lidt mindre end for perioden 1989-91, der er beregnet efter den gamle metode. Korrelationen for perioden 1989-92 på 0,44 er noget bedre end for perioden 1989-91 ($r^2 = 0,29$). Dette er dog i nogen grad betinget af forholdet mellem klorofyl og biomasse i 1992 ($r^2 = 0,69$). I overvågningsårene har Ørn Sø både forår og efterår været domineret af ralativt store mængder kiselalger, der ifølge litteraturen (Reynolds, 1984) har et forholdsvis stort klorofylindhold, hvilket de fundne relationer i Ørn Sø også tyder på.

I figur 19F er partikulær COD sammenholdt med fytoplanktonbiomassen. Partikulært organisk stof (målt som COD) er omregnet til mg C/l med en faktor 0,375 under antagelse af en respiratorisk kvotient (RQ) på 1 (Kristensen m.fl., 1991). Det fremgår af figuren, at den levende algebiomasse i 1992 gennemsnitligt udgjorde ca. 75% af det partikulære organiske stof. I perioden 1989-91 udgjorde algebiomassen (beregnet efter den gamle metode) kun ca. 25%. Beregnes 1989-91 biomassen efter den nye metode udgjorde de levende alger ca. 50%, hvilket tillige giver en lidt bedre korrelation ($r^2 = 0,50$).

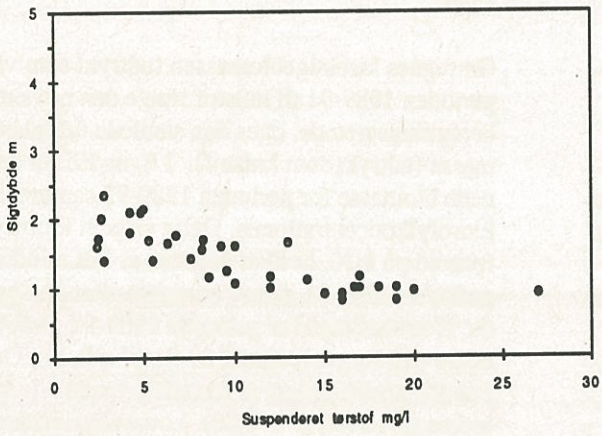
Sammenholdes partikulær COD med suspenderet glødetab (figur 19G) fremkommer der et forhold på 2,26.

Hvis det antages, at glødetabet udelukkende repræsenterer organisk stof, svarer dette forhold til et kulstofindhold i det organiske stof på 44% af tørvægten.
Det kan til sammenligning nævnes, at kulstofindholdet i levende fyto- og zooplankton udgør ca. 40-50% af tørvægten.

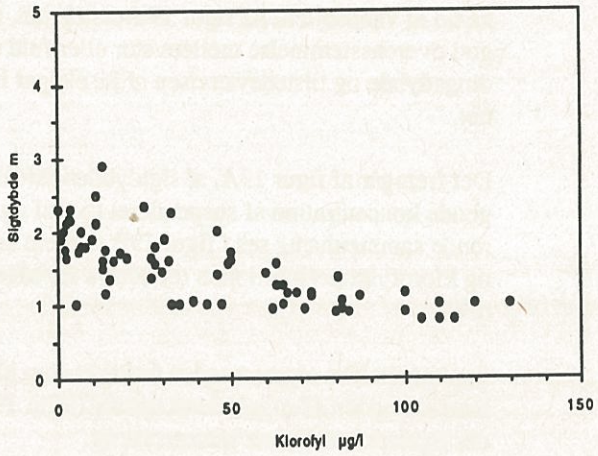
Sigtdybden i Ørn Sø er tildels bestemt af algemængden, men mængden af andet organisk stof er også af betydning. På grund af søens forholdsvis ringe dybde kan bl.a. resuspension fra bunden have indflydelse herpå. Det er således sandsynligt, at algerne i gennemsnit udgjorde ca. halvdelen af det partikulære organiske stof i søen.



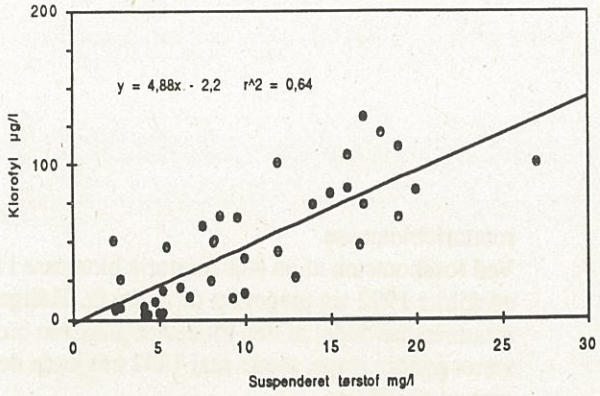
Figur 19.
kiselalgebiomassen i Ørn Sø 1989-1992 sammenholdt med opblandingsdybden i søen.



Figur 19A.
Sammenhængen mellem suspenderet tørstof og sigtdybde i Ørn Sø 1989-1992.

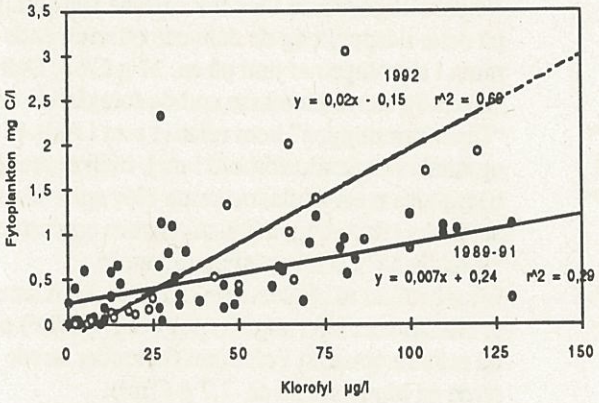


Figur 19B.
Sammenhængen mellem klorofyl og sigtdybde i Ørn Sø 1989-1992.



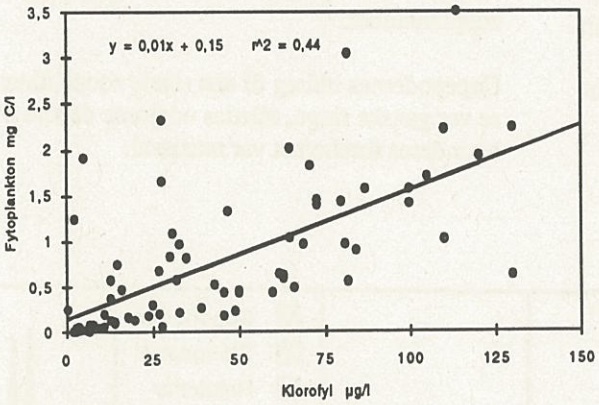
Figur 19C.

Sammenhængen mellem suspenderet tørstof og klorofyl i Ørn Sø 1989-1992.



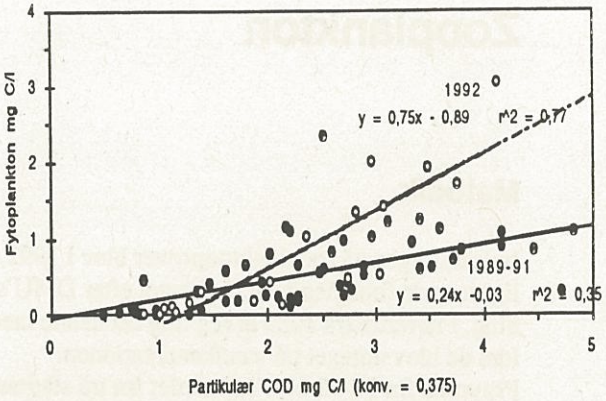
Figur 19D.

Sammenhængen mellem klorofyl og fytoplanktonbiomassen i Ørn Sø 1989-1992.



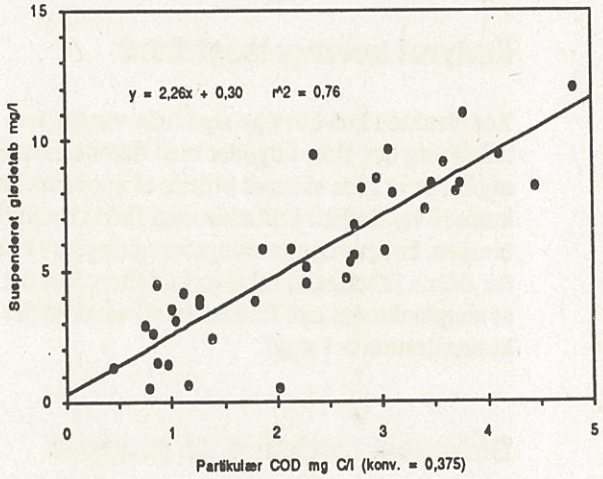
Figur 19E.

Sammenhængen mellem klorofyl og fytoplanktonbiomassen i Ørn Sø 1989-1992 hvis kiselalgebiomassen beregnes efter nuværende metode.



Figur 19F.

Sammenhængen mellem partikulær COD og fytoplanktonbiomassen i Ørn Sø 1989-1992.



Figur 19G.

Sammenhængen mellem spartikulær COD og suspenderet glødetab i Ørn Sø 1989-1992.

Zooplankton

Metodik

Indsamlingen af zooplanktonprøver blev i 1992, ligesom de foregående år, foretaget efter DMU's vejledning. Prøverne fra 1989 afveg dog fra denne metode, idet de blev udtaget på vandkemistationen.
Prøverne fra 90-92 blev indsamlet fra tre stationer med en vanddybde på 6,5 m. På de enkelte stationer blev der udtaget prøver fra 0,5+2+4+6 m dybde. Prøverne blev puljet fra de tre stationer og derefter oparbejdet jf. DMU's anvisning (se bilag).

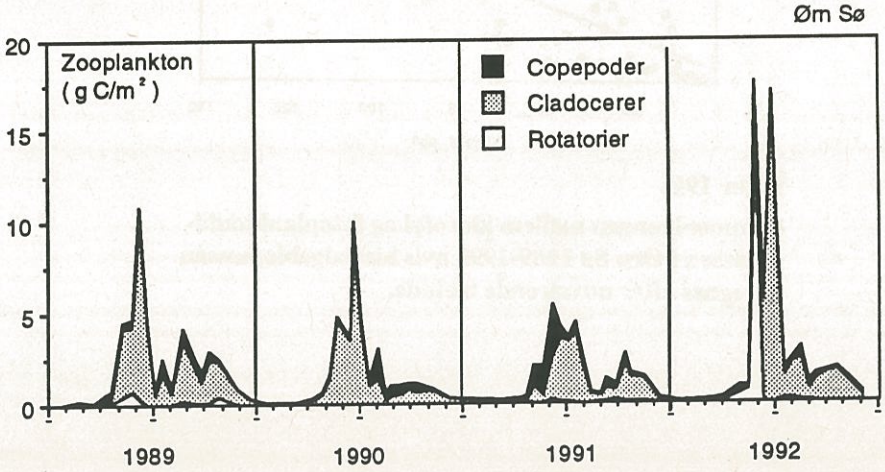
Iltstyret bevægelsesfrihed

Zooplankton kan bevæge sig i hele vandsøjlen, men opholder sig dog ikke i dybder med iltkoncentrationer < 1 mg/l. For at give et sandt billede af zooplanktonets forekomst i vandsøjlen i tilfælde med iltfrie forhold ved bunden, er der ved græsningsberegningerne korrigeret for denne iltbetingede skæve fordeling, idet det antages, at zooplanktonet kun findes ned til vanddybder med iltkoncentration > 1 mg/l.

Biomassefordeling på grupper

1992 adskilte sig markant fra de øvrige år ved tilstedeværelsen af et stort forårsmaximum af rotatorier. Resten af året dominerede cladocererne, mens copepoderne kun forekom i ringe mængde (figur 20).
I trit med, at vandtemperaturen stiger om foråret, indfinder zooplanktonet sig. Rotatorierne dannede som de første et tydeligt maximum i slutningen af maj måned. Fremvæksten skyldtes primært hjuldyret *Asplanchna priodonta*, der bidrog med over 99% af den samlede rotatoriebiomasse.
Ved forekomsten af en stor rotatorie biomasse i foråret adskildte 1992 sig meget fra de andre år. Tidligere har rotatoriernes andel af den totale zooplankton biomasse været ganske ringe, men i maj 1992 udgjorde denne gruppe ca. 77%.
Formodentlig hænger den markante forårstop sammen med en passende klægningstemperatur og rigelig føde. *Asplanchna priodonta* er et rovhjuldyr og har givetvis ernæret sig af bl.a. ciliater og andre hjuldyr.
Vækstmulighederne for cladocererne var også gunstige på dette tidspunkt og de dannede efterfølgende et maximum i slutningen af juni på ca. 17 g C/m². Dette er en væsentlig større biomasse end de foregående år.
"Cladocerertoppen" kom relativt sent i forhold til de optimale temperaturforhold i maj, hvilket muligvis kan begrundes med, at cladocererne blev spist af *Asplanchna* straks efter klægningen af æggene og dermed "forsinkede" cladocerermaximummet.
Efter henfald af cladocererbiomassen i juli dannes en lille sensommer top i august (på godt 2 g C/m²) og en endnu mindre opvækst i efteråret (i oktober havde cladocererne en biomasse på ca. 1,7 g C/m²).
Det er et generelt billede for Ørn Sø, at der er en ringe zooplankton forekomst i efterårsmånederne. Specielt cladocererne har dårlige leveforhold, hvilket bl.a. kan forklares ud fra algesammensætningen, som oftes domineres af store algeformer, der er utilgængeligt føde for zooplanktonet.

Copepodernes bidrag til den totale zooplanktonbiomasse var ganske ringe, således udgjorde de kun 6% i juni, hvor deres forekomst var maximal.



Figur 20.
Zooplankton årstidsvariation i Ørn Sø fra 1989-1992 fordelt på grupper.

Årstidsvariation af de enkelte grupper/arter

Cladocerer

Cladocererne var fortrinsvis repræsenteret ved slægterne Daphnia og Bosmina, hvor dafnierne var de kvantitativt mest betydende. Denne fordeling afveg ikke fra de tidligere år.

Dafnier

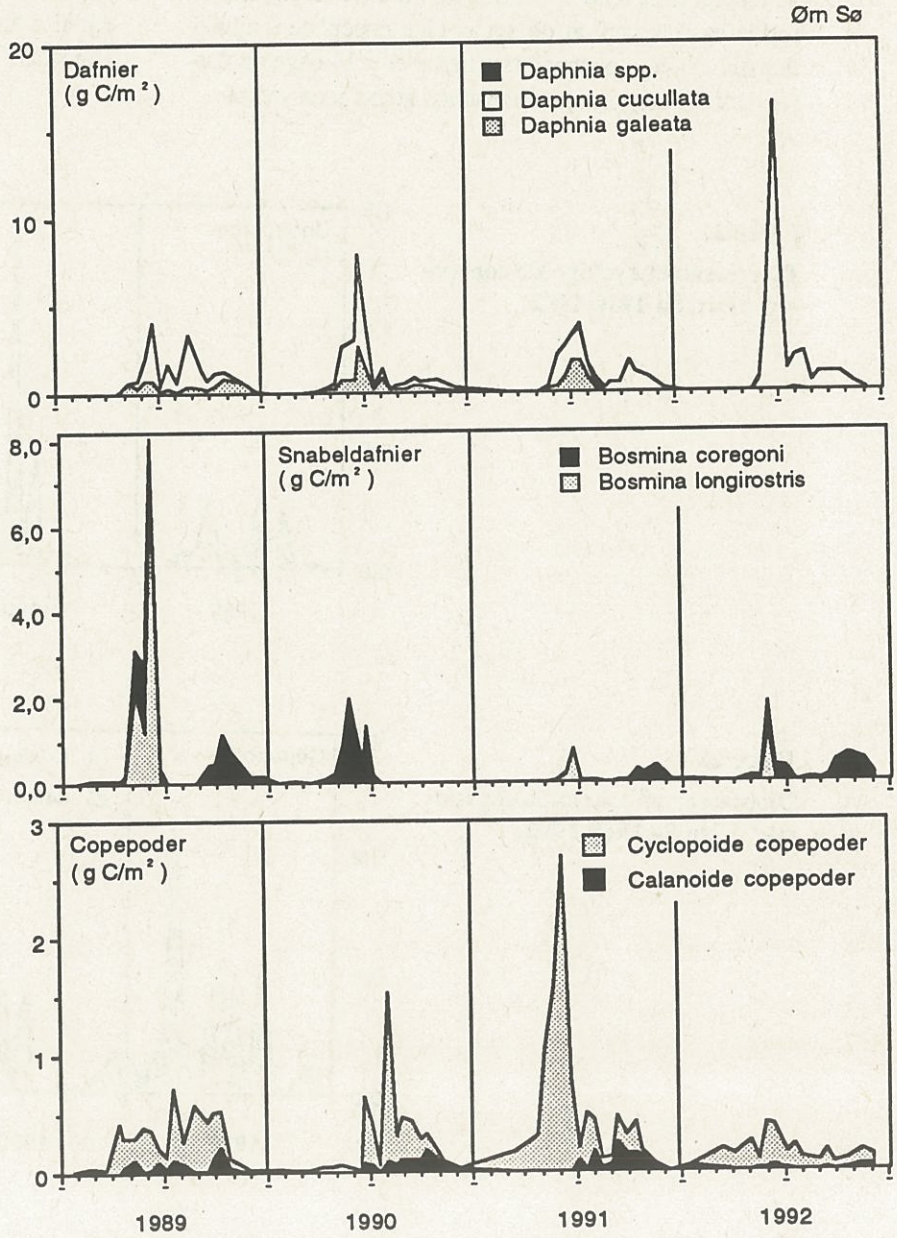
I modsætning til undersøgelserne i 1989, 1990 og 1991 var dafnierne i 1992 stort set kun repræsenteret af den mindre dafnieart *Daphnia cucullata*. Denne art dannede forårsmaximum i juni måned med en biomasse på ca. 16 g C/m², hvilket udgjorde 96% af den samlede zooplankton biomasse (figur 21).

D. cucullata havde et lille sensommermaximum (ca. 2 g C/m²) i august og aftog fra et niveau på ca. 1 g C/m² i oktober til et vinterniveau på < 0,1 g C/m².

Snabeldafnier

Snabeldafnierne *Bosmina coregoni* og *Bosmina longirostris* forekom kun i små mængder og ligesom i 1991 var det *B. longirostris* , der var repræsenteret under forårsmaximaet i juni/juli og *B. coregoni*, der var tilstede i efterårsmaximaet i oktober/november.

Det ser ud som om, snabeldafniernes levemuligheder har været dårlige de sidste 3 år, mens populationsstørrelsen i 1989 var markant større (figur 22).



Figur 21.
Biomassen af daphnia arter i Ørn Sø 1989-1992.

Figur22.
Biomassen af bosmina arter i Ørn Sø 1989-1992.

Figur23.
Biomassen af copepoder i Ørn Sø 1989-1992

Copepoder

Der er generelt meget få copepoder i Ørn Sø, og deres biomasseandel er følgelig meget lille. Copepoderne blev overvejende domineret af de cyclopoide arter, der havde maximum i maj/juni. De calanoide var tilstede gennem hele året, men i mindre mængder (figur 23).

Cyclopoide copepoder

Der forekom tre cyclopoide arter i 1992; nemlig *Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti* og *Thermo-cyclops oithonoides*.

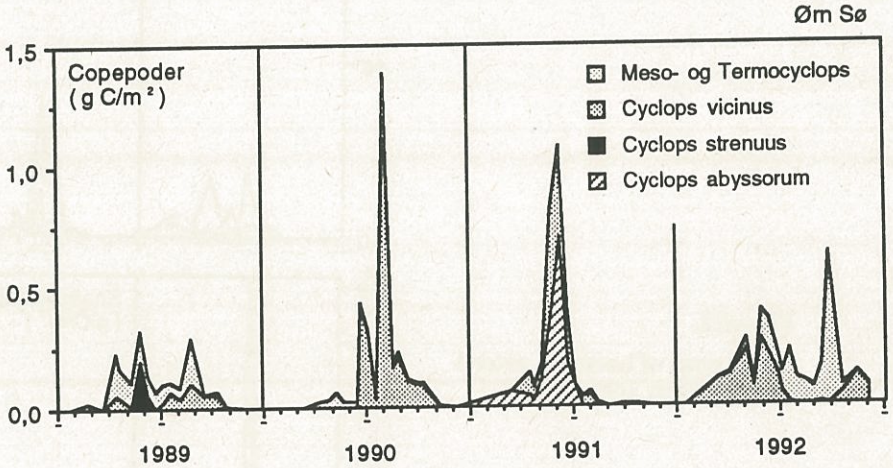
Cyclops vicinus synes at være den eneste art, der genfindes i søen år efter år. Siden 1989 er der desuden registreret *Cyclops strennus*, *Cyclops abyssorum*, *Eucyclops serrulatus* og de ovenfor nævnte cyclops arter, men med vekslende forekomst og intensitet.

Hvad angår populationsdynamikken, findes der ingen gennemgående tendenser fra 1989 til 1992. Dette kunne forklares dels ved, at de cyclopoide copepoders udviklingstid gennem copepoditstadierne er < 14 dage og derfor danner mange populationsmax. gennem en vækstsæsonen, dels ved at de forskellige copepodearter går i hvilepause på forskellige tider af året. *C. vicinus* går oftest i hvilepause, når daglængden er > 16 timer, og således undgår prædation, mens prædationstrykket er højest.

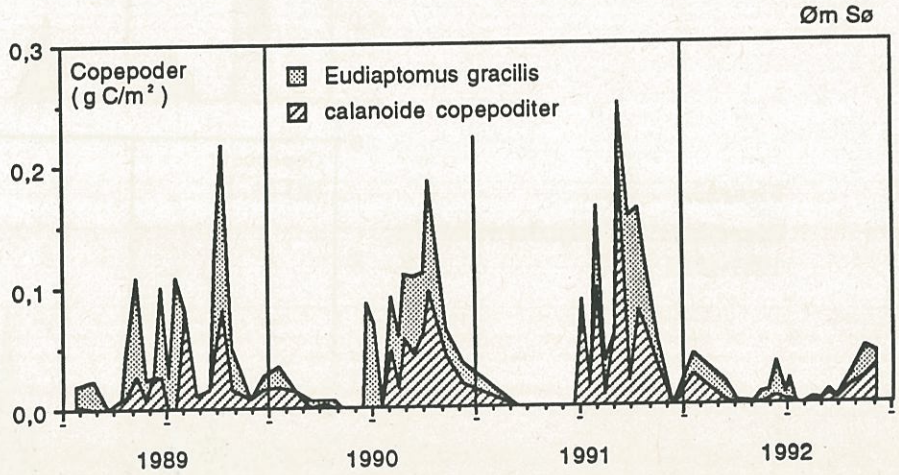
Betragtes figur 24, ses det, at *C. vicinus* forsvinder helt, efter at den i juni har dannet maximum og i stedet får de mindre copepodeformer *Meso- og Termocyclops* leve- og vækstvilkår. Disse arter danner maximum i september på 0,2 g C/m² svarende til 10% af den samlede zooplankton-biomasse.

Calanoide copepoder

Der forekommer én calanoid art i Ørn Sø; nemlig *Eudiaptomus gracilis*. Dens biomasse er stort set ens i årene 1989-91, mens den i 1992 er tydeligt formindsket (ca. en faktor 10). Hovedforekomsten var i vintermånederne januar-marts og oktober-december og ganske kortvarigt i juni måned, - ellers var tilstedeværelsen yderst ringe (figur 25).



Figur 24.
Biomassen af cyclopoide copepoder i Ørn Sø 1989-1992.



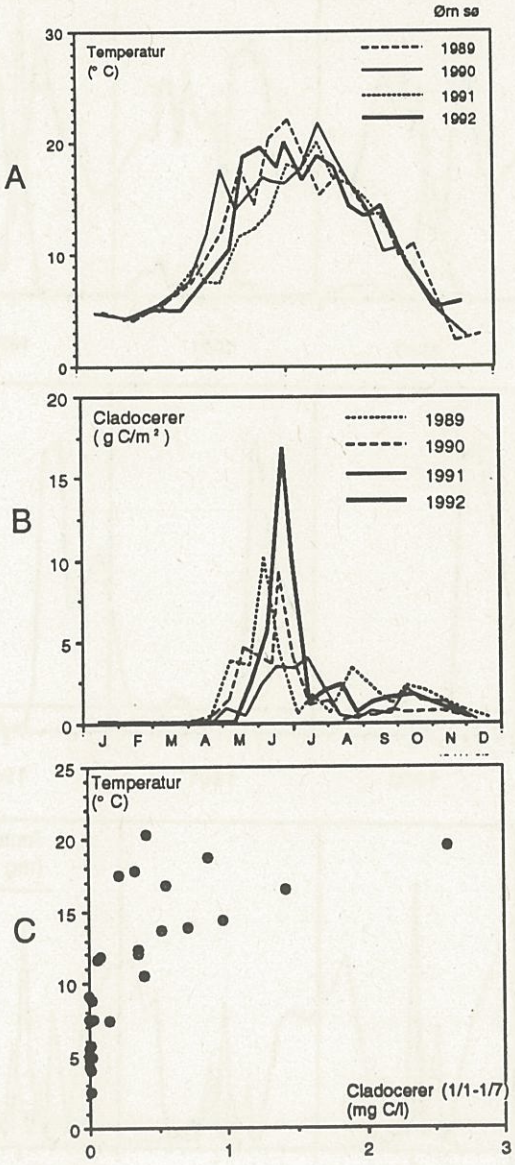
Figur 25.
Biomassen af calanoide copepoder i Ørn Sø 1989-1992.

Regulerende faktorer for zooplanktons forekomst

Der er flere faktorer, der er bestemmende for zooplanktonets vækstmuligheder. Først og fremmest mængden af tilgængeligt føde og mængden af fisk og invertebrater, der æder zooplanktonet, men også vandtemperaturen og pH-værdien er afgørende for forekomsten af zooplanktonet.

Vandtemperaturen spiller en rolle for ægudviklingen, og er derfor bestemmende for tidspunktet for zooplanktonets udvikling i forårssæsonen jf. figur 26, som viser Cladocerernes temperaturafhængighed. Først ved en temperatur over 10°C sker der en forøgelse af biomassen.

Yderligere er temperaturen betydende for, hvornår de cyclopoide copepoder går i hvilepause (diapause), en temperatursammenhæng der er artsspecifik. Endelig kan høje temperaturer nedsætte reproduktionen hos copepoderne, idet ægantallet pr. hun falder.



Figur 26.
A: temperaturvariation i Ørn Sø 1989-1992
B: cladocerernes årstidsvariation i Ørn Sø 1989-1992
C: cladocerernes temperaturafhængighed 1992.

Vandets surhedsgrad (pH) indvirker hovedsagelig på re-produktionen, idet svingninger i pH stresser osmoreguleringen. Endelig kan høj pH øge dødeligheden primært blandt cladocererne. I den forbindelse skal det bemærkes, at pH i august måned var relativ høj, men hvorvidt pH-værdien spiller en rolle for zooplanktonet er uvist i kraft af, at andre regulerende faktorer også spiller ind på zooplanktonets tilstedeværelse på dette tidspunkt (f.eks. fødetilgængeligheden).

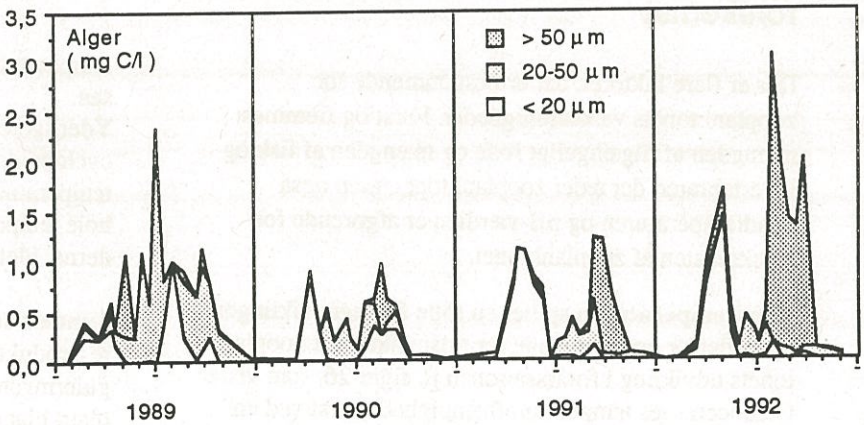
Zooplanktonet som algespisere

Det filtrerende zooplankton optager mest effektivt fødepartikler mindre end 50 µm, mens partikler mindre end 20 µm generelt anses for at være det optimale.

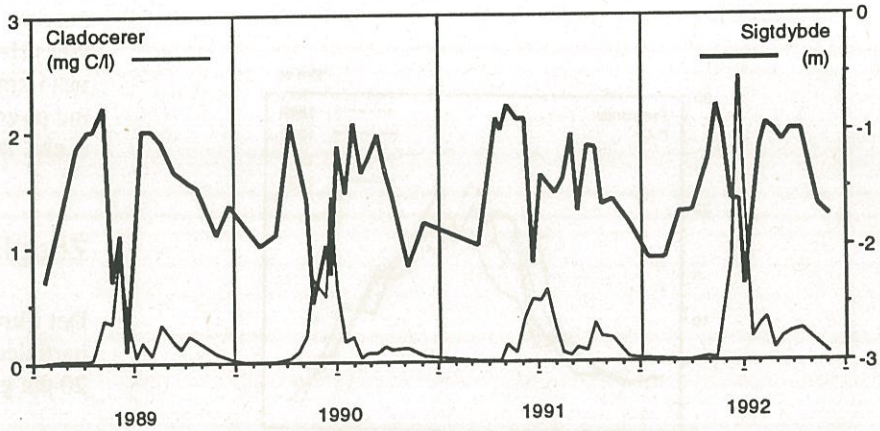
Beskrives algesamfundet ud fra størrelsesfordelingen ses det, som det fremgår af figur 27, at algebiomassen ho-vedsagelig bestod af små alger < 20 µm i foråret (marts-maj). Denne størrelsesgruppe forsvandt stort set resten af året, mens den tilstedeværende algebiomasse i sommermånederne havde en størrelse på 20-50 µm.

Det er tvivlsomt, om zooplanktonet har kunnet regulere forårsopblomstringen af de små alger (< 20 µm), da zooplanktonet på det tidspunkt hovedsagelig bestod af rotatorien *Asplanchna*, som er et rov hjuldyr. Derimod er algemængden i juni og juli tilgrundliggende for, at cladocererne har haft gode vækstbetingelser, men algeforekomsten har været af en sådan mængde, at zooplanktonet hurtigt har kunnet begrænse den. Sammenfaldende hermed var der en klarvandsperiode i søen, hvor sigtdybden steg markant (figur 28). Som det ses på figur 29, var græsningsraten < 2 dage fra slutningen af maj og dette overslag bestyrker, at zooplanktonet i den periode spillede en central rolle i reguleringen af algebiomassen. Billedet forandres ikke resten af året. I efteråret faldt sigtdybden som følge af en stor biomasse af store alger (> 50 µm), som zooplanktonet ikke kunne spise.
Græsningsraten er beregnet ud fra spiselige alger < 50 µm og er derfor upåvirket af efterårsmaximummet af de store alger.

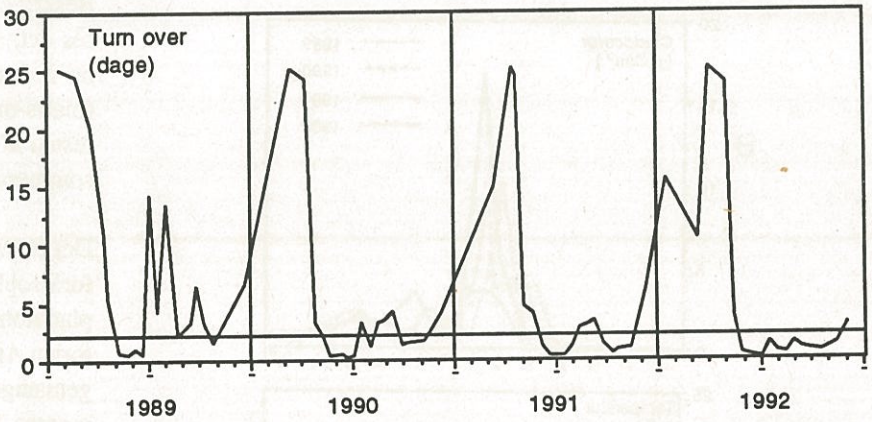
Øm Sø



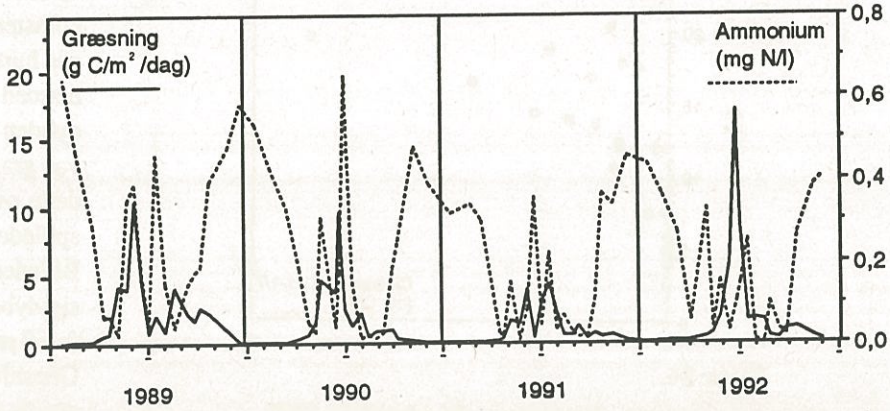
Figur 27.
Algernes størrelsesfordeling i Ørn Sø 1989-1992.



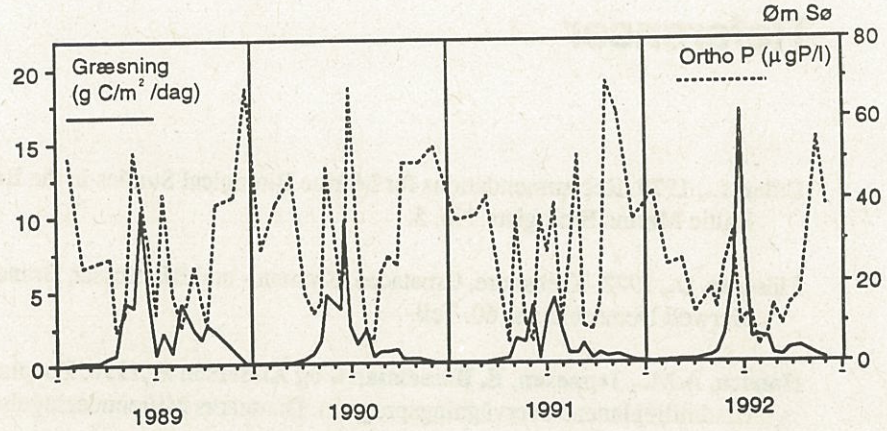
Figur 28.
Cladocerbiomassen i Ørn Sø 1989-1992 sammenholdt med sigtdybden



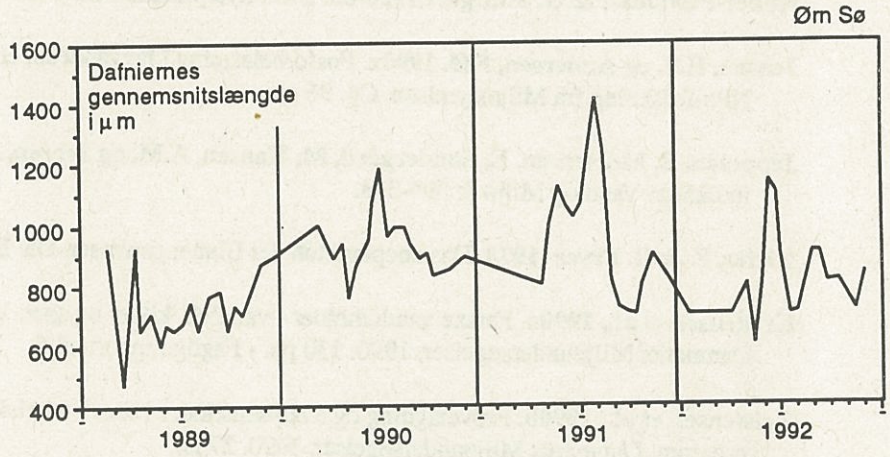
Figur 29.
Turn over for zooplankton i Ørn Sø 1989-1992. Det antal dage zooplankton teoretisk er om at græsse den aktuelle fytoplanktonbiomasse med (max. = 25 dage).



Figur 30.
Den totale zooplanktongræsning i Ørn Sø 1989-1992 sammenholdt med koncentrationen af ammonium.



Figur 31.
Den totale zooplanktongræsning i Ørn Sø 1989-1992 sammenholdt med koncentrationen af orthofosfat.



Figur32.
Dafniernes gennemsnitslængde i Ørn Sø 1989-1992.

Som det tidligere år er vist, var der også i 1992 overensstemmelse med perioder med højt græsningstryk og høje koncentrationer af opløste næringssalte (jf. figur 30 og 31).

Det er specielt for ammoniums vedkommende at en øget græsningsaktivitet resulterer direkte i en øget NH4-N-koncentration.
For fosfors vedkommende synes billedet ikke så tydeligt. Formodentlig på grund af at fosforkoncentrationen i vandet også er styret af den interne belastning.

Prædation på zooplankton

En eventuel prædation af fisk på zooplanktonet vil afspejles i antallet, størrelsesfordelingen og sammensætningen af zooplanktonet, idet fiskene fortrinsvis æder de største arter og individer. Prædation på cladocerer vil således afspejles som et fald i gennemsnitslængden, mens prædation på copepoder vil ses som et øget forhold mellem antallet af hanner og hunner.

Da der fortrinsvis forekom cladocerer i Ørn Sø, og da fiskene generelt foretrækker cladocerer frem for copepoder, må det antages, at en eventuel prædation ville afspejles i cladocerenes gennemsnitslængde.

Figur 32 viser udviklingen af dafniernes gennemsnitslængde fra 1989-1992. Der synes at være tendens til, at gennemsnitslængden var mindre i 1992 end i 1991. Sommergennemsnittet (1.5-31.10) er således faldet fra 1.000 µm i 1991 til 848 µm i 1992. En formodning om et øget prædationstryk på zooplanktonet styrkes af, at der i 1992 ikke fandtes den større dafnie art *D. galeata*, som ellers har været talrig de tidligere år.
Om der er sket en ændring i fiskebestanden i Ørn Sø, så den planktonædende bestand er blevet forøget, er dog svær at vurdere på dette grundlag. I 1993 foretages en fiskeundersøgelse i søen, som formodentlig bringer svar herpå.

Referencer

Edler, L., 1979. Recommendations for Marine Biological Studies in the Baltic Sea. Phytoplankton and Chlorophyll. Baltic Marine Biologists. No. 5.

Flössner, D., 1972. Krebstiere, Crustacea, Kiemen - und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischlänse, Branchiura, Die Tierwelt Deutschlands. 60. Teil.

Hansen, A.M.., Jeppesen, E, Bosselman S og Andersen P ,1990. Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen 1990.

Huber-Pestalozzi & G. Stuttgart,1938-83. Das Phytoplankton des Süsswassers. - I: Thienemanns Binnengewasser.

Jensen, H.S. og Andersen, F.Ø. 1990a. Fosforbelastning i lavvandede, eutrofe søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, C4. 96 pp.

Jeppesen, E, Mortensen, E, Søndergård, M, Hansen, A.M. og Jensen, J.P., 1991. Dyreplanktonnet som miljø-indikator. Vand og Miljø 8: 394-398.

Kiefer, F. & G. Fryer ,1978. Das zooplankton der Binnengewasser. Die Binnengewasse Band XXVI, 2. Teil.

Kristensen et al., 1990a. Ferske vandområder - vandløb, kilder og søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 130 pp. - Faglig rapport nr. 5.

Kristensen et al., 1990b. Prøvetagning og analysemetoder i søer - teknisk anvisning. Vandmiljøplanens overvågnings-program. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 27 pp.

Kristensen et al., 1991. Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Danmarks Miljøun-dersøgelser, 1991. 104 pp. Faglig rapport nr. 38.

Kristensen et al., 1992. Ferske vandområder - søer . Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Danmakrs Miljøun-dersøgelser, 1992. 11 s. Faglig rapport nr. 63.

Kristensen, P, Jensen, J.P. og Jeppesen, E., 1990b. Slutrapport for NPo-forskningsprojekt C9. Eutrofieringsmodeller for søer. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Lind, E.M.. & A.J. Brook, 1980. Desmids of the English Lake District. Freskwater Biological Association, No. 42.

McCauley, E., 1984. The Estimation of the Abundance and Biomass of zooplankton in samples. Fra: A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productiviy in Freskwater; IBP Handbook 17; 2nd edition. (Ed. J.A. Dowing & F.H. Riegler). Blackwell Scientific Publications s. 228-265.

Nygaard, G., 1976. Dansk planteplankton. København.

Olrik, K., 1991. Miljøprojekt nr. 187. Planteplankton - metoder. - Udarbejdet for Miljøstyrelsen. Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

Pontin, R.M., 1978. A key to British Freshwater Planktonic Rotifera. Freshwater Biological Association.

Prescott, G.W., 1976. Algae. Michigan.

Reynolds, C.S., 1984. The ecology of freshwater phytoplankton.

Ruttner-Kolisko, A., 1974. Plankton rotifers biology and taxonomy. Die Binnengewasser vol. XXVI/1 supplement.

Scourfield, J.S.O. & J.P. Harding, 1966. A key to British Freshwater Cladocera. Freshwater Biological Association. No. 18.

Skuja, H., 1956. Taxonomische un biologische Studien über das Phytoplankton Schwedische Binnengewässer. Uppsala.

Tikkanen, Toini, 1986. Kasviplanktonopas. Helsinki.

Uthermöhl, H., 1958. Zur Vervolkomnung der quantitativen Phytoplankton Metodik. Mitt. Int. Ver. Limnol., 9: 1-38.

Århus Amt, 1980. Funder Å og Ørn Sø 1978-1979. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1990. Smådyr i Ørn Sø 1988. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1990. Ørn Sø og Funder Å 1989. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1990. Recipientkvalitetsplan, 1990. Bind I - Vandløb, søer og kystvande. Krav til spildevandsrensning.

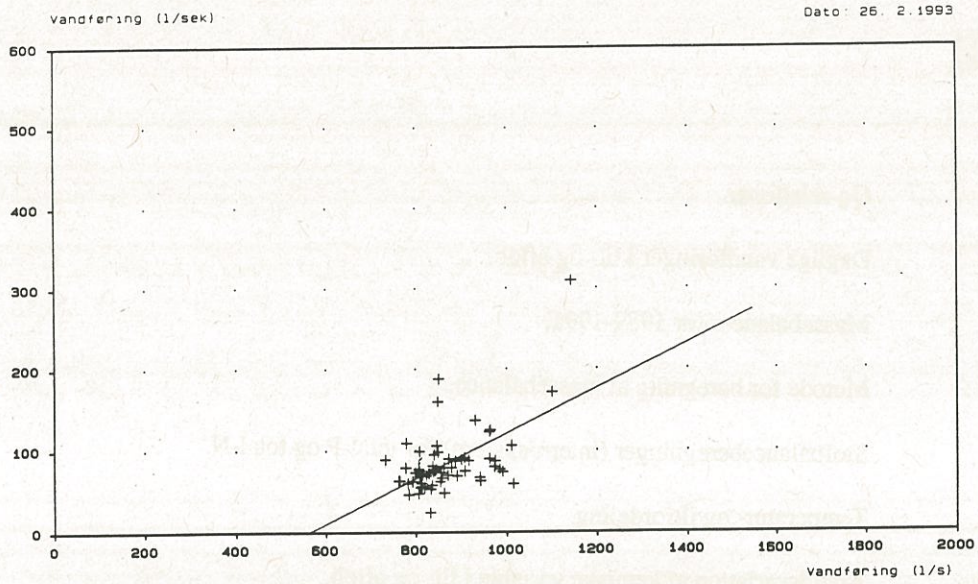
Århus Amt, 1991. Ørn Sø 1990. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1992. Opgørelse af udledninger fra den spredte bebyggelse i Århus Amt, 1991. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

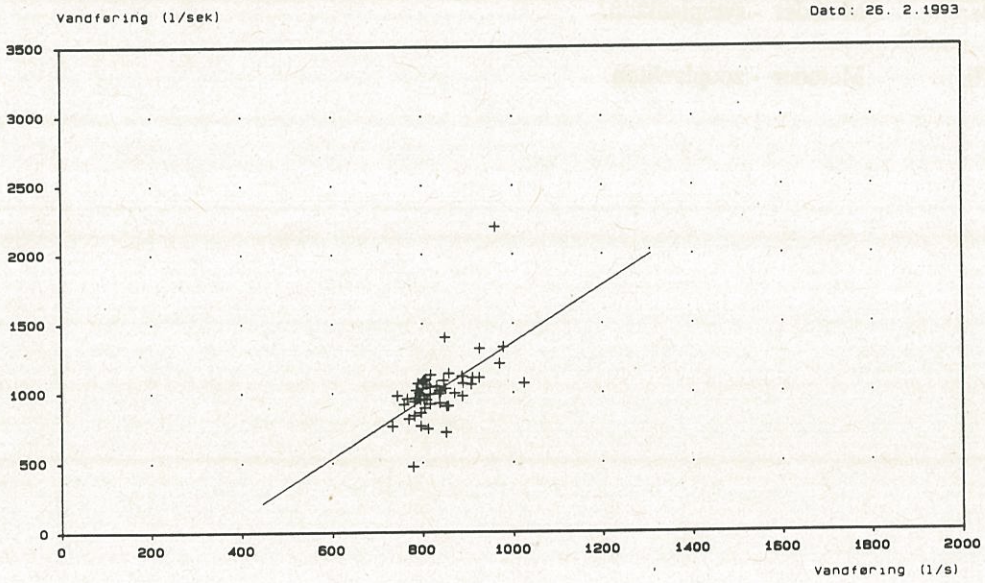
Århus Amt, 1992. Ørn Sø 1991. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Bilag

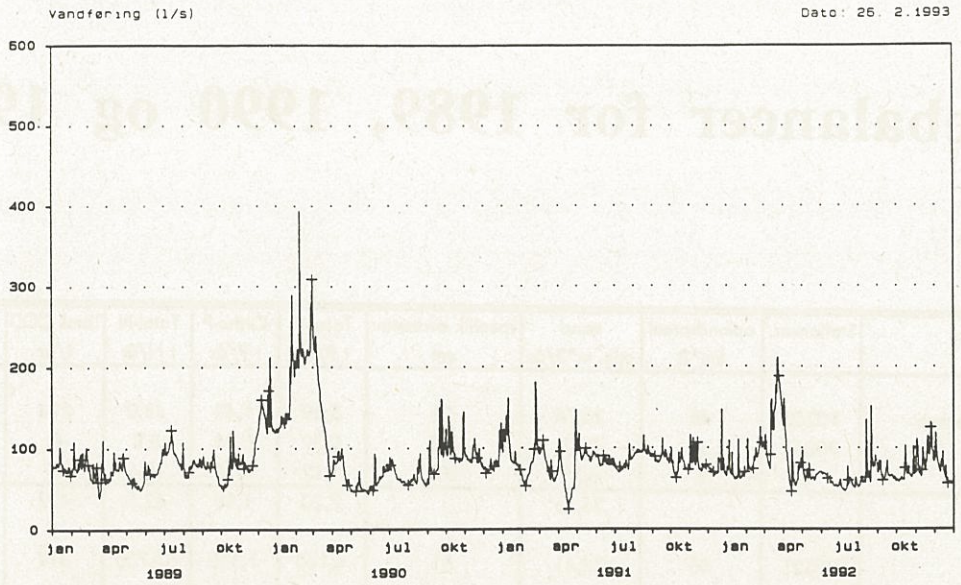
Q/Q 090067 Silkeborg Langsø - Ø Sandemansbæk, v.til Funderholm
QQ-korrelationsmetoden Q = A*Qr + B A = 2.7638E-01 B = -1.5556E+02
Korrelat. koef. R = 0.551
Signaturer: PLUS = måling, med i beregn
Referencestationer: 21.39



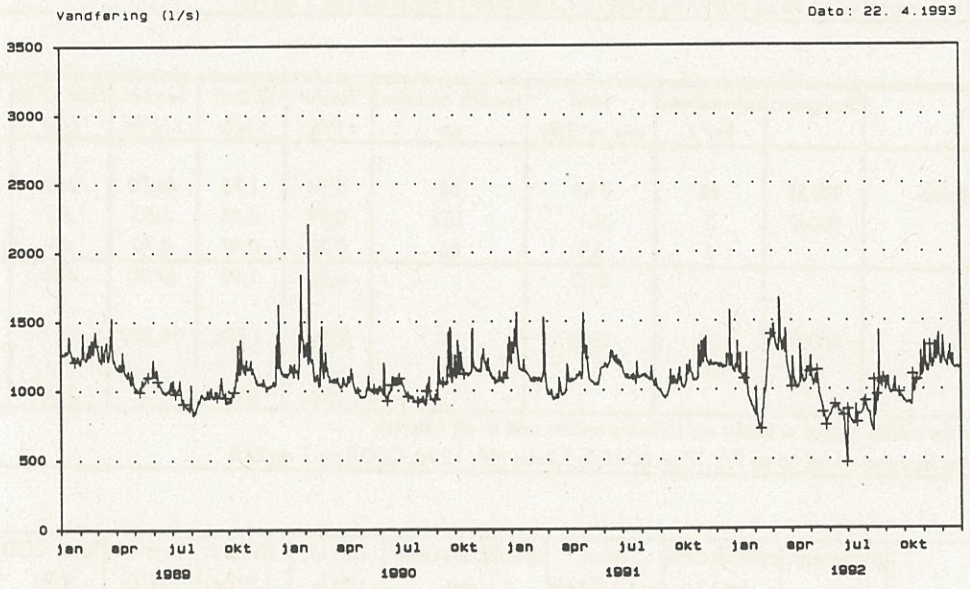
Q/Q 090321 Silkeborg Langsø - Ø Lyså Afløb Ørnsø
QQ-korrelationsmetoden Q = A*Qr + B A = 2.0745E+00 B = -7.1302E+02
Korrelat. koef. R = 0.562
Signaturer: PLUS = måling, med i beregn
Referencestationer: 21.39



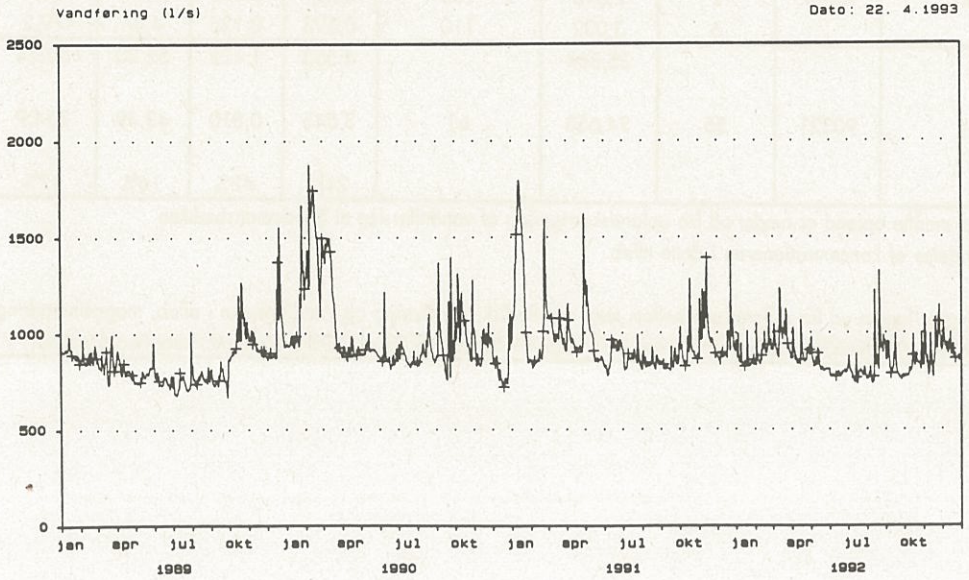
DAGLIG VANDFØRING 090067 Silkeborg Langsø - Ø Sandemansbæk, v.til Funderhc
Referencestationer: 21.39
Signaturer: PLUS = prøve, med i beregn



DAGLIG VANDFØRING 090321 Silkeborg Langsø - Ø Lyså Afløb Ørnsø
Referencestationer: 21.39
Signaturer: PLUS = prøve, med i beregn



DAGLIG VANDFØRING 090258 Silkeborg Langsø - Ø Funder Å, Funderholme
Referencestationer: 21.74
Signaturer: PLUS = prøve, med i beregn



Massebalancer for 1989, 1990 og 1991.

Vandløb 1989	Stationsnr.	oplandsareal km*2	vand mio. m*3/år	specifik afstrømn. cm	Total-P t P/år	Ortho-P t P/år	Total-N t N/år	Total COD t/år	Total Fe t/år
Funder å, Funderholme	90258	48	26,74	56	5,69	1,49	48,0	298	51,2
Sandemansbæk	90067	2	2,71	136	0,39	0,06	3,9	45	4,8
Umålt opland		6	6,11	102	1,12	0,35	10,6	59	11,4
Total tilførsel			35,56		7,20	1,90	62,5	402	67,4
Afløb Ørn sø	90321	56	34,41	61	4,140	1,320	54,700	419	45,7
Reduktion %					43%	31%	14%		32%

Vandføringen for det umålte opland er fundet ved differens mellem målt til- og fraførsel.
Umålt stoftilførsel er beregnet ud fra 85 µg P/l; 17 µg PO4-P/l; 1,2 mg N/l; 12 mg COD/l og 1 mg Fe/l

Vandløb 1990	Stationsnr.	oplandsareal km*2	vand mio. m*3/år	specifik afstrømn. cm	Total-P t P/år	Ortho-P t P/år	Total-N t N/år	Total COD t/år	Total Fe t/år
Funder å, Funderholme	90258	48	31,3	65	5,14	1,75	48,10	389	47,78
Sandemansbæk	90067	2	3,1	155	0,39	0,08	4,50	50	3,74
Umålt opland		6	3,9	65	0,33	0,07	4,70	47	3,90
Total tilførsel			38,3		5,86	1,90	57,30	486	55,42
Afløb Ørn sø	90321	56	38,3	68	3,840	1,190	38,500	419	39,69
Reduktion %					35%	39%	7%	24%	28%

Vandføringen for det umålte opland er fundet ved differens mellem målt til- og fraførsel.
Umålt stoftilførsel er beregnet ud fra 85 µg P/l; 17 µg PO4-P/l; 1,2 mg N/l; 12 mg COD/l og 1 mg Fe/l

Vandløb 1991	Stationsnr.	oplandsareal km*2	vand mio. m*3/år	specifik afstrømn. cm	Total-P t P/år	Ortho-P t P/år	Total-N t N/år	Total COD t/år	Total Fe t/år
Funder å, Funderholme	90258	48	30,322	52	3,934	1,256	44,67	205,8	43,74
Sandemansbæk	90067	2	2,510	133	0,231	0,040	3,16	23,4	2,85
Umålt opland		6	3,032	110	0,393	0,126	4,47	79,2	4,37
Total tilførsel			35,864		4,558	1,422	52,30	308,4	50,96
Afløb Ørn sø	90321	56	34,658	61	3,545	0,810	43,49	254,9	31,72
Reduktion %					21%	42%	16%	17%	42%

Tilførslen fra det umålte opland er fundet ud fra oplandskorrigering af vandtilførslen til Sandemansbækken samt ved anvendelse af koncentrationerne i dette tilløb.

En evt. indsivning er fundet ud fra differensen mellem total overfladisk vandføring og vandføringen i afløb, magasinændringer samt flg. koncentrationer i gundvandet : Total N : 0,5 mg N/l. Total P : 30 µg P/l. Total COD : 10 mg/l. Total Fe : 1 mg/l.

Metode for beregning af massebalance

Vandbalancen opstilles ud fra følgende størrelser :

		GRUNDDATA
N :	nedbør	(månedsværdier, mm)
E_a :	fordampning	(månedsværdier, mm)
Q_p :	direkte tilførsel	(månedsværdier, l/s)
Q_t :	sum af målte tilløb	(månedsværdier, l/s)
Q_a :	afløb	(månedsværdier, l/s)
Q_u :	umålt opland (beregnes udfra vægtning af tilløb)	(månedsværdier, l/s)
Q_s :	vandstandsvariationer (magasinering)	(diskrete værdier, m)
Q_g :	udveksling med grundvand	(månedsværdier, mm)
A	søareal	(konstant, m^2)

Ligning : $Q_g = - A (N-E_a) - Q_p - Q_t + Q_a - Q_u + Q_s$

hvor Q_u = sum af ($Q_i(v_i - 1)$), for i = 1 til antal tilløb (v_i er vægte < > 1,0)

Q_s = produktet af lineært interpoleret ændring i vandstand mellem månedsslut/-månedsstart og søareal.

Stofbalance opstilles ud fra :

P_a :	atmosfærisk deposition	(konstant, kg/ha/år)
T_t :	sum af målte transporter i tilløb	(månedsværdier, kg)
T_a :	transport i afløb	(månedsværdier, kg)
T_p :	direkte stofudledning fra punktkilder	(månedsværdier, kg)
$T_ø$:	direkte udledning fra øvrige kilder	(månedsværdier, kg)
T_u :	stoftilførsel fra umålt opland (vægtede)	(månedsværdier, kg)
T_g :	stofudveksling med grundvand (+/-)	(månedsværdier, kg)
S :	ændret stofindhold i søen (søkonc., volumen)	(diskrete værdier, µg/l-m^3)
T_i :	intern belastning	(månedsværdier, kg)
C :	søkoncentration	(diskrete værdier, µg/l)
V :	søvolumen	(diskrete værdier, m^3)
g_+ :	koncentration af tilført grundvand	(konstant, µg/l)
g_- :	koncentration af udsivet grundvand	(konstant, µg/l)

Ligning : $T_i = - P_a A - T_t + T_a - T_p - T_ø - T_u - T_g + S$

hvor T_u = sum af ($T_t(v_i - 1)$), for i = 1 til antal tilløb (med vægte < > 1,0)

$T_g = g_+Q_g$ for $q_g > 0$ (måneder med tilstrømning) og
$T_g = g_-Q_g$ for $Q_g < 0$ (måneder med udsivning).

$S = C_{n+1}V_{n+1} - C_nV_n$ (interpolerede værdier ved månedsskifter)

(søvolumener er beregnet ud fra diskrete vandstande og søareal)

Stofbalance
****

TOTAL P

Alle tal i kg

Måned	Punkt-kilder	Andre kilder	Atm. deposition	Umålt Opland
Jan	0.00	0.00	0.71	25.50
Feb	0.00	0.00	0.67	27.10
Mar	0.00	0.00	0.71	33.16
Apr	0.00	0.00	0.69	23.53
Maj	0.00	0.00	0.71	23.22
Jun	0.00	0.00	0.69	24.26
Jul	0.00	0.00	0.71	22.76
Aug	0.00	0.00	0.71	28.85
Sep	0.00	0.00	0.69	32.84
Okt	0.00	0.00	0.71	31.38
Nov	0.00	0.00	0.69	33.35
Dec	0.00	0.00	0.71	30.01
	0.00	0.00	8.40	335.96

Måned	Tilløb	Fraløb	Grundvand	Magasin	Intern bel.
Jan	262.51	230.02	3.80	-17.98	-80.4
Feb	287.68	232.49	-13.35	4.49	-65.1
Mar	410.68	365.21	12.39	32.24	-59.5
Apr	257.25	361.44	1.20	90.97	169.7
Maj	247.70	300.45	-36.12	-76.79	-11.8
Jun	259.42	264.50	-43.63	-19.31	4.4
Jul	237.74	178.71	-37.62	-153.30	-198.1
Aug	307.06	198.66	-7.24	103.78	-26.9
Sep	339.03	204.52	1.05	38.47	-130.6
Okt	326.64	226.36	-1.93	41.47	-88.9
Nov	344.78	279.28	10.07	-40.52	-150.1
Dec	311.88	266.13	6.24	-3.94	-86.6
	3592.38	3107.77	-105.15	-0.43	-724.2

Retention 18.89 %
1.72 g/m2 søoverfl./år

Opholdstider

	Tilført	Fraført
Året	0.0506	0.0510
1/5 - 30/9	0.0524	0.0572
1/12 - 31/3	0.0488	0.0468
Største måned	0.0565	0.0651
Mindste måned	0.0452	0.0405

STOQ v. 3.30 - Sømodul 93.03. 1 Side

Stofbalance
****

TOTAL N

Alle tal i kg

Måned	Punkt-kilder	Andre kilder	Atm. deposition	Umålt Opland
Jan	0.00	0.00	71.15	358.51
Feb	0.00	0.00	66.56	312.18
Mar	0.00	0.00	71.15	361.31
Apr	0.00	0.00	68.85	289.53
Maj	0.00	0.00	71.15	324.63
Jun	0.00	0.00	68.85	321.19
Jul	0.00	0.00	71.15	358.98
Aug	0.00	0.00	71.15	379.70
Sep	0.00	0.00	68.85	329.28
Okt	0.00	0.00	71.15	311.94
Nov	0.00	0.00	68.85	357.67
Dec	0.00	0.00	71.15	321.92
	0.00	0.00	840.00	4026.84

Måned	Tilløb	Fraløb	Grundvand	Magasin	Intern bel.
Jan	3809.52	4188.30	63.28	-0.43	-114.5
Feb	3473.61	3633.90	-0.23	0.12	-218.1
Mar	4237.03	5158.30	206.57	-0.52	281.7
Apr	3147.01	3596.50	19.98	-0.38	70.7
Maj	3488.71	2888.60	-0.24	0.19	-995.4
Jun	3432.10	2721.50	-0.44	0.57	-1099.6
Jul	3790.82	3011.40	-0.54	-0.64	-1209.6
Aug	4013.18	2877.60	-0.46	-0.03	-1586.0
Sep	3494.16	2855.20	17.44	0.04	-1054.5
Okt	3294.04	3200.10	-0.02	0.29	-476.7
Nov	3862.18	4290.60	167.87	0.20	-165.7
Dec	3566.67	4401.30	103.96	0.00	337.6
	43609.03	42823.30	577.17	-0.58	-6230.3

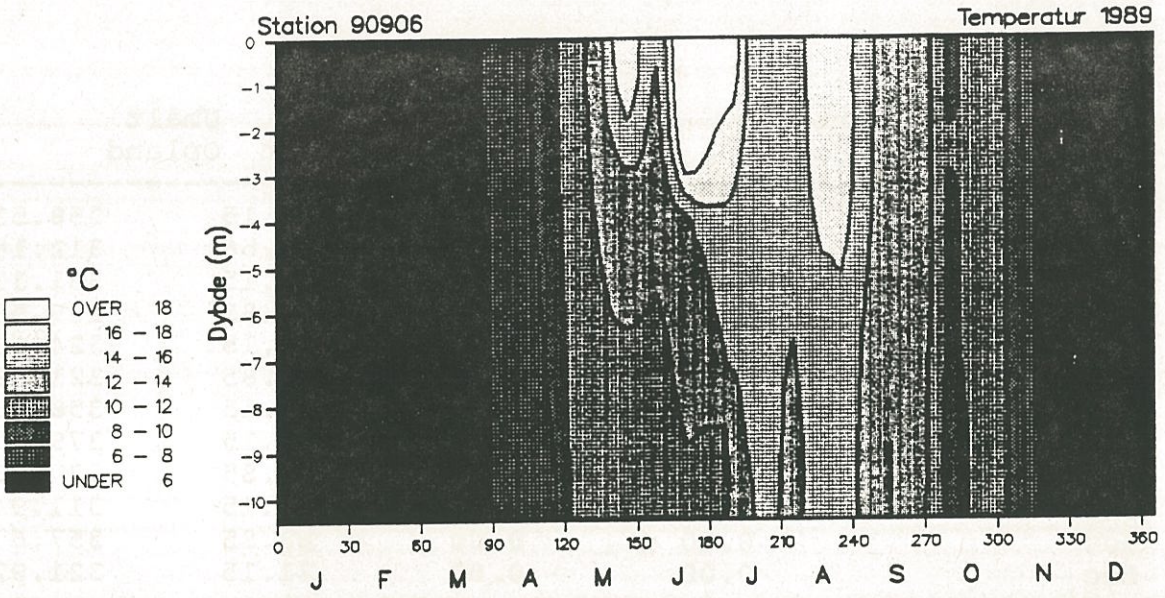
Retention 12.70 %
14.83 g/m2 søoverfl./år

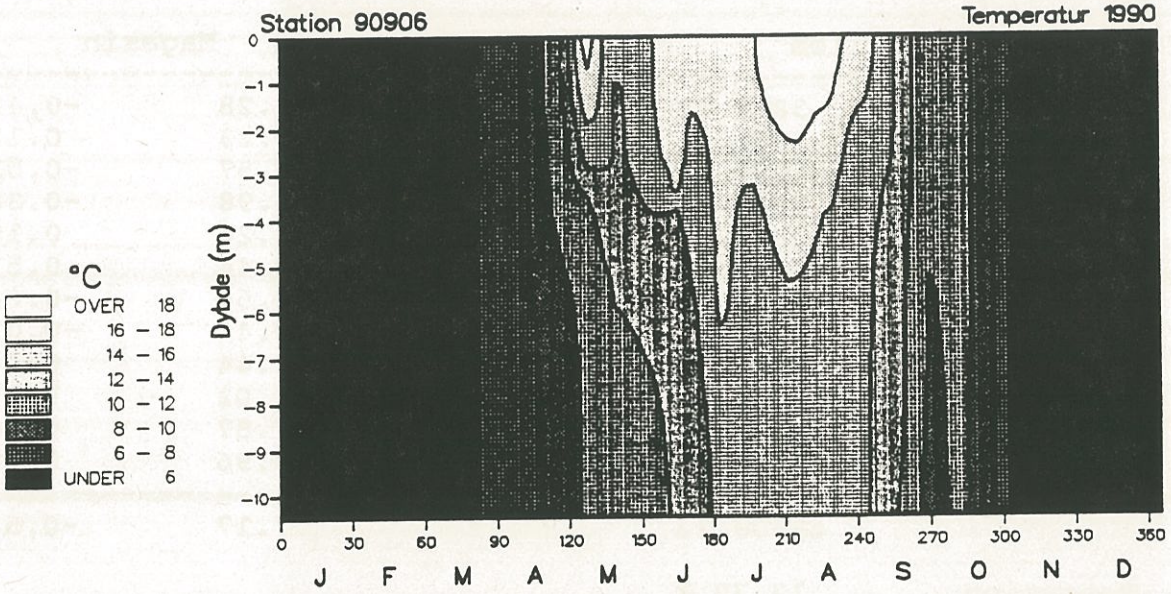
Opholdstider

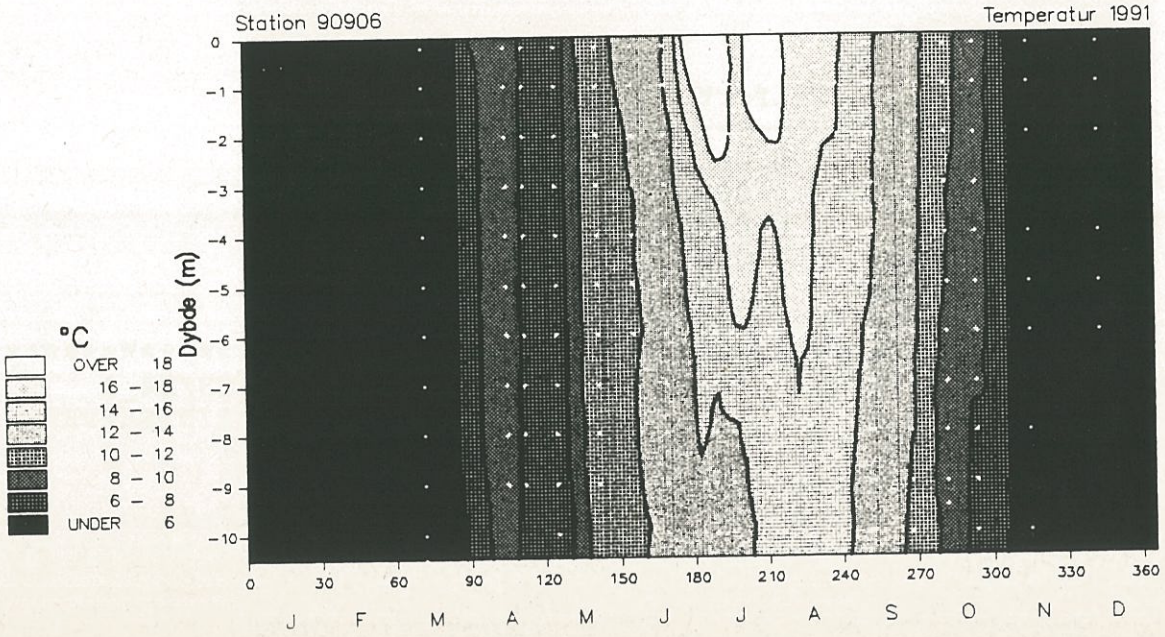
	Tilført	Frafør t
Året	0.0506	0.0510
1/5 - 30/9	0.0524	0.0572
1/12 - 31/3	0.0488	0.0468
Største måned	0.0565	0.0651
Mindste måned	0.0452	0.0405

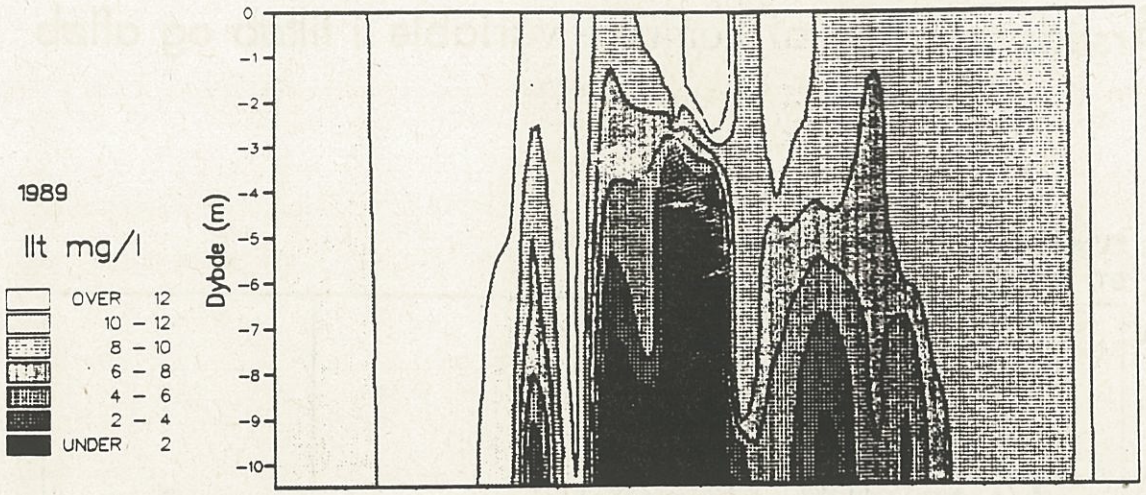
****
* User name: JJ (77) Queue: FS3/B4_1
* File name: Server PRINTSERVER_B4
* Directory:
* Description: REFSTA06.XLS
* 1 March 93 11.46
****

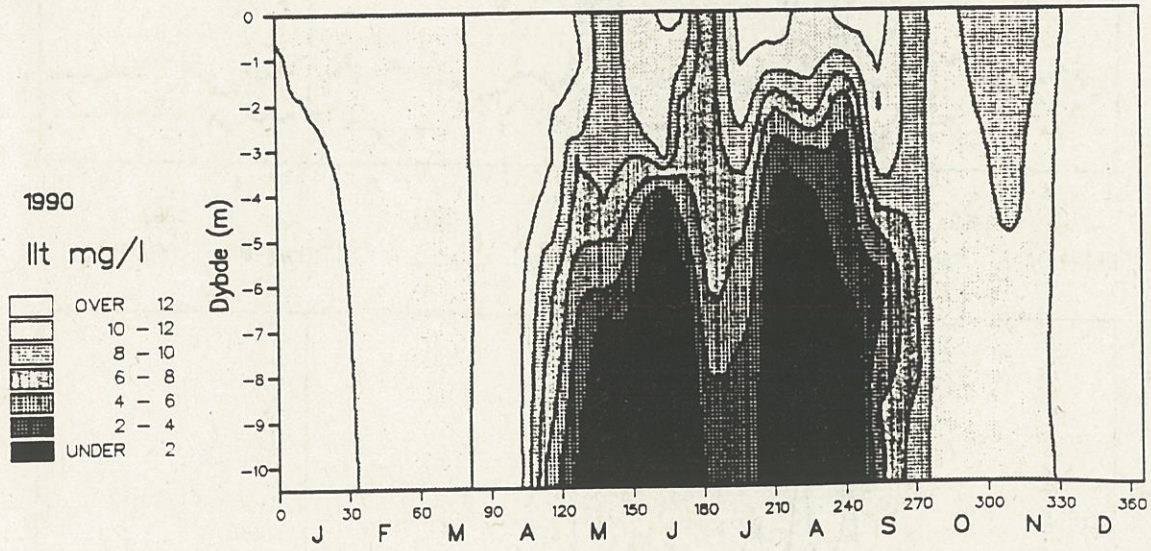
Temperatur- og iltfordeling

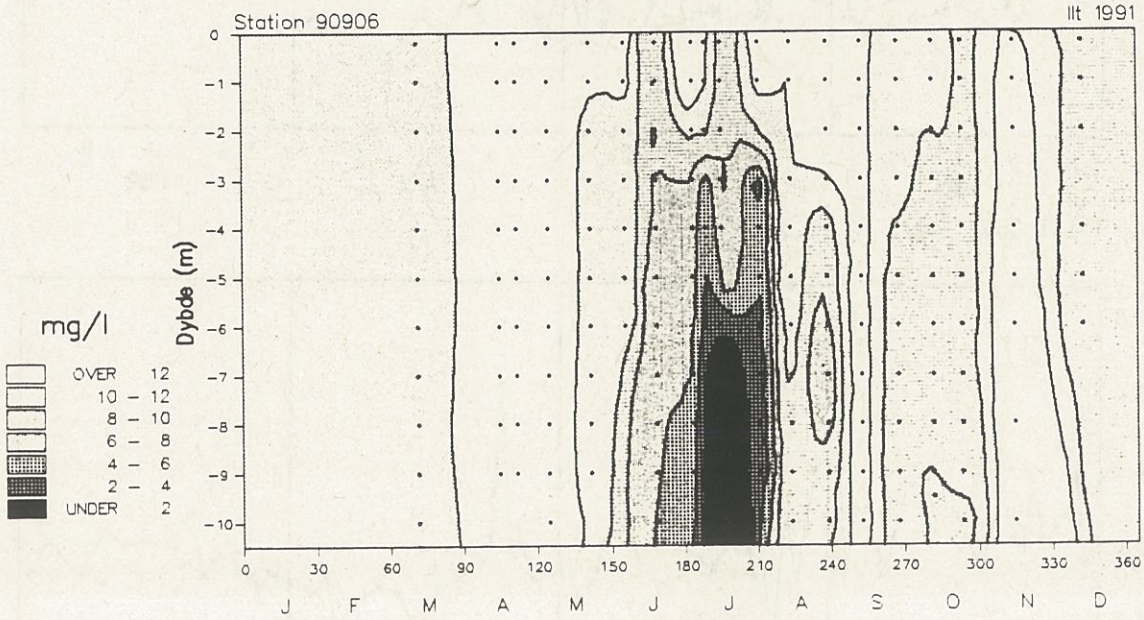




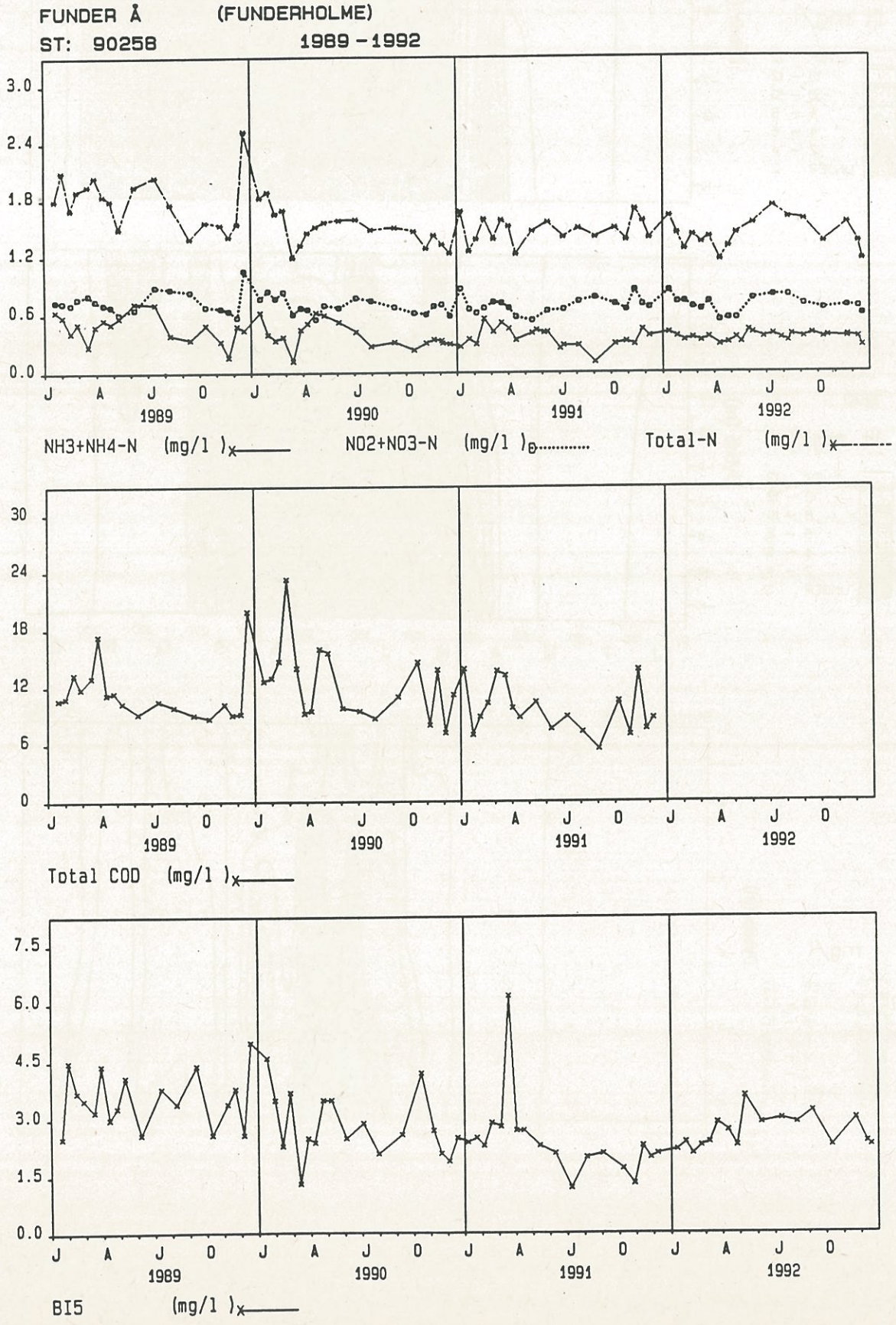



1989
Ilt mg/l
OVER 12
10 – 12
8 – 10
6 – 8
4 – 6
2 – 4
UNDER 2
Dybde (m)
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10


1990
Ilt mg/l
OVER 12
10 – 12
8 – 10
6 – 8
4 – 6
2 – 4
UNDER 2
Dybde (m)
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360
J F M A M J J A S O N D

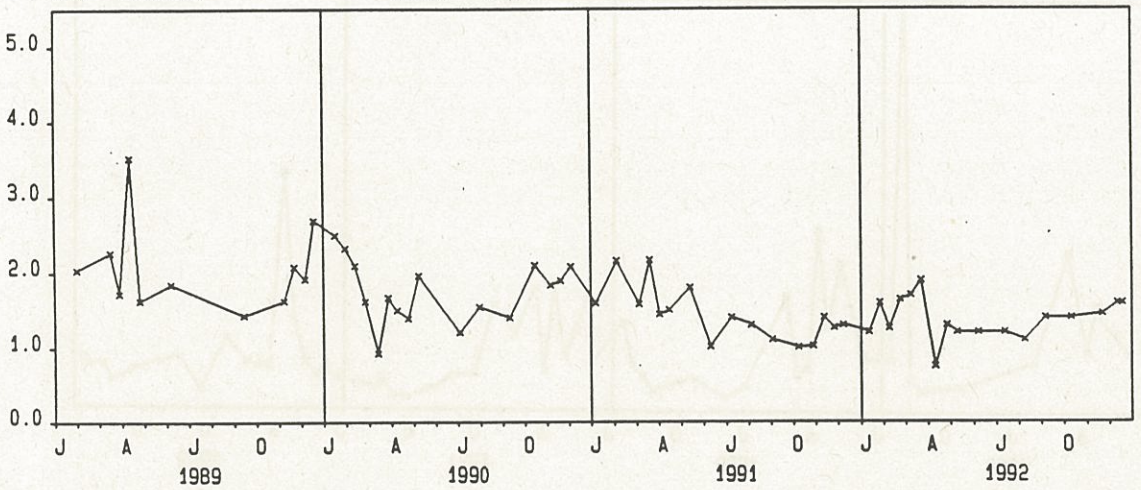

Station 90906
Ilt 1991
mg/l
OVER 12
10 – 12
8 – 10
6 – 8
4 – 6
2 – 4
UNDER 2
Dybde (m)
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360
J F M A M J J A S O N D

Årstidsvariation af kemiske variable i tilløb og afløb

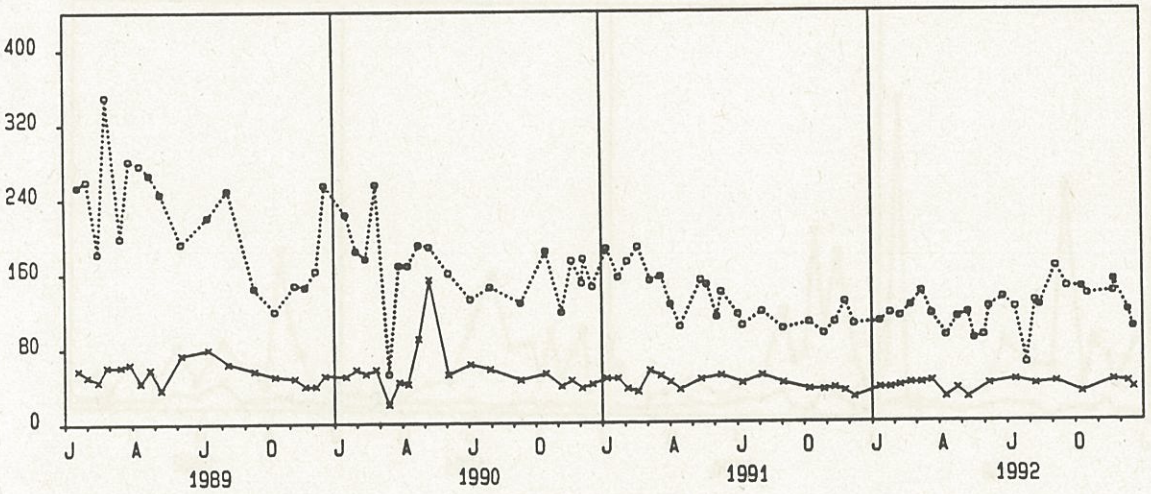


FUNDER Å (FUNDERHOLME)

ST: 90258 1989 - 1992



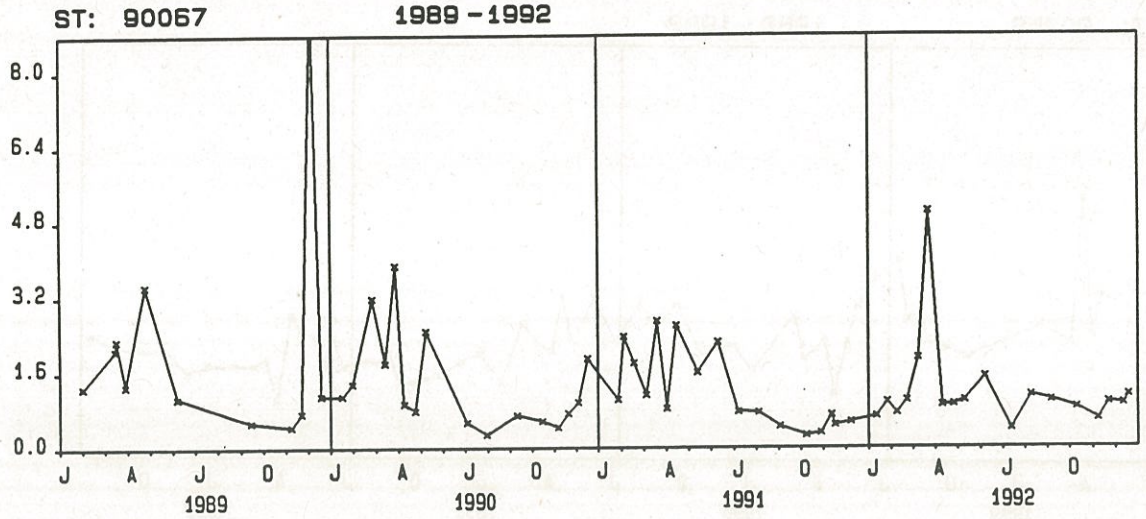
Total-Fe (mg/l)x



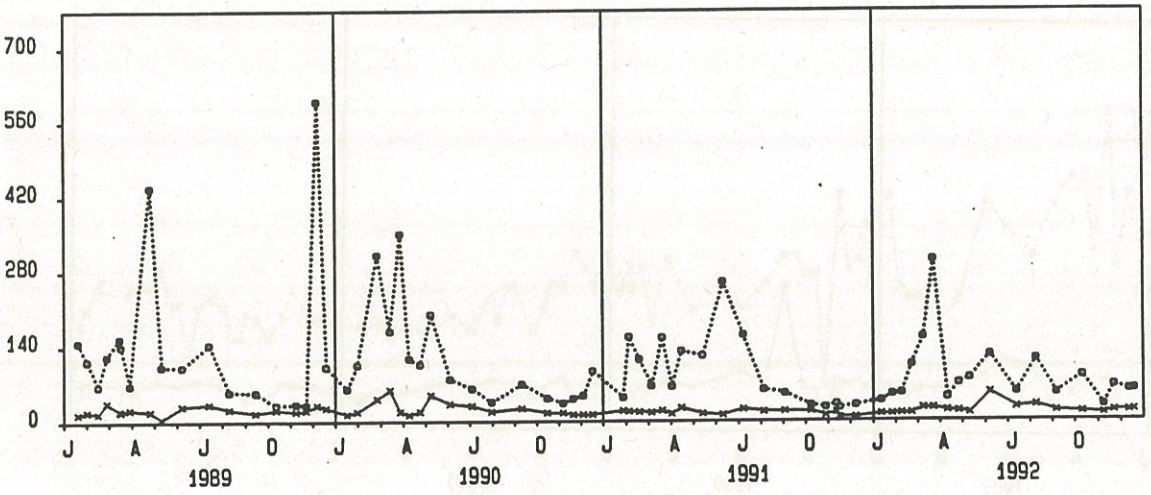
Ortho.-P (yg/l)x Total-P (yg/l)o.....

SANDEMANDSBÆK (VEJ TIL FUNDERHOLME)

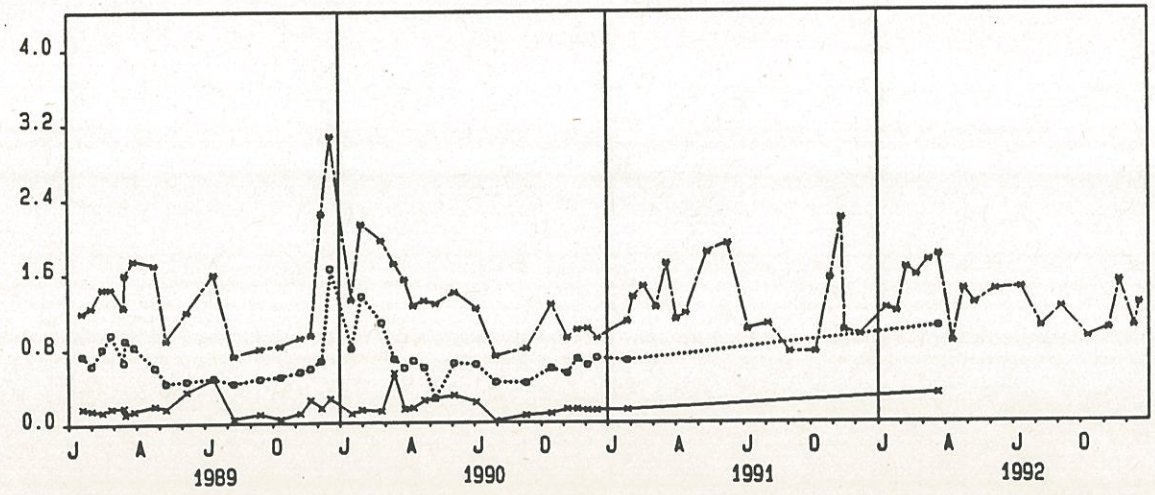
ST: 90067 1989 - 1992



Total-Fe (mg/l)x——



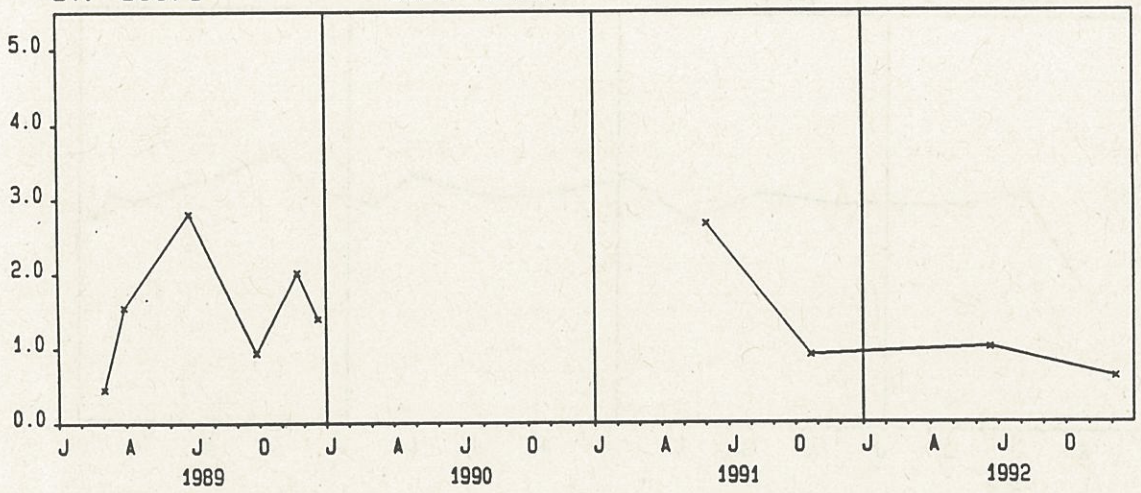
Ortho.-P (yg/l)x—— Total-P (yg/l)o.....



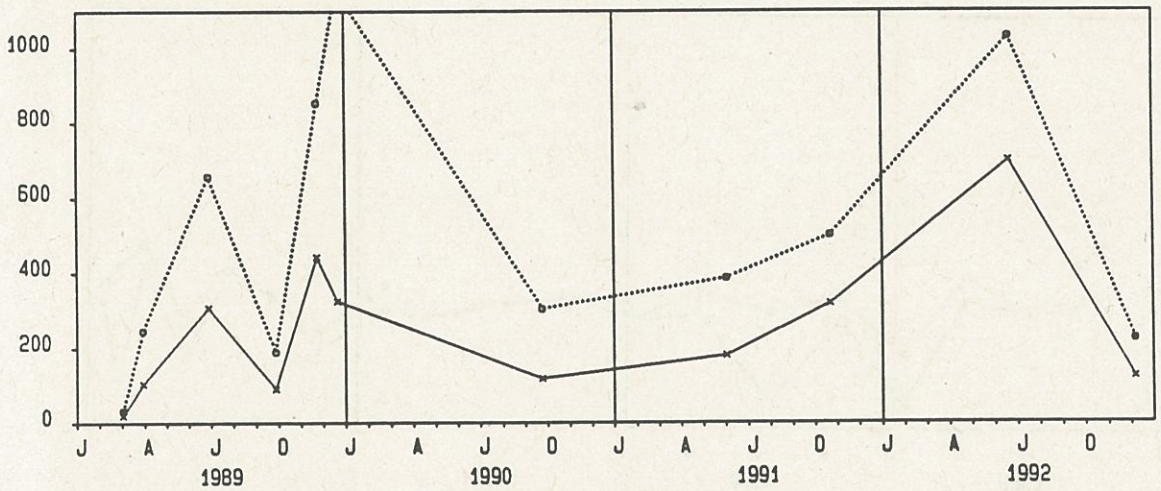
NH3+NH4-N (mg/l)x—— NO2+NO3-N (mg/l)o..... Total-N (mg/l)x——--

TILLØB ØRNSØ (FRA PØTSØ)

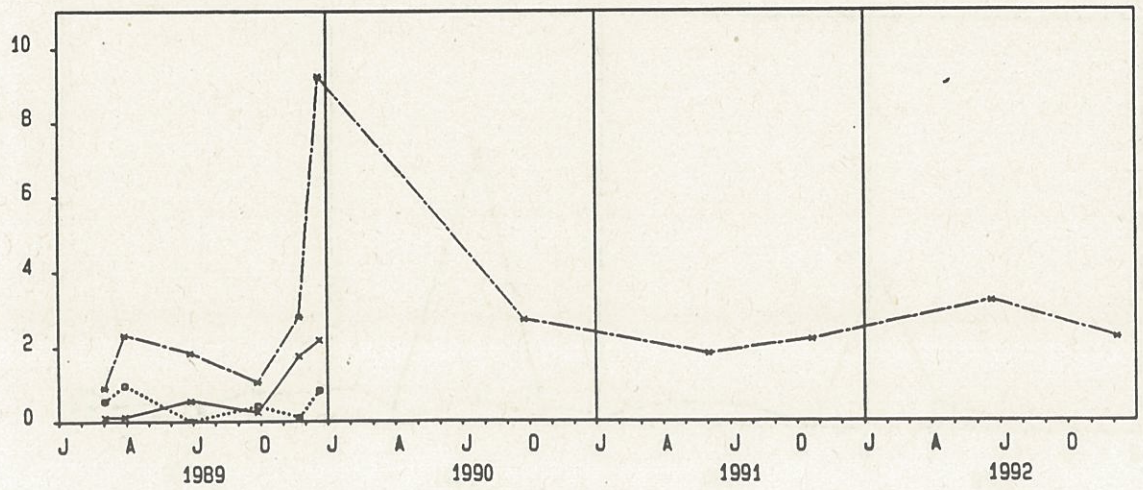
ST: 90071 1989 - 1992



Total-Fe (mg/l)x——



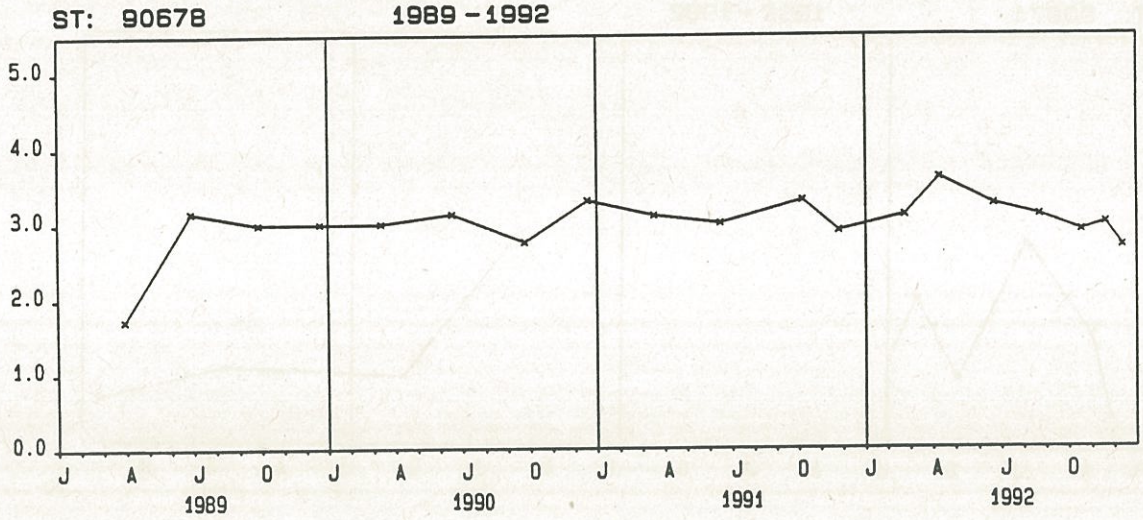
Ortho.-P (yg/l)x—— Total-P (yg/l)o.....



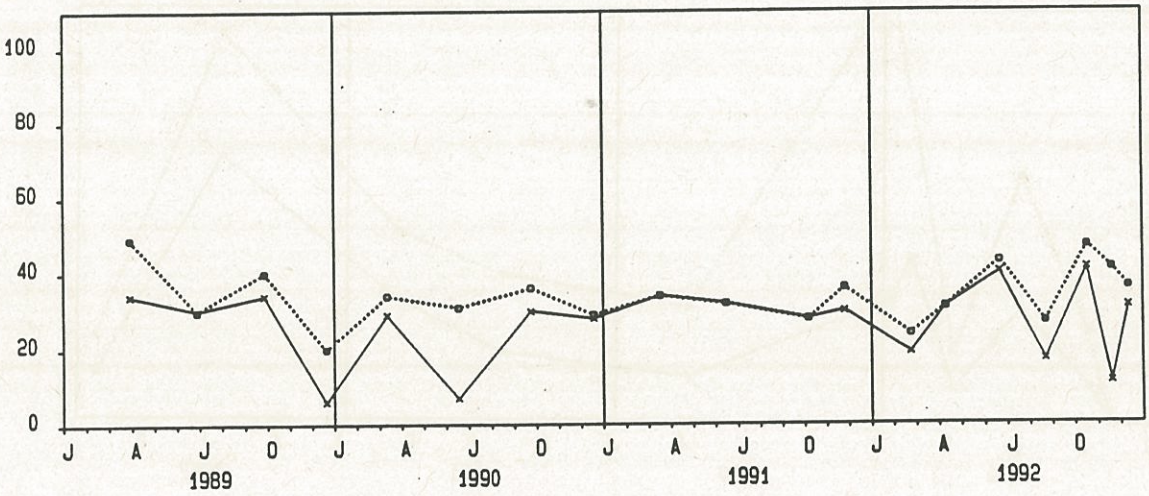
NH3+NH4-N (mg/l)x—— NO2+NO3-N (mg/l)o..... Total-N (mg/l)x——--

KILDETILL TIL [illegible]KURANSTALT)

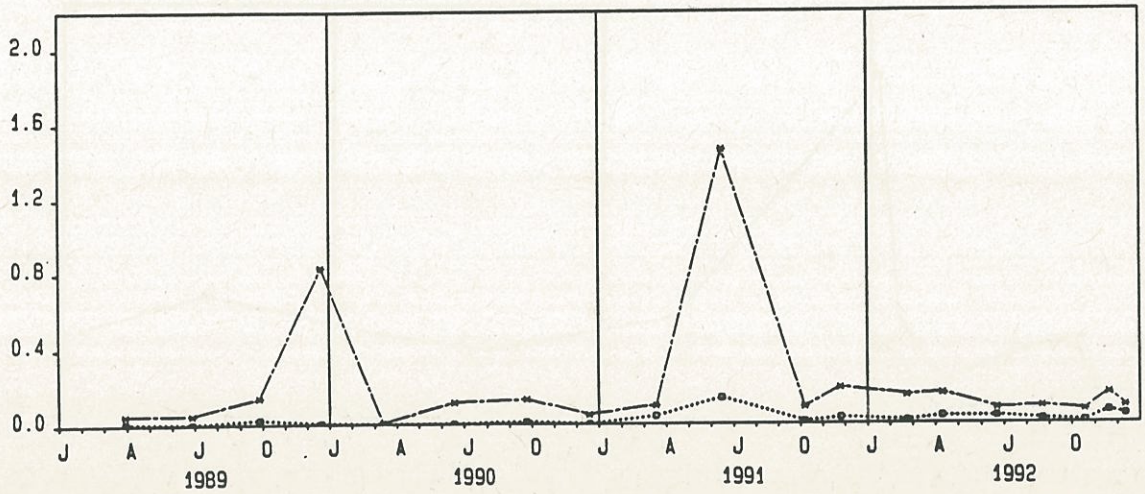
ST: 90678 1989 - 1992



Total-Fe (mg/l)

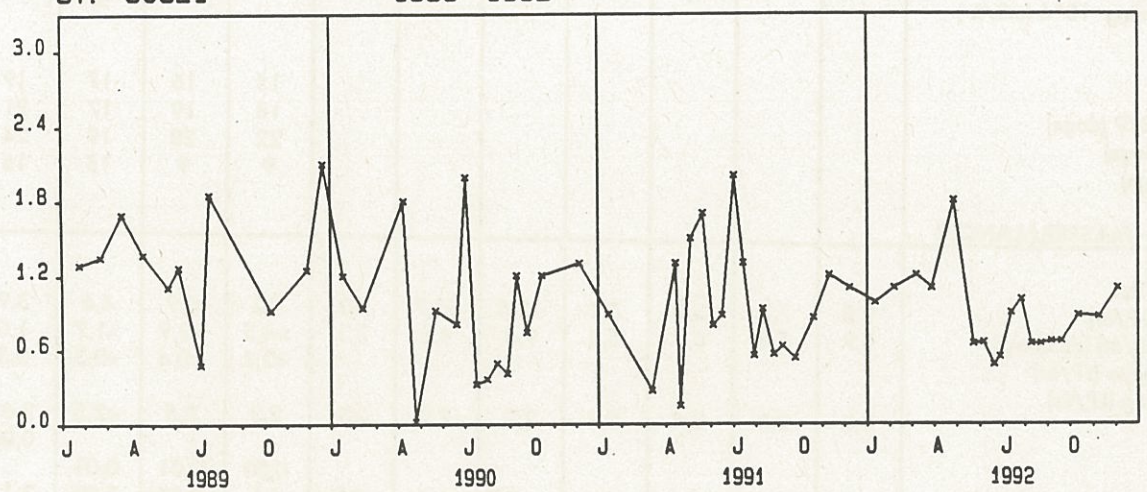


Ortho.-P (yg/l) Total-P (yg/l)

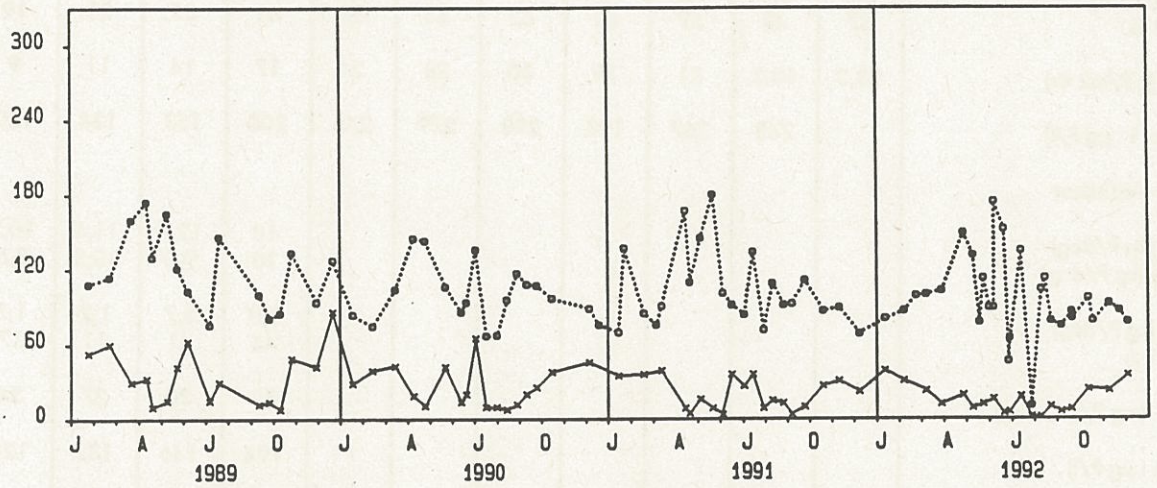


NH3+NH4-N (mg/l) NO2+NO3-N (mg/l) Total-N (mg/l)

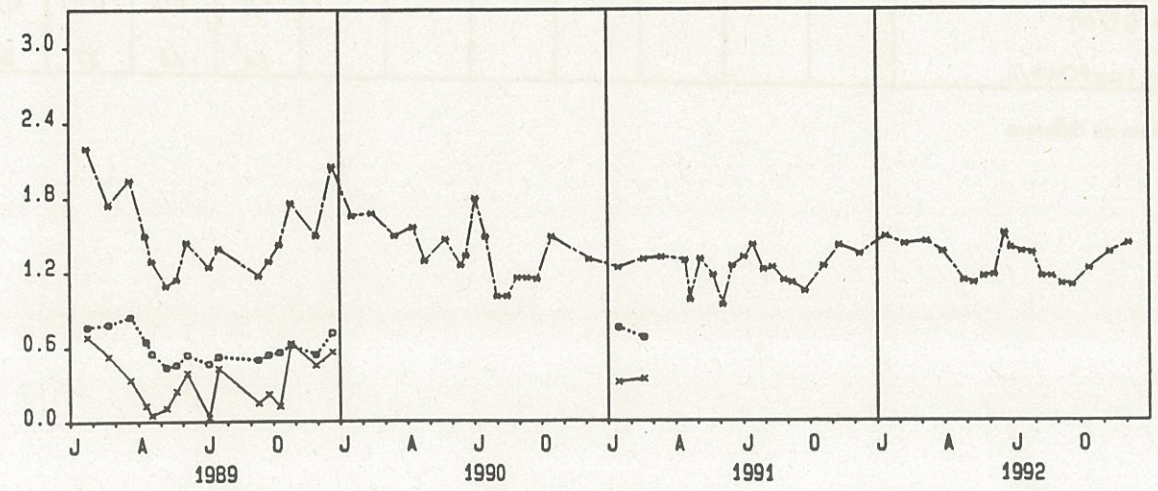
LYSÅ (VED LYSBRO)
ST: 90321 1989 - 1992



Total-Fe (mg/l)



Ortho.-P (yg/l) Total-P (yg/l)



NH3+NH4-N (mg/l) NO2+NO3-N (mg/l) Total-N (mg/l)

DE SAMLEDE DATA FOR ØRN SØ

Specifikation / år	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992
VANDBALANCE FOR ØRN SØ											
Samlet tilførsel		33	33	42	42	42	41	36	38,3	37	33
Samlet fraførsel (10*6 m3/år)		33	33	42	42	42	41	34	38,3	35	32
Indsivning/udsivning 10*6 (m3/år)										-2	
Opholdstid:											
- år (dage)								15	16	17	19
- sommer(1/5-30/9 (dage)								18	19	17	21
- max. måned (dage)								22	20	19	24
min. måned (dage)								9	9	15	15
BELASTNING - MASSEBALANCER											
Total-fosfor - år:											
Samlet tilførsel (t P/år)	9,8	7,7	8,8	8,1	12,5	11,7	10	7,2	5,9	4,6	3,9
- spildevand (t P/år) (dambrug)	8,9	5,4	6,4	5,2	9,6	8,8	7,1	>4,5	>2,9	>1,7	1,0
- spredt bebyggelse (t P/år)								<0,4	<0,4	<0,3	0,3
- åbent landbidrag (t P/år)											
- basis (t P/år)	0,9	2,3	2,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,3	2,5	<2,5	2,6*
regnvand											0,06
- nedbør								0,01	0,01	0,01	
Samlet fraførsel (t P/år)	4,2	3,9	3,6	4,6	4,8	6,5	3,3	4,1	3,84	3,50	3,11
Tilbageholdt P (t P/år)	5,6	3,8	5,2	3,5	7,7	5,2	6,6	3,1	2,0	1,1	0,8
Tilbageholdt P i %	57	49	59	43	62	44	66	43	35	21	19
Samlet tilførsel (g P/m2 år)	23,3	18,3	21	19	30	28	24	17	14	11	9
Pi (indløbskonc. i µg P/l)		248	267	193	298	279	246	200	153	124	120
Total-fosfor - sommer (1/5-30/9):											
Samlet tilførsel (kg P/dag)								18	12,7	11,5	10,2
Samlet fraførsel (kg P/dag)								10	9,0	10,3	8,5
Tilbageholdt P (kg P/dag)								8,0	3,7	1,2	1,7
Tilbageholdt P i %								44	41	11	17
Samlet tilførsel (mg P/m2/dag)								43	30	27	24
Pi (indløbskonc i µg P/l)								194	146	132	128
Opløst fosfat - år:											
Samlet tilførsel (t P/år)								1,9	1,9	1,4	1,2
Samlet fraførsel (t P/år)								1,3	1,2	0,8	0,7
Pi (indløbskonc. i µg PO4-P/l)								54	44	37	36

* = beregnet som en differens

DE SAMLEDE DATA FOR ØRN SØ

Specifikation / år	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992
VANDBALANCE FOR ØRN SØ											
Samlet tilførsel		33	33	42	42	42	41	36	38,3	37	33
Samlet fraførsel (10*6 m3/år)		33	33	42	42	42	41	34	38,3	35	32
Indsivning/udsivning 10*6 (m3/år)										-2	
Opholdstid:											
- år (dage)								15	16	17	19
- sommer(1/5-30/9 (dage)								18	19	17	21
- max. måned (dage)								22	20	19	24
min. måned (dage)								9	9	15	15
BELASTNING - MASSEBALANCER											
Total-fosfor - år:											
Samlet tilførsel (t P/år)	9,8	7,7	8,8	8,1	12,5	11,7	10	7,2	5,9	4,6	3,9
- spildevand (t P/år) (dambrug)	8,9	5,4	6,4	5,2	9,6	8,8	7,1	>4,5	>2,9	>1,7	1,0
- spredt bebyggelse (t P/år)								<0,4	<0,4	<0,3	0,3
- åbent landbidrag (t P/år)											
- basis (t P/år)	0,9	2,3	2,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,3	2,5	<2,5	2,6*
regnvand											0,06
- nedbør								0,01	0,01	0,01	
Samlet fraførsel (t P/år)	4,2	3,9	3,6	4,6	4,8	6,5	3,3	4,1	3,84	3,50	3,11
Tilbageholdt P (t P/år)	5,6	3,8	5,2	3,5	7,7	5,2	6,6	3,1	2,0	1,1	0,8
Tilbageholdt P i %	57	49	59	43	62	44	66	43	35	21	19
Samlet tilførsel (g P/m2 år)	23,3	18,3	21	19	30	28	24	17	14	11	9
Pi (indløbskonc. i µg P/l)		248	267	193	298	279	246	200	153	124	120
Total-fosfor - sommer (1/5-30/9):											
Samlet tilførsel (kg P/dag)								18	12,7	11,5	10,2
Samlet fraførsel (kg P/dag)								10	9,0	10,3	8,5
Tilbageholdt P (kg P/dag)								8,0	3,7	1,2	1,7
Tilbageholdt P i %								44	41	11	17
Samlet tilførsel (mg P/m2/dag)								43	30	27	24
Pi (indløbskonc i µg P/l)								194	146	132	128
Opløst fosfat - år:											
Samlet tilførsel (t P/år)								1,9	1,9	1,4	1,2
Samlet fraførsel (t P/år)								1,3	1,2	0,8	0,7
Pi (indløbskonc. i µg PO4-P/l)								54	44	37	36

* = beregnet som en differens

BELASTNING - MASSEBALANCER	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992
Total-kvælstof - år:											
Samlet tilførsel (t N/år)	73	52	69			79	81	65	58,1	52,3	48,5
Samlet fraførsel (t N/år)	32	57	73	82	77	68	75	55	55,2	43,5	42,8
Tilbageholdt N (t N/år)	41	-5	-4			11	6	10	4,9	8,8	5,7
Tilbageholdt N i %	56	-10	-6			14	7	15	7	16	13
Samlet tilførsel (g N/m2/år)	174					188			138	125	115
Ni (indløbskonc. i mg/l)		1,6	2,1			1,9	2	1,8	1,5	1,4	1,5
Total-kvælstof sommer (1/5-30/9):											
Samlet tilførsel (kg N/dag)								158	133	151	135
Samlet fraførsel (kg N/dag)								112	115	111	96
Tilbageholdt N (kg N/dag)								46	18	40	39
Tilbageholdt N i %								29	14	26	29
Samlet tilførsel (mg N/m2 dag)								376	317	360	321
Ni (indløbskonc. i mg N/l)								1,7	1,53	1,70	1,72
Jern (Fe) - år:											
Samlet tilførsel (t Fe/år)								67	63	51	44
Samlet fraførsel (t Fe/år)								46	39	32	32
Tilbageholdt Fe (t Fe/år)								21	24	19	12
Tilbageholdt Fe i %								31	41	42	29
Tilbageholdelse g Fe/m2/år								50	57	55	29
Fe_i - gennemsnitlige indløbs-koncentrationer (mg Fe/l)								1,9	1,6	1,6	1,3
VANDKEMI & FYSISKE MÅLINGER I SØVANDET											
SOMMER											
Sigtdybde (1/5-30/9) (m)	0,84		1,05				1,04	1,52	1,56	1,30	1,30
Sigtdybde 50%-fraktilen (m)	0,89		1,06				1,05	1,37	1,36	1,40	1,08
Max. sigtdybde (m)	1		1,3				1,2	2,9	2,50	2,50	2,35
Min. sigtdybde (m)	0,6		0,8				0,8	0,8	0,95	0,80	0,95
Fosfor (1/5-30/9):											
Total fosfor gns. (µg/l)	172	127	119	124	116	192	106	112	98	121	116
Total fosfor 50%-fraktilen	181	118	119	115	119	185	106	114	94	109	114
Total fosfor max. (µg P/l)	222	200	155	180	170	327	121	155	148	200	165
Total fosfor min. (µg P/l)	125	115	80	100	65	88	77	60	65	71	83
Opløst fosfat gns. (µg P/l)	44	10	33	23	28	29	17	24	27	28	14
Opløst fosfat 50%-fraktilen	39	10	28	23	25	17	17	21	25	25	12
Opløst fosfat max. (µg P/l)	78	30	80	35	49	96	25	52	68	69	32
Opløst fosfat min.(µg P/l)	10	0	5	14	15	12	6	9	6	5	4

	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992
Kvælstof (1/5-30/9):											
Total kvælstof gns. (mg N/l)	1,24	1,44	1,9	2,38	1,75	1,59	1,9	1,35	1,46	1,33	1,25
Total kvælstof 50&-fraktilen	1,24	1,46	1,85	2,4	1,82	1,59	1,92	1,39	1,44	1,31	1,25
Total kvælstof max. (mg N/l)	1,42	1,8	2,9	2,7	2	2,11	2,05	1,79	1,98	1,55	1,66
Total kvælstof min. (mg N/l)	1,1	1	1	2,3	1,2	1,15	1,65	1,05	1,09	1,14	1,13
Opløst uorg. N gns. (mg N/l)	0,7	0,3		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,57	0,55	0,47
Klorofyl (ukorr.) gns. (1/5-30/9) :											
Klorofyl (ukorr.) gns. (µg/l)							73	49	47	57	56
Klorofyl (ukorr.) 50%-fraktilen (µg/l)							62	32	43	52	51
Klorofyl (ukorr.) max. (µg/l)							125	114	82	130	120
Klorofyl (ukorr.) min.(µg/l)							37	0,5	11	4	13
Øvrige variable (1/5-30/9):											
Opløst fosfat (µg P/l)	54	25	38	34	39	35	30	31	34	31	14
Total kvælstof (mg N/l)	1,34	1,83	2,26	1,98	1,83	1,63	1,87	1,5	1,48	1,34	
nitrat+nitrit-kvælstof (mg N/l)	0,42	0,56	0,43	0,62	0,63	0,57	0,57	0,61	0,55	0,51	0,39
Ammonium-kvælstof (mg N/l)	0,52	0,23	0,24	0,24	0,36	0,42	0,36	0,31	0,27	0,20	0,08
pH		8,1	7,7	7,5	7,6	7,5	7,7	7,8	7,90	7,90	8,1
Total alkalinitet (meq/l)								0,9	0,87	0,85	0,83
Opløst silicium (mg Si/l)	6,2		5,7	5,8	5,4	6,3	6,4	6,2	6,8	5,8	3,7
Part. COD (mg O2/l)			3,97	4,62	7,9	4,4	4,7	5,2	4,9	5,5	7,3
Susp TS mg/l									6,5	9,4	12
Susp GT mg/l									4,2	4,8	6,3

FYTOPLANKTON

Prøvetagning
De kvantitative fytoplanktonprøver er udtaget på en station, som er placeret på det dybeste sted i søen. Prøverne er udtaget med vandhenter, og af blandingsprøven fra 0,2, 1 og 2 m er der udtaget 250 ml, som er fikseret i sur lugol's opløsning.

Derudover er der udtaget netprøver til kvalitativ bestemmelse af ikke så hyppigt forekommende slægter/arter. Prøven er udtaget med plankton-net med en maskevidde på 20 μm, hvorefter den er fikseret med sur lugol's opløsning.

I øvrigt henvises til overvågningsprogrammets tekniske anvisning: "Miljøprojekt nr. 187. Planteplanktonmetoder, 1991".

Bearbejdning af prøver
Den kvantitative oparbejdning af fytoplanktonprøverne er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi ved anvendelse af Uthermöhls sedimentationsteknik (Uthermöhl, 1958). Der er anvendt sedimentationskamre med en volumen på 10 ml.

For hver prøvetagningsdag er der ud fra net- og vandprøverne udarbejdet en artsliste med samtlige fundne slægter og arter.

Det er tilstræbt at tælle mindst 100 individer/kolonier af de hyppigst forekommende arter i hver prøve. Et tælletal på ca. 100 medfører en usikkerhed på ca. 20%.

Volumen af de kvantitativt dominerende arter er bestemt ved opmåling af de lineære dimensioner af 10-15 celler og en efterfølgende tilnærmelse af cellens form til simple geometriske figurer (Edler, 1979).

For kiselalger er der for data fra 1989 ved omregning fra vådvægt til kulstof, altid kalkuleret med en vakuole størrelse i cellen på 75%. Med data fra 1990 og 1991 er der ved denne omregning kalkuleret med en plasmatykkelse i cellen på 1 μm. Efterfølgende omregning til kulstof er fortaget ved hjælp af formlen:

$$PV=CV-(0,9*VV)$$

hvor PV = det modificerede plasmavolumen, CV = det totale cellevolumen og VV = vakuolens volumen.

Med data fra 1992 er beregningen af kulstofindhold i kiselalger ændret til ikke længere at tage hensyn til en vakuole med et lavere kulstofindhold.

Ifølge ovennævnte retningslinier er det endvidere antaget, at kulstof udgør følgende procentdele af organismernes plasmavolumen: Thekate furealger: 13%, øvrige algegrupper: 11%.

De vigtigste slægter og arter er optalt særskilt. Flagellater tilhørende slægten Cryptomonas, flagellater der ikke kunne artsbestemmes i de lugolfikserede prøver, celler der var for fåtallige til at blive optalt særskilt samt celler, som ikke kunne identificeres, er samlet i passende størrelsesgrupper. Volumenet af disse grupper er således påført en større usikkerhed end de øvrige volumenberegninger.

Prøverne er oparbejdet af cand.scient. Helle Jensen.

Registreringer, beregninger og rapportering er foretaget ved hjælp af planktondatabehandlingsprogrammet ALGESYS.

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

ZOOPLANKTON

Prøvetagning
Prøverne er indsamlet med 5 liter hjerteklap vandhenter med KC-maskiners ekstra sikring af klapperne. På hver af de tre stationer er der taget prøver i 0,5+2+4+6 m. Fra hver blandingsprøve er der udtaget hhv. 2 liter til filtrering gennem 90 μm net og 0,5 liter til sedimentation. Alle tre stationer er endeligt puljet således, at den filtrerede prøve indeholder 6 liter og den sedimenterede prøve 1,5 liter. Begge prøver er konserveret med sur Lugol's opløsning og opbevaret i mørke flasker.

Bearbejdning
Den kvantitative oparbejdning af prøverne er foretaget i omvendt mikroskop. I de fleste tilfælde er identifikation af dyrene også foretaget i dette.

Oparbejdningen af den sedimenterede og den filtrerede prøve er så vidt muligt sket i overensstemmelse med overvågningsprogrammets vejledning "Zooplanktonundersøgelser i søer; Metoder", som der derfor henvises til for detaljeret beskrivelse af metodik.

Zooplanktonets biomasse er beregnet efter længde/vægt relationer og længde/volumen relationer (McCauley, 1984). Biomassen er opgivet i mm^3/l. Beregningerne er for alle grupper foretaget som et gennemsnit af de individuelle biomasseværdier. Gennemsnit og standardafvigelser af de målte længder og tilhørende biomasser er angivet i særskilt bilag.

Bestemmelse og optælling er foretaget af Bio/consult / cand. scient. Viggo Mahler.

Registreringer, bearbejdning og rapportering er foretaget ved hjælp af planktondatabehandlingsprogrammet ALGESYS.

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.