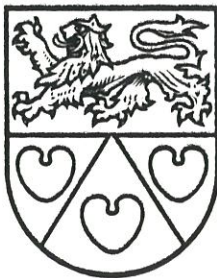
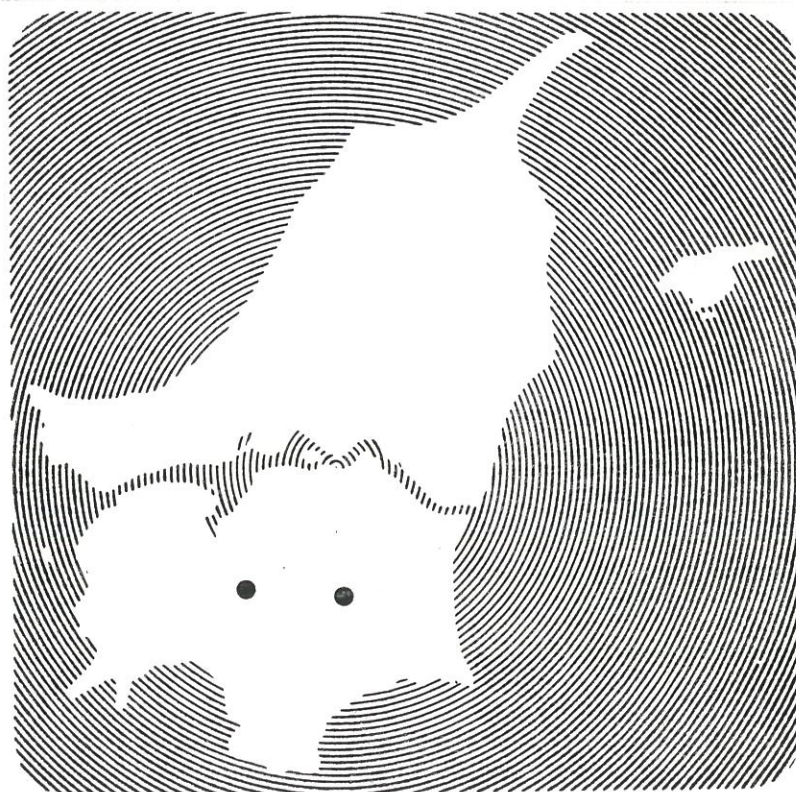


Nordjyllands Amt



VANDMILJØ  
overvågning

Søer 1993



## INDHOLD

0. Resume	1
1. Indledning	2
2. Metoder	3
2.1. Stationsnet i søerne	3
2.2. Feltmålinger	3
2.3. Prøveudtagning	3
2.4. Vegetationsundersøgelser	4
2.5. Beregninger vedr. vandkemi	5
2.6. Behandling af biologiske prøver	5
2.7. Vandbalance og belastning	5
3. Madum sø	7
3.1. Historie	7
3.2. Vand- og stofbalance	8
3.3. Vandkemiske og fysiske undersøgelser	10
3.4. Sedimentkemi	23
3.5. Biologiske undersøgelser	23
3.6. Samlet vurdering	28
4. Hornum sø	31
4.1. Historie	31
4.2. Vand- og stofbalance	31
4.3. Vandkemiske og fysiske undersøgelser	34
4.4. Sedimentkemi	46
4.5. Biologiske undersøgelser	47
4.6. Samlet vurdering	51
5. Referencer	53

## **BILAG:**

1. Morfometriske data, Madum Sø.
2. Kort over Madum Sø's opland.
3. Arealanvendelse i Madum Sø's opland.
4. Zooplankton, Madum Sø.
5. Artsliste, vegetation Madum Sø + kort.
6. Vandbalance for Madum Sø.
7. Vandkemi og biologi, Madum Sø.
8. Morfometriske data, Hornum Sø.
9. Oplandskort, Hornum Sø.
10. Arealanvendelse i Hornum Sø's opland.
11. Zooplankton Hornum Sø.
12. Vegetation, Hornum Sø + kort.
13. Vandbalance, Hornum Sø.
14. Vandkemi og biologi, Hornum Sø.

## **Særskilte bilag:**

15. Fytoplankton, Madum Sø.
16. Fytoplankton, Hornum Sø.

## RESUME

Nordjyllands Amt har siden 1989 ført et intensivt tilsyn med tilstanden i Madum sø og Hornum sø som led i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Formålet er dels at eftervise de ændringer der sker som følge af vandmiljøplanens tiltag, dels at følge den generelle udvikling i søerne. I 1993 har tilsynet omfattet 17 prøvetagningsrunder, hvor der i felten er udført en række målinger, blandt andet af sigtddybden. Samtidig er der udtaget prøver til kemisk analyse af en række stoffer, herunder kvælstof og fosfor, og der er udtaget prøver til bestemmelse af mængden og artssammensætningen af plante og dyreplankton.

Desuden er der i august måned foretaget en kortlægning af undervandsplanternes udbredelse i de to søer.

De kemiske analyser af søvandet karakteriserer begge søer som næringsfattige og svagt sure. Det skyldes blandt andet, at ingen af søerne har direkte, overjordiske tilløb. Søernes vandtilførsel sker via grundvand med et lavt indhold af næringssalte.

Søernes plante- og dyreplankton er derfor sparsomt og biomassen er lille. Som følge heraf er vandets gennemsigtighed, udtrykt som sigtddybden, stor, i længere perioder til bunden af søerne.

Sammenligninger med tidligere år viser, at tilstanden i Madum sø afhænger af det naturlige samspil mellem planteplankton, dyreplankton og fisk. I år hvor der forekommer meget fiskeyngel, som æder dyreplanktonet, har planteplankton gode vækstbetingelser i sommerperioden, og vandets gennemsigtighed formindskes. I andre år kan dyreplanktonet kontrollere planteplanktons vækst.

Søens fiskebestand er undersøgt i 1991. Den består overvejende af aborre, samt helt og gedde. Undervandsplanterne er især grundskudsplanter, lobelie, sortgrøn brasenføde og strandbo, som dominerer på vanddybder indtil 2 meter. På større dybder findes kildemos.

Madum sø vurderes at være i en stabil tilstand, hvor variationerne i tilstanden fra år til år skyldes naturlige, biologiske udsving. Søens målsætning som naturvidenskabeligt referenceområde er opfyldt.

I Hornum sø er tilstanden forbedret i perioden fra 1989 til 1993. Sigtddybden i sommerperioden er øget, og der optræder ikke længere vandblomst af blågrønalger. Det hænger sammen med et aftagende indhold af næringssaltene kvælstof og fosfor i søvandet.

Samspillet mellem planteplankton, dyreplankton og fiskeyngel fører ikke til store udsving fra år til år i Hornum sø. Det kan hænge sammen med, at mængden af fisk i søen er relativt mindre end i Madum sø. Den vigtigste fiskeart i Hornum sø er aborre. Desuden forekommer gedde og meget små bestande af ål og skalle. Også plantevæksten har store ligheder med Madum sø. De dominerende arter indtil 2,5 meters dybde er lobelie, strandbo, sortgrøn brasenføde og kildemos.

Søens målsætning som sø med naturligt og alsidigt plante- og dyreliv og sø der er egnet som badevand er opfyldt i 1993.

## 1. INDLEDNING

Folketinget vedtog den 31. januar 1987 "Handlingsplanen mod forureningen af det danske vandmiljø med næringssalte" (Vandmiljøplanen), der som hovedmål har en reduktion af den samlede kvælstofudledning med 50% og en reduktion af fosforudledningen med 80% inden 1993. Som led i planen blev der opstillet et overvågningsprogram for grundvandsressourcerne, de ferske vandområder, de kystnære og åbne vandområder samt nedbøren og dens kvalitet. Overvågningsprogrammets formål er dels at eftervise virkningen i vandmiljøet af de gennemførte tiltag, dels at dokumentere udviklingen i vandmiljøets tilstand generelt.

Denne rapport opsummerer resultaterne for perioden 1989 – 1993 for overvågningsprogrammet for Madum sø og Hornum sø i Nordjyllands Amt. Hovedvægten er lagt på:

- belastningen af søerne med næringssalte,
- vandkemiske og -fysiske parametre,
- fyto- og zooplankton,
- undervandsvegetationen og
- fiskebestande.

Søernes morfometri, opland, f.eks. størrelse og arealanvendelse, m.v. er nærmere beskrevet i bilag 1–3 og 8–10, se iøvrigt Nordjyllands amt 1990.

Madum sø er privatejet og tilhører Lindenberg Gods og Villestrup Gods i fællesskab. begge har velvilligt tilladt aktiviteterne på søen i forbindelse overvågningsprogrammet.

## 2. Metoder

Prøvetagningsprogrammet for 1993 har for begge søer omfattet i alt 17 prøvetagninger med "stratificeret" prøvetagningsfrekvens, der omfatter månedlige prøvetagninger i perioden 1/10 – 31/3 og prøvetagning med 14 dages interval i perioden 1/4 – 30/9. Perioden, hvor søernes dynamik formodes at være størst, undersøges således med den største intensitet. De overordnede principper for programmet er beskrevet i Miljøstyrelsens redegørelse 2/1993. (Miljøstyrelsen 1993).

### 2.1. Stationsnet i søerne

I hver sø er der udlagt i alt fire stationer; en hovedstation (H) på søens dybeste punkt, hvor der udføres feltmålinger og udtages prøver til laboratorieanalyse og bestemmelse af phytoplanktons artssammensætning og volumen. Desuden tre stationer A, B og C, hvor udtagning af prøver til bestemmelse af zooplanktons artssammensætning og biomasse er foretaget i Madum sø på 5 m dybde, i Hornum sø på 2 m dybde. Stationernes placering er fastlagt efter retningslinierne i DMU's tekniske anvisning for prøvetagning (Kristensen et. al. 1990). I Madum sø på 5 m dybde, i Hornum sø på 2 m dybde. Stationernes placering i de to søer er angivet på kort, bilag 2 og 9.

### 2.2. Feltmålinger

Ved hver prøvetagning er følgende registreret:

- Meteorologiske forhold (lufttemperatur, skydække, vindstyrke og -retning samt nedbør).
- Vandstand (på skala indnivelleret i forhold til Dansk Normal Nul (DNN))
- Sigtdybde på hovedstationen og de tre zooplanktonstationer (målt med secchi-skive)
- Profilmålinger af vandtemperatur
- Den aktuelle dybde på hovedstation og zooplanktonstationer (målt med ekkolod)

Hvor temperaturprofilerne antyder lagdeling er der tillige foretaget profilmålinger af iltkoncentration, og pH.

### 2.3. Prøveudtagning (vandkemi og biologi)

Vandprøver er udtaget med en hjerteklapvandhenter med et volumen på 3 l. Der er udtaget delprøver, som er puljet. I Madum sø er der udtaget delprøver i 0.2, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 m dybde og i Hornum sø i 0.2, 1.0, 2.0 m dybde.

Delprøverne er blandet og herfra er udtaget en prøve (0,4 l) som er konserveret med en sur lugol opløsning til bestemmelse af phytoplanktons artssammensætning, antal og volumen. Desuden er udtaget en prøve (5 l) til laboratorieanalyse (Hygiejnisk forvaltning Aalborg). Der er analyseret for følgende parametre:

	ufiltreret	filtreret
pH ved 25 °C	X	
Totalalkalinitet (-aciditet)	X	
Ammonium-kvælstof		X
Nitrit+nitrat-kvælstof		X
Totalkvælstof	X	
Opløst fosfat-fosfor		X
Totalfosfor	X	
Silikat - silicium		X
Suspenderet stof	X	
Glødetab af suspenderet stof	X	
COD partikulært	X	
Klorofyl-a	X	

Som supplement til de kvantitative prøver til phytoplankton- og zooplanktonundersøgelser er der på hovedstationen endvidere foretaget horisontale og vertikale træk med planktonnet (maskediameter 20 $\mu$  og 140 $\mu$ ) til artsbestemmelse af ikke så hyppigt forekommende arter.

På zooplanktonstationerne A, B og C er der ligeledes udtaget delprøver med hjerteklapvandhenteren fra 0,5 m's dybde ned til max. 0,5 m over bunden med 1 m's interval. Delprøverne fra alle tre stationer er puljet. Fra den puljede prøve er der udtaget en prøvemængde (0,9 l i Hornum sø og 1,8 l i Madum sø) til sedimentation, hvor det mindste zooplankton (hjuldyr og ciliater) kvantificeres, samt en prøvemængde (4,5 l i Hornum sø og 9 l i Madum sø) som er filtreret på 90 $\mu$ m net. Filtratet er herefter overført til en 100 ml glasflaske, og anvendes til kvantificering af chladoceer og copepoder. Begge prøvetyper indhold er konserveret med lugol.

## 2.4 Vegetationsundersøgelser

I begge søer er der i august 1993 udført vegetationsundersøgelser efter teknisk anvisning no. 6, DMU 1993 (Moeslund et. al. 1993). Madum sø er i forbindelse med undersøgelserne inddelt i 30 delområder mens Hornum sø er inddelt i 12 delområder, se bilag 5 og 12. Registreringerne i Madum sø er udført fra 19. - 27. aug. 1993, og i Hornum sø fra 9. - 13. august. Data vedr. vegetationsundersøgelserne er tidligere rapporteret til DMU.

## 2.5. Beregninger vedr. vandkemi.

Der beregnet tidsvægtede gennemsnit for alle fysiske og kemiske analyseparametre. Herved korrigeres værdierne for forskellene i prøveintervallerne i den stratificerede prøvetagning. Det tidsvægtede gennemsnit beregnes som:

$$\text{hvor} \quad \frac{\text{sum}((T_j - T_{(j-1)}) * (X_j + X_{(j-1)}))/2}{\text{ant.dage}},$$

$T_j - T_{(j-1)}$  = antal dage mellem to prøvetagninger  
 $X_j, X_{(j-1)}$  = koncentrationen af X på de to prøvetagningsdatoer  
 Antal dage = i midlingsperioden, år, sommer eller vinter

## 2.6. Behandling og beregninger af biologiske prøver.

Artsbestemmelse og kvantificering af zooplankton er udført på et omvendt mikroskop i Miljøkontorets eget laboratorie efter retningslinjerne i Miljøprojekt nr. 205 (Hansen et al. 1992). Data er oplagret og behandlet i "Algesys", Bio/consult 1992. Zooplankton græsningsrater er beregnet med korrektion for fytoplanktonbiomasse.

Phytoplankton er oparbejdet af Bio/consult, metodikken er beskrevet i bilag 15 og 16.

## 2.7. Vandbalance og belastningsforhold.

Madum og Hornum sø er beliggende i et morænelandskab fra sidste istid. Nordøst for Madum sø og nordvest for Hornum sø er en randmoræne, der indikerer at isen har gjort hold i en linie, der strækker sig fra Hornum sø til NØ for Madum sø. Isen har afsat en smeltevandsslette mod sydvest.

Ud fra geologiske borer ses en direkte kontakt mellem smeltevandssand og den underliggende kalk. Stedvis er kalken og smeltevandssandet adskilt af et lerlag.

Madum sø er beliggende øverst i Lindenberg å-system. Den indgår i et kompleks af grundvands-oplande, der omfatter oplande til Korvads bæk, Ravnkilde, Villestrup å og lille Blåkilde. Søen har ikke noget permanent til- eller afløb. Temporært afløb sker gennem Asp bæk i søens nordlige ende ved vandstande > 37,00 meter over DNN. Sådanne vandstande er ikke registreret i perioden 1989-93.

Hornum sø er beliggende i oplandet til Kærs Mølle-å-systemet. Søen har hverken til- eller afløb. Et tidligere afløb "en grøft" er nu blokeret og hermed uvirksom.

Der foreligger ikke geologiske og hydrogeologiske undersøgelser for søerne og deres opland. Derfor er det ikke muligt at opstille et detaljeret vand- og stofbalance regnskab for søerne. Det betyder at paradigmaet for stof- og vandbalance ikke kan følges ved afrapporteringen.



I lighed med tidligere år, er der foretaget et estimat over søernes vandbalance under følgende forudsætninger.

- 1) Den arealspecifikke afstrømning for søens opland sættes lig med den arealspecifikke afstrømning for nærmeste sammenlignelige opland, der indgår i overvågningsprogrammet for vandløb og kilder.
- 2) Fordampning = Nedbør
- 3) Udsivning = Indsivning
- 4) Næringsstofkoncentrationerne i det udsivende vand = koncentrationerne af de opløste uorganiske fraktioner i søvandet.
- 5) Søens vandstand er konstant fra år til år.

Estimaterne over søernes vandbalance ligger til grund for den del af massebalancen som omfatter arealbidraget. Samtidig er der i beregningerne taget højde for forskelle m.h.t. oplandsareal og omfanget af spredt bebyggelse i søernes opland og de sammenlignelige oplande. Belastningen af søerne omfatter derfor estimater over bidrag fra luften (deposition direkte på søen) og det estimerede arealbidrag inklusive bidrag fra spredt bebyggelse.

Næringsstofdeposition via luften er ud fra Hovmand et. al. (1993) fastsat til:

Fosfor: 0,12 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>  
 Kvælstof: 10,00 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>

Belastningen fra spredt bebyggelse beregnes som:

$$\text{Antallet af huse i oplandet} \cdot 3 \text{ PE} \cdot 50 \% \text{ reduktion} \cdot 1,31 \text{ kg} \frac{\text{P}}{\text{PE}} \text{ år}$$

$$\text{Antallet af huse i oplandet} \cdot 3 \text{ PE} \cdot 50 \% \text{ reduktion} \cdot 4,0 \text{ kg} \frac{\text{N}}{\text{PE}} \text{ år}$$

Som supplement til ovenstående er der opstillet en vandbalance på måned og årsbasis baseret på en simpel vandbalance model, hvor nedbør, fordampning og registreret vandstandsændring indgår.

Der antages;

- at være et frit grundvandsmagasin, der står i direkte kontakt til søerne.
- at det topografiske opland er lig grundvandsoplandet.
- at søvandsspejlet er et udtryk for grundvandsspejlet.
- at en vandstandssænkning i søen er lig en grundvandssænkning i oplandet.
- at reservoiret har samme størrelse ved årets begyndelse og slutning.

Vandbalance ligningen har formen:

$$\Delta H - (N - F) \pm A_u = 0 ,$$

Hvor  $\Delta H$  = vandspejlsændringen  $N$  = nedbør,  $F$  = fordampning og  $A_u$  = afstrømning under jorden

### 3. Madum sø

#### 3.1 Historie.

Madum sø ligger sydøst for Skørping og grænser op til Rold Skov. Søen er formentlig opstået som et dødishul i det bakkede landskab. Madum sø er omgivet af skov. Nærmest søen findes et bælte af løvskov og bagved nåleskov. Søen er beliggende øverst i Lindenberg å-systemet og er uden egentlige tilløb, men der er et temporært afløb i søens nordøstlige ende, som står i forbindelse med Lindenberg å.

Madum sø er beskrevet i Gjerdings egnhistorie for Hellum Herred. Der refereres her en præsteindberetning fra år 1780, hvorefter søen rummer "en hoben fiske, overvejende Gedde, Aborre og Helt" (Gjerding 1890). Søen har i dette århundrede været genstand for en række videnskabelige undersøgelser. Disse er sammenfattet i Rebsdorf og Nygaard (1991): "Danske sure og forsuringstruede søer". Heri konkluderes, at: "Ud fra de igennem de sidste 50–60 år udførte pH-målinger kan der ikke påvises nogen forsuring. Tværtimod ser pH ud til at være steget fra 1920–40'erne til tiden efter 1967, men om det er en artefakt på grund af overgang fra farveindikatorer til elektrometriske pH-bestemmelser, kan ikke afgøres". Sode og Wiberg-Larsen (1993) beskriver forekomsten af en række vårfluellarver, som er karakteristiske for kalkfattige, sure søer.

Madum sø og omgivende arealer er fredede i medfør af Overfredningsnævnets kendelse af 15. september 1986 (for dele af området en videreførelse af fredningsbestemmelser fra 1974). Kendelsen omfatter bl.a. forbud mod

- brug af gødning, ukruds- og insektmidler udenfor mark- og haveområder.
- tilledning af spildevand til søen.
- etablering af nye tilløb for overflade- eller drænvand.

Der har omkring 1967 været udledning af spildevand fra en feriekoloni ved søens NØ-side, hvilket gav anledning til "lokal forurening". Der foreligger ikke kvantitative oplysninger vedr. dette.

Nordjyllands amt har i 1980 gennemført en "søkartering" af Madum sø (Larsen et. al. 1980). Heri beskrives søens vegetationsbælter udfra én transekt. Resultatet viser at zonen med grundskudsplanter fandtes til 1–2 m dybde, mos til ca. 5 m's dybde, mens områder under 5 m var vegetationsløse.

Madum sø er i Nordjyllands amts recipientkvalitetsplan, 1991, målsat som A1 (naturvidenskabeligt referenceområde) og A2 (badevand) med en baggrundstilstand: "Næringsfattig, klarvandet, sur, lobelia sø". Målsætningens krav til sommersigt dybde er større end 3 meter.

### 3.2 Vand- og stofbalance.

Stoftilførslen for kvælstof og fosfor er opgjort under forudsætning af værdier for specifik afstrømning og koncentrationsniveauer i indsvivende vand, svarende til Lille Blåkilde. Resultaterne fremgår af tabel 3.1.

**Fosfortilførslen** til Madum sø stammer fra spredt bebyggelse og luftbidraget, mens basisbidraget med den anvendte beregningsmåde er negativt (tab. 3.1.). Fosfortilførslen svarer til en arealspecifik belastning på  $0,024 \text{ g P m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ , hvilket er lavt, ca. 1,6% af medianen for overvågningssøerne i 1992.

De væsentligste kilder til **kvælstof** for søen er bidraget fra det åbne land og depositionen fra luften (70% og 29% henhv.), mens bidraget fra den spredte bebyggelse er ubetydeligt. Regnes der på den totale belastning fås således en arealspecifik belastning af søen på  $3,5 \text{ g m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ , svarende til ca. 3% af medianbelastningen af overvågningssøerne 1992.

Vurderingen af Madum sø's belastningsforhold er behæftet med en stor usikkerhed p.g.a. de forenkede antagelser, vandbalancen og belastningen er opgjort under. Det er derfor valgt ikke at beregne fraførslen af stof fra søen. Vandbalancen bør beskrives nærmere i form af en hydrologisk model.

Følgende data fra 1993 fra Lille Blåkilde er anvendt;

Oplandsareal:	1180	ha
Middel vandføring:	77,4	l/s
Middel koncentration for Total kvælstof:	2,231	mg N l <sup>-1</sup>
Middel koncentration for Total fosfor:	0,0085	mg P l <sup>-1</sup>
Spredt Bebyggelse:	12 huse	
	2 gårde	

Basiskoncentrationen for oplandet til Lille Blåkilde kan herefter beregnes til :

$$\frac{\text{Bidrag fra det åbne land} - \text{Bidraget fra spredt bebyggelse} \text{ | år}}{\text{Vandføring} \text{ | år}}$$

d.v.s.

$$\text{Total kvælstof} = \frac{4735 \text{ kg} - 84 \text{ kg}}{2,441 \cdot 10^6 \text{ m}^3} = 1,905 \text{ mg N l}^{-1}$$

$$\text{Total fosfor} = \frac{20,7 \text{ kg} - 27,5 \text{ kg}}{2,441 \cdot 10^6 \text{ m}^3} \approx - 0,003 \text{ mg P l}^{-1}$$

For oplandet til Lille Blåkilde beregnes en arealspecifik afstrømning på :

$$77,4/1180 = 0,07 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$$

Indsivningen til Madum sø beregnes til:  $1109 \cdot 0,07 = 72,74 \text{ l s}^{-1}$

Den specifikke indstrømning er:  $72,74/11,09 = 6,56 \text{ l s}^{-1} \text{ pr.km}^2$

Indsivningen på  $72,74 \text{ l s}^{-1}$  betyder for Madum sø en årlig vandtilførsel på  $2,294 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Udsivningen er forudsat svarende til indsivning således at nedbør er lig fordampning og magasinændringen er nul. Opholdstiden for søen kan beregnes til 2,7 år.

	N		P	
	tons N/år	%	kg P/år	%
Basisbidrag	5,0	70	(-6,3)	-
Spredt bebyggelse	0,1	1	25,5	50
Luftbidrag	2,1	29	25,4	50
Total tilførsel	7,4	100	51	100

Tabel 3.1 Belastningsopgørelse for Madum sø.

Specielt giver denne opgørelsesmetode tilsyneladende urealistiske værdier for så vidt angår P-tilførslen. Dette er en konsekvens af usikkerheden på beregningen af bidraget på spredt bebyggelse i L. Blåkildes opland, og dermed størrelsen af basiskoncentrationen.

Der er opstillet en vandbalance, baseret på nedbør, fordampning og registreret vandstandsændring i søen. Den potentielle fordampning, EP og nedbøren, N er taget for landovervågningsopland nr. 1 Oddebæk.

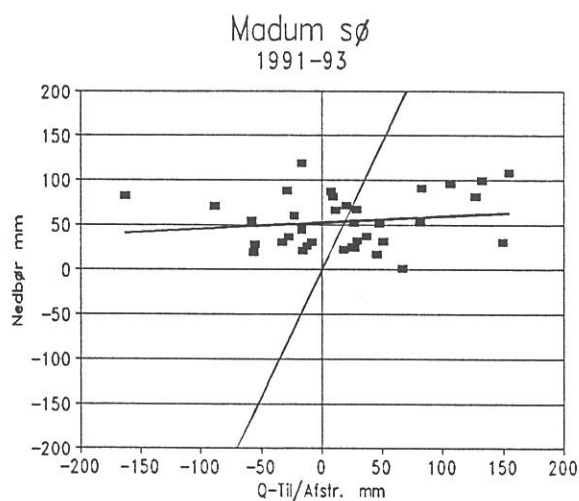
Vandbalance beregningerne er netto værdier for til-/afstrømning til søerne. Balancen er opgjort pr. måned og år, se bilag 6.

Balancen viser, at søvandspejlet er lavest i sensommeren og højest i foråret, hvilket stemmer godt overens med den vandspejlsændring, der kan forventes for et grundvandsmagasin.

Der er en netto afstrømning fra søen i perioden 1991-93, hvilket stemmer overens med det faldende grundvandsspejl. Balancen for Madum sø i 1993 på 145 mm svarer til en nettoudsivning på 51 l/s.

### Søernes afhængighed af nedbør/grundvand

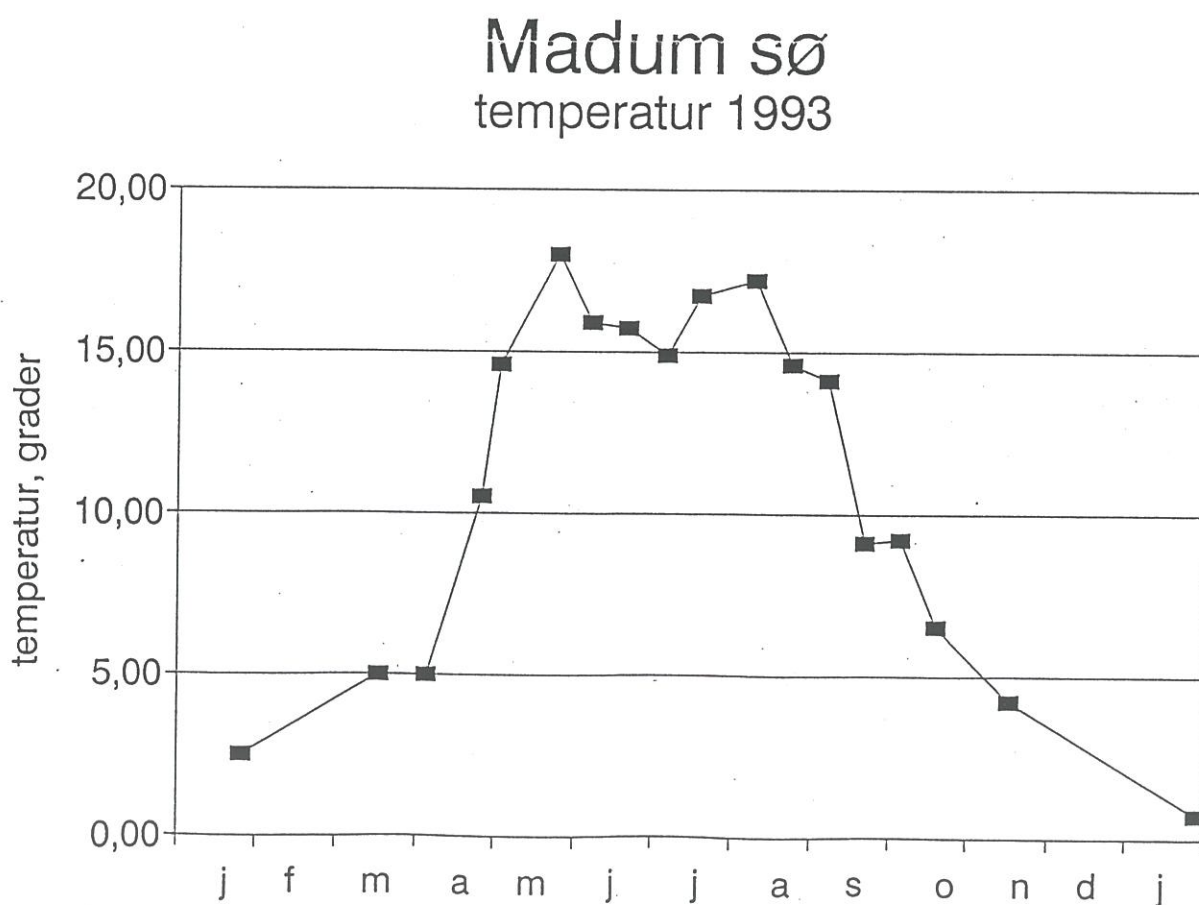
Figur 3.1 viser en sammenstilling af vandspejlsændringer og nettonedbøren. Anvendelsen af sådanne diagrammer er beskrevet af Lyshede (1955). Formålet er at afgøre, i hvor høj grad vandspejlsændringerne kan forklares ud fra tilførslen via nedbøren. De rette linier er resultatet af en linær regression af Q-til/fra mod nedbøren og af nedbøren mod Q-til/fra. Jo mere parallelt de to regressions linier ligger, jo større er afhængigheden mellem Q til/fra og nedbøren.



**Fig. 3.1** Sammenhæng mellem nedbør og Q-til/fra for Madum sø.

Ud fra denne sammenstilling vurderes Madum sø at være nær uafhængig af nedbøren. Søen må derfor siges at være overvejende grundvandspåvirket. Vandstanden i Madum sø er faldende. Søen har ikke haft så lave vandstande siden 1980. Det betyder, at der netto er en større udsvivning end indsvivning til søen.

### 3.3. Vandkemiske og fysiske undersøgelser



**Figur 3.2.** Overfladevandets temperatur i Madum sø, 1993.

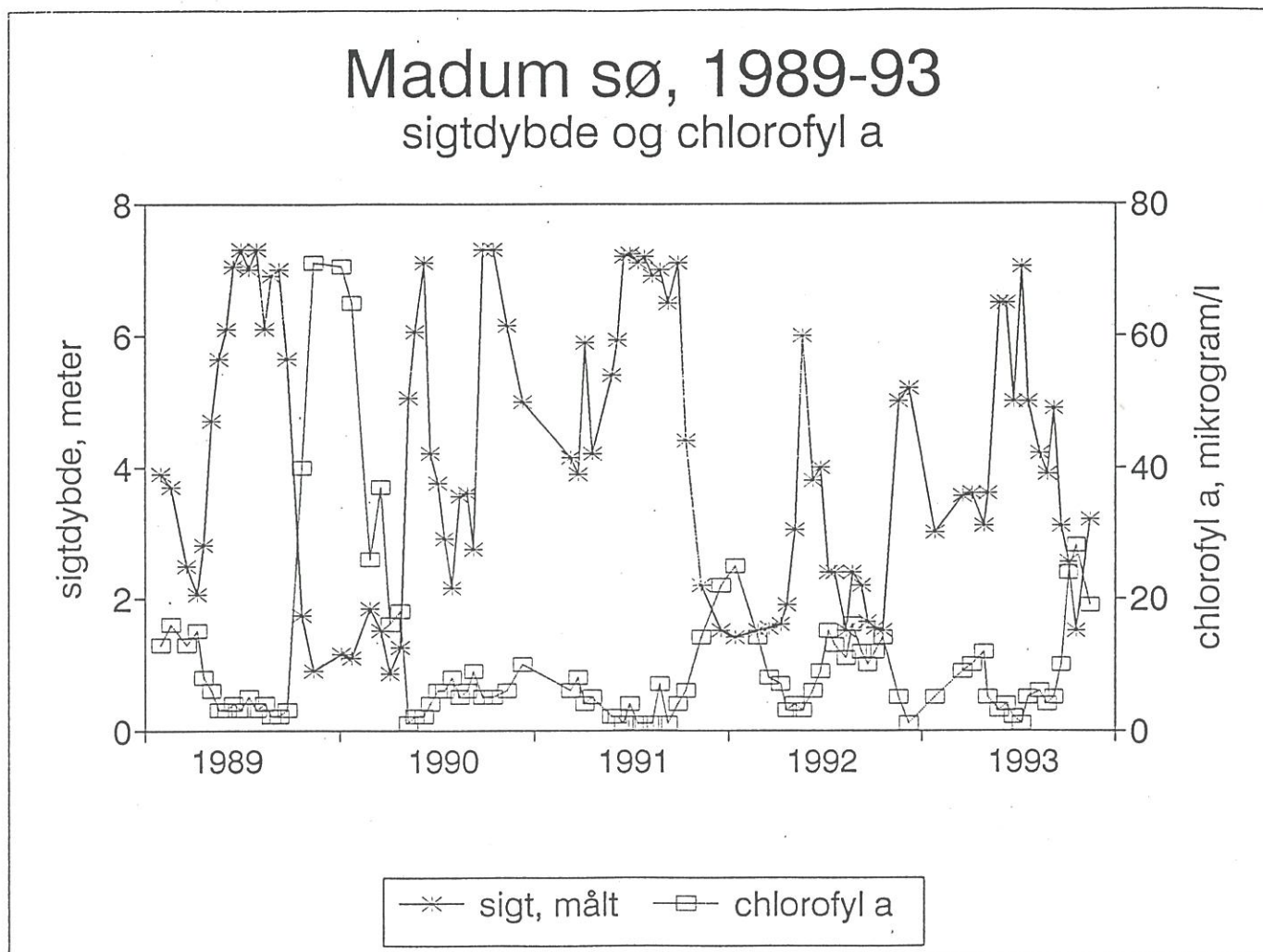
Der er i 1993 som hovedregel ikke registreret stabile forskelle i temperatur, iltindhold og pH mellem overflade- og bundvand i Madum sø. En undtagelse er dog den 3. maj, hvor der mellem 4,5 og 6 m registreredes en temperaturforskel på 3 grader C.

Opvarmningen af søen forløb i 1993 meget hurtigt gennem april og 1. halvdel af maj og maksimumtemperaturen blev registreret medio maj (fig. 3.2).

En oversigt over de vandkemiske forhold i Madum sø (sommergennemsnit og gennemsnit for vinteren 92/93) er givet i bilag 7.

## Sigtdybde og klorofyl a

Sigtdybden i Madum sø (figur 3.3) udviser en betydelig variation over året og fra år til år. Der registreres typisk en forholdsvis lav sigtdybde (1 – 3m) i vinterperioderne.



Figur 3.3. Seccidybde samt koncentrationen af chlorofyl a i blandingsprøver fra hele vandsøjlen. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

Sommer middelsigtdybden var i 1993 4,97 m. Dette svarer til niveauet i 1990 og 1991, og var væsentlig større end i 1992 hvor den var 2,74, se bilag 7.

Sigt dybden i 1993 fulgte det samme forløb som for årene 1989 til 1991 til et maksimum på 7,05 m. Dette forløb afviger fra situationen i 1992, hvor sigt dybden var konstant lav gennem hele året.

Årsagen til de markante udsving fra år til år er, at phytoplankton biomasse (målt som chl. a) og dermed sigt dybden i høj grad kontrolleres af zooplanktons græsningstryk (se iøvrigt afsn. 3.5).

Sigt dybden ses at forholde sig omvendt til klorofyl-a indholdet (se fig. 3.3), dvs. ved høje klorofyl-a koncentrationer iagttages små sigt dybder og omvendt.

Forløbet i sigt dybden over året er som nævnt i tidligere års rapporter ret usædvanlig, idet den forholder sig diametralt modsat til forløbet i de fleste søer, hvor den laveste sigt dybde ofte registreres i løbet af sommerperioden og den højeste sigt dybde om vinteren.

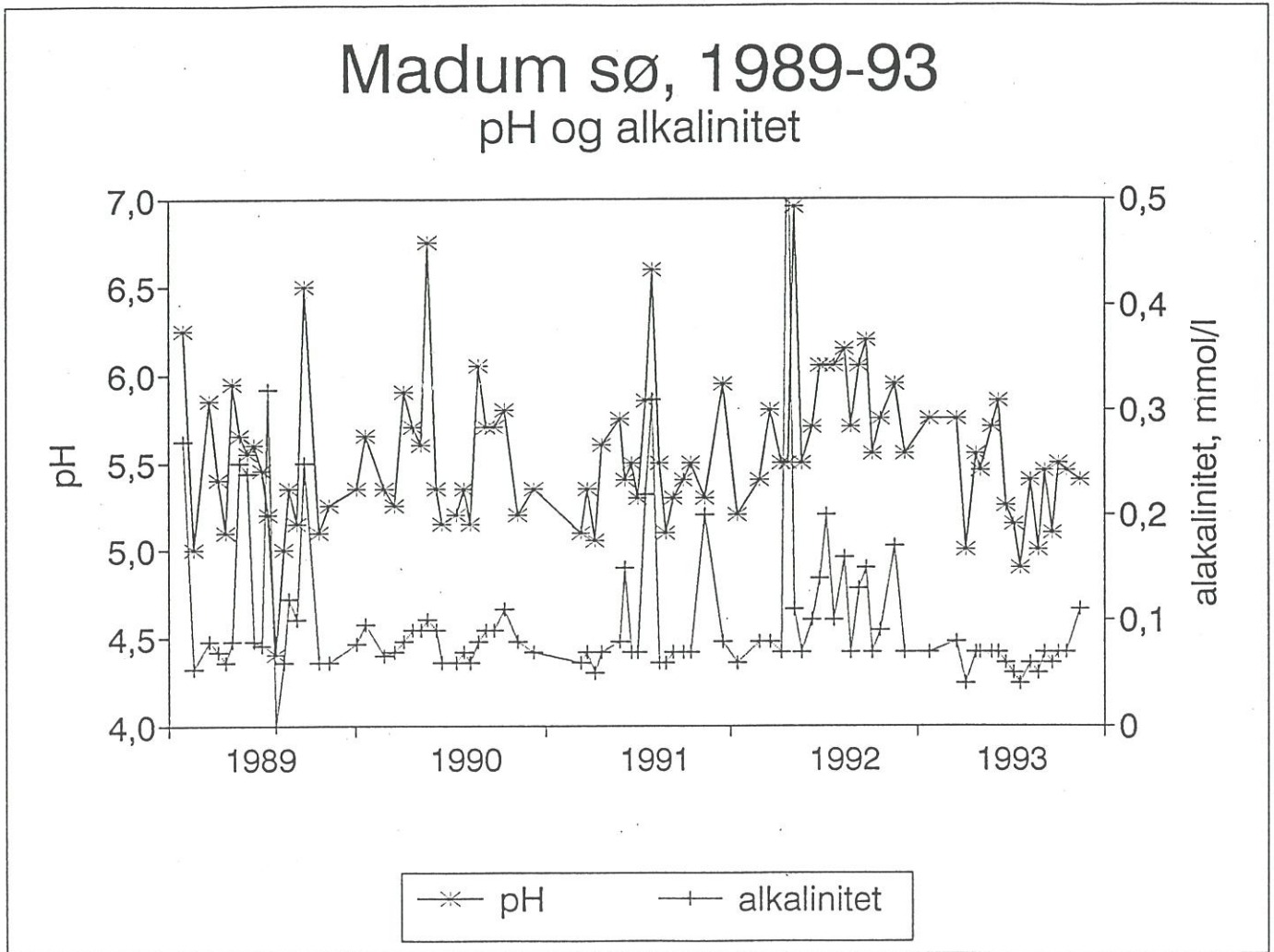
### **pH og alkalinitet**

Madum sø er en sur sø med en forholdsvis lav pH værdi året igennem (figur 3.4). Samtidig er dens bufferkapacitet overfor yderligere forsuring meget lav, da alkaliniteten er lille. Det gør Madum sø meget følsom overfor tilførsel af yderligere mængder syre (f.eks. i form af sur nedbør).

pH-niveauet i 1993 svarede til det niveau der registreredes i 1989 – 91, og var noget lavere end niveauet i 1992.

Tilsvarende var alkaliniteten i 1993 tilbage på niveauet svarende til 1990–91.





Figur 3.4. pH samt alkalinitet i blandingsprøver fra hele vandsøjlen. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993.

#### COD, suspenderet stof og glødetab af suspenderet stof

Året igennem var der lavt indhold af organisk stof (COD) i søvandet. Dette var i god overensstemmelse med at værdierne for indholdet af suspenderet stof og glødetabet af suspenderet stof var lave, se bilag 7.

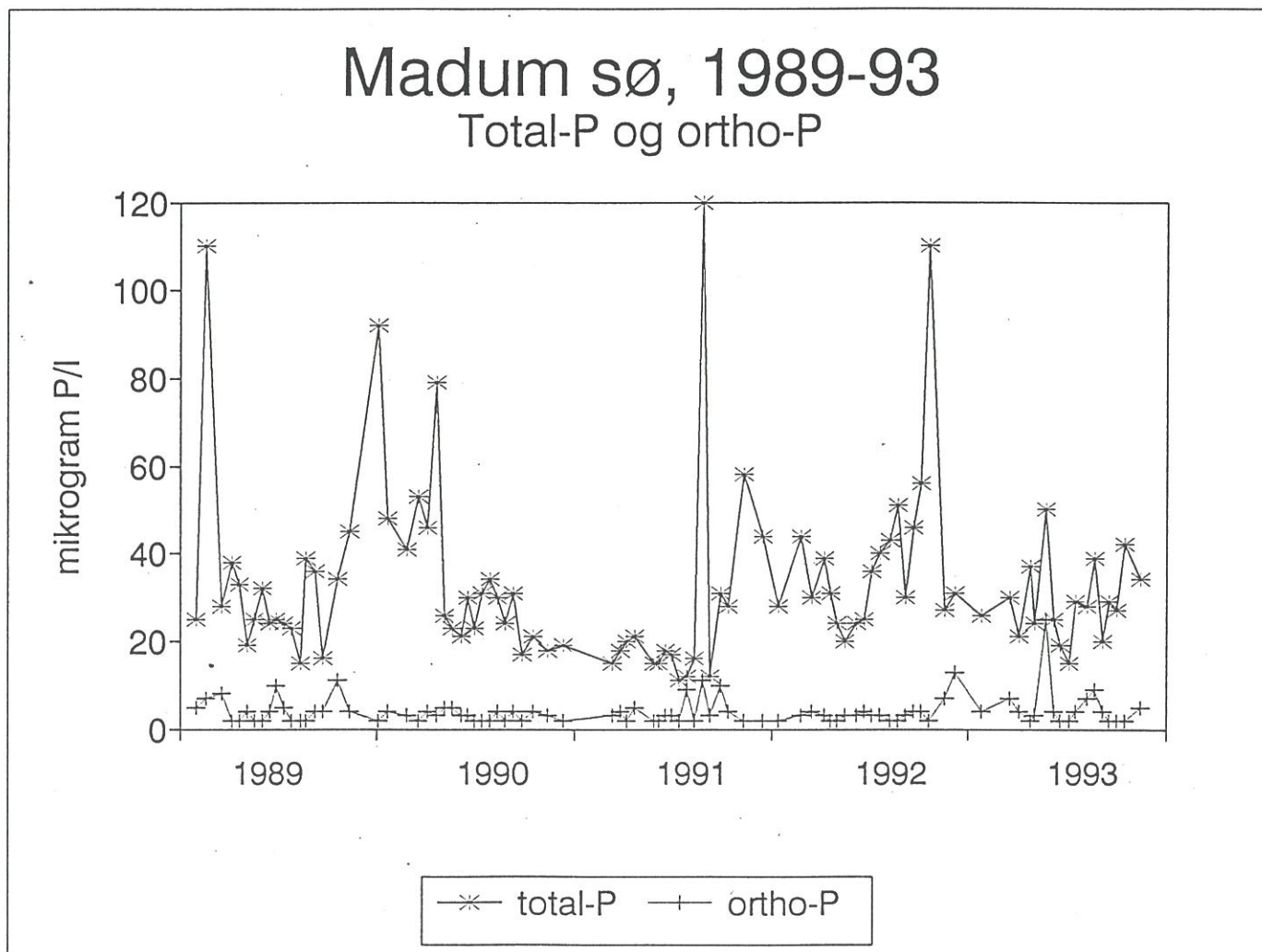
#### Silicium

I alle år var søvandets sommer middel koncentration af Silicium nær 0,1 mg Si/l. Vintermiddelværdierne var fra 0,1 – 0,5 mg/l.

På grund af de lave næringsstofniveauer og det tilsvarende lave siliciumniveau er kiselalgerne kun i meget ringe omfang repræsenteret i Madum sø's algesamfund.

## Fosfor

Middel koncentrationen af Total-fosfor (bilag 7) i Madum sø i 1993 ( $29 \mu\text{g/l}$ ) lå indenfor samme interval som i årene 1989–92 ( $21\text{--}37 \mu\text{g/l}$ ). Vinterniveaueet i 1992–93 var stort set tilsvarende ( $28 \mu\text{g/l}$ ).

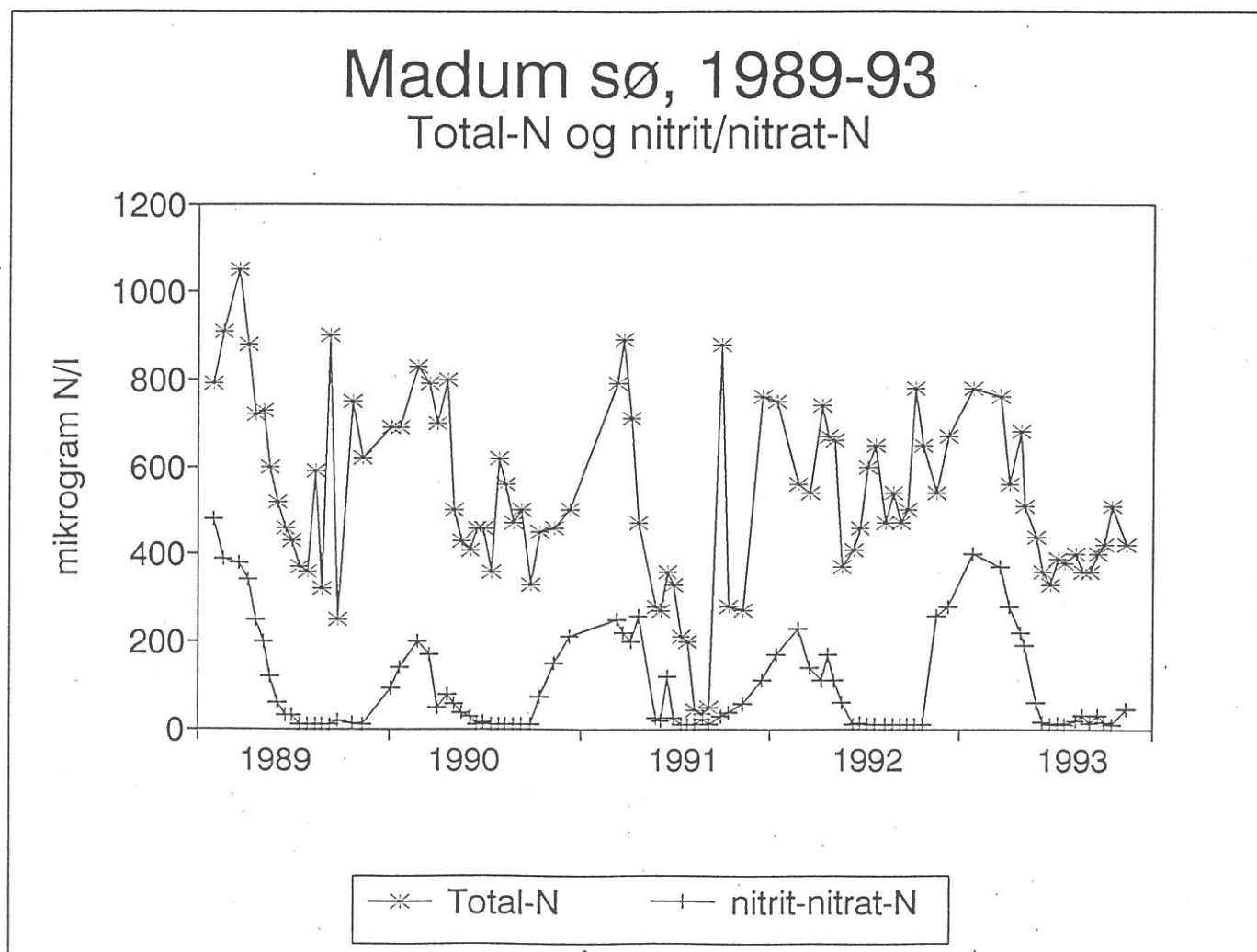


Figur 3.5. Koncentrationen af Total-fosfor og uorganisk fosfor (ortho-P) i blandingsprøver fra hele vandsøjlen. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993.

Det fremgår at koncentrationen af orto-fosfat (fig. 3.5) var lav gennem hele året ( $< 10 \mu\text{g P l}^{-1}$ ) bortset fra én værdi på  $25 \mu\text{g/l}$ . Denne ene høje værdi medfører en sommermiddelværdi på  $7 \mu\text{g/l}$ , hvilket er højere end niveaueet i årene 1989–92 ( $2\text{--}4 \mu\text{g P/l}$ ). Ved de registrerede koncentrationer af orto-fosfat var der således generelt ikke overskud af frit fosfor i søen. Fytoplankton i søen vurderes derfor at være fosforbegrænset.

## Kvælstof

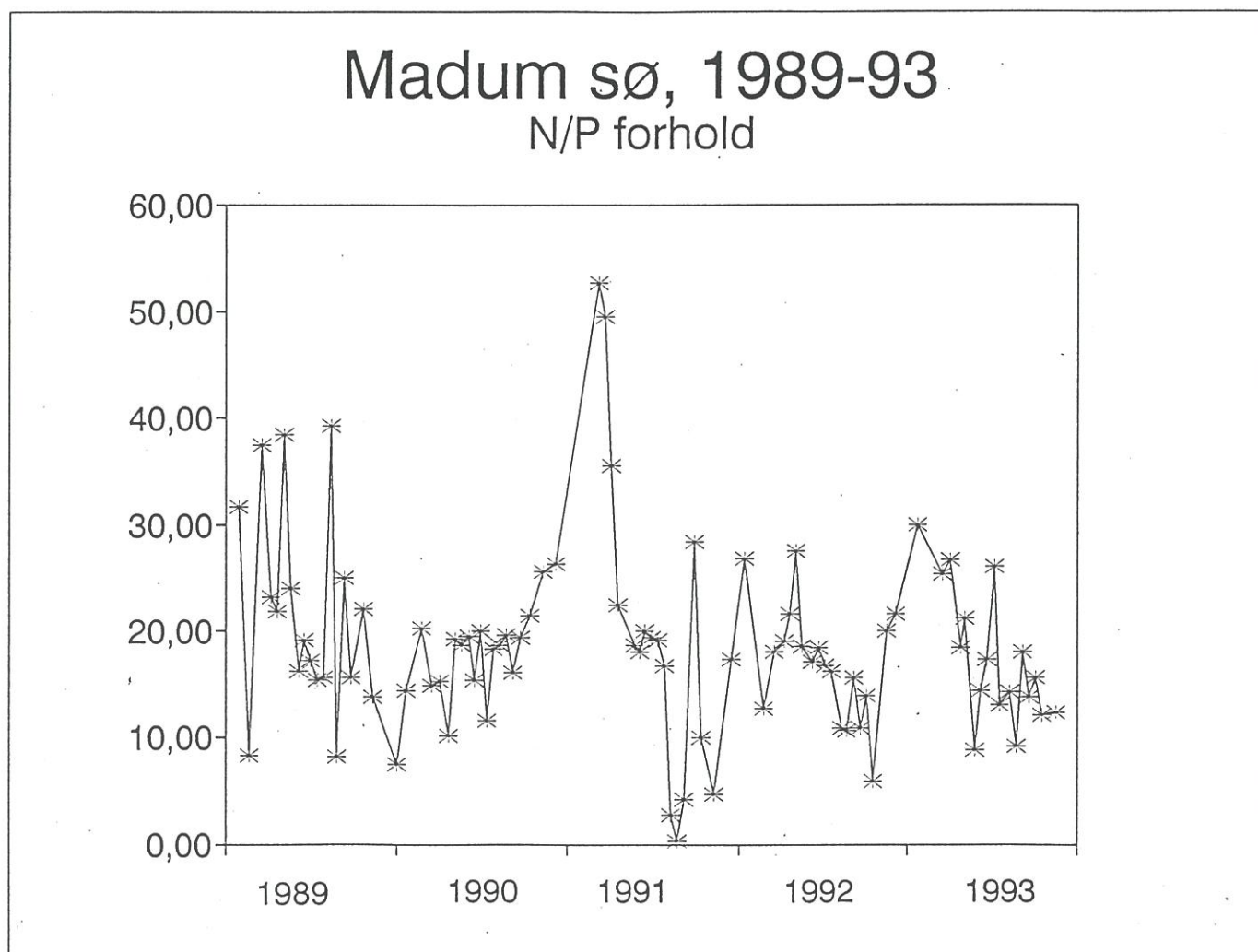
Kvælstofniveauet var højest i vinter- og forårsmånederne hvor der var et forholdsvis stort overskud af opløst kvælstof (figur 3.6). Vinterniveauet af total-N er dog væsentligt lavere end total-N koncentrationen i det grundvand, som antages at strømme til søen. I løbet af foråret og forsommeren blev total kvælstofkoncentrationen lavere, samtidig med at hele kvælstofpuljen overgik til at være i den partikulære fase, d.v.s. inkorporeret i algebiomassen.



Figur 3.6. Koncentrationen af Total-kvælstof og nitrit- og nitrat-kvælstof i blandingsprøver fra hele vandsøjlen. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

## N/P forhold

Variationen i N/P forholdet (vægtbasis og total N/total P) er vist i figur 3.7. N/P-forholdet har i størstedelen af perioden varieret mellem 10 og 40, i 1992 og 1993 var forholdet typisk mellem 10 og 30. Dette støtter vurderingen af, at fytoplankton den overvejende del af tiden har været fosforbegrænset.

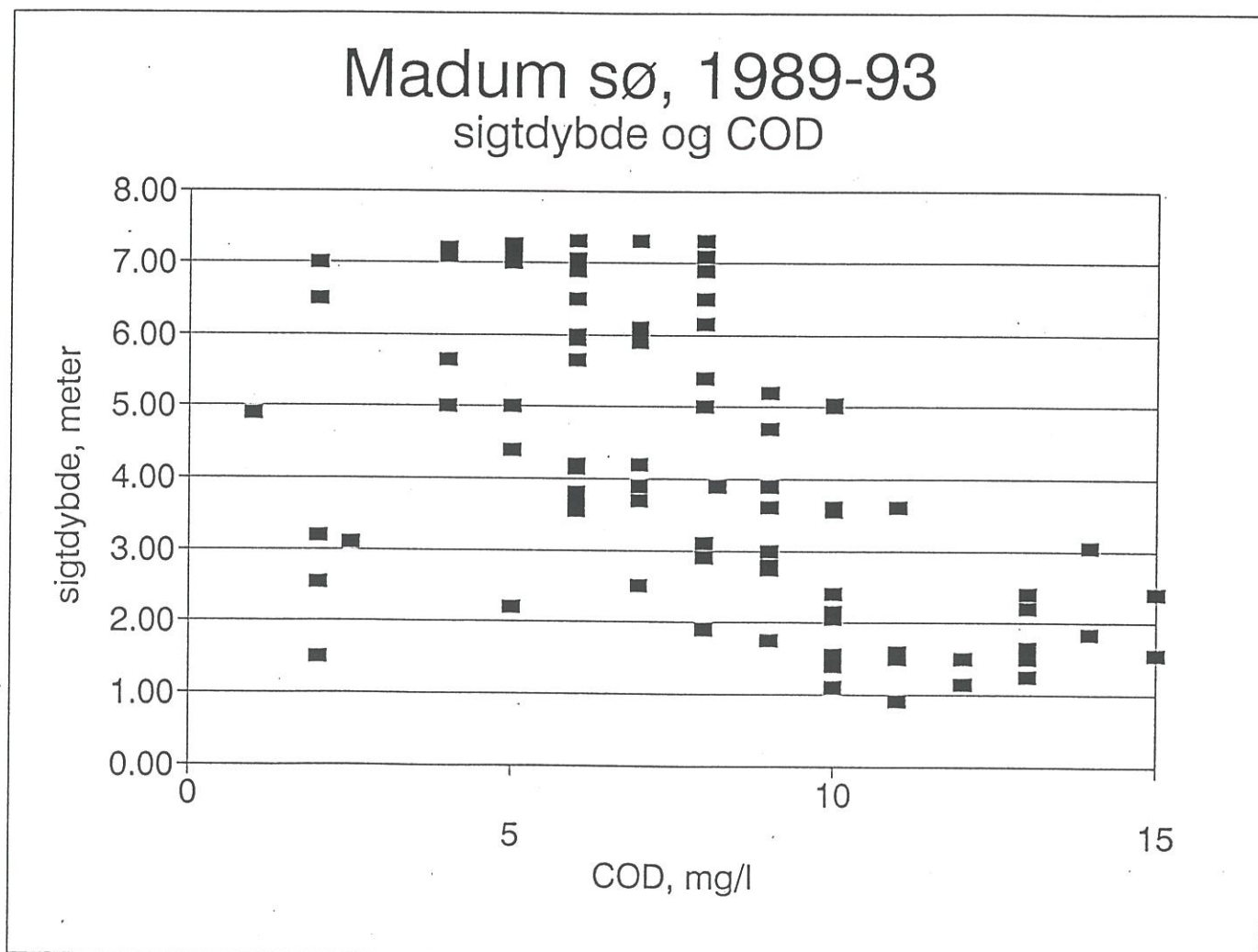


Figur 3.7. Forholdet mellem total-kvælstof og total-fosfor koncentrationen (på vægtbasis) i blandingsprøver fra hele vandsøjlen.

## Sammenhænge

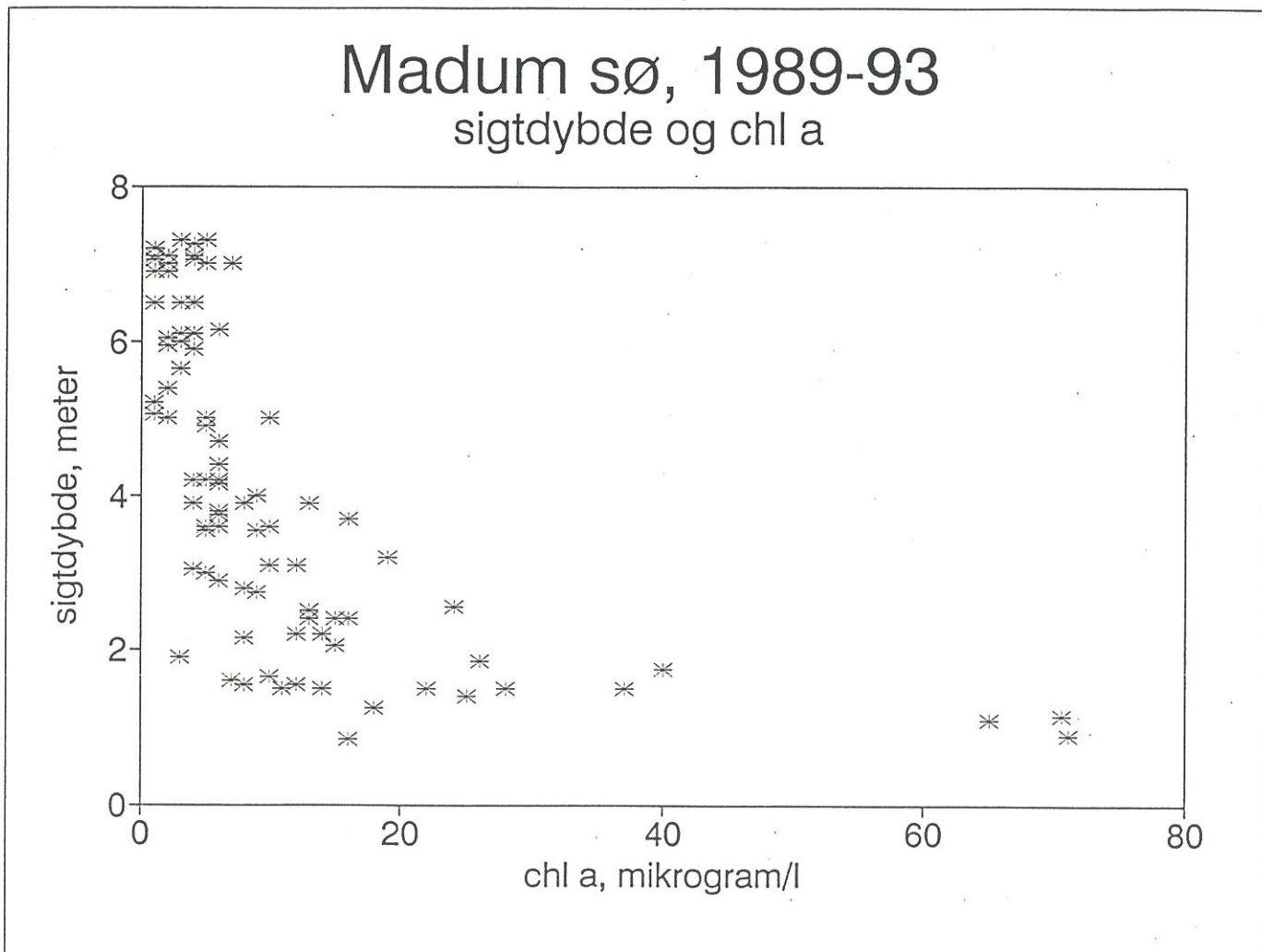
Der er på data for årene 1989–93 opstillet sammenhænge mellem : sigt dybde og COD, sigt dybde og klorofyl-a, klorofyl-a og total-fosfor, klorofyl-a og total-kvælstof. Ud fra erfaringerne fra de tidligere år er der alene opstillet sammenhænge for data fra hele året.

**Sigt dybde og COD** (fig. 3.8) viser en tydelig negativ sammenhæng.



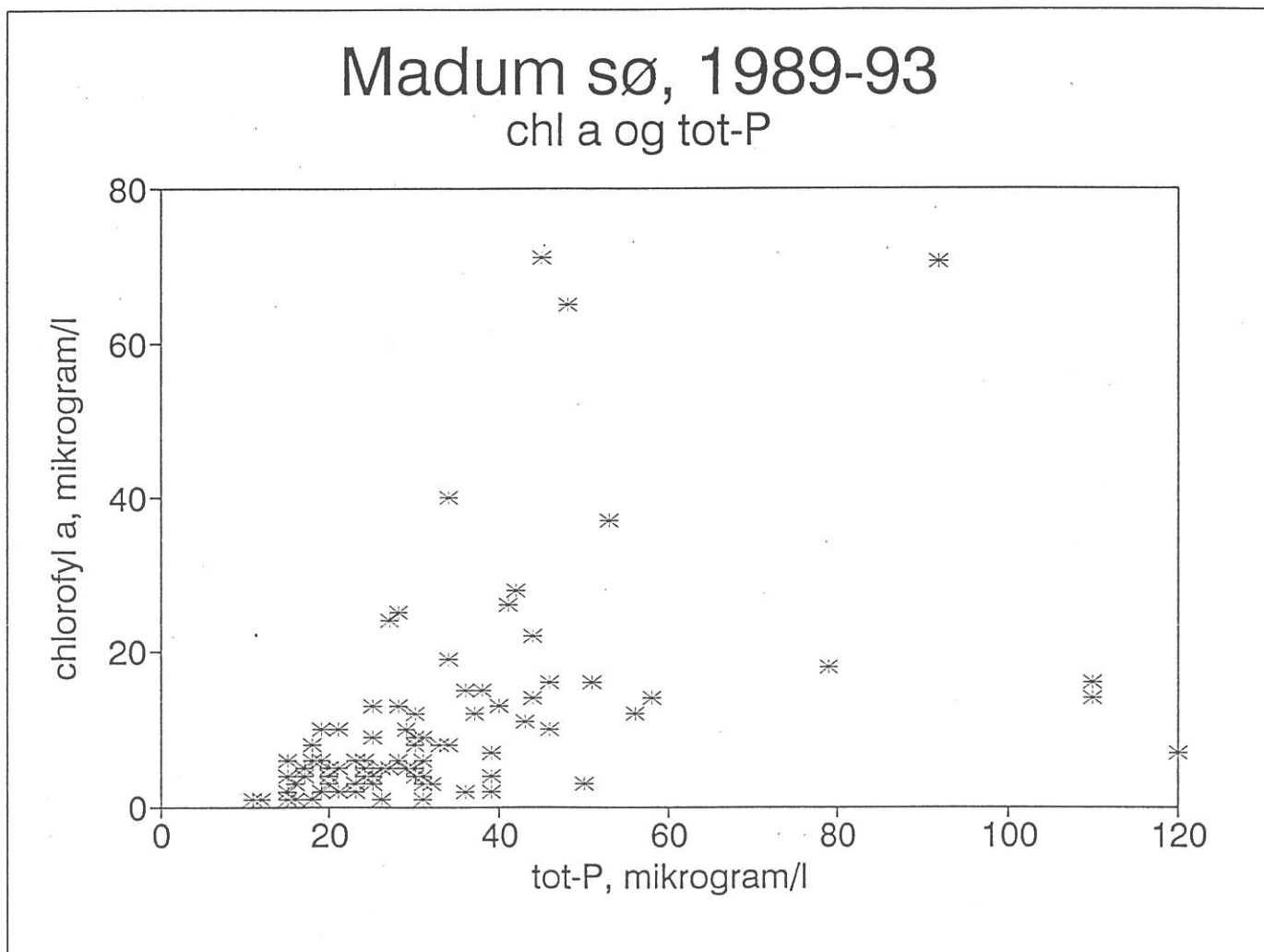
Figur 3.8. Sammenhørende værdier af sigt dybde og COD. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993.

Sigtdybde og klorofyl-a (fig. 3.9) koncentration viser ligeledes en klar, negativ sammenhæng, som tilsyneladende er eksponentiel.

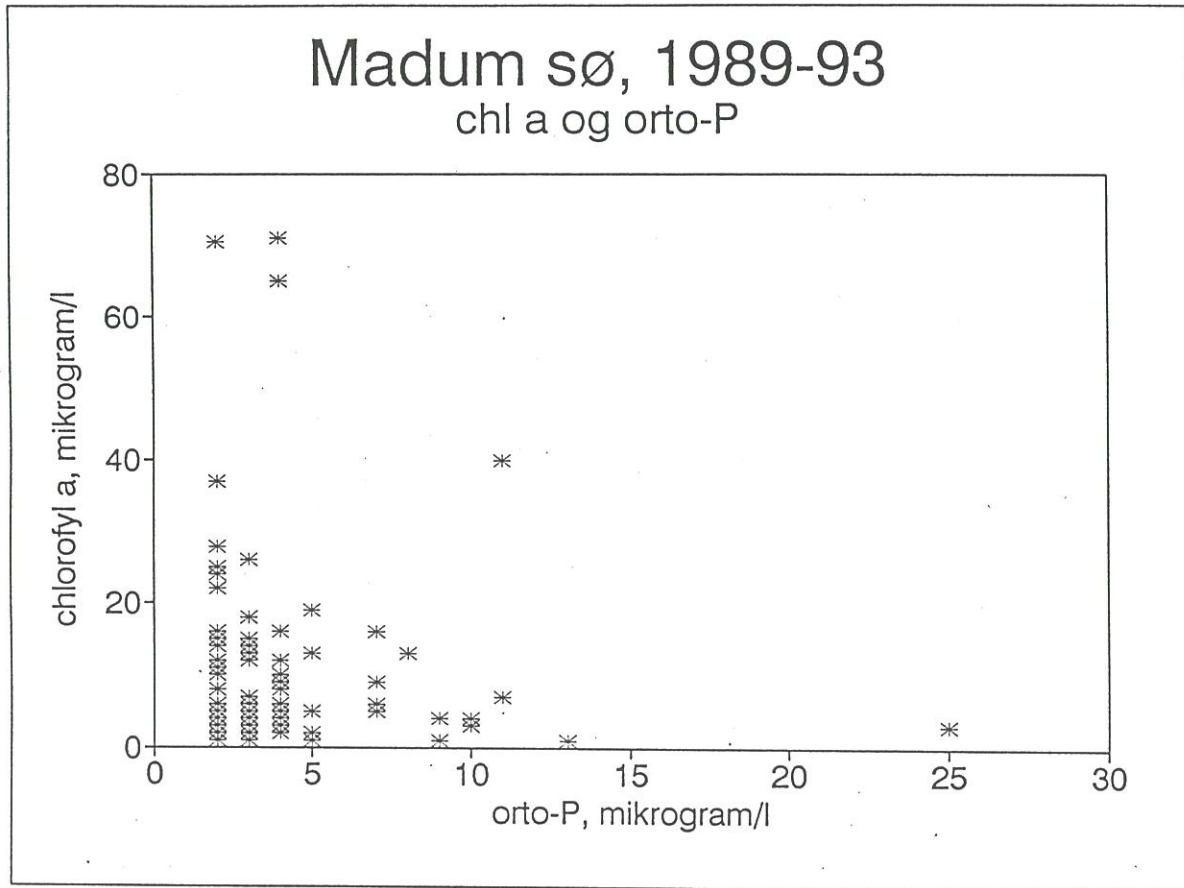


Figur 3.9. Sammenhørende værdier af sigtdybde og chlorofyl a. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

Klorofyl-a og total-fosfor(fig. 3.10) koncentrationen viser tilsyneladende en positiv sammenhæng. Værdierne viser dog stor spredning. Det samme er tilfældet for orto-P (figur 3.11).



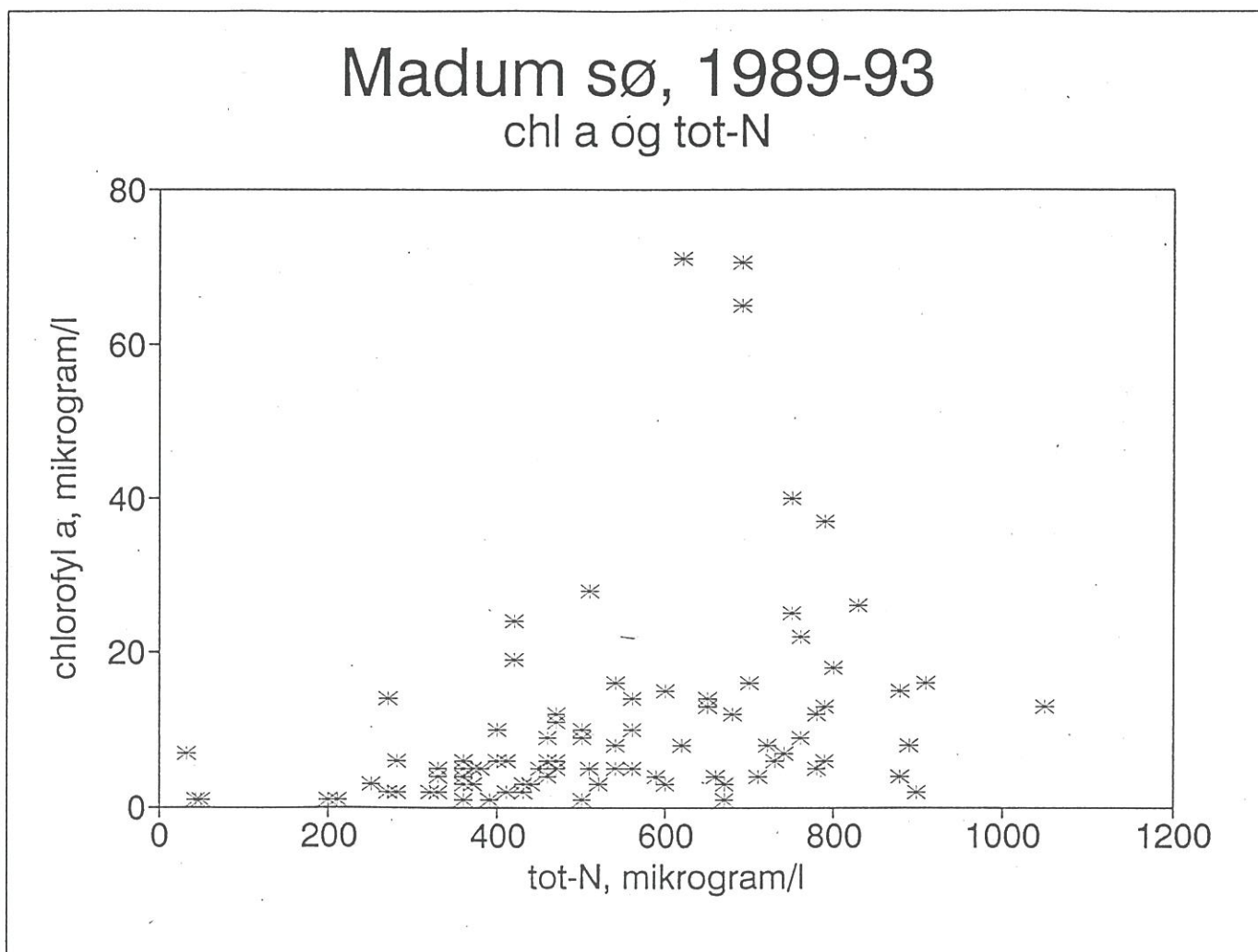
Figur 3.10. Sammenhørende værdier af chlorofyl a og total-fosfor. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.



Figur 3.11. Sammenhørende værdier af chlorofyl a og uorganisk fosfor (ortho-fosfat). Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993.



Klorofyl-a og total-kvælstof (fig. 3.12) koncentrationen viser tilsyneladende ingen positiv sammenhæng. Disse værdier viser stor spredning, men understøtter som nævnt, at kvælstofkoncentrationerne på de målte niveauer ingen indflydelse har på algevæksten og søen er således fosforbegrænset.



Figur 3.12. Sammenhørende værdier af chlorofyl a og total-kvælstof. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

### 3.4. Sedimentkemi

Der er i 1990 foretaget afrapportering af sedimentundersøgelserne i august 1989. (Nordjyllands amt 1990).

Der er ikke i 1993 målt forhøjede koncentrationer af orto-fosfat eller total fosfor i sommerperioden og der er således ikke tegn på en intern belastning i form af frigivelse af ortofosfat til vandfasen i søen.

Specielt bemærkes det, at der ikke i 1993 er iagttaget transport af fosfor fra sediment til vandfase via trådformede alger, som det er konstateret i tidligere år.

### 3.5. Biologiske undersøgelser

#### Fytoplankton

Artsliste for fytoplankton og en opgørelse af fytoplanktonbiomasse på enkeltarter og taxonomiske grupper findes i bilag 15. Det bemærkes specielt, at BioConsult har bestemt den mest betydende af de grupper, som i de foregående år har været angivet som ubestemte < 2 $\mu$ m til en blågrønalge af ordenen *Chroococcales*, muligvis fra slægten *Synechococcus*.

Fytoplanktons årstidsvariation i vådvægt, fordelt på størrelsesgrupperne < 20  $\mu$ m, 20–50  $\mu$ m og > 50  $\mu$ m er vist i figur 3.13.

Der var i 1993 frem til primo juli dominans af arter < 20  $\mu$ m. I størstedelen af perioden udgjorde de ovennævnte blågrønninger af ordenen *Chroococcales* hovedparten af biomassen (fra 27 til 95%). På flere prøvetagningsdage udgjorde ubestemte flagellater < 5  $\mu$ m også en væsentlig del af biomassen, det samme gælder *Ochromonas sp.*

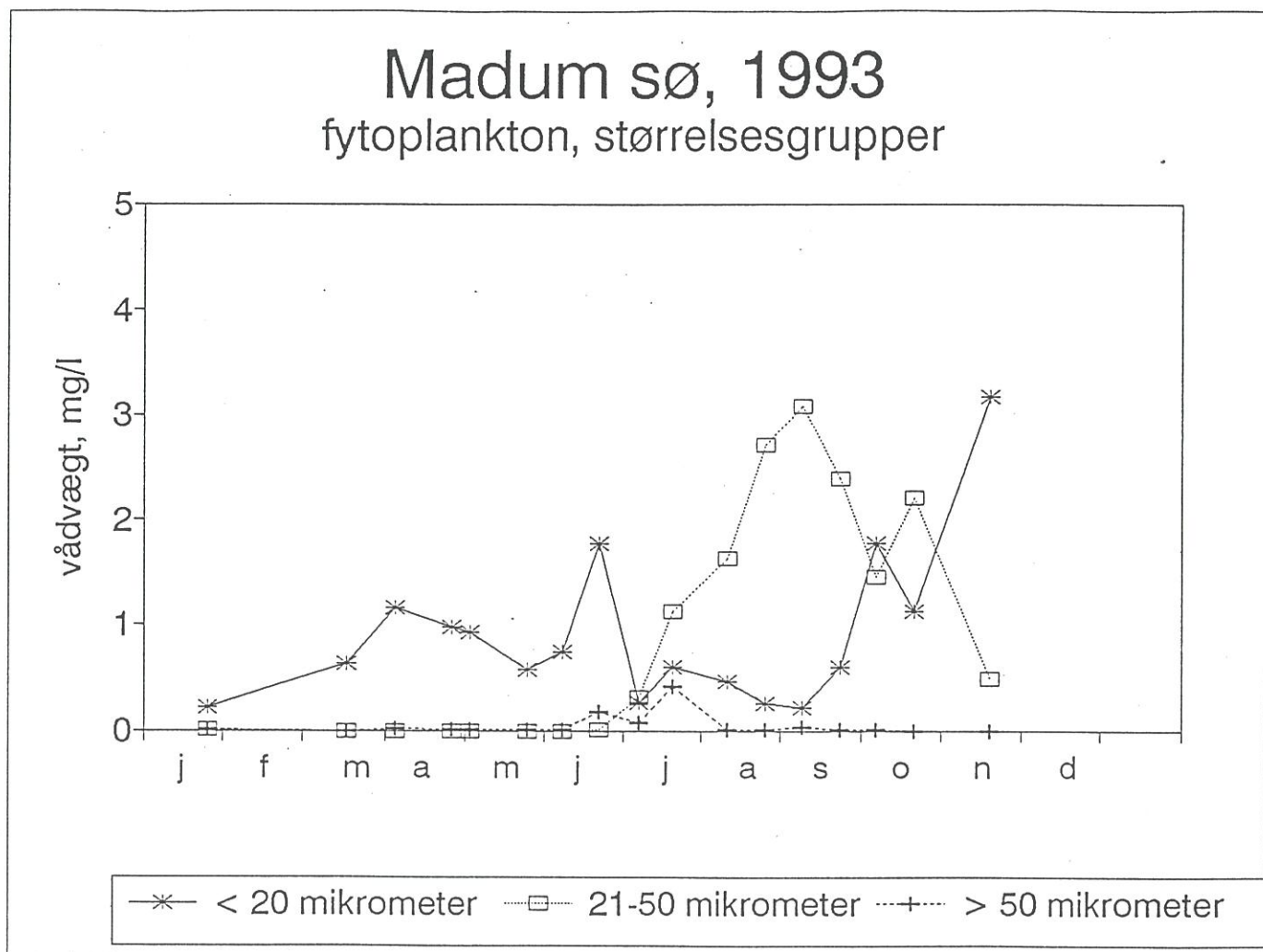
Fra 6. juli til 18. oktober fandtes et maksimum af dinophycer, helt overvejende domineret af *Gymnodinium cf. umberrimum*. Den 19. juli optrådte det eneste maksimum af arter med GALD værdi > 50  $\mu$ m, *Koliella longiseta*.

I september-oktober udvikledes et nyt maksimum af alger fra ordenen *Chroococcales*, som i november afløstes af *Ochromonas*.

De højeste biomasser (udtrykt som mg vådvægt/l) optrådte i august til november. Dette faldt sammen med perioden, hvor de højeste koncentrationer af chl.a. og den ringeste sigtddybde forekom. Biomassen var her fra 2,0 – 3,7 mg vådvægt/l. Sommer middel biomassen var 1,8 mg vådvægt/l – hvilket var væsentligt lavere end i 1992 (bilag 7).

Skiftet mellem samfundet af *Chroococcales* blågrønninger og flagellater og maksimumet af *Gymnodinium* faldt tidsmæssigt sammen med det tidspunkt, hvor zooplanktons biomasse og græsningsrate faldt til et minimum. Der kan dog ikke peges på en konkret årsag til skiftet.

Ingen af de dominerende arter/grupper indgår i de opgivne oversigter over forekomster i relation til fysisk-kemiske parametre (Windolf et. al. 1993, bilag II).



Figur 3.13. Fytoplankton biomasse, opgjort som vådvægt (mg/l) fordelt på størrelsesfraktioner. Værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993.

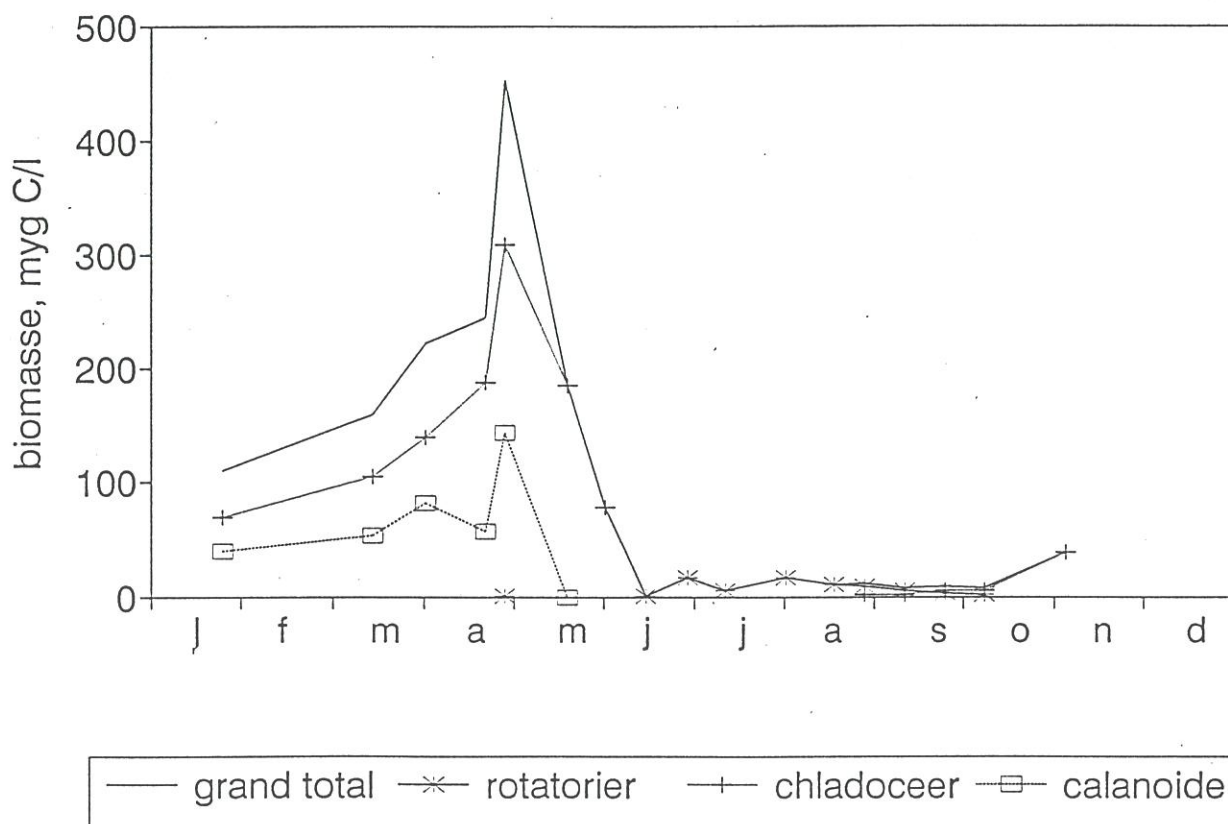
Som konsekvens af, at de små (1–2  $\mu\text{m}$ ) encellede alger i 1993 henføres til *Chroococcales* optrådte der i længere perioder dominans af blågrønalger i søen (bilag 7). Dette er dog ikke udtryk for en praktisk ændring i forhold til tidligere år, hvor disse organismer blev angivet som ubestemte.

### Zooplankton

Årstidsvariationen i zooplanktons fordeling på hovedgrupper, angivet som biomasse ( $\mu\text{g C/l}$ ) er vist i figur 3.14. Se iverigt bilag 4. Frem til midten af juni var zooplankton domineret af chladoceer (*Bosmina longirostris* og *Diaphanosoma brachyurum*) og calanoide copepoder (*Eudiaptomus graciloides*). Sidst nævnte forsvandt dog allerede i midten af maj.

## Madum sø 1993

### zooplankton hovedgrupper



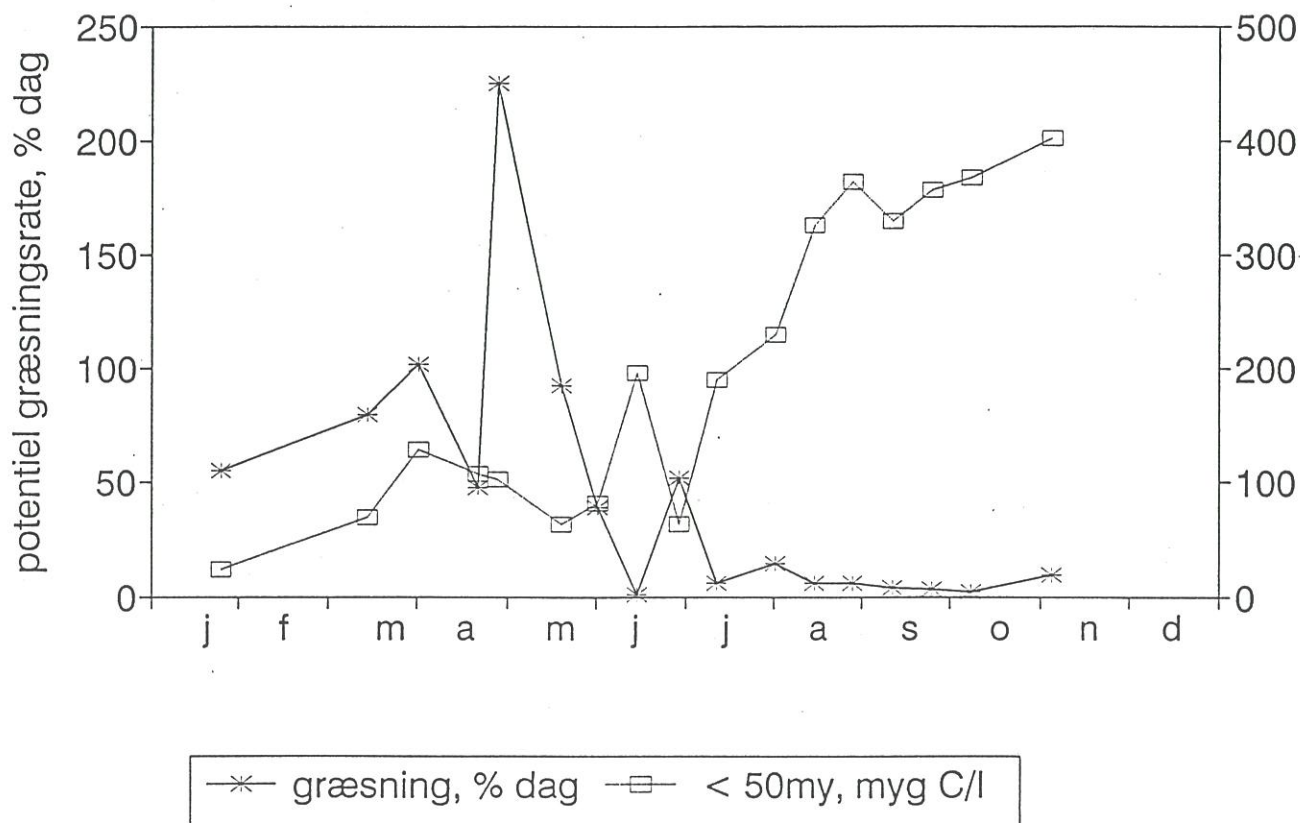
Figur 3.14. Zooplankton biomasse, opgjort som mikrogram kulstof/l. Total biomasse (grand total) og fordelingen på de tre taxonomiske hovedgrupper. Værdier fra Madum sø, tre zooplanktonstationer i perioden 1989–1993.

Fra juni til oktober dominerede rotatorier zooplankton. Biomassen i denne periode var dog væsentligt lavere end i forårsperioden. I november fremkommer chladoceerne igen.

I 1993 blev ialt registreret 10 arter af zooplankton i Madum sø. Antallet svarer til det der blev fundet i tidligere år. Det er endvidere de samme arter, som dominerede i 1993 som i tidligere år. Idet arter af slægten *Daphnia* ikke har kvantitativ betydning i søen er chladoceindexet 0. Zooplanktons potentielle græsningsrate er, sammen med pytoplanktons biomasse (arter < 50  $\mu\text{m}$ ) angivet i figur 3.17. De højeste græsningsrater blev registreret i perioden indtil 21. juni, hvor makrozooplankton dominerede. I denne periode kontrollerede zooplanktores græsning formodentlig pytoplankton. Det samme var formodentlig gældende den 6. juli, hvor rotatorier dominerede zooplankton. Herefter havde zooplankton ingen væsentlig indflydelse på fytoplankton biomassen. Det registrerede sammenbrud i zooplankton populationen og den resulterende reduktion af græsningsraten svarer til situationen i 1990 og 1992.

## Madum sø 1993

### græsningsrate og fytoplankton <50 my



Figur 3.17. Zooplanktons beregnede græsningsrate som procent af biomassen af fytoplankton med en GALD værdi mindre end 50 mikrometer, samt biomassen af fytoplankton med en GALD værdi mindre end 50 mikrometer udtrykt som mikrogram kulstof/l. Værdier fra Madum sø, hovedstationen og tre zooplanktonstationer i 1993.

Selvom der ikke foreligger data vedr. rekruttering af aborrengel i Madum sø fra 1993 er det nærliggende at antage, ud fra data fra andre søer (E. Jeppesen, DMU. pers. komm) at zooplanktons biomasse fra maj 1993 og året ud var styret af zooplanktonædende fisk, primært aborrengel (Top-down), se iøvrigt Bidstrup (1993).

### Vegetation

De registrerede arter i Madum sø, 1993 er angivet i bilag 5.

Det relative plantefyldte volumen beregnet som gennemsnit for hele søen var 1,4%, dækningsgraden fordelt på 0,5 meters intervaller varierede fra 40% til 63,3%.

De dominerende arter på dybder indtil 2 m var lobelie, strandbo og sortgrøn brasenføde (stedvis tillige liden siv), *Drephanocladus sp.* og *Fontinalis*.

På dybder større end to meter var *Fontinalis* sp. dominerende, der blev ikke registreret en nedre grænse for denne art.

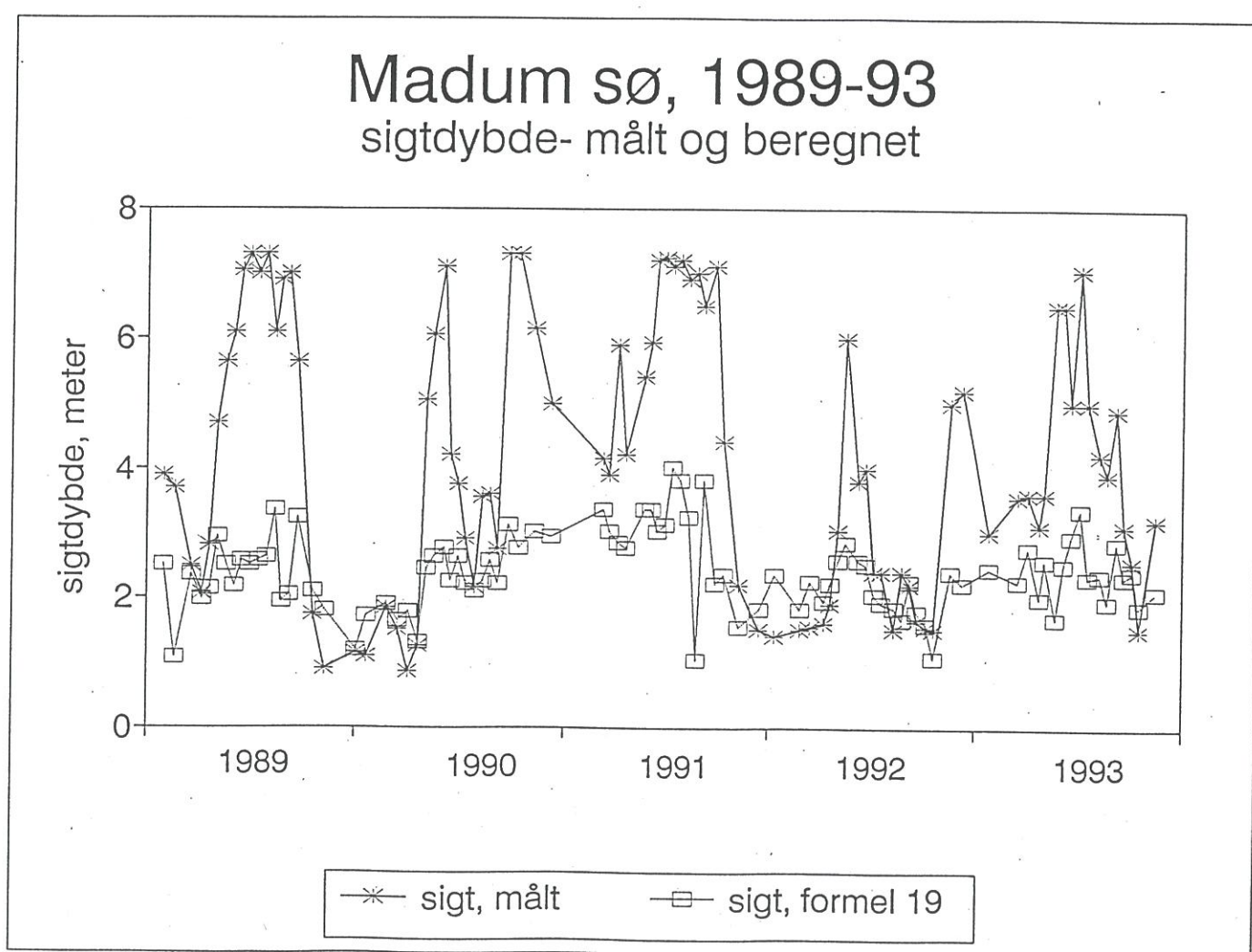
Desuden forekom sortgrøn brasenføde på dybder større end 2 meter.

Det bemærkes specielt, at den udryddelsestruede gulgrøn brasenføde, som tidligere er angivet for Madum sø, ikke blev registreret i 1993.

Som tidligere nævnt blev vegetationens udbredelse i 1980 beskrevet ud fra 1 transekt. Sammenstilling af resultaterne fra denne undersøgelse og resultaterne i 1993 peger ikke umiddelbart på ændringer i vegetationens artssammensætning eller dybdegrænserne for de enkelte arter.

### 3.6 Samlet vurdering.

Vandkemien i Madum sø har ikke undergået væsentlige ændringer over de 5 år, hvor overvågningsprogrammet har forløbet. Sammenhængen mellem total-fosfor og chlorofyl a koncentrationerne tyder på, at det lave fosforniveau er den bestemmende faktor for det lave biomasseniveau. De generelle relationer mellem total-fosfor og sigtgybden giver en rimelig god forudsigtelse af den målte sigtgybde, dog giver modellen en underestimering af de høje sigtgybder, som det generelt er tilfældet i søer med undervandsvegetation, se figur 3.16.



Figur 3.16. Målt sigtgybde, værdier fra Madum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993, og sigtgybde beregnet ved hjælp af formel 19 (se Windolf et.al. 1993) ud fra total-fosforkoncentrationen og søens middeldybde.

Beregninger af søens vand- og stofbalance er behæftet med stor usikkerhed, dels fordi der ikke findes overjordiske til og afløb, dels fordi grundvandsoplandets størrelse er usikkert bestemt (kalkopland). Det er derfor ikke relevant at opstille sammenhænge mellem stoftilførsler og søvandskoncentration og retentioner for de tilførte stoffer.

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold

- store årstids- og år til år variationer i sigtdybde, fytoplankton og zooplankton biomasse samt græsningsrate.
- artsfattigt fytoplankton, ofte dominans af arter med GALD < 5  $\mu\text{m}$ .
- artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små chladoceer, generelt fravær af Daphnia arter.
- fiskebestanden domineret af en enkelt art, Aborre, Skidtfiskindex = 0.

Der forekommer i perioden 1989 – 1993 i princippet to typiske sommersituationer:

- 1) Karakteriseret ved god sigtdybde, lav fytoplanktonbiomasse og høj græsningsrate hele sommerperioden, forekommer i 1989 og 1991.
- 2) Karakteriseret ved forringet sigtdybde, relativt høj fytoplanktonbiomasse, og lav græsningsrate i store dele af sommerperioden. Forekommer i 1990, 1992 og 1993.

Ud fra befiskningsundersøgelserne i 1991 kan situationen i 1990 kædes sammen med tilstedeværelsen af en stor yngelårgang af aborre. Landsdækkende resultater fra 1992 og observationer i Madum sø i 1993 sandsynliggør, at denne sammenhæng også har været bestemmende i 1992 og 1993.

Variationerne må derfor karakteriseres som udtryk for søens naturlige tilstand.

Fraværet af Daphnia arter i zooplankton har ingen sammenhæng med højt predationstryk fra fiskeyngel, men er et udtryk for en normal tilstand i søer af denne type. Dominans af calanoie copepoder er beskrevet for Kvie sø og Holm sø (Ribe amt 1992), alpesøer (Lampert and Muck, 1985) og oligotrofe, blødvande søer i Estland (Timm 1991).

Fiskebestandens artssammensætning og biomasse er i god overensstemmelse med de generelle relationer for danske søer, baseret på total- fosforkoncentrationen. Artssammensætningen er tilsyneladende uændret siden 18' århundrede (Gjerding 1890).

Vegetationens artssammensætning og dybdegrænser er tilsyneladende uændrede siden 1980. Planteresamfundet er karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø.

Der er ikke konstateret forsuring af søen ud fra lange tidsserier i dette århundrede.



De generelle krav til søens recipientkvalitet ses således at være opfyldt.

Det specifikke krav til sommersigtdybden ( $> 3$  m) er opfyldt i 4 ud af 5 år i overvågningsperioden. I 1992 var sommermiddelsigtdybden 2,9 m.

## 4. Hornum sø

### 4.1 Historie

Hornum sø ligger vest for Støvring i et åbent, landbrugspræget og kuperet terræn. Ved søens sydlige ende findes et mindre moseareal. Resten af søens bredareal kan karakteriseres som overdrev og tilplantede arealer.

Der foreligger ikke tilgængelige ældre undersøgelser vedr. Hornum sø. Søen indgår i vurderingen af sure og forsuringstruede søer (Rebsdorf og Nygaard 1991). Det konkluderes heri, at Hornum sø hører til den gruppe af søer, hvor det ikke er muligt at påvise en tendens til forsuring.

Søen er karteret af Nordjyllands amt i 1983. Bundvegetationen blev bedømt langs 3 transekter. Rørsumpen var på dette tidspunkt indtil 25 m bred og domineret af rørgræs. Undervandsvegetationen var domineret af isoetider, kildemos og *Nitella* sp. Vegetationens dybdegrænse var mellem 2,0 m og 2,3 m. Oplysninger om vegetationen på dybder over 2,25 m blev dog angivet som utilstrækkelige til at fastsætte endelige dybdegrænser. Det blev vurderet, at søen på dette tidspunkt var under eutrofiering, idet vandkemi og fytoplankton antydede en mere eutrof tilstand end bundvegetationen.

Hornum sø er målsat som A2 (badevand), B (naturligt og alsidigt dyre- og planteliv) med baggrundstilstand: "Næringsfattig, sur, lobelia sø". Kravet til sommersigt dybde er større end 2 meter (Nordjyllands amt 1991).

### 4.2 Vand- og stofbalance

Vandbalancen for Hornum sø er beregnet ud fra data fra det opland, hvori Hornum sø indgår, d.v.s. Kærs Mølle Å – systemet.

Der er anvendt følgende data fra Kærs Mølle Å – systemet:

Oplandsareal:	10.610 ha
Middelfaststrømning:	639,2 l/s
Arealbidrag kvælstof:	107,4 tons/år
Arealbidrag fosfor:	2,83 tons/år

Heraf beregnes arealspecifik afstrømning og koncentrationer for bidraget fra det åbne land.

Arealspecifik afstrømning:	0,06 l/s ha <sup>-1</sup>
Koncentration af Total kvælstof:	5,327 mg N l <sup>-1</sup>
Koncentration af Total fosfor:	0,140 mg P l <sup>-1</sup>

Herefter kan indsivningen til Hornum sø beregnes til:

$$789 \text{ ha} \cdot 0,06 \text{ l/s ha}^{-1} = 47,53 \text{ l/s}$$

Den specifikke afstrømning er:  $= 6,02 \text{ l/s km}^2$

En indsvivning på 47,53 l/s svarer til en årlig tilførsel af vand på  $1,499 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vand, hvilke giver søen en opholdstid på 1,34 mdr.

I bilag 13 er sammenstillet værdier for nedbør, fordampning, og aflæste vandspejlsvariationer. Afstrømningen, beregnet ud fra nedbørsoverskud i de enkelte måneder kan alene redegøre for 5% af den afstrømning, som er beregnet ud fra afstrømningsdata for vandløbsoplandet. Denne afstrømning ville svare til en opholdstid på 5 år.

31% af den totale fosfortilførsel til Hornum sø i 1993 stammede fra den spredte bebyggelse. Baggrundsbelastningen fra det åbne land er beregnet til at udgøre 68% og luftbidraget 1%, se tabel 4.1. Den arealspecifikke belastning med fosfor er  $2 \text{ g P m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ .

Langt den væsentligste del af kvælstoftilførslen til Hornum sø stammer fra det åbne land. Herfra kommer 97% af tilførslen. Bidragene fra spredt bebyggelse og luften er ubetydelige. Den arealspecifikke belastning af søen var i 1993  $80 \text{ g m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ , svarende til ca. 50% af medianbelastningen af overvågningssøerne 1992.

	N		P	
	tons N/år	%	kg P/år	%
Basisbidrag	8,5	97	158	68
Spredt bebyggelse	0,2	2	70,7	31
Luftbidrag	0,1	1	1,3	1
Total tilførsel	8,8	100	230	100

Tabel 4.1 Belastningsopgørelse for Hornum sø.

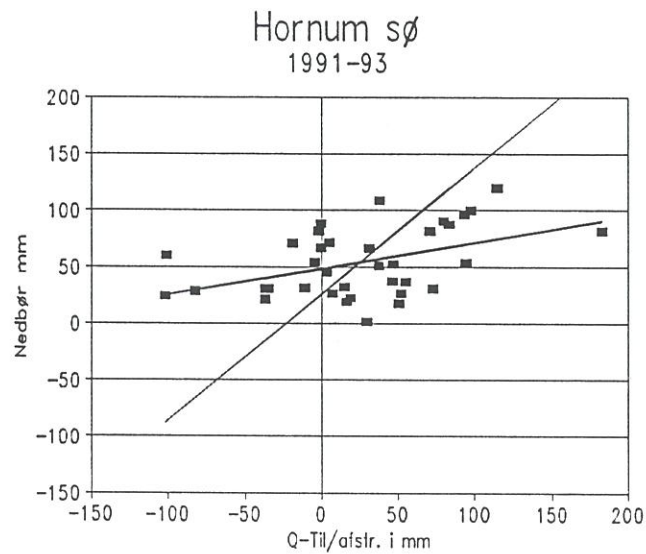
Af bilag 13 ses vandstandsvariationen at følge samme mønster som Madum sø. Netto balancen for Hornum sø i 1993 på 385 mm svarer til en udsivning på 96 l/s.

I lighed med Madum sø er massebalancen og belastningsopgørelsen for Hornum sø behæftet med en væsentlig usikkerhed, p.g.a. antagelserne opgørelserne hviler på.

### Søernes afhængighed af nedbør/grundvand

Figur 4.1 viser en sammenstilling af vandspejlsændringer og nettonedbøren. Anvendelsen af sådanne diagrammer er beskrevet af Lyshede (1955). Formålet er at afdække, i hvor høj grad vandspejlsændringerne kan forklares ud fra tilførslen via nedbøren. De rette linier er resultatet af en linær regression af Q-til/fra mod nedbøren og af nedbøren mod Q-til/fra. Jo mere parallelt de to regressions linier ligger, jo større er afhængigheden mellem Q til/fra og nedbøren.

Ud fra denne sammenstilling ses at Hornum sø har en afhængighed af nedbøren. Nedbøren kan dog ikke forklare alle variationer i Q-til/fra. En del af variationerne må således forklares ud fra grundvandspåvirkning.



**Fig. 4.1 Sammenhæng mellem nedbør og Q-til/fra for Hornum sø.**

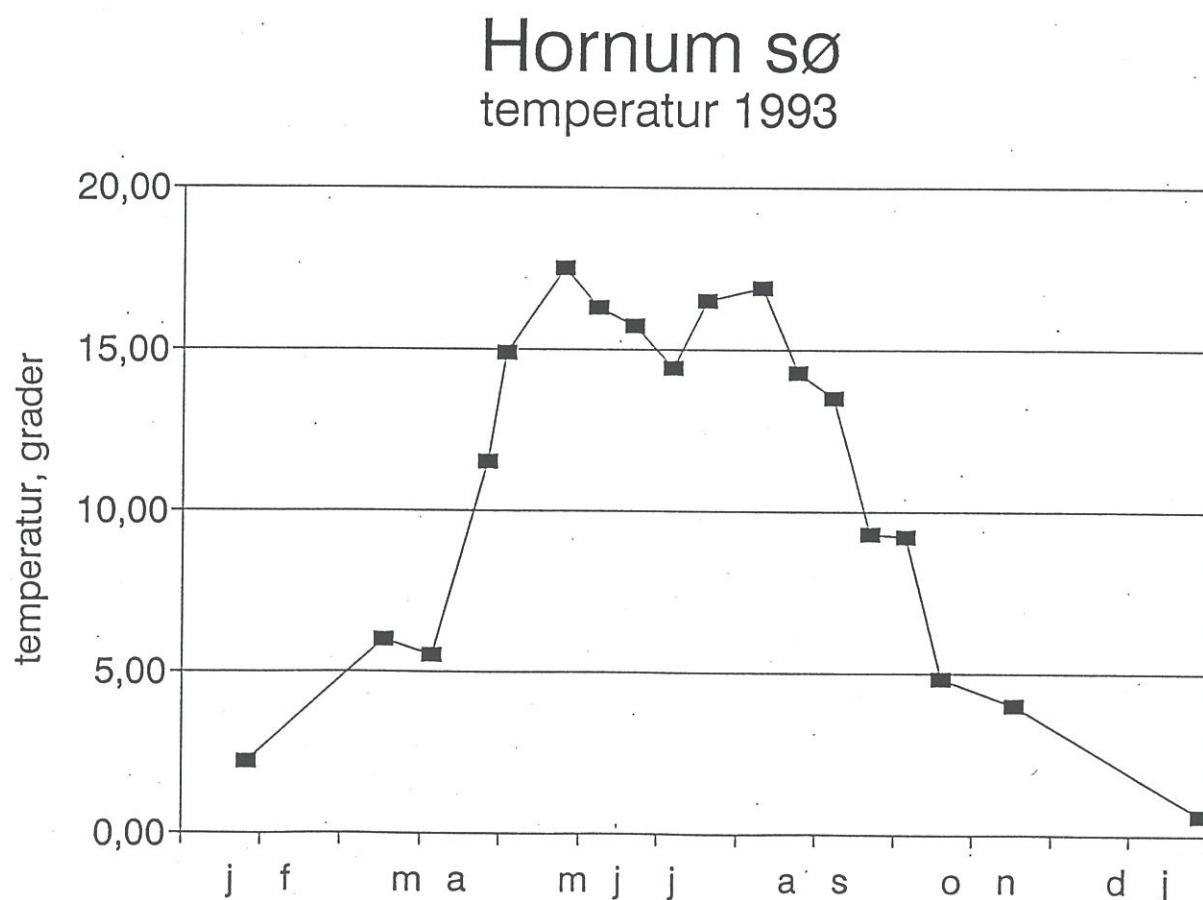
Vandstanden i Hornum sø er ligesom i Madum sø faldende. Det betyder, at der netto er en større udsivning end indsivning til søerne.

### 4.3 Vandkemiske og fysiske undersøgelser

Der er i perioden 1989–93 ikke registreret stabile forskelle i temperatur, iltindhold og pH mellem overflade- og bundvand i Hornum sø. Søen har således været fuldstændigt opblandet hele året igennem.

Opvarmningen af søen i foråret 1993 skete hurtigere end i de tidligere år som følge af den store indstråling i april/maj. Maksimum temperaturen registreredes medio maj. (figur 4.2).

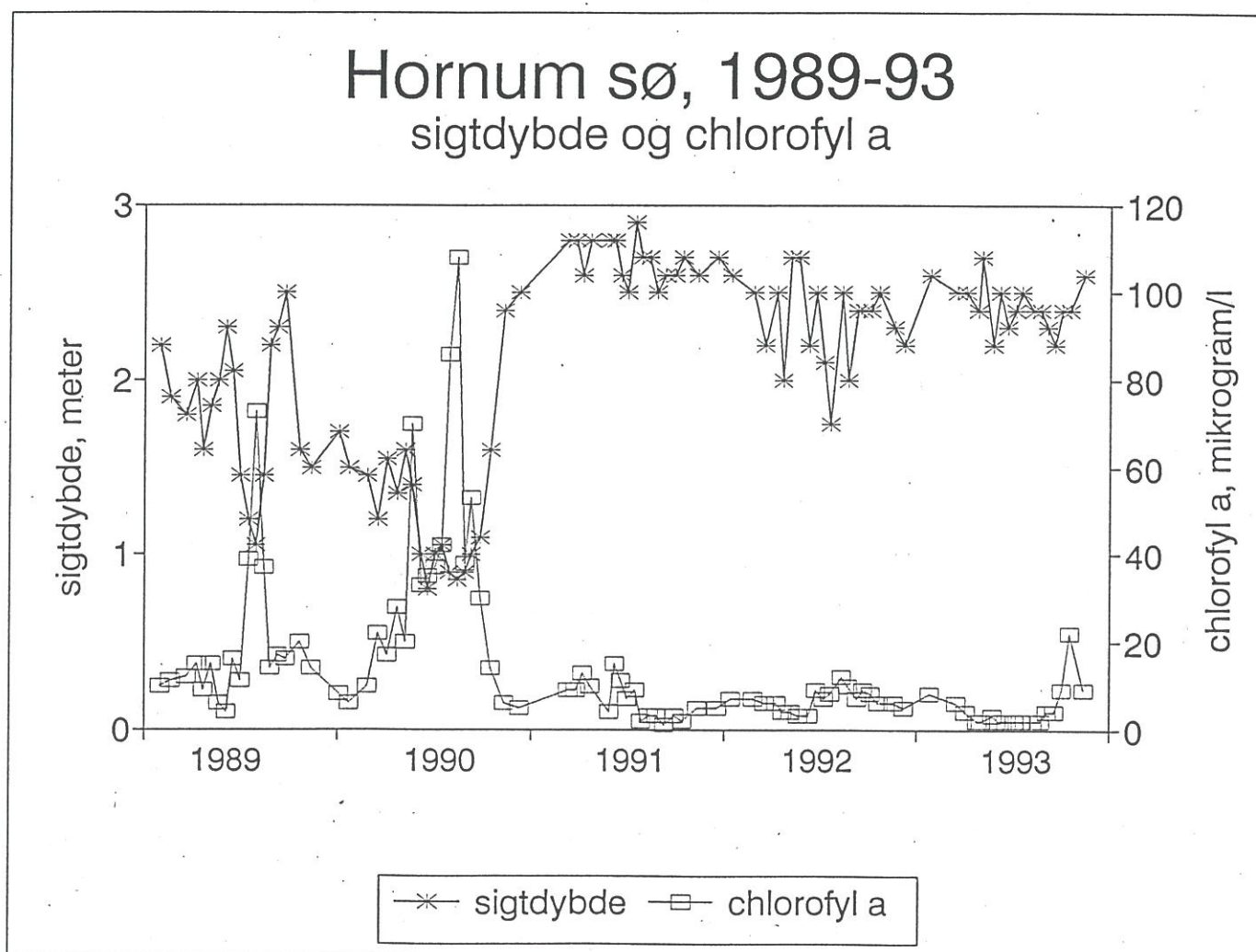
En oversigt over de vandkemiske forhold i Hornum sø målt som sommergennemsnit, vintergennemsnit for perioden 1989–93 er givet i bilag 14.



Figur 4.2. Overfladevandets temperatur i Hornum sø, 1993.

## Sigt dybde

Sigt dybden i Hornum sø (figur 4.3) var i 1993 ligesom i 1991 og 1992 betydeligt forbedret i forhold til 1989 og 1990. Den var i 1993 således konstant større end 2 m. Ændringerne i sigt dybden skal ses i sammenhæng med de ændringer i vandkemi, som er sket i perioden 1991-93.



Figur 4.3. Seccidybde samt koncentrationen af chlorofyl a i blandingsprøver fra hele vandsøjlen. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

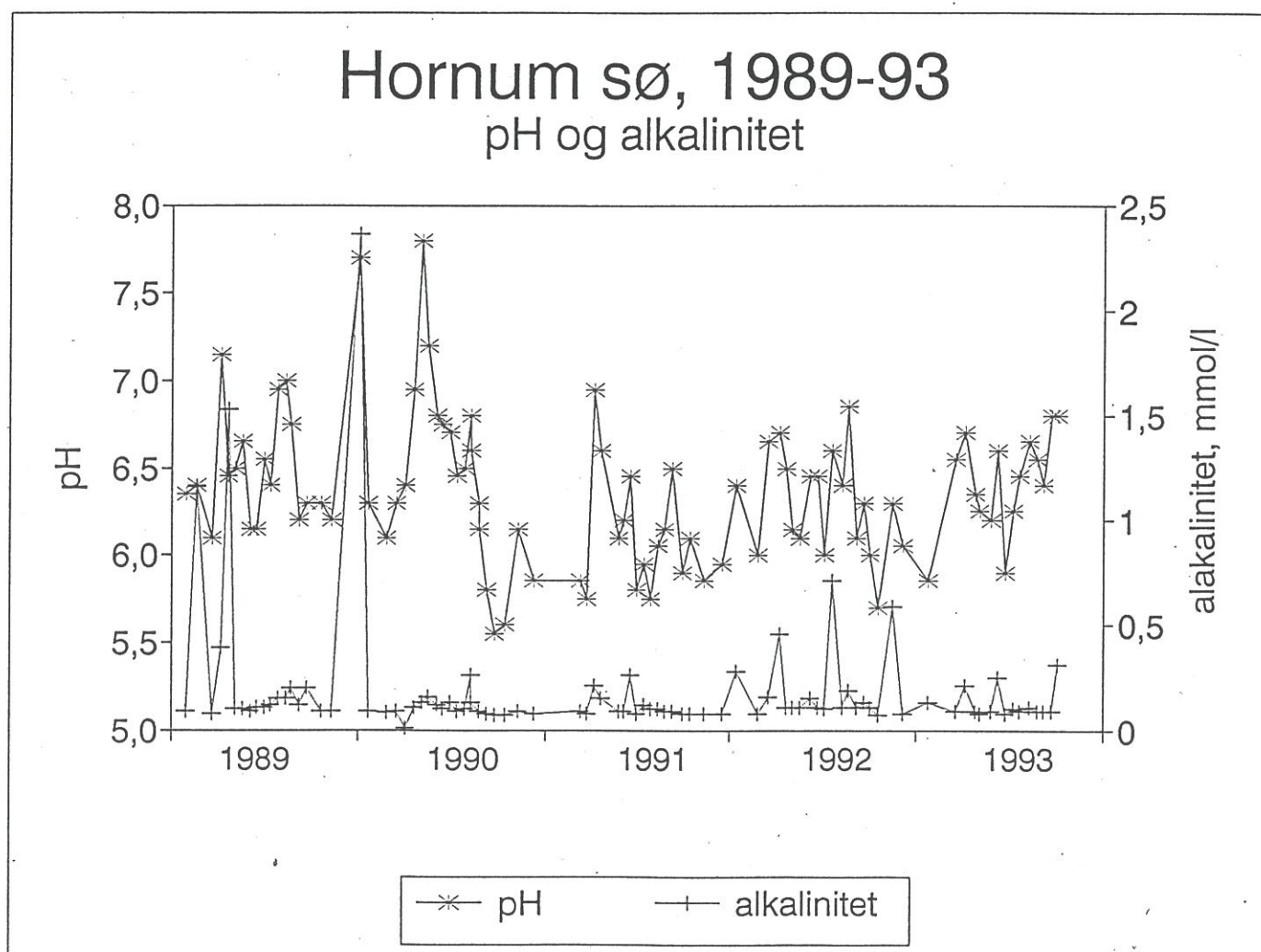
### Klorofyl-a

Klorofylkoncentrationen faldt i 1991 til en meget lav koncentration i forhold til tidligere år (figur 4.3). Dette niveau er opretholdt i 1992 og 1993.

Dette falder sammen med at de store opblomstringer af Blågrønalger som var meget markante i både 1989 og 1990 er forsvundet. Blågrønalger blev ikke registreret hverken i 1991, 1992 eller 1993.

## pH og alkalinitet

Det fremgår af figur 4.4, at Hornum sø er en svagt sur sø med en forholdsvis lav pH værdi året igennem. Der blev i perioden 1991 til 1993 registreret udsving i pH værdierne på ca. én enhed, hvilket er noget mindre end de to foregående år. Dette må tilskrives den langt lavere planktonproduktion.



Figur 4.4. pH samt alkalinitet i blandingsprøver fra hele vandsøjlen. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993.



I 1991 indtraf et fald i pH til et niveau, som er opretholdt i 1992 og 1993. Den reducerede fytoplanktonproduktion kan have været en medvirkende faktor, men næppe den eneste årsag til denne udvikling. Det må tages med i betragtningen, at søens bufferkapacitet overfor forsuring er meget lav, da alkaliniteten er lille.

### **COD, suspenderet stof og glødetab af suspenderet stof**

De målte værdier af COD, suspenderet stof og glødetab af suspenderet stof var i årene 1991 og 1992 lavt, og væsentlig lavere end i 1989 og 1990, hvor vandblomst af blå-grønalgler optrådte i eftersommeren (bilag 14).

### **Silicium**

Gennem alle år var søvandets indhold af Silicium under eller nær detektionsgrænsen ( $0,1 \text{ mg Si l}^{-1}$ ), bilag 14.

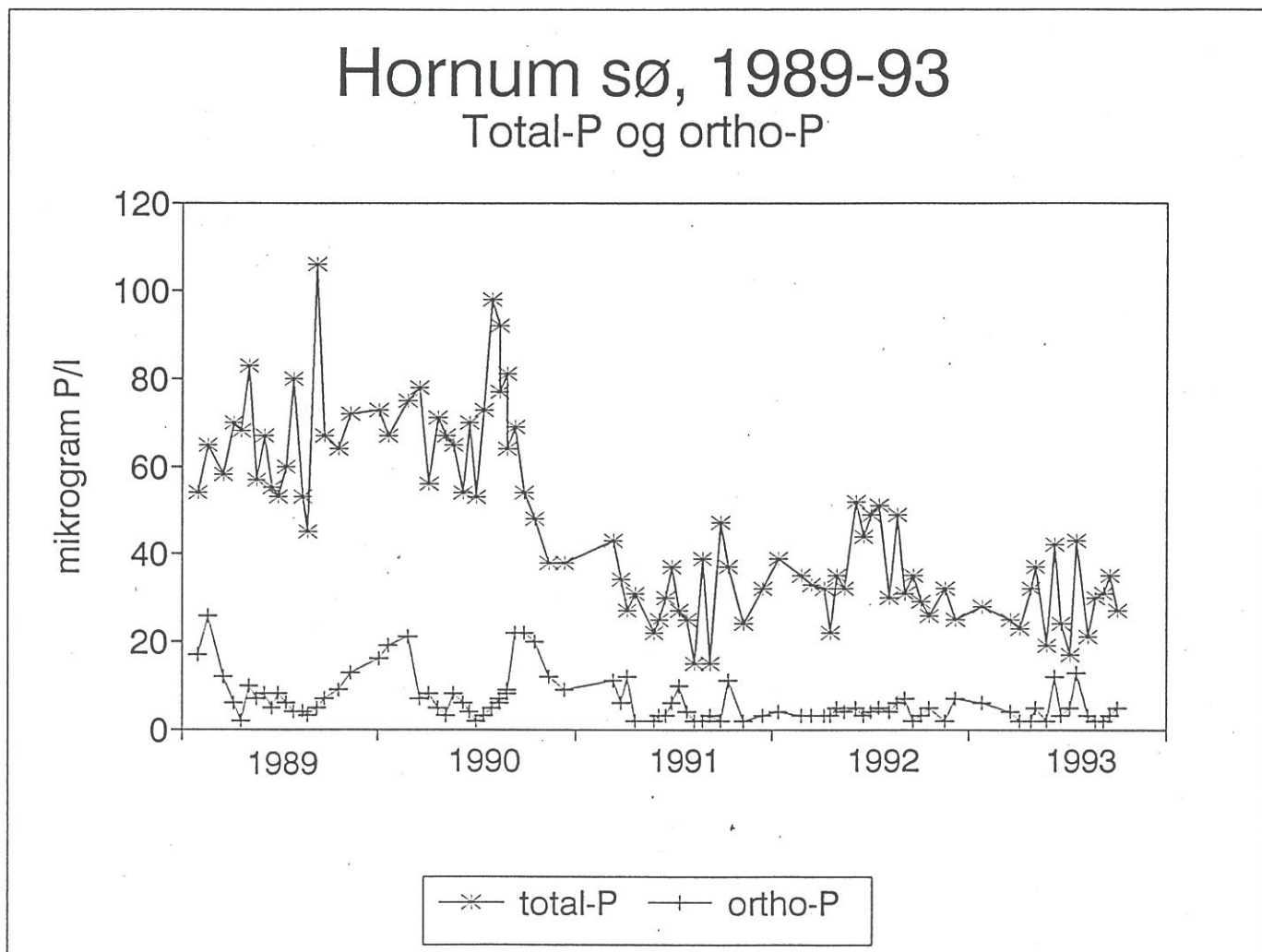
På grund af de lave næringsstofniveauer og det tilsvarende lave siliciumniveau er kiselalgerne kun i meget ringe omfang repræsenteret i Hornum sø's algesamfund.

### **Fosfor**

Total-fosfor niveauet i Hornum sø lå i sommerperioden i årene 1989–90 mellem  $66$  og  $74 \mu\text{g/l}$  (se figur 4.5). I modsætning hertil var gennemsnitskoncentrationen i 1991  $27 \mu\text{g/l}$ . I 1992  $38 \mu\text{g/l}$  og i 1993  $29 \mu\text{g/l}$ . Gennemsnitskoncentrationsniveauet i vinterperioden (se bilag 14) var også lavere end de tidligere år. Tilsyneladende starter faldet i koncentrationen i oktober–november 1990.

Mængden af frit opløst fosfat i sommerperioden var i alle årene lav ( $< 10 \mu\text{g P l}^{-1}$ ) og sommermiddelkoncentrationen var i årene 1989–93 mellem  $4$  og  $7 \mu\text{g P l}^{-1}$ . Al fosforet var i denne periode således bundet som partikulært fosfor, (dvs. alger). I efterårs og vintermånederne registreredes et noget højere niveau. Vintergennemsnit i de tre første år var således mellem  $16$  og  $18 \mu\text{g P}$ . I 1992 faldt niveauet til  $5 \mu\text{g P/l}$ . Dette niveau holdt i 1993. Søen må formodes at være fosforbegrænset i sommerperioden og nu ligeledes i en stor del af vinterperioden.

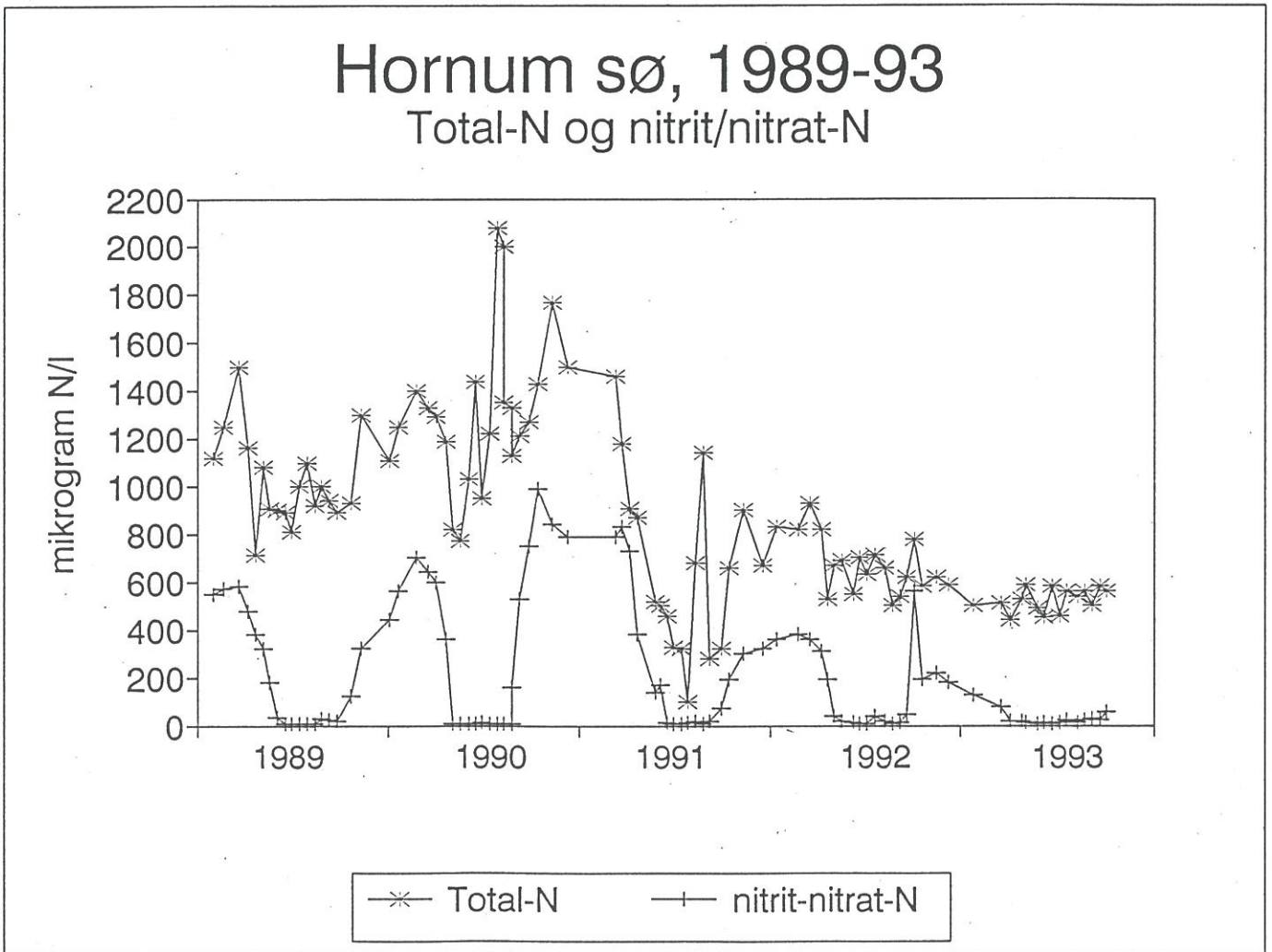
Der er i perioden 1989–93 sket en generel reduktion i P-arealbidraget i de nordjyske landbrugsoplande. Denne reduktion er slået igennem efter det meget nedbørsrige år 1990, som var det mest nedbørsrige år i 5-årsperioden. Støvring kommune oplyser, at der i 1989–93 er ført et aktivt tilsyn med landbrugene i oplandet. Der er dog ingen konkrete ændringer, som direkte kan forklare ændringerne i Hornum sø.



Figur 4.5. Koncentrationen af Total-fosfor og uorganisk fosfor (ortho-P) i blandingsprøver fra hele vandsøjlen. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

## Kvælstof

Tilsvarende er der i perioden 1989–93 indtruffet et fald i niveauet af total kvælstof og nitrit–nitrat kvælstof i søen (se figur 4.6). Denne ændring er ligeledes indtruffet imellem 1990 og 1991. Desuden var niveauet af Total-N i 1993 uden tydelige årstidsvariationer i modsætning til tidligere. Uorganisk-N udviste som tidligere en tydelig årstidsvariation i 1993 med et vintermiddel på 206  $\mu\text{g N/l}$  og et sommer middel på 28  $\mu\text{g N/l}$ .



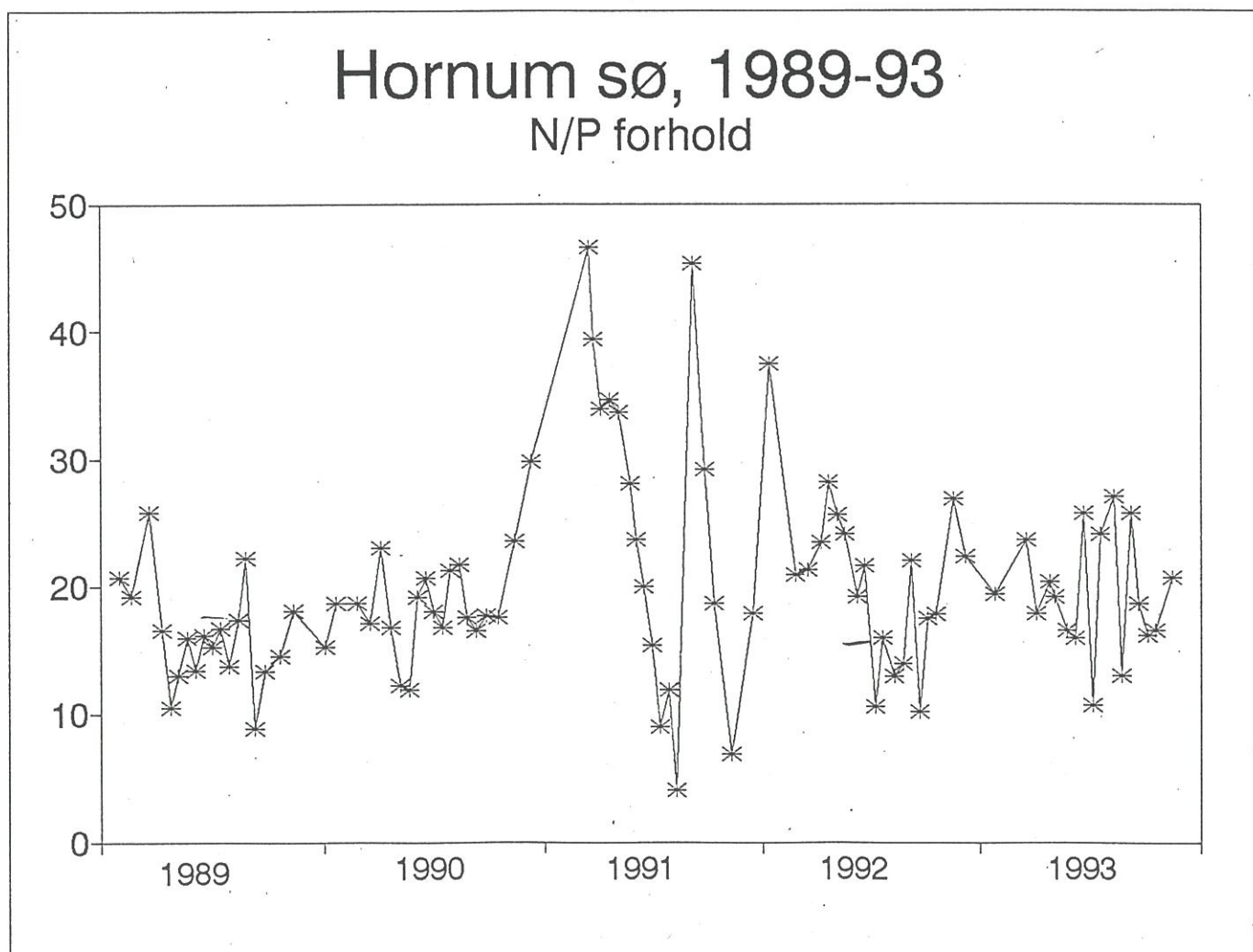
Figur 4.6.

Koncentrationen af Total-kvælstof og nitrit- og nitrat-kvælstof i blandingsprøver fra hele vandsøjlen. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993.

Mens ændringerne i koncentrationsniveauet for fosfors vedkommende er sammenfaldende med en generel reduktion af arealbidraget, kan der ikke peges på en tilsvarende sammenhæng for kvælstof. Det er derfor sandsynligt, at der er tale om lokale ændringer i vand- eller stofbalance indenfor søens opland.

### N/P forhold

Forholdet mellem total N og total P (på vægtbasis gennem perioden 1989-93 er vist i figur 4.7. Forholdet har i perioden varieret fra 5 - 48. I 1992 og 1993 lå forholdet mellem 10 og 30. Dette underbygger formodningen om at søen overvejende er P-begrænset.

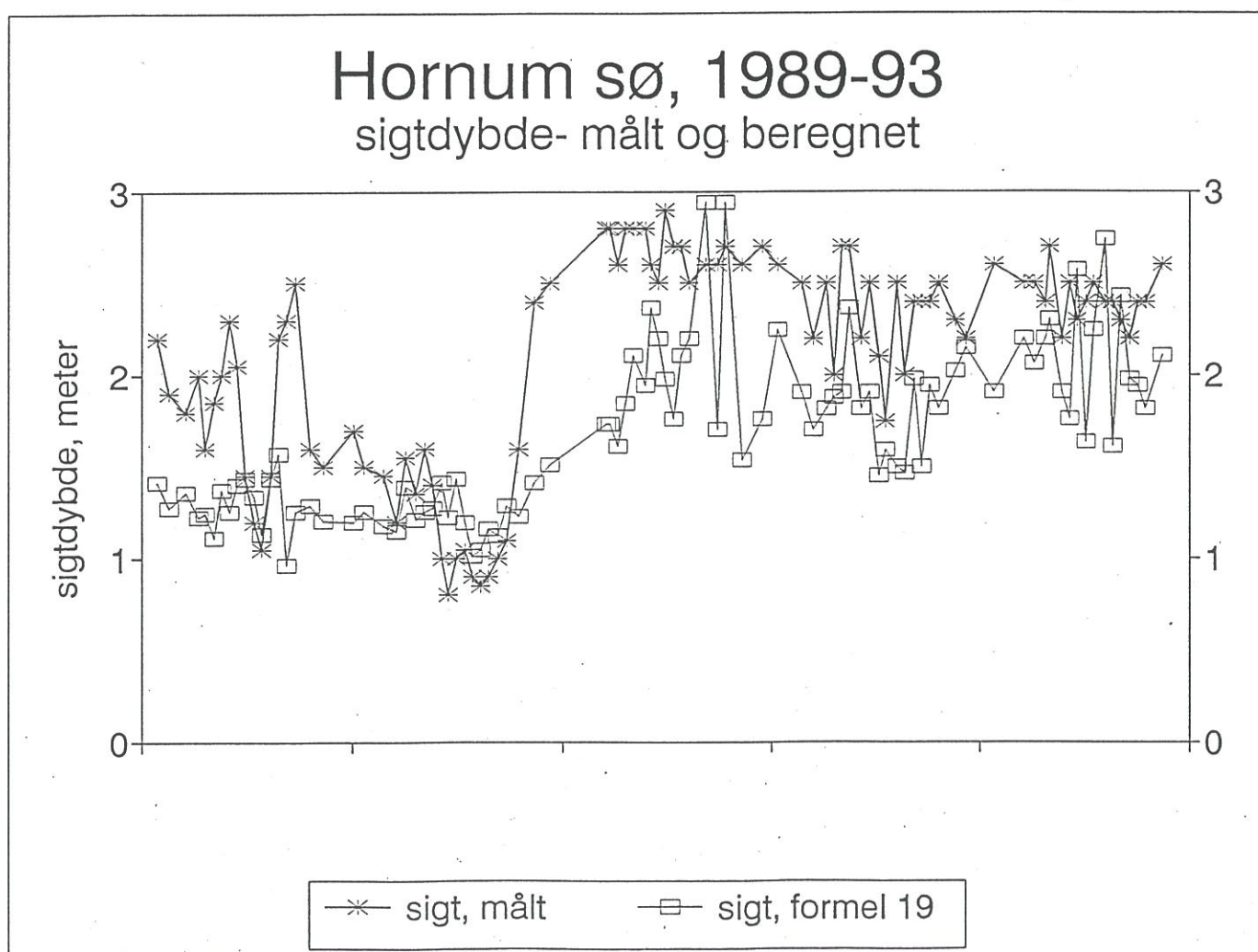


Figur 4.7. Forholdet mellem total-kvælstof og total-fosfor koncentrationen (på vægtbasis) i blandingsprøver fra hele vandsøjlen.

## Sammenhænge

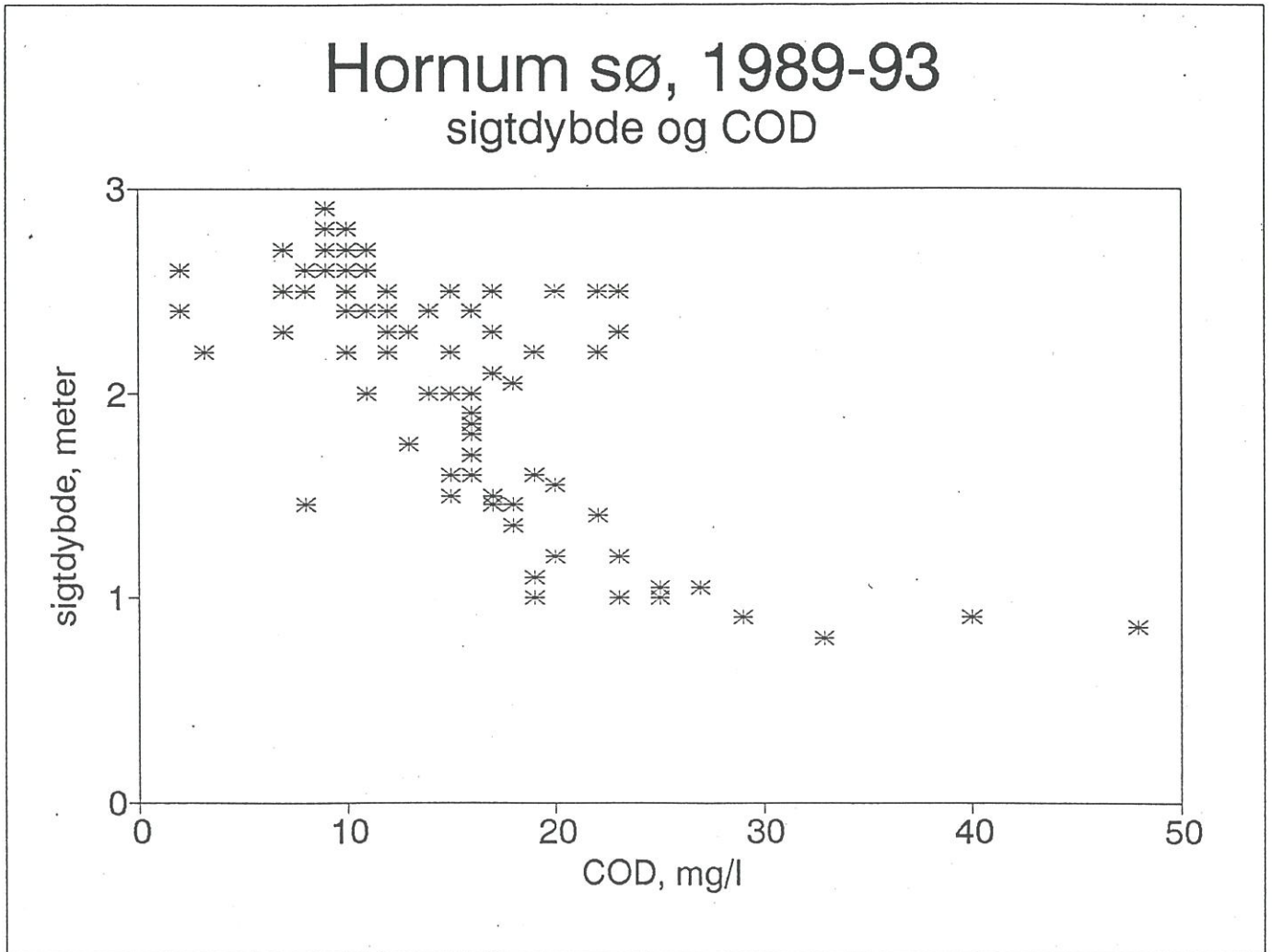
Der er på data for årene 1989–91 opstillet sammenhænge mellem sigt dybde og TP, sigt dybde og COD, sigt dybde og klorofyl-a, klorofyl-a og total-fosfor, klorofyl-a og total-kvælstof. Udfra erfaringerne fra tidligere år er det vurderet at være mest relevant, at opstille sammenhænge for data fra hele året.

Fig. 4.8 viser den målte sigt dybde for 1989–93 og den beregnede sigt dybde udfra formel 19 (DMU 1993). Relationen mellem sigt dybden og TP kan reproducere skiftet i niveauet for sigt dybden udfra ændringerne i TP koncentrationen. Modellen underestimerer dog sigt dybden i hovedparten af tiden.



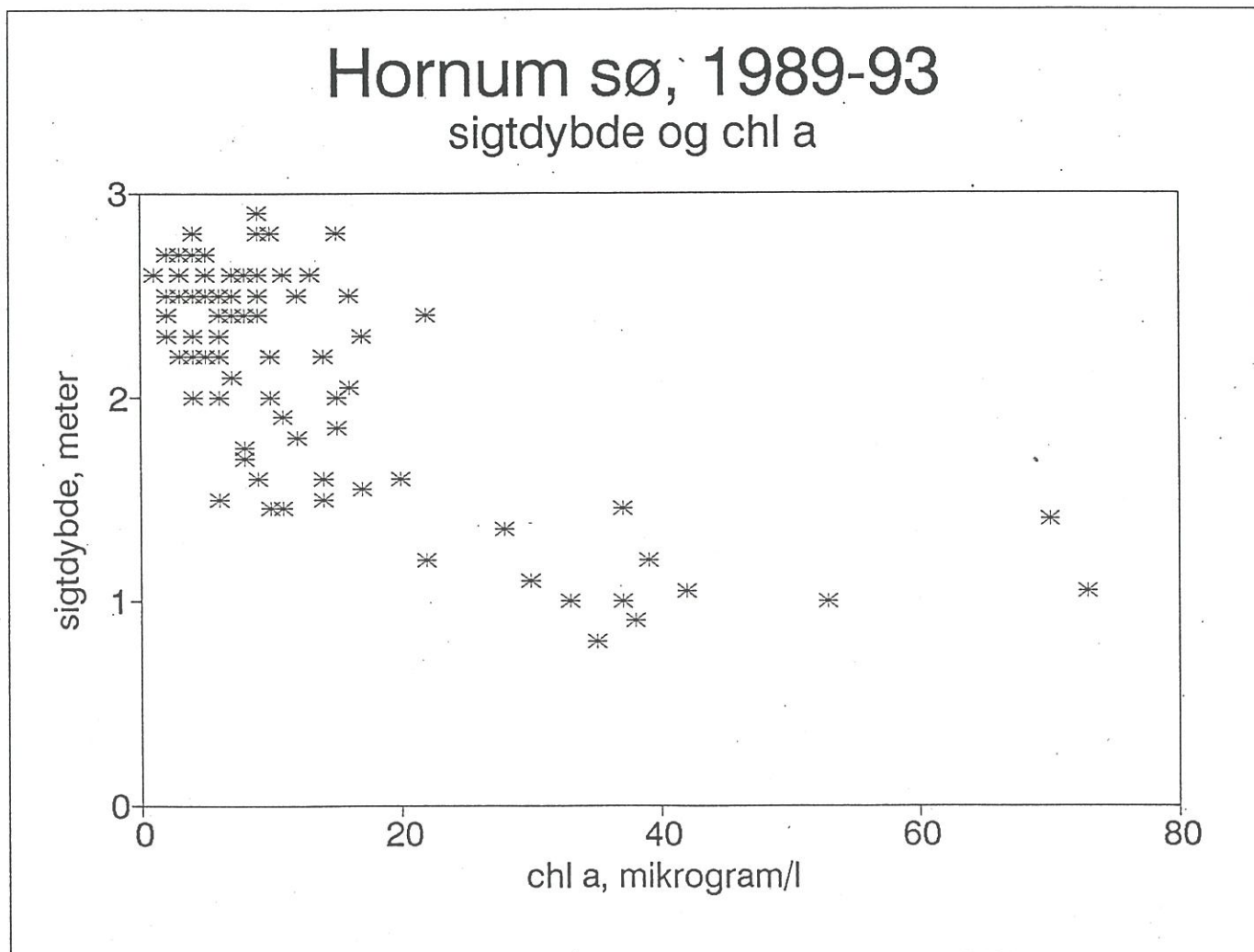
Figur 4.8. Målt sigt dybde, værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993, og sigt dybde beregnet ved hjælp af formel 19 (se Windolf et.al. 1993) udfra total-fosforkoncentrationen og søens middeldybde.

Sigtdybde og partikulært COD (figur 4.9) viser en tydelig negativ sammenhæng, som tilsyneladende er eksponentielt aftagende.



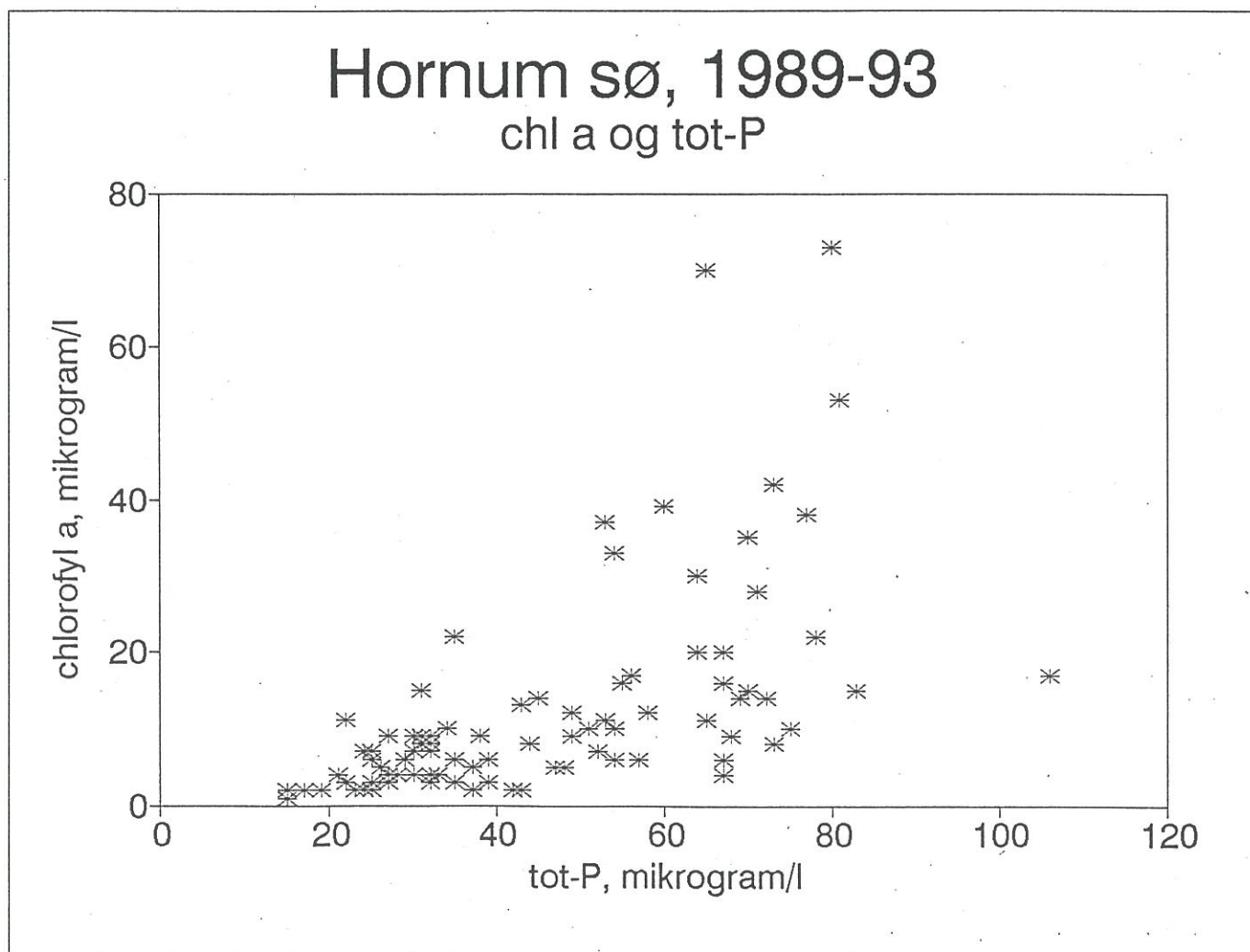
Figur 4.9. Sammenhørende værdier af sigtdybde og COD. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

Sigtdybde og klorofyl-a (figur 4.10) koncentrationen viser ligeledes en klar, negativ sammenhæng, som tilsyneladende er eksponentielt aftagende.



Figur 4.10. Sammenhørende værdier af sigtdybde og chlorofyl a. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

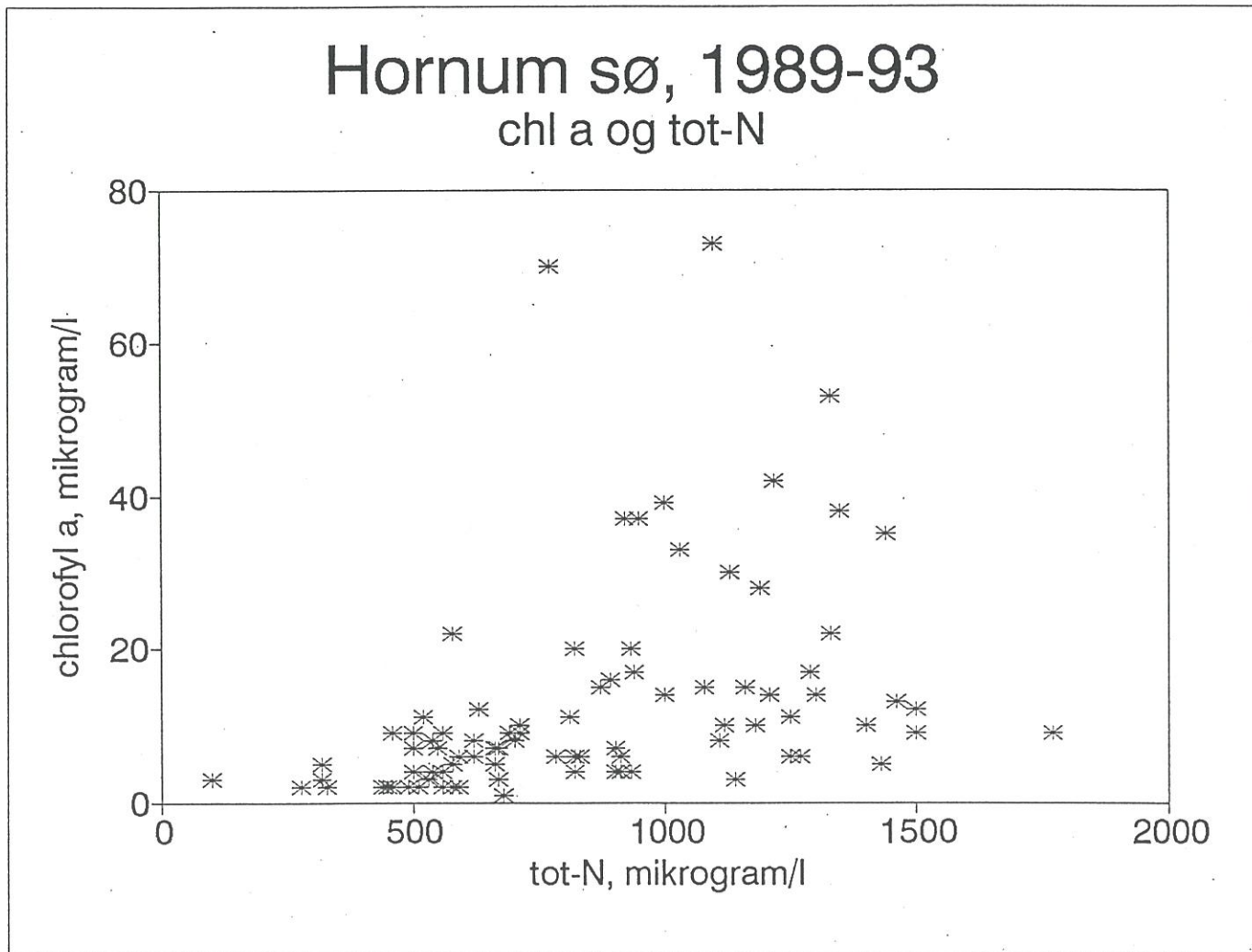
Klorofyl-a og total-fosfor koncentrationen (figur 4.11) viser tilsyneladende en positiv eksponentiel sammenhæng på årsbasis. Værdierne viser dog stor spredning. Dette tyder på at algeforekomsterne i Hornum sø i høj grad styres af fosforniveauet, hvorved sammenhængen mellem faldet i fosforkoncentrationen og klorofylkoncentrationen fra 1989-1990 til 1991-1993 kan forklares.



Figur 4.11. Sammenhørende værdier af chlorofyl a og total-fosfor. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.



Klorofyl-a og total-kvælstof koncentrationen (figur 4.12) viser tilsyneladende en positiv sammenhæng. Også disse værdier viser stor spredning. En sammenhæng der sandsynligvis skyldes at kvælstofniveauet specielt i 1989 og 1990 var knyttet til de store klorofyl a koncentrationer i forbindelse med opblomstringer af blågrønalger.



Figur 4.12. Sammenhørende værdier af chlorofyl a og total-kvælstof. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989-1993.

#### 4.4. Sedimentkemi

Der var ikke i 1993 tegn på intern fosforbelastning som følge af afgivelse af P fra sedimentet.

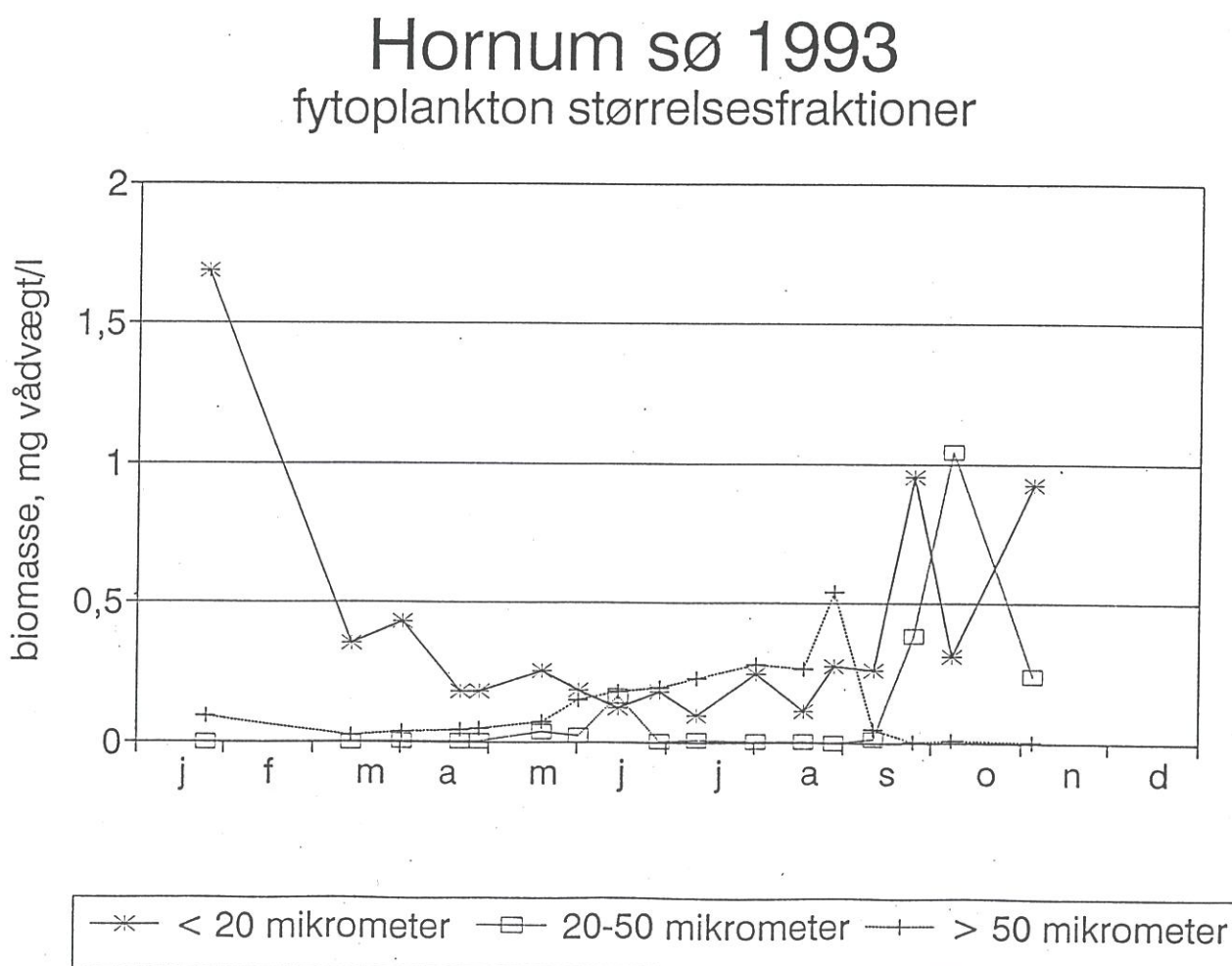
#### 4.5. Biologiske undersøgelser

##### Fytoplankton.

Artsliste og opgørelse af fytoplanktonbiomasse på enkeltarter og taxonomiske grupper findes i bilag 16. Det bemærkes specielt, at BioConsult har bestemt den mest betydende af de grupper, som i de foregående år har været angivet som ubestemte  $< 2 \mu\text{m}$  til en blågrønalg af ordenen *Chroococcales*, muligvis fra slægten *Synechococcus*.

Fytoplanktons årstidsvariation i vådvægt, fordelt på størrelsesgrupperne  $< 20 \mu\text{m}$ ,  $20\text{--}50 \mu\text{m}$  og  $> 50 \mu\text{m}$  er vist i figur 4.13.

I forårsperioden afveksler maksima af celler af *Chroococcales*, *Ochromonas*, *Dictyosphaerium subsolitarium* og ubestemte flagellater  $< 5 \mu\text{m}$ .



Figur 4.13. Fytoplankton biomasse, opgjort som vådvægt (mg/l) fordelt på størrelsesfraktioner. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen i perioden 1989–1993.

I juni – august domineredes fytoplankton dels af dinophyceer med en GALD-værdi større end 50  $\mu\text{m}$  (*Peridinium willei* og *Ceratium hirundinella*) dels af en række arter af grønalger < 20  $\mu\text{m}$  (*Dictyosphaerium subsolitarium*, *Sphaerocystis schroeteri* og *Elakatothrix genevensis*) ubestemte flagellater under 5  $\mu\text{m}$  og i august tillige *Chrysococcus sp.*

Efter et mindre maksimum af *Volvox spp* i september domineredes fytoplankton året ud af arter mindre end 50  $\mu\text{m}$ , overvejende af grønalger og gulalger. I oktober dominerer uroglena sp og i november rekylalgen *Rhodomonas lacustris*.

Fytoplanktons biomasse var lav gennem hele året. De højeste værdier var 1,8 mg vådvægt/l i januar og 1,4 mg/l i oktober. Sommergennemsnittet var 0,4 mg/l, hvilket er den laveste værdi, der er registreret i perioden 1989–1993.

De tre arter, der indgår i DMU's trofiskala (*Sphaerocystis schroeteri* og *Rhodomonas lacustris*) er karakteristiske for Total fosfor og orto-fosfor koncentrationer i den laveste ende af skalaen (Windolf et. al. 1993).

Som konsekvens af, at de små (1–2  $\mu\text{m}$ ) encellede alger i 1993 henførtes til chroococcales udgjorde blågrønalger mere end 10% af biomassen i 14 dage (bilag 14). Dette er dog ikke udtryk for en praktisk ændring i forhold til tidligere år, hvor disse organismer blev angivet som ubestemte.

## Zooplankton.

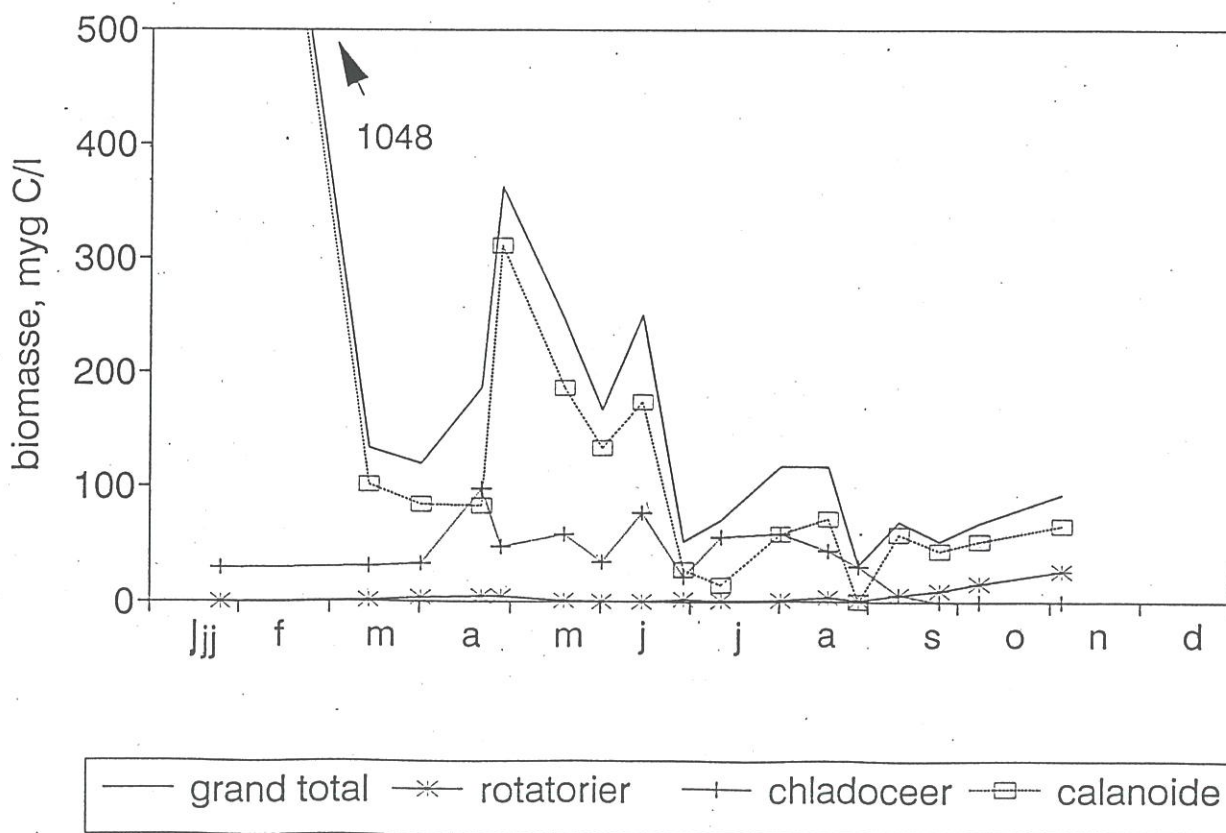
Årstidsvariationen i zooplanktons fordeling på hovedgrupper, angivet som biomasse ( $\mu\text{gC/l}$ ) er vist i figur 4.15. Se iøvrigt bilag 11. Frem til starten af juli var zooplankton domineret af calanoide copepoder (*Eudiotomus graciloides*).

I denne periode optrådte desuden *Bosmina longirostris* og *Diaphanosoma brachyurum*. I juli og august var der afvekslende dominans af små chladoceer og *Eudiotomus graciloides*.

Fra medio september og året ud udgjorde *Eudiotomus* hovedparten af zooplanktons biomasse. Der var samtidig en forøgelse af hjuldyrenes biomasse.

I 1993 blev der registreret 10 arter af zooplankton i Hornum sø. Både for så vidt angår arternes indbyrdes fordeling og det ringe artstal er situationen svarende til de tidligere år. Idet arter af slægten *Daphnia* ikke har kvantitativ betydning i søen er chladoceindekset 0.

## Hornum sø 1993 zooplankton hovedgrupper

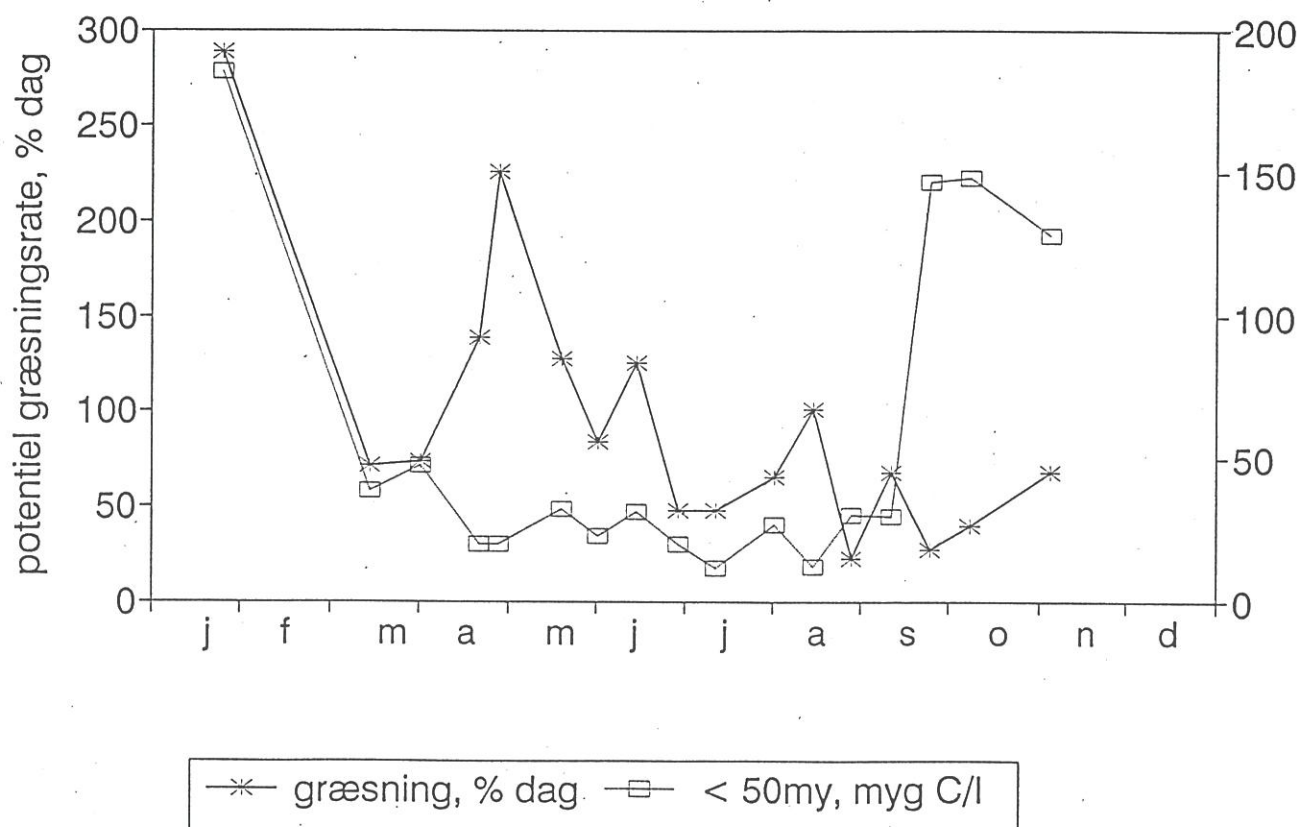


Figur 4.15. Zooplankton biomasse, opgjort som mikrogram kulstof/l. Total biomasse (grand total) og fordelingen på de tre taxonomiske hovedgrupper. Værdier fra Hornum sø, tre zooplanktonstationer i perioden 1989–1993.

Zooplanktons potentielle græsningsrate (i %/dag) er vist i figur 4.16, sammen med fytoplankton i biomassen  $< 50 \mu\text{m}$ . Græsningsraten var høj (mere end 50%), men stærkt fluktuerende indtil starten af september. Tilsyneladende udgjorde zooplanktons græsning i denne periode en effektiv begrænsning af biomassen af alger  $< 50 \mu\text{m}$ . Fra september og året ud var græsningstrykket tilsyneladende ikke længere begrænsende for fytoplanktons vækst.

## Hornum sø 1993

### græsningsrate og fytoplankton $< 50 \mu\text{m}$



Figur 4.16. Zooplanktons beregnede græsningsrate som procent af biomassen af fytoplankton med en GALD værdi mindre end 50 mikrometer, samt biomassen af fytoplankton med en GALD værdi mindre end 50 mikrometer udtrykt som mikrogram kulstof/l. Værdier fra Hornum sø, hovedstationen og tre zooplanktonstationer i 1993.

De registrerede zooplankton biomasser og dennes fordeling på grupper, svarer til forholdene i 1989 og 1992, samt i 2. halvdel af 1991.

Der er ikke i Hornum sø, som det er tilfældet i Madum sø tegn på kraftig predation på zooplankton fra fiskeyngel i 1993.

## Vegetation.

De registrerede arter i Hornum sø, 1993 er angivet i bilag 12.

Det relative plantefyldte volumen var i gennemsnit for hele søen 3,4%, dækningsgraden fordelt på 0,5 meters intervaller varierede fra 45 – 76%.

De dominerende arter på dybder indtil 2,5 m var lobelie, strandbo, sortgrøn brasenføde, liden siv og Fontinalis. Stedvis fandtes desuden vand-pileurt.

Den lave værdi for RPV er således udtryk for vegetationens højde og søens middeldybde, snarere end vegetationens udbredelse.

Som tidligere nævnt blev vegetationens udbredelse i 1983 beskrevet ud fra 3 transekter. Sammenstilling af resultaterne fra denne undersøgelse og resultaterne i 1993 peger ikke umiddelbart på ændringer i vegetationens artssammensætning eller dybdegrænserne for de enkelte arter. Der er dog måske en tendens til større dybdeudbredelse og bedre sundhedstilstand af vegetationen i 1993.

### 4.6 Samlet vurdering.

Vandkemien i Hornum sø i 1993 svarer til forholdene i 1991 og 1992. Det skift, der er sket imellem 1990 og 1991 er således fastholdt, dvs. at sommermiddelkoncentrationen af TP og TN er ca. halveret. Samtidig er klorofyl a koncentrationen stærkt reduceret, og sigtdybden væsentligt forbedret. Den generelle relation mellem total fosfor og sigtdybde kan reproducere dette forløb, men sigtdybden underestimeres ved de høje værdier, jfr. også bemærkningerne om Madum sø. De faldende koncentrationer af TP kan hænge sammen med en generelt faldende P-transport i søens opland.

Imidlertid er beregninger af søens vand- og stofbalance behæftet med stor usikkerhed, dels fordi der ikke findes overjordiske til- og afløb, dels fordi grundvandsoplandets størrelse er usikkert bestemt (kalkopland). Det er derfor ikke relevant at opstille sammenhænge mellem stoftilførsler og søvandskoncentration og retentioner for de tilførte stoffer.

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold:

- Store årstids- og år til år variationer i sigtdybde, fytoplankton og zooplanktonbiomasse samt græsningsrate.
- Et relativt artsrigt fytoplankton, hvori optræder blågrønalger, cryptophyceer, dinophyceer, gulalger og grønalger, samt ubestemte flagellater.
- Artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små chladoceer, generelt ringe forekomst af Daphnia arter.
- Fiskebestanden domineret af en enkelt art, Aborre, skidtfiskeindex = 0,3%.

Der forekommer i perioden 1989 – 1993 i princippet 2 typiske sommersituationer.

- 1) Karakteriseret ved stærkt varierende og ofte ringe sigtddybde, bl.a. i forbindelse med vandblomst af blågrønalger. Forekommer i 1989 og 1990.
- 2) karakteriseret ved generelt god sigtddybde (ofte til bund), uden forekomst af vandblomst. Forekommer i 1991, 92 og 93.

Skiftet mellem de to tilstande hænger sandsynligvis sammen med de ændringer i vandkemien, specielt TP niveauet, der er indtrådt i 1990/91. År til år variationerne i sigtddybde og algebiomasse kan således ikke forklares alene ud fra zooplanktons græsningsrate (og dermed fiskenes predationstryk på zooplankton) som det er tilfældet i Madum sø.

Udfra fiskeundersøgelserne i 1991 beregnes en biomasse i Hornum sø, som er lavere end hvad der kunne forventes ved søens P-niveau. Artssammensætningen og skidt-fiskeindekset er som forventeligt. Ved undersøgelserne fandtes ingen tegn på stor yngelrekruttering af aborre i 1990, som det var forventeligt udfra zooplanktonbiomassen og erfaringerne fra Madum sø. Tilsvarende er der ikke fundet tegn på væsentlig yngelrekruttering de øvrige år. Der kan ikke umiddelbart peges på årsager hertil.

Fraværet af Daphnia arter i zooplankton har ingen sammenhæng med højt predationstryk fra fiskeyngel, men er et udtryk for en normal tilstand i søer af denne type. Dominans af calanoide copepoder er beskrevet for Kvie sø og Holm sø (Ribe amt 1991), alpesøer (Lampert and Muck 1985) og oligotrofe, blødvande søer i Estland (Timm 1991).

Vegetationens artssammensætning og dybdegrænser er tilsyneladende uændrede siden 1980, plantesamfundet er karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø.

Søen har gennem perioden 1989–93 bevæget sig fra en ustabil tilstand til en tilstand som er i bedre overensstemmelse med den naturgivne tilstand og recipientmålsætningen. Det specifikke krav til sommersigtddybden har været opfyldt i 1991, 92 og 93.

## 5. Referencer.

Bidstrup, J. 1993: Fiskene i Madum og Hornum sø 1991, Nordjyllands amt, Miljøkontoret, intern rapport, 24 s + bilag.

Bjørnsen, P. K., J. Windolf-Larsen og P. Nielsen 1993: Søkartering III: vegetationsbeskrivelse af 6 søer: Råbjerg sø, Råbjerg Mile søer, Nørlev sø, Poulstrup sø, Hornum sø og Lille sø samt vegetationskort af brakvandsområder, Lund fjord og Halkær bredning. Udarbejdet for Nordjyllands amtskommune, amtsvandvæsenet i serien Miljøprojekter.

Gjerding, K. 1890: Bidrag til Helligum Herreds Beskrivelse og Historie (ed D.H.Wulff). Aalborg 1890.

Hansen, A-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann og P. Andersen 1992: Zooplankton i søer - Metoder og artsliste. Prøvetagning, bearbejdning og rapportering ved undersøgelser af zooplankton i søer. Miljøprojekt nr. 205. Miljøstyrelsen.

Hovmand, F., L. Gundahl, E.H. Runge, K. Kemp og W. Aistrup 1993: Atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor. Faglig rapport fra DMU nr. 91, 1993.

Kristensen, P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., & Rebsdorff, Aa. 1990: Prøvetagning og analysemetoder i søer - teknisk anvisning. Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser. 27 s.

Lampert, W. and P. Muck 1985: Multiple aspects of food limitation in zooplankton communities: the Daphnia - Eudiaptomus example. Arch. Hydrobiol. Beih. 21, p. 311-322.

Larsen, J. B., Å. Andersen og M. Sørensen 1980: Søkartering II: vegetationsbeskrivelse af 6 nordjyske søer: Store økssø, Madum sø, Øje sø, Navn sø, Sjørup sø og Farsø sø. Udarbejdet for Nordjyllands amtskommune, amtsvandvæsenet i serien Miljøprojekter.

Lyshede, J.M. 1955: Hydrological studies of danish watercourses. Folia geographica danica. Tom. VI. København.

Miljøstyrelsen 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-1997. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2 1993.

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

Nordjyllands Amt 1990: Vandmiljø overvågning. Søer. Forvaltningen for teknik og miljø, Miljøkontoret. Upubliceret.

Nordjyllands Amt 1991: Kvalitetsplan for vandløb og søer.



Nordjyllands Amt 1993: Vandmiljø overvågning. Søer. Forvaltningen for teknik og miljø, Miljøkontoret. Upubliceret.

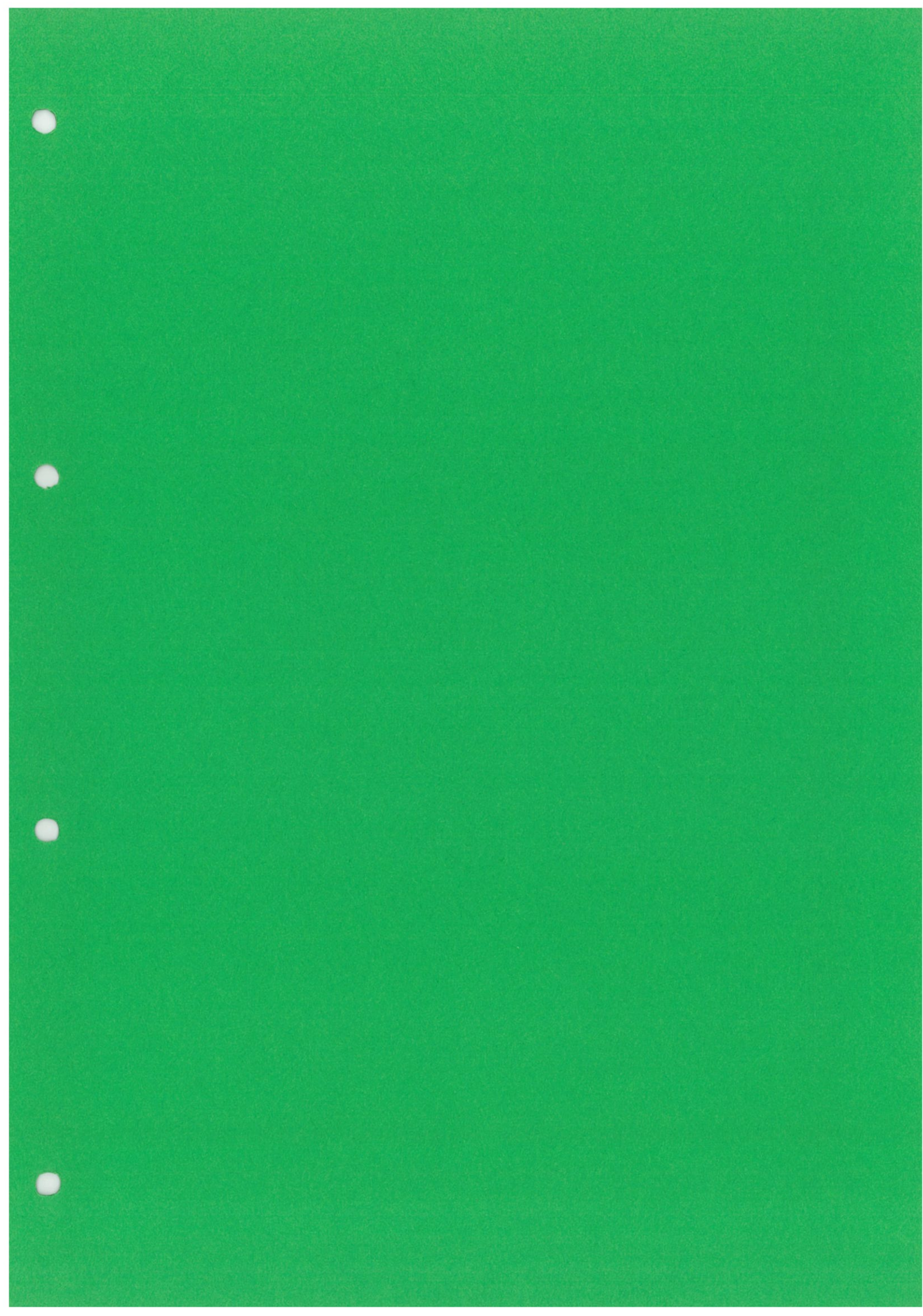
Ribe amt 1992: Kvie sø og Holm sø. Miljøtilstand. – Vandmiljøovervågning.

Rebsdorf, Aa. og E. Nygaard 1991: Danske sure og forsurede søer. – Status og udviklingstendenser. Miljøprojekt nr. 184. Miljøstyrelsen.

Sode, A. og Wiberg-Larsen, P. 1993: Første fund af Vårfluen *Limnephilus borealis* (Zetterstedt, 1840) (Trichoptera, Limnephilidae) i Danmark. Ent. Meddr. 61, 1. 1993.

Timm, T. ed. 1991: State of the Estonian Soft –Water Lakes. A monograph. Estonian Academy of Sciences, Institute of Zoology and Botany, Tartu. 308 p. (In Russian with English summary.)

Windolf, J., E. Jeppesen, M. Søndergaard, J.P. Jensen og L. Sortkjær 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1992. – Ferske Vandområder. – Søer. Faglig rapport fra DMU, nr. 90.

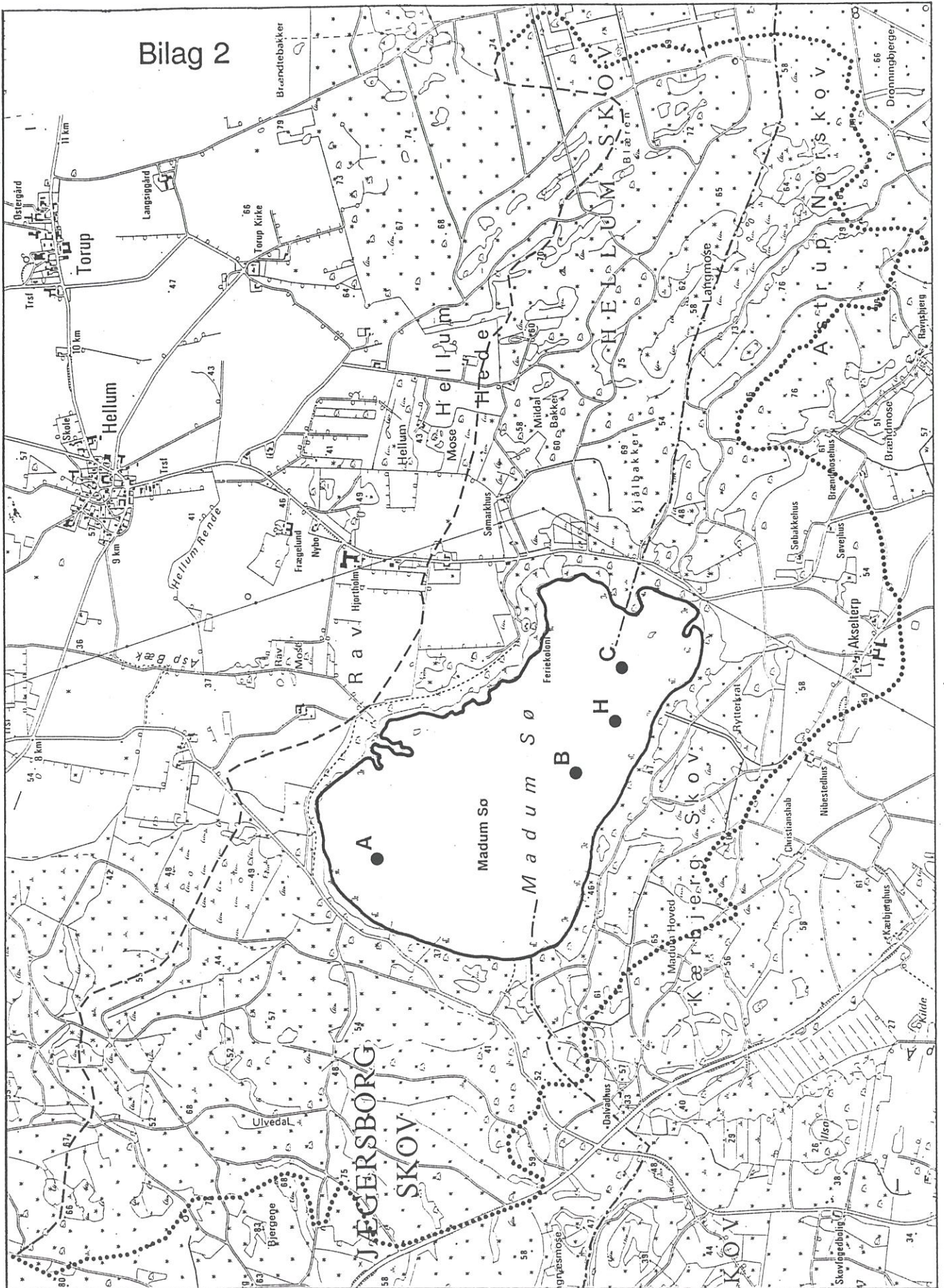


# Bilag 1

## Morfometriske data for Madum sø.

Søens areal	km <sup>2</sup>	2,120
Søens volumen	mio. m <sup>3</sup>	6,215
Største dybde	m	8,1
Middel dybde	m	2,93
Kystlængde	km	6,492
Arealindex I(a)	km <sup>2</sup>	2,55
Dybdeindex I(d)	m	4,8

Bilag 2



Oversigtskort over Madum sø med oplandsgrænse og markering af prøvetagningsstationer (H = hovedstation, A, B og C = zooplanktonstationer).

## Bilag 3

Arealanvendelse i oplandet til Madum sø (opgjort ved planimetri på luftfotografier (1:10.000) og data fra Arealdatakontoret), 1989.

	ha	%
Dyrket areal	103	9,3
Eng	12	1,1
Løvskov	111	10,0
Nåleskov	617	55,6
Heder	45	4,1
Moser	-	-
Ferskvand	213	19,2
Bebygget	9	0,8



Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton µg C/l	DATO																	
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115	
Taxonomisk gruppe ROTATORIA Keratella cochlearis Polyarthra remata CLADOCERA Bosmina longirostris CALANOIDA Eudiaptomus graciloides	69.1	105.4	139.5	187.6	308.3	185.2	78.6		.9	10.8 5.7	4.7 .9	8.8 7.4	9.5 .5	1.9 7.2	1.1 5.0	2.1 1.1	1.1 .5	39.2

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM µg C/l	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
GRAND TOTAL Taxonomisk grupper ROTATORIA CLADOCERA CALANOIDA	109.7	159.5	221.8	244.8	452.7	185.2	78.6	.9	16.5	5.6	16.3	10.0	11.1	7.6	8.8	7.4	39.2
	69.1	105.4	139.5	187.6	308.3	185.2	78.6	.9	16.5	5.6	16.3	10.0	9.2	6.1	3.2	1.5	39.2
	40.6	54.1	82.3	57.2	144.0								1.9	1.5	5.7	5.9	

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton volumenbiomasse mm <sup>3</sup> /l = mg vådvægt/l	DATO																	
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115	
Taxonomisk gruppe ROTATORIA Keratella cochlearis Polyarthra remata CLADOCERA Bosmina longirostris CALANOIDA Eudiaptomus graciloides	1.2281	1.8737	2.4802	3.3351	5.4814	3.2916	1.3976		.0168	.1923 .1268	.0834 .0198	.1568 .1654	.1682 .0114	.0347 .1607	.0201 .1104	.0378 .0236	.0189 .0107	.6967
	.7218	.9615	1.4630	1.0166	2.5598								.0346	.0275	.1005	.1043		











LAG 5: Artsliste for undervands- og flydebladsplanter samt dominerende arter fra rørskov.

SØ: Madum

AMT: Nordjylland ÅR: 1993

ID-Kode	Art	Dansk navn
Fontinazm2	Fontinalis sp	Kildemos sp
Isoe Lacb4	Isoetes lacustris	Sortgrøn Brasenføde
Lobe Dorb4	Lobelia dortmanna	Lobelia
Litt Unib4	Littorella uniflora	Strandbo
Sphagnuzm2	Sphagnum sp.	Art af Tørvemos
Drepanczm2	Drepanocladus sp.	Seglmos sp.
Junc Bulb4	Juncus bulbosus	Liden Siv
Phragmizb4	Phragmites sp.	Tagrør sp.
Crostrab4	Carex rostrata	Nøb-Star
Eleo Palbx	Eleocharis palustris	Alm. Sumpstrå
Ranu Flab4	Ranunculus flammula	Nedbøjet Ranunkel
Ranusceb4	Ranunculus sceleratus	Tigger Ranunkel
Salix zb4	Salix sp.	Pil sp.
Batrachzb4	Batrachium sp.	Art af Vandranunkel
Chara ZP4	Chara sp.	Art af Kransnål
Sparganzb4	Sphagnum sp.	Art af Pindsvineknop
Font Antm2	Fontinalis antipyretica	Almindelig Kildemos

56°48'n.Br. - 2°  
beligge



# Bilag 6

Madum sø 1991

Vandbalance

Dato	Datevalue	måned	Vandspejl	Vandsp. ændr, m	nedbør mm	fordampni mm	Af/tilstr mm	søareal m <sup>2</sup>	af/tilstr m <sup>3</sup>
01/01/1991	33239		36.63						
01/02/1991	33270	januar	36.66	37	68	2	-29	2120000	-61130
01/03/1991	33298	februar	36.70	33	31	6	8	2120000	17974
01/04/1991	33329	marts	36.74	43	45	19	17	2120000	35303
01/05/1991	33359	april	36.70	-43	52	46	-48	2120000	-101487
01/06/1991	33390	maj	36.68	-17	31	80	32	2120000	68203
01/07/1991	33420	juni	36.58	-100	100	68	-132	2120000	-280900
01/08/1991	33451	juli	36.55	-31	37	95	27	2120000	56967
01/09/1991	33482	august	36.48	-70	26	71	-25	2120000	-52958
01/10/1991	33512	septembe	36.49	13	67	42	-11	2120000	-23560
01/11/1991	33543	oktober	36.51	14	53	13	-26	2120000	-56124
01/12/1991	33573	november	36.51	4	91	4	-83	2120000	-175121
01/01/1992	33604	december	36.51	0	32	3	-29	2120000	-61692
Sum				-116	631	448	-299		-634525







Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet					
Sigtedybde – sommer (1/5 – 30/9)					
Sigtedybde gns. (m)	6,31	4,72	4,94	2,74	4,97
Sigtedybde 50 % fraktil (m)	6,60	3,74	4,76	2,40	5,0
Største sigtedybde (m)	7,30	7,30	7,30	6,00	7,05
Mindste sigtedybde (m)	1,75	2,15	2,75	1,50	3,1
Fosfor – sommer (1/5 – 30/9)					
Total fosfor gns. (mg P/l)	0,026	0,026	0,021	0,036	0,029
Total fosfor 50% fraktil (mg P/l)	0,026	0,027	0,019	0,034	0,028
Total fosfor max. (mg P/l)	0,039	0,034	0,031	0,056	0,050
Total fosfor min. (mg P/l)	0,015	0,017	0,015	0,020	0,015
Opløst fosfat gns. (mg P/l)	0,004	0,003	0,003	0,003	0,007
Opløst fosfat 50% fraktil (mg P/l)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004
Opløst fosfat 25% fraktil (mg P/l)	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003
Opløst fosfat max. (mg P/l)	0,010	0,005	0,005	0,004	0,025
Opløst fosfat min. (mg P/l)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Part. P (PTOT-PO4P) gns (mg P/l)	0,022	0,023	0,018	0,033	0,022
Part. P (PTOT-PO4P) 50% (mg P/l)	0,021	0,023	0,016	0,031	0,024
Part. P (PTOT-PO4P) 25% (mg P/l)	0,018	0,021	0,016	0,021	0,018
Part. P (PTOT-PO4P) max. (mg P/l)	0,037	0,032	0,027	0,052	0,025
Part. P (PTOT-PO4P) min. (mg P/l)	0,012	0,015	0,012	0,017	0,013
Kvælstof – sommer (1/5 – 30/9)					
Total kvælstof gns. (mg N/l)	0,517	0,471	0,563	0,548	0,398
Total kvælstof 50% fraktil (mg N/l)	0,498	0,457	0,524	0,520	0,390
Total kvælstof max. (mg N/l)	0,900	0,620	0,620	0,780	0,510
Total kvælstof min. (mg N/l)	0,250	0,330	0,330	0,370	0,330
Opl. uorg. N gns. (mg N/l)	0,067	0,022	0,138	0,050	0,048
Opl. uorg. N 50% fraktil (mg N/l)	0,042	0,011	0,170	0,020	0,025
Opl. uorg. N 25% fraktil (mg N/l)	0,029	0,010	0,035	0,020	0,013
Opl. uorg. N max. (mg N/l)	0,213	0,059	0,270	0,180	0,217
Opl. uorg. N min. (mg N/l)	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020

Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet					
Part-N/part-P – sommer (1/5 – 30/9)					
Part-N/part-P gns.	22,1	20,2	24,9	16,2	17,0
Part-N/part-P 50% fraktil	22,2	19,6	20,3	16,8	16,3
Part-N/part-P max.	43,8	21,8	47,1	24,5	23,8
Part-N/part-P min.	8,1	12,1	12,5	10,6	11,7
Klorofyl a – sommer (1/5 – 30/9)					
Klorofyl a gns. (mg/l)	0,004	0,006	0,006	0,010	0,005
Klorofyl a 50% fraktil (mg/l)	0,005	0,006	0,006	0,011	0,005
Klorofyl a 75% fraktil (mg/l)	0,006	0,007	0,007	0,013	0,006
Klorofyl a max. (mg/l)	0,040	0,009	0,010	0,016	0,010
Klorofyl a min. (mg/l)	0,002	0,001	0,004	0,003	0,001
Øvrige variable – (1/5 – 30/9)					
pH gns. (mg/l)	5,38	5,71	5,45	5,92	
Total alkalinitet gns. (mg/l)	0,14	0,08	0,07	0,17	0,06
Silikat gns. (mg/si/l)	0,10	0,16	0,10	0,12	0,15
Suspenderet stof gns. (mg ts/l)	< 5	5,2	5,0	5,2	2,1
Glødetab af susp. stof (mg ts/l)	< 5	5,2	5,0	5,0	2,0
Part. COD gns. (mg O <sub>2</sub> /l)	6,3	8,1	7,2	15,0	6,2
Nitrat+nitrit+kvælstof gns. (mg N/l)	0,049	0,022	0,127	0,036	0,036
Ammonium-kvælstof gns. (mg N/l)	0,018	0,012	0,011	0,014	0,012
Alle variable – vinter (1/12 – 31/3)					
Total fosfor gns. (mg P/l)	0,049	0,056	0,027	0,035	0,028
Opløst fosfat gns. (mg P/l)	0,006	0,003	0,002	0,003	0,007
Total kvælstof gns. (mg N/l)	0,873	0,726	0,958	0,790	0,732
Nitrat+nitrit+kvæstof gns. (mg N/l)	0,422	0,124	0,014	0,273	0,357
Ammonium-kvælstof gns. (mg N/l)	0,050	0,033	0,008	0,019	0,048
Klorofyl a gns. (mg/l)	0,014	0,052	0,005	0,011	0,006

Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet					
Alle variable - vinter (1/12 - 31/3)					
pH gns.	5,71	5,41	5,22	6,3	5,64
Total alkalinitet gns. (meq/l)	0,16	0,08	0,06	0,13	0,07
Silikat gns. (mg Si/l)	0,51	0,35	0,10	0,18	0,19
Suspenderet stof gns. (mg ts/l)	< 5	5,7	5,7	5,0	2,5
Glødetab af susp. stof (mg ts/l)	< 5	6,3	6,3	5,0	3,3
Part. COD gns. (mg O <sub>2</sub> /l)	7,6	12,3	12,3	10,3	9,3

## BILAG 7 forts.

Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993
Biologiske data					
Plantep plankton – sommer (1/5 – 30/9)					
Biomasse, gns. vådvægt (mg/l)	1,4	4,0	0,9	6,3	1,8
Biomasse, < 20 $\mu$ , gns. vådvægt	0,34	0,7	0,8	1,5	0,64
Biomasse, < 20 $\mu$ , gns. %	24	17	88	40	52
Biomasse, 20–50 $\mu$ , gns. vådvægt	0,22	3,2	+	4,3	11
Biomasse, 20–50 $\mu$ , gns. %	16	80	1	45	44
Biomasse, > 50 $\mu$ , gns. vådvægt	0,8	0,1	0,1	0,5	0,07
Biomasse, > 50 $\mu$ , gns. %	57	3	11	15	4
Max. biomasse vådvægt (mg/l)	6,4	10,1	1,3	27,9	3,3
Min. biomasse (mg/l)	0,1	0,4	0,3	1,1	0,6
Blågrøn alger > 10% af biom., dage	0	0	0	0	90
Blågrøn alger > 25% af biom., dage	0	0	0	0	60
Blågrøn alger > 50% af biom., dage	0	0	0	0	42
Blågrøn alger > 75% af biom., dage	0	0	0	0	14
Blågrøn alger > 90% af biom., dage	0	0	0	0	14
Dyreplankton – sommer (1/5 – 30/9)					
Antal, gns. antal					
– Daphnia spp. gns. antal/ml	0	0	0	0	0
– små cladocerer* gns. antal/ml		0,010	0,035	0,042	0,046
– små cladocerer*/alle cladocerer %	100	100	100	100	100
Biomasse, gns. tørvægt (mg/l)	0,368	0,061	0,332	0,191	0,179
– hjuldyr (uden Asplanchna) (mg/l)	0,019	0,020	+	0,009	0,01
– Daphnia spp. (mg/l)	0	0	0	0	0
– Bosmina ssp. (mg/l)	0,145	0,024	0,039	0,135	0,133
– andre Cladocerer (mg/l)	0,045	+	0,065	0	0
– calanoide copepoder (mg/l)	0,158	0,017	0,228	0,039	0,033
– cyclopoide copepoder (mg/l)	0	0	0	0	0

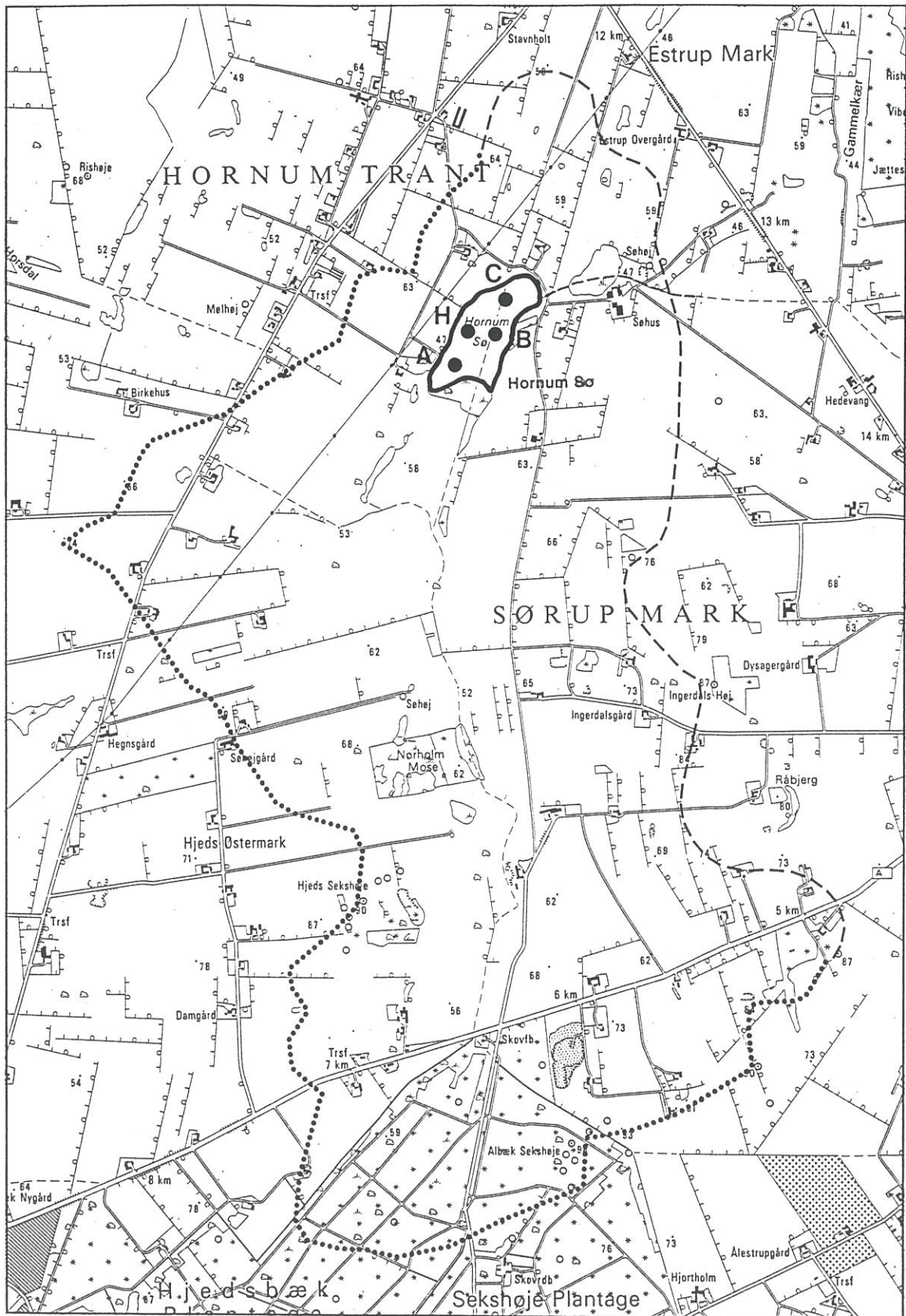
**BILAG 7 forts.**

Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993
Biologiske data					
Dyreplankton – sommer (fortsat)					
– rovzooplankton (mg/l) (uden copepoder og Asplanchna)	+	0	0	0	0
– små cladocerer* (mg/l)	0,191	0,024	0,104	0,135	0,133
– små cladocerer*/alle cladocerer %	100	100	100	100	100
Størrelse gns.					
– middellængde Daphnia ssp. (mm)					
– middellængde Bosmina ssp. (mm)					
– middellængde Cladocera (mm) – (uden rovzooplankton)					
– frekvensfordeling Cladocera (mm) (inkl. rovzooplankton)					
* små cladocerer = alle cladocerer, pånær arter af slægterne Daphnia, Polyphemus, Holopedium og rovdirene Leptodora og Botryotrephes.					

## Bilag 8

Morfometriske data for Hornum sø.

Søens areal	km <sup>2</sup>	0,112
Søens volumen	mio. m <sup>3</sup>	0,164
Største dybde	m	2,6
Middel dybde	m	1,46
Kystlængde	km	
Arealindex I(a)	km <sup>2</sup>	
Dybdeindex I(d)	m	



Oversigtskort over Hornum sø med oplandsgrænse og markering af prøvetagningsstationer (H = hovedstation, A, B og C = zooplanktonstationer).

## Bilag 10

Arealanvendelse i oplandet til Hornum sø (opgjort ved planimetri på luftfotografier (1:10.000) og data fra Arealdatakontoret).

	ha	%
Dyrket areal	597	75,9
Eng	35	4,4
Løvskov	13	1,7
Nåleskov	85	10,8
Heder	5	0,6
Moser	-	-
Ferskvand	24	3,0
Bebygget	20	2,5
Råstofgrave	9	1,1

Bilag 2.3 Den klassificerede del af oplandsarealet til Hornum sø fordelt på jordtyper. Data fra Arealdatakontoret.

	ha	%
FK 1 (grovsandet jord)	189	27,6
FK 2 (finsandet jord)	305	44,5
FK 3 (lerblandet sandjord)	191	27,9
FK 4 (sandblandet lerjord)	0	0,0
FK 5 (lerjord)	0	0,0
FK 6 (svær lerjord)	0	0,0
FK 7 (humus)	0	0,0
FK 8 (specielle jordtyper)	0	0,0





Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton µg C/l	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
Taxonomisk gruppe ROTATORIA			2.4	4.8	4.6	.8			2.3	.7	.9	2.6	1.1	4.3	6.6	12.2	20.2
Brachionus angularis		.9	1.1											.9	2.2	3.7	6.7
Keratella cochlearis																	
Polyarthra remata																	
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum																	
Bosmina longirostris	28.4	30.6	32.3	97.8	12.9	47.2	29.0	77.3	21.6	56.6	58.7	43.9	30.4	5.9			
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	1020.2	102.2	83.8	83.5	310.9	186.4	133.5	173.9	28.3	14.1	58.2	71.6		58.6	43.5	52.8	66.1

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM µg C/l	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
GRAND TOTAL	1048.7	133.6	119.7	186.1	362.8	245.2	167.1	251.2	52.3	71.4	117.7	118.0	31.5	69.7	52.3	68.7	93.0
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA		.9	3.6	4.8	4.6	.8			2.3	.7	.9	2.6	1.1	5.2	8.8	15.9	26.8
CLADOCERA	28.4	30.6	32.3	97.8	47.3	58.0	33.6	77.3	21.6	56.6	58.7	43.9	30.4	5.9			
CALANOIDA	1020.2	102.2	83.8	83.5	310.9	186.4	133.5	173.9	28.3	14.1	58.2	71.6		58.6	43.5	52.8	66.1

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton volumenbiomasse mm <sup>3</sup> /l = mg vådvægt/l	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
Taxonomisk gruppe ROTATORIA			.0435	.0850	.0816	.0147			.0416	.0117	.0159	.0455	.0193	.0769	.1175	.2165	.3587
Brachionus angularis		.0159	.0204											.0202	.0491	.0824	.1482
Keratella cochlearis																	
Polyarthra remata																	
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum					.2288	.8384	.5161	1.3742	.3842	1.0060	1.0430	.7802	.5400	.1055			
Bosmina longirostris	.5053	.5439	.5734	1.7387	.6126	.1925	.0815										
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	18.138	1.8162	1.4904	1.4844	5.5272	3.3132	2.3729	3.0920	.5037	.2512	1.0341	1.2727	1.0411	.7739	.9385	1.1753	



Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM antal/l	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
GRAND TOTAL	273.8	416.1	635.1	1505.3	1435.9	514.7	243.2	422.8	705.3	275.2	475.2	837.1	440.7	1422.9	2349.6	4172.9	7079.1
Taxonomisk grupper	165.8	307.0	516.6	1326.2	1157.7	314.9	63.8	153.9	646.9	242.3	369.8	723.8	398.0	1388.2	2332.1	4147.8	7050.7
ROTATORIA	19.1	26.9	25.8	61.6	44.7	61.3	33.8	74.2	25.1	12.0	71.1	66.7	29.1	9.1	9.1	9.1	9.1
CLADOCERA	88.9	82.2	92.7	117.6	233.6	138.4	145.6	194.7	33.3	20.9	34.2	46.7	13.6	25.6	17.6	25.1	28.4
CALANOIDA																	

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton Biomasse (C) - procentvis sammensætning	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA																	
Brachionus angularis		.7	2.0	2.6	1.3	.3			4.5	.9	.8	2.2	3.5	6.2	12.6	17.7	21.7
Keratella cochlearis			1.0											1.3	4.2	5.4	7.2
Polyarthra remata																	
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum	2.7	22.9	26.9	52.6	9.5	4.4	2.7	30.8	41.3	79.3	49.8	37.2	96.5	8.5			
Bosmina longirostris																	
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	97.3	76.4	70.0	44.9	85.7	76.0	79.9	69.2	54.2	19.8	49.4	60.7	84.0	83.2	76.9	71.1	

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton Biomasse (C) - procentvis sammensætning	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
GRAND TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA		.7	3.0	2.6	1.3	.3			4.5	.9	.8	2.2	3.5	7.5	16.8	23.1	28.9
CLADOCERA	2.7	22.9	26.9	52.6	13.0	23.7	20.1	30.8	41.3	79.3	49.8	37.2	96.5	8.5			
CALANOIDA	97.3	76.4	70.0	44.9	85.7	76.0	79.9	69.2	54.2	19.8	49.4	60.7	84.0	83.2	76.9	71.1	

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton Volumenbiomasse procentvis sammensætning	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
Taxonomisk gruppe ROTATORIA																	
Brachionus angularis		.7	2.0	2.6	1.3	.3			4.5	.9	.8	2.2	3.5	6.2	12.5	17.5	21.3
Keratella cochlearis			1.0											1.6	5.2	6.7	8.8
Polyarthra remata																	
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum																	
Bosmina longirostris	2.7	22.9	26.9	52.6	9.5	4.4	17.4	30.8	41.3	79.3	49.8	37.2	96.5	8.5			
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	97.3	76.4	70.0	44.9	85.7	76.0	79.9	69.2	54.2	19.8	49.4	60.7	83.7	82.3	75.8	69.9	

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton Volumenbiomasse procentvis sammensætning	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
GRAND TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA		.7	3.0	2.6	1.3	.3			4.5	.9	.8	2.2	3.5	7.8	17.7	24.2	30.1
CLADOCERA	2.7	22.9	26.9	52.6	13.0	23.7	20.1	30.8	41.3	79.3	49.8	37.2	96.5	8.5			
CALANOIDA	97.3	76.4	70.0	44.9	85.7	76.0	79.9	69.2	54.2	19.8	49.4	60.7	83.7	82.3	75.8	69.9	

Hornum Sø, Hovedstation - Zooplankton

Arternes specifikke volumener i 10*3 µm3/individ = 10-3 µg vådvægt/individ	DATO																
	930125	930318	930405	930426	930503	930525	930607	930621	930706	930719	930809	930823	930906	930920	931004	931018	931115
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA																	
Brachionus angularis			282.6						66.1	62.7	62.7	63.6	59.2	68.4	67.7	68.4	68.0
Keratella cochlearis	69.3		67.6	73.9	73.0	49.4								79.5	82.3	84.4	83.3
Polyarthra remata																	
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum					27092	17149	21911	18514	15301	83834	14667	11703	18549	11583			
Bosmina longirostris	26442	20227	22243	28246	16912	15468	7971.3										
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	567853	56596	51828	37304	39900	39428	40465	40522	17848	15698	38763	36259	44174	63025	45866	39676	

# Bilag 13

Hornum sø 1991

## Vandbalance

Dato	Datevalue	måned	Vandspejl kote i m	Vandsp. ændr i mm	nedbør mm	fordampn mm	af/tilstr mm	areal m2	Q-nedbør m3	Q-til/fra m3
01/01/1991	33239		45.50							
01/02/1991	33270	januar	45.57	66.38	67.5	1.6	0.5	112592	7600	54
01/03/1991	33298	februar	45.63	59.96	30.7	5.7	35.0	112592	3457	3936
01/04/1991	33329	marts	45.65	23.55	45.2	18.7	-2.9	112592	5089	-332
01/05/1991	33359	april	45.62	-32.29	51.5	46.2	-37.6	112592	5798	-4232
01/06/1991	33390	maj	45.61	-12.71	30.5	80.1	36.9	112592	3434	4153
01/07/1991	33420	juni	45.54	-65.00	100.1	67.6	-97.5	112592	11270	-10978
01/08/1991	33451	juli	45.43	-112.86	36.8	95.1	-54.6	112592	4143	-6143
01/09/1991	33482	august	45.38	-51.54	26.2	71	-6.7	112592	2950	-759
01/10/1991	33512	september	45.37	-6.59	66.6	42.3	-30.9	112592	7499	-3478
01/11/1991	33543	oktober	45.36	-6.81	52.7	12.6	-46.9	112592	5934	-5282
01/12/1991	33573	november	45.37	7.18	90.9	3.9	-79.8	112592	10235	-8987
01/01/1992	33604	december	45.38	14.53	32.4	3.3	-14.6	112592	3648	-1640
Sum				-116	631	448	-299			-33688





01/01/1993	33970	45.36																		
01/02/1993	34001	januar	45.366	6.00	82	4.8	-71.2	112592	9233	-8017										
01/03/1993	34029	februar	45.42	54.00	21.5	4.5	37.0	112592	2421	4166										
01/04/1993	34060	martis	45.40114	-18.86	19.4	22.3	-16.0	112592	2184	-1797										
01/05/1993	34090	april	45.35304	-48.10	22.6	52.2	-18.5	112592	2545	-2083										
01/06/1993	34121	maj	45.23286	-120.19	17.5	87.3	-50.4	112592	1970	-5673										
01/07/1993	34151	juni	45.11143	-121.43	26.8	96.2	-52.0	112592	3017	-5858										
01/08/1993	34182	juli	45.1098	-1.63	108.8	72.2	-38.2	112592	12250	-4305										
01/09/1993	34213	august	45.05255	-57.24	96.8	60.7	-93.3	112592	10899	-10510										
01/10/1993	34243	september	45.08	27.45	53.9	31.2	4.7	112592	6069	535										
01/11/1993	34274	oktober	45.135	55.00	71.9	12	-4.9	112592	8095	-552										
01/12/1993	34304	november	45.2904	155.40	60	5.7	101.1	112592	6756	11383										
01/01/1994	34335	december	45.1554	-135.00	82.3	34.2	-183.1	112592	9266	-20615										
Sum				-205	664	483	-385			-43325										

Hornum sø	1989	1990	1991	1992	1993
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet					
Sigtedybde – sommer (1/5 – 30/9)					
Sigtedybde gns. (m)	1,81	1,10	2,68	2,30	2,39
Sigtedybde 50 % fraktil (m)	1,88	0,97	2,65	2,40	2,40
Største sigtedybde (m)	2,05	1,60	2,9	2,7	2,7
Mindste sigtedybde (m)	1,05	0,80	2,5	1,8	2,2
Fosfor – sommer (1/5 – 30/9)					
Total fosfor gns.	0,066	0,074	0,027	0,038	0,029
Total fosfor 50% fraktil (mg P/l)	0,066	0,069	0,027	0,034	0,030
Total fosfor max. (mg P/l)	0,106	0,098	0,039	0,052	0,043
Total fosfor min. (mg P/l)	0,045	0,053	0,015	0,022	0,014
Opløst fosfat gns. (mg P/l)	0,006	0,007	0,005	0,004	0,005
Opløst fosfat 50% fraktil (mg P/l)	0,006	0,006	0,003	0,004	0,003
Opløst fosfat 25% fraktil (mg P/l)	0,003	0,004	0,002	0,003	0,002
Opløst fosfat max. (mg P/l)	0,010	0,009	0,012	0,007	0,013
Opløst fosfat min. (mg P/l)	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002
Part. P (PTOT-PO <sub>4</sub> P) gns (mg P/l)	0,060	0,067	0,022	0,034	0,024
Part. P (PTOT-PO <sub>4</sub> P) 50% (mg P/l)	0,061	0,063	0,022	0,030	0,027
Part. P (PTOT-PO <sub>4</sub> P) 25% (mg P/l)	0,050	0,056	0,019	0,027	0,018
Part. P (PTOT-PO <sub>4</sub> P) max. (mg P/l)	0,101	0,089	0,037	0,047	0,030
Part. P (PTOT-PO <sub>4</sub> P) min. (mg P/l)	0,042	0,051	0,013	0,019	0,015
Kvælstof – sommer (1/5 – 30/9)					
Total kvælstof gns. (mg N/l)	0,944	1,360	0,575	0,660	0,527
Total kvælstof 50% fraktil (mg N/l)	0,918	1,203	0,583	0,665	0,540
Total kvælstof max. (mg N/l)	1,100	2,080	1,140	0,930	0,590
Total kvælstof min. (mg N/l)	0,810	0,770	0,108	0,500	0,440
Opl. uorg. N gns. (mg N/l)	0,085	0,079	0,170	0,099	0,028
Opl. uorg. N 50% fraktil (mg N/l)	0,045	0,027	0,084	0,037	0,024
Opl. uorg. N 25% fraktil (mg N/l)	0,022	0,013	0,042	0,021	0,021
Opl. uorg. N max. (mg N/l)	0,338	0,160	0,790	0,370	0,041
Opl. uorg. N min. (mg N/l)	0,017	0,010	0,020	0,020	0,020

Hornum sø	1989	1990	1991	1992	1993
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet					
Part-N/part-P – sommer (1/5 – 30/9)					
Part-N/part-P gns.	15,2	19,3	19,9	17,4	22,7
Part-N/part-P 50% fraktil	15,8	18,4	15,7	17,3	22,3
Part-N/part-P max.	21,6	23,4	50,2	23,9	28,0
Part-N/part-P min.	8,8	12,1	3,0	11,2	16,5
Klorofyl a – sommer (1/5 – 30/9)					
Klorofyl a gns. (mg/l)	0,023	0,050	0,006	0,007	0,003
Klorofyl a 50% fraktil (mg/l)	0,017	0,046	0,003	0,008	0,002
Klorofyl a 75% fraktil (mg/l)	0,027	0,062	0,008	0,009	0,004
Klorofyl a max. (mg/l)	0,073	0,108	0,015	0,012	0,004
Klorofyl a min. (mg/l)	0,004	0,020	0,001	0,003	0,002
Øvrige variable – (1/5 – 30/9)					
pH gns. (mg/l)	6,51	6,72	6,21	6,42	6,45
Total alkalinitet gns. (mg/l)	0,17	0,12	0,13	0,020	0,11
Silikat gns. (mg/si/l)	0,13	0,26	0,11	0,10	0,15
Suspenderet stof gns. (mg ts/l)	< 5	8,37	5,03	5,01	2,3
Glødetab af susp. stof (mg ts/l)	< 5	7,64	5,03	5,03	1,9
Part. COD gns. (mg O <sub>2</sub> /l)	19	28	10,7	10,7	9,45
Nitrat+nitrit+kvælstof gns. (mg N/l)	0,066	0,079	0,153	0,153	0,016
Ammonium-kvælstof gns. (mg N/l)	0,019	0,011	0,018	0,018	0,011
Alle variable – vinter (1/12 – 31/3)					
Total fosfor gns. (mg P/l)	0,059	0,071	0,044	0,033	0,028
Opløst fosfat gns. (mg P/l)	0,018	0,016	0,016	0,005	0,005
Total kvælstof gns. (mg N/l)	1,239	1,274	1,589	0,765	0,592
Nitrat+nitrit+kvælstof gns. (mg N/l)	0,558	0,544	0,907	0,293	0,194
Ammonium-kvælstof gns. (mg N/l)	0,055	0,069	0,016	0,021	0,012
Klorofyl a gns. (mg/l)	0,011	0,011	0,007	0,006	0,007

