

## TEKNISK RAPPORT

# ØRN SØ 2001

UDGIVER : Århus Amt, Natur & Miljøkontoret, Lyseng alle 1, 8270 Højbjerg  
TITEL : Ørn SØ 2001  
UDGIVELSEÅR : 2002  
FORFATTER : Torben Bramming Jørgensen  
EMNEORD : Søer, eutrofiering, vandmiljøplan, stoftransport, fytoplankton, zooplankton, fiskeyngel.  
FORMAT : A 4  
SIDETAL : 43 + bilag  
OPLAG : 40  
ISBN : 87-7906-219-9  
TRYK : Århus Amts Trykkeri, juni 2002.

ØRN SØ 2001

JUNI 2002

ÅRHUS AMT  
NATUR & MILJØ

TEKNISK RAPPORT

---

# ØRN SØ 2001

---





---

# Indholdsfortegnelse

Sammenfatning.....	3
Indledning .....	7
Klima .....	9
Vand- og stoftransport .....	11
Vandbalance.....	11
Stofbalance .....	13
Kildeopsplitning.....	15
Vandkemi .....	17
sigtdybde og klorofyl.....	17
kvælstof og fosfor .....	17
Profilmålinger .....	20
Udviklingen i Ørn Sø.....	24
Vandkemiske sammenhænge .....	27
Fyto- og zooplankton .....	31
Fytoplankton.....	31
Zooplankton.....	33
Fiskeyngel.....	37
Tilstand og målsætning.....	39
Referencer.....	41
Bilagsoversigt.....	43



# PROBABILITY

The probability of an event occurring is a measure of the likelihood that the event will occur. It is expressed as a number between 0 and 1, where 0 represents an impossible event and 1 represents a certain event.

If  $A$  and  $B$  are two events, the probability of  $A$  occurring is denoted by  $P(A)$ , and the probability of  $B$  occurring is denoted by  $P(B)$ . The probability of both  $A$  and  $B$  occurring is denoted by  $P(A \cap B)$ .

The probability of either  $A$  or  $B$  occurring is denoted by  $P(A \cup B)$ . This is given by the formula:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

If  $A$  and  $B$  are mutually exclusive events, then  $P(A \cap B) = 0$ , and the formula simplifies to:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

The probability of an event  $A$  not occurring is denoted by  $P(\bar{A})$ , and is given by:

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A)$$

If  $A$  and  $B$  are independent events, then the probability of both  $A$  and  $B$  occurring is given by:

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$$

The probability of either  $A$  or  $B$  occurring, given that  $A$  and  $B$  are independent, is given by:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B)$$

The probability of an event  $A$  occurring, given that event  $B$  has occurred, is denoted by  $P(A|B)$ . This is given by the formula:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Similarly, the probability of event  $B$  occurring, given that event  $A$  has occurred, is denoted by  $P(B|A)$ , and is given by:

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

If  $A$  and  $B$  are independent events, then  $P(A|B) = P(A)$  and  $P(B|A) = P(B)$ .

The probability of an event  $A$  occurring, given that event  $B$  has not occurred, is denoted by  $P(A|\bar{B})$ . This is given by the formula:

$$P(A|\bar{B}) = \frac{P(A) - P(A \cap B)}{1 - P(B)}$$

Similarly, the probability of event  $B$  occurring, given that event  $A$  has not occurred, is denoted by  $P(B|\bar{A})$ , and is given by:

$$P(B|\bar{A}) = \frac{P(B) - P(A \cap B)}{1 - P(A)}$$

If  $A$  and  $B$  are independent events, then  $P(A|\bar{B}) = P(A)$  and  $P(B|\bar{A}) = P(B)$ .

The probability of an event  $A$  occurring, given that event  $B$  has occurred, is denoted by  $P(A|B)$ . This is given by the formula:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Similarly, the probability of event  $B$  occurring, given that event  $A$  has occurred, is denoted by  $P(B|A)$ , and is given by:

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

If  $A$  and  $B$  are independent events, then  $P(A|B) = P(A)$  and  $P(B|A) = P(B)$ .

The probability of an event  $A$  occurring, given that event  $B$  has not occurred, is denoted by  $P(A|\bar{B})$ . This is given by the formula:

$$P(A|\bar{B}) = \frac{P(A) - P(A \cap B)}{1 - P(B)}$$

Similarly, the probability of event  $B$  occurring, given that event  $A$  has not occurred, is denoted by  $P(B|\bar{A})$ , and is given by:

$$P(B|\bar{A}) = \frac{P(B) - P(A \cap B)}{1 - P(A)}$$

If  $A$  and  $B$  are independent events, then  $P(A|\bar{B}) = P(A)$  and  $P(B|\bar{A}) = P(B)$ .

# Sammenfatning

Denne rapport indholder en beskrivelse af tilstanden i Ørn Sø i 2001 samt den udvikling, som har været i søen i de seneste tolv år.

Ørn Sø er som et led i Vandmiljøplanens overvågningsprogram udvalgt som en af de søer, der skal overvåges årligt. Århus Amt har derfor siden 1989 foretaget intensive undersøgelser i søen efter overvågningsprogrammets retningslinier.

## Ørn Sø

Søen er 42 ha stor, har et volumen på 1,7 mio. m<sup>3</sup> og en gennemsnitsdybde på ca. 4 meter. Maksimumdybden er 10,5 meter, men generelt er der kun et mindre område i søen, som er dybere end 6 - 7 meter. På grund af det forholdsvis lave vand og en hurtig gennemstrømning i søen dannes der kun i perioder med stille og varmt vejr et egentligt temperaturspringlag.

Langt den største del af den tilførte vandmængde kommer via Funder Å, som for den største dels vedkommende i øvrigt er grundvandsfødt.

## Klimatiske forhold

2001 var specielt i andet halvår en smule varmere end normalen. Det vurderes dog ikke, at temperaturforholdene generelt har influeret specielt på tilstanden i Ørn Sø i højere grad end i andre år.

Da langt den væsentligste vandtilførsel sker via Funder Å, betyder variationer i nedbøren meget lidt for gennemstrømningen og forholdene generelt i Ørn Sø. Det kan dog bemærkes, at der typisk er en større nedbør i området omkring Silkeborg og Ørn Sø end gennemsnitligt for Århus Amt.

## Vand- og næringsstofbalance

Der blev tilført ca. 34 mio. m<sup>3</sup> vand til Ørn Sø i 2001. Opholdstiden kan dermed beregnes til ca. 22 dage i gennemsnit. Generelt er der ikke megen variation i vandtilførslen til søen fra måned til måned og fra år til år. Årsagen er som nævnt, at den største del af det tilførte vand er grundvand.

Kvælstoftilførslen var ca. 44 ton eller 1,3 mg N/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration. Den lave indløbskoncentration medfører, at også kvælstofniveauet i søvandet er lavt. Kombineret med vandets korte

opholdstid bevirker dette videre, at kvælstoffjernelsen er beskeden. I 2001 blev der således fjernet 7 % af den tilførte kvælstof.

Som vandtilførslen er også tilførslen af kvælstof konstant fra måned til måned og fra år til år.

Der blev tilført 3,7 ton fosfor i 2001 svarende til 108 µg P/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration. Der er dermed en forholdsvis stor fosfortilførsel til Ørn Sø. Også fosfortilførslen er forholdsvis konstant over året. Der er sket en reduktion i den årlige tilførsel af fosfor siden starten af 1990'erne. Omkring 1990 var der en årlig fosfortilførsel på 7 - 8 ton, medens niveauet i de senere år har været omkring 3 - 4 ton.

29 % af den tilførte fosfor blev tilbageholdt i søen i 2001. I betragtning af vandets korte opholdstid er der dermed en forholdsvis stor fosfortilbageholdelse i Ørn Sø. Den store fosfortilbageholdelse skyldes en stor jerntilførsel. Det vurderes, at fosfortilbageholdelsen i en ligevægtsituation er større end de ca. 29 % i 2001 og at søen dermed ikke er i ligevægt med fosfortilførslerne. Fosfortilbageholdelsen har i øvrigt varieret mellem 20 og 30 % af tilførslerne i de sidste 7 - 8 år.

Oplandet til Ørn Sø er forholdsvis tyndt befolket og kun en mindre del er opdyrket. Der er derfor ikke nogen større enkeltkilder til næringsstofbelastningen af søen. Fosforkoncentrationen i det tilførte grundvand er temmelig høj og derfor udgør baggrundsbidraget en forholdsvis stor del af den samlede belastning til søen. Den væsentligste punktkildebelastning til Ørn Sø har tidligere været dambrugene i oplandet. I 2001 var der kun 6 dambrug tilbage og det samlede fosforbidrag fra disse 6 dambrug var kun 67 kg. Alt i alt overholdt de 6 dambrug således i væsentlig grad den fosforkvote på 1000 kg, som er sat for den samlede fosforudledning fra dambrugene i søens opland.

Der er stor forskel på den totale belastning til Ørn Sø beregnet ud fra målingerne i Funder Å og ud fra en summering af de enkelte kilders bidrag. Faktisk er kvælstoftilførslen beregnet ud fra enkeltkilderne 44 % større og fosfortilførslerne 24 % mindre end tilførslerne beregnet ud fra de faktiske målinger i vandløbet. En af forklaringerne på forskellen i kvælstoftilførslerne er sandsynligvis en kvælstoffjernelse i Funder Å, inden



vandet når Ørn Sø, således at der generelt sker en reduktion af kvælstofbelastningen fra alle enkeltkilderne, inden kvælstoffet når søen.

For fosfors vedkommende er der ingen åbenlyse forklaringer.

### Fysiske og kemiske forhold i Ørn Sø

Kun i juli og august var der en tendens til et temperaturspringlag i Ørn Sø i 2001. Ikke desto mindre var omsætningen og iltforbruget ved bunden dog så stor og ilttilførslen fra de øvre vandlag så beskeden, at der var meget lave iltkoncentrationer i bundvandet i store dele af sommeren. Første gang i starten af juni og igen i juli og august. I juli blev der registreret iltkoncentrationer mindre end 2 mg/l helt op i 3 - 4 meters dybde. Da også nitratindholdet var meget lavt i sommermånederne, var der en stor fosforfrigivelse i denne periode. Der blev således målt fosforkoncentrationer på 300 µg P/l i bundvandet i juli måned.

Generelt varierer fosforniveaet i bundvandet meget fra år til år afhængig af varigheden af den periode, hvori der ikke tilføres ilt fra overfladevand til bundvand.

Der er en udveksling af fosfor mellem bund- og overfladevand, specielt når fosforkoncentrationen i bundvandet er høj. Fosforniveaet i overfladevandet svinger derfor til en vis grad i takt med opbygningen af en fosforpulje i bundvandet.

I 2001 varierede fosforniveaet mellem 50 og 100 µg P/l. Den højeste fosforkoncentration blev registreret i juli måned i den periode, hvor fosforfrigivelsen fra sedimentet var størst.

Fosforniveaet er reduceret igennem de seneste ti år, fordi tilførslerne er blevet mindre. Der er imidlertid ikke sket et tilsvarende fald i klorofylkoncentrationen ligesom sigtddybden har været mere eller mindre konstant. Selvom fosforkoncentrationen har en vis indflydelse på såvel algemængde som sigtddybde, reguleres sigtddybden nemlig ikke i samme omfang af fosforkoncentration og algemængde, som det normalt er tilfældet i danske søer. Årsagen er blandt andet, at detritus og vandets egenfarve udgør omkring 50 % af lysdæmpningen i Ørn Sø.

Selvom kvælstofindholdet er lavt og reduceres fra vinter til sommer, begrænser kvælstofmængden ikke produktionen i søen, fordi der tilføres tilstrækkelige kvælstofmængder fra oplandet hele året rundt.

Sommergennemsnit		
Klorofyl	µg/l	67
Sigtddybde	meter	1,2
Total kvælstof	mg N/l	1,01
Nitrat	mg N/l	0,46
Total fosfor	µg P/l	76

**Tabel 1.**

**Udvalgte data fra Ørn Sø i 2001.**

### Alger

Det er kiselalgerne, som dominerer blandt algerne i Ørn Sø specielt i første halvdel af året. Rekyalger findes i søen i nogen mængde umiddelbart efter større kiselalgeopblomstringer. Blågrøn alger optrådte i 2001 i betydelige mængder i juli måned.

Kiselalgerne havde to mindre opblomstringer i forårmånederne, som mere eller mindre afløste hinanden. Den klarvandsperiode, som normalt er i danske søer i juni måned, kunne dermed ikke registreres i Ørn Sø i 2001.

Algebiomassen beregnet som sommergennemsnit har varieret noget fra 1989 til 2001. I en periode midt i 1990'erne skete der en reduktion i algemængden, men i de senere år er der igen kommet flere alger i søen, således at der alt i alt siden 1989 ikke er sket nogen væsentlig udvikling i algemængden i Ørn Sø.

Heller ikke de forskellige algegrupper har ændret den indbyrdes fordeling i væsentlig grad i de forløbne ti år.

### Dyreplankton

Dyreplanktonet er i de senere år ændret fra en dominans af dafnier (*Daphnia*-arter) til i højere grad at være domineret af vandlopper (cyclopoide copepoder). Samtidigt har den totale dyreplanktonbiomasse i 2001 været mindre, end det tidligere er registreret i Ørn Sø.

Fiskenes og specielt fiskeyngelens predation på dyreplanktonet har midt på sommeren været stor i de senere år. Da fiskeyngelen fortrinsvis spiser de større dyreplanktonarter - herunder dafnierne, har mængden af blandt andet dafnier været lille i Ørn Sø i sommermånederne. Resultatet har været, at dyreplanktonet i 2001 ikke har været i stand til at regulere algemængden i sommerhalvåret i samme omfang som tidligere.

Bedømt ud fra zooplanktonbiomassen oplever Ørn Sø i disse år i stigende grad, at fiskene begrænser dyreplank-

tonets evne til at holde algemængden nede i sommermånederne. Det vurderes, at dette forhold er en af årsagerne til, at algemængden ikke er reduceret i samme omfang, som fosforkoncentrationen i søvandet er.

### Fiskeyngel

Fiskeyngelundersøgelser er medtaget i overvågningsprogrammet fra 1998. 2001-undersøgelsen er altså den fjerde i rækken. Formålet med disse undersøgelser er at beskrive fiskenes og fiskeyngelens strukturerende rolle for zoo- og fytoplanktonsammensætningen og dermed for miljøkvaliteten.

Generelt må det forventes, at der er mest fiskeyngel langs med bredden - i littoralen - fremfor på åbent vand - i pelagiet - fordi der ikke er nogen undervandsvegetation i søen.

Endnu er materialet så beskedent, at der ikke kan drages klare konklusioner. Der er dog fanget mest yngel i littoralzonen som forventet og kun meget lidt i pelagiet. Det skal endvidere bemærkes, at der har været meget store forskelle i fangsterne i de fire år, som sandsynligvis skal tilskrives metodiske vanskeligheder.

### Tilstand og målsætning

Ørn Sø kan fortsat karakteriseres som en relativ forurennet sø. Selvom fosforkoncentrationen igennem de sidste ti år er blevet mindre, er tilstanden i søen, hvad sigtddybde og biologiske forhold angår, ikke ændret.

Da vandets egenfarve og indholdet af detritus (døde alger, små sandkorn mm.) i højere grad end i andre tilsvarende danske søer regulerer sigtddybden, vil en yderligere reduktion af fosforniveauet ikke umiddelbart forbedre tilstanden i søen.

Væsentlige ændringer i søens tilstand kræver, at den gennemsnitlige indløbskoncentration reduceres til maksimalt 75 µg P/l imod en indløbskoncentration i 2001 på 108 µg P/l.

Ørn Sø er B-målsat. Det er målet, at den gennemsnitlige indløbskoncentration ikke må overstige 90 µg P/l eller 3000 kg fosfor om året. I 2001 var indløbskoncentrationen som nævnt 108 µg P/l og den samlede tilførsel er opgjort til 3667 kg fosfor.

Den totale fosfortilførsel er endvidere opgjort på enkeltkilder. Fosforbidraget fra de regnbetingede udledninger og den spredte bebyggelse overholdt ikke målsætningskravet på en maksimal udledning på 50 kg, idet udledningen i 2001 er beregnet til henholdsvis 132 kg og 63 kg.

Alt i alt var Ørn Sø's målsætning dermed ikke opfyldt i

2001.

Det skal bemærkes, at der ikke kan forventes væsentlige forbedringer af tilstanden i søen herunder en indvandring af undervandsvegetation, selvom målsætningen for søen opfyldes i de kommende år. Hertil vil fosforniveauet fortsat være for højt.

Det skal dog videre understreges, at mulighederne for en bedre tilstand trods alt er blevet større i de seneste ti år gennem den reduktion af fosfortilførslen, som er sket.



Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is too light to transcribe accurately.

# Indledning

Ørn Sø indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Århus Amt udfører derfor hvert år detaljerede undersøgelser i søen for at belyse søens forureningstilstand og følge eventuelle ændringer i tilstanden.

I denne rapport præsenteres resultaterne fra 2001 og udviklingstendenser i perioden 1989 til 2001 søges belyst.

## 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 10,5 meter.

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 hovedsageligt består af grovsandet jord og lerblandet sandjord. En del af åens øvre topografiske opland er opdyrket, mens den største del af oplandet tættest på Ørn Sø består af skov, hede og andre ikke-dyrkede arealer. Jordbunden i området er kalkfattig og en del af det vand, som strømmer til søen, er temmeligt jernholdigt.

Funder Å og dermed størstedelen af vandtilførslen til Ørn Sø er grundvand og grundvandsoplandet til søen er væsentligt større end det topografiske opland. Foruden Funder Å ledes der en mindre mængde 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 kun et forholdsvist ustabil springlag i den dybe del af søen i sommermånederne. Den største del af søen er dermed fuldt opblandet året rundt.

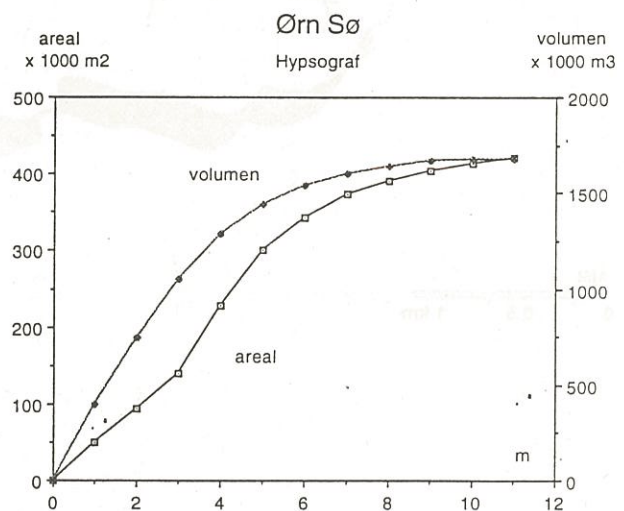
Øvrige oplysninger om arealanvendelsen og oplandstypefordelingen findes i bilag.

Opland, hypsograf og morfometriske data fremgår af figur 1 og 2, samt tabel 2.

Oplandsareal	56 km <sup>2</sup>
Søens areal	42 ha
Søens volumen	1,68 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Gns. dybde	4 m
Max. dybde	10,5 m
Opholdstid (2001)	22 døgn

Tabel 2

## Morfometriske data for Ørn Sø.

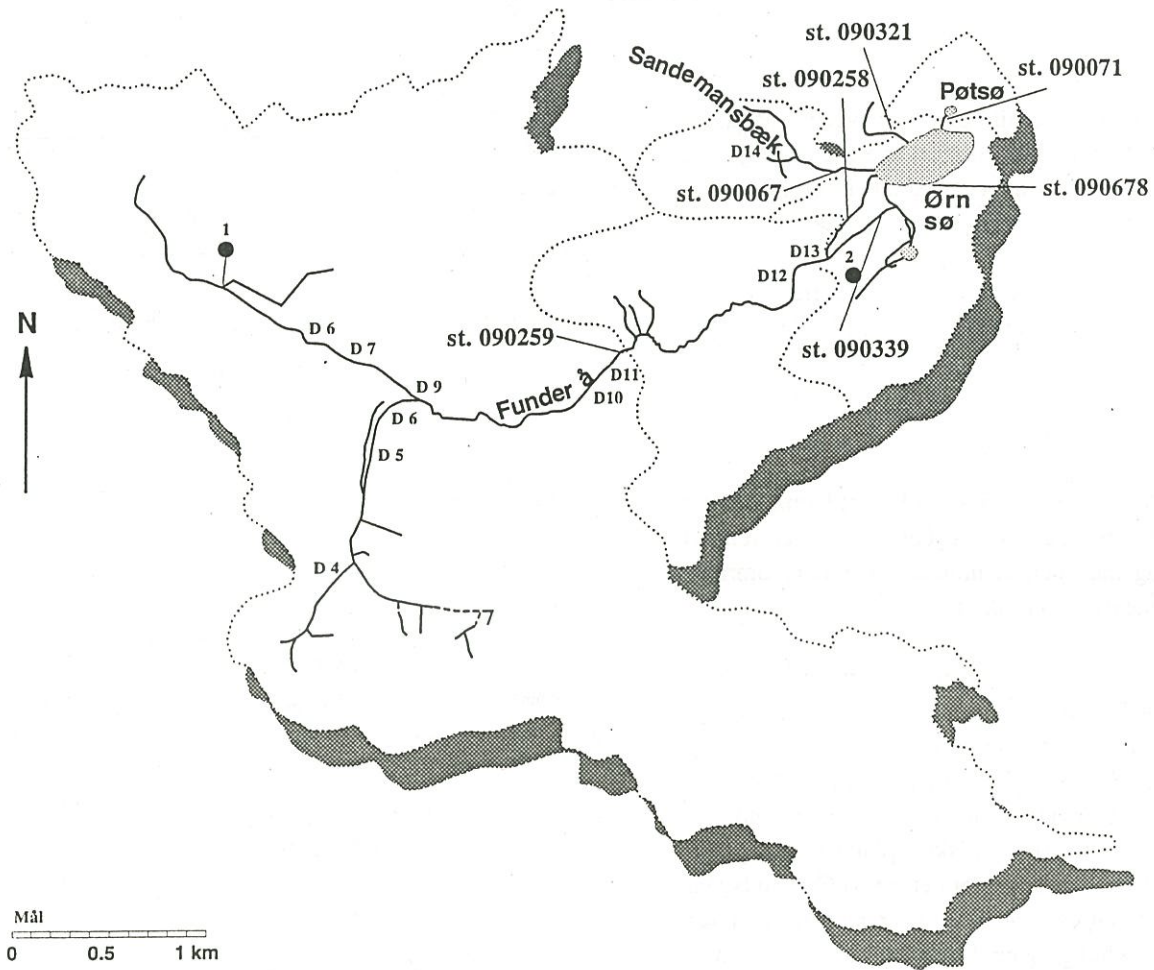


Figur 1

## Hypsograf for Ørn Sø.

## Historiske forhold

Omkring århundredeskiftet var der i Ørn Sø en udbredt undervandsvegetation, der generelt var karakteriseret ved et stort individantal, men få arter. Langs bredderne var der en tæt rørbevoksning, der nåede ud på 1 - 2 meters dybde. Herefter forekom et bælte med vandplanter, der strakte sig ud til ca. 3 meters dybde. I takt med den tiltagende forurening af søen er undervandsvegetationen mindsket. Ved en undersøgelse midt i 1950'erne blev der ikke fundet nogen undervandsvegetation. En



**Figur 2**  
Topografisk opland for Ørn Sø.

undersøgelse i 1974-75 viste, at rørsumpen kun dækkede en meget beskeden del af søens totale areal, mens der ikke blev registreret nogen undervandsvegetation. Ved en mindre undersøgelse i 1990 blev der heller ikke fundet nogen undervandsplanter.

Før 1950'erne var spildevandstilførslen til Funder Å lille, idet befolkningstætheden var lille og kun en mindre del af arealerne langs åen var/er opdyrkede. I 1950'erne blev der imidlertid langs åen anlagt en række dambrug, der siden har udgjort den væsentligste forureningskilde til åen og dermed til Ørn Sø. I 1977 var der således 12

dambrug i søens opland, i 1998 var der 10 og i dag er der 6 tilbage.

Indtil 1977 blev der via Pøtsø tilledt spildevand til Ørn Sø fra ca. 3000 personer. Afskæringen af denne udledning reducerede fosfortilførslen med 2 - 3 tons/år. Der har været yderligere 6 mindre spildevandsanlæg i oplandet, hvoraf der nu kun er 1 tilbage, der udleder til Funder Å og dermed Ørn Sø.



# Klima

## Temperatur

Temperatur, nedbør og fordampning varierer fra år til år. Disse variationer kan have en vis indflydelse på tilstanden i eksempelvis søer.

F.eks kan en kold vinter med lange perioder med et tykt isdække forhindre en tilførsel af ilt fra luft til vand, hvilket kan resultere i et omvendt springlag og lave iltkoncentrationer i bundvandet. Eller en varm periode kan forbedre fytoplanktonets vilkår og derigennem forøge muligheden for store algeopblomstringer.

I Ørn Sø vil en varm og stille sommer med stor sandsynlighed medføre en større opvækst af kiselalger og blågrønalg.

På figur 3 er månedsmiddeltemperaturen i Århus Amt i 2001 præsenteret sammen med månedsgennemsnittet for perioden 1961 - 1990.

2001 afviger ikke væsentligt fra et normalår med et temperaturgennemsnit på 1 - 2 °C i vintermånederne og 16 - 17 °C i juli og august. Sidste halvdel af 2001 var dog en smule varmere end normalen. Særligt oktober var noget varmere i 2001 end normalt (ca 3 °C).

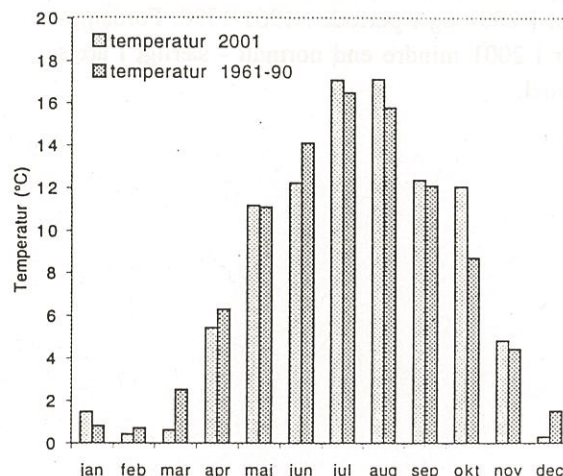
Der var ikke længere frostperioder med deraf følgende isdannelser i Ørn Sø i 2001. Ørn Sø vil dog kun i særligt kolde vintre være isdækket i længere perioder, fordi den store vandgennemstrømning hurtigt vil bryde et eventuelt isdække op.

Alt i alt gav de forholdsvis normale temperaturforhold ikke anledning til en atypisk udvikling i Ørn Sø i 2001.

## Nedbør og fordampning

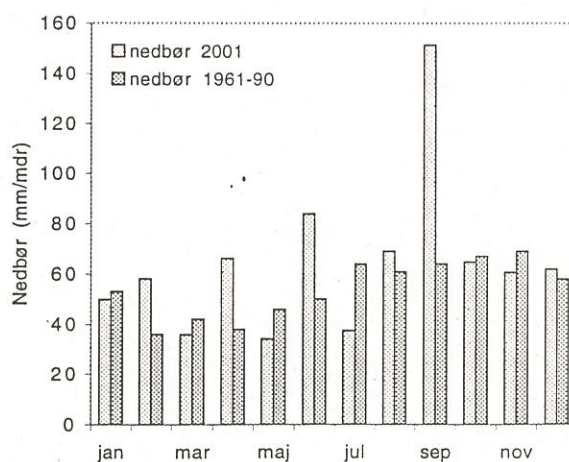
Ørn Sø er en mindre sø med forholdsvis hurtig vandgennemstrømning. Det er i langt overvejende grad tilførslerne fra oplandet, som bestemmer forholdene i søen, fremfor de vand- og stofmængder, der tilføres direkte på søens overflade. Variationer i nedbør og fordampning fra år til år har derfor ikke nogen væsentlig indflydelse på tilstanden i Ørn Sø.

2001 havde en noget større nedbør end normalt. Der faldt således 773 mm regn i området omkring Ørn Sø (normalen for Århus Amt er 648 mm). Særligt i månederne april, juni og september var der en væsentlig



Figur 3

Månedsmiddeltemperaturen i Århus Amt i 1999 sammenlignet med perioden 1961 - 1990.



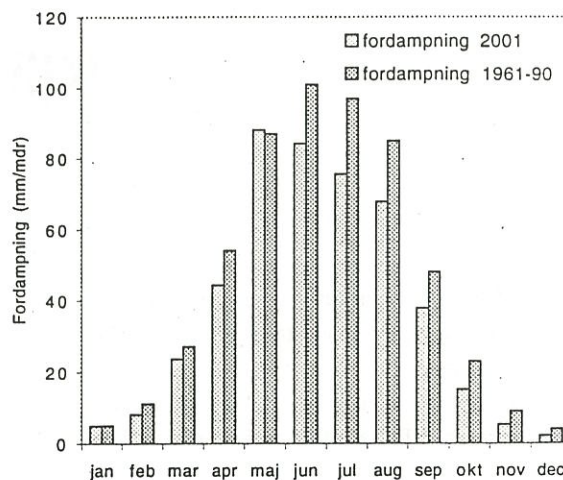
Figur 4

Månedsmiddelnedbøren i Ørn Sø i 1999 sammenlignet med middelnedbøren i Århus Amt i 1999 og i perioden 1961 - 1990.

større nedbør end "normalt".

Det er dog normalt, at det regner noget mere i det midtjyske Søhøjland og i området omkring Silkeborg end gennemsnitligt i Århus Amt. 2001 afveg i den forbindelse dermed ikke fra det typiske billede.

Figur 5 præsenterer månedsmiddelfordampningen i Århus Amt i 2001 og i perioden 1961-1990. Fordampningen var i 2001 mindre end normalt - særligt i årets sidste halvdel.



Figur 5

Månedsmiddelfordampningen i Århus Amt i 1999 sammenlignet med perioden 1961 - 1990.



# Vand- og stoftransport

## Vandbalance

Funder Å er langt det største tilløb til Ørn Sø. Mindre vandmængder kommer dog også til søen via Sandemansbækken, Parallelkanalen og Arnakkekilden.

En stor del af det vand, som strømmer til søen er grundvand og vandtilførslen er derfor meget stabil.

Vandbalancen for Ørn Sø er svær at beregne, fordi vandføringen i Lysåen - afløbet fra Ørn Sø - er vanskelig at bestemme nøjagtig.

Der er flere årsager hertil. Dels er måleprofilet ved høje vandføringer ikke særligt veldefineret. Der udover er der et meget beskedent fald på åstrækningen mellem Ørn Sø og Silkeborg Langsø. Derfor er der ofte stuvningsfænomener i afløbet og derfor kan den såkaldte q/h-kurve ikke anvendes til at beregne vandføringen i Lysåen. Det har yderligere vist sig svært at bruge enkeltvandføringerne til at lave en q/q-sammenhæng til andre stationer primært pga. stuvning.

Den bedste relation er til Funder Å, Funder station, men af regnetekniske årsager kan der ikke laves q/q-relationer til opstrømsliggende stationer.

Hedeselskabet foretog i 1994 derfor en analyse af såvel

vandbalancen for Ørn Sø som vandføringen i Lysåen. Vandbalancen blev bestemt ud fra ind- og afløbsstationerne :

Funder Å, Funderholme (st.nr. 090258)

Sandemansbækken (st.nr. 090067)

Kilde v. Ørn Sø (st.nr. 090678)

Lysåen, Lysbro (st.nr. 090321)

samt søens hypsograf (figur 1).

Resultatet af undersøgelsen blev, at vandføringen i Funder Å ved Funderholme kan beregnes ud fra følgende korrelation :

$$Q = 1,74 \cdot Q_{21.39} - 543$$

hvor station 21.39 er en station længere opstrøms i Funder Å (Funder Å, Funder station).

Vandføringen i Sandemansbækken er fundet ud fra følgende korrelation :

$$Q = 0,3247 \cdot q_{21.44} + 62,56$$

station 21.44 Gjelbæk, Lyngby Bro er valgt som referencestation, fordi den bedst sammenfalder med Sande-

	oplandsareal (km <sup>2</sup> )	vand (mio. m <sup>3</sup> )	kvælstof (ton)	fosfor (ton)	jern (ton)
Funder Å	48	30,75	39,53	3,320	47,63
Sandemansbæk (inkl. umålt opland)	8	2,64	3,38	0,300	4,35
Arnakkekilden		0,28	0,30	0,018	0,29
Nedbør - fordampning		0,04	0,60	0,004	
Grundvand/difference		0,40	0,40	0,025	0,40
Samlet tilførsel	56	34,11	44,21	3,667	52,67
Fraførsel	56	34,21	36,20	2,244	36,99
Magasinændringer		-0,10	-0,02	-0,001	-0,91
Søbalance (ton)			-8,01	-1,42	-15,68
Søbalance (%)			18%	39%	30%
Sedimentbalance (ton)			-2,90	-0,96	-18,59
Sedimentbalance (%)			7%	29%	36%

Tabel 3

Massebalance for Ørn Sø i 2001.

mansbækken (Gjelbækken er et mindre vandløb i Gudenåsystemet). I denne model er bidraget fra det umålte opland inkluderet (arealet af det umålte opland er 6 km<sup>2</sup>)

Kildetilledningen (st.nr. 090678) er fastsat til 9 l/s på baggrund af 18 målinger fra 1989 til 1994.

Den anvendte vandbalance er :

$$Q_{ud} = Q_{ind} + Q_{magasiner} + Q_{grundvand}$$

Resultatet af analysen viser, at middelværdien for grundvandsbidraget/fejlen er på 17 l/s og at middelværdien for magasineringen kun er 1 l/s og således reelt ubetydelig.

For Ørn Sø er der altså ingen betydende magasinerings og grundvandsbidraget/modelfejlen/arealkorrektionen kan sættes til 17 l/s.

Vandbalancen kan derfor forenkles til, at afløbsvandføringen er lig indløbsvandføringen målt i Funder Å og i Sandemansbækken plus 9 l/s fra kilden og 17 l/s fra et "grundvandsbidrag".

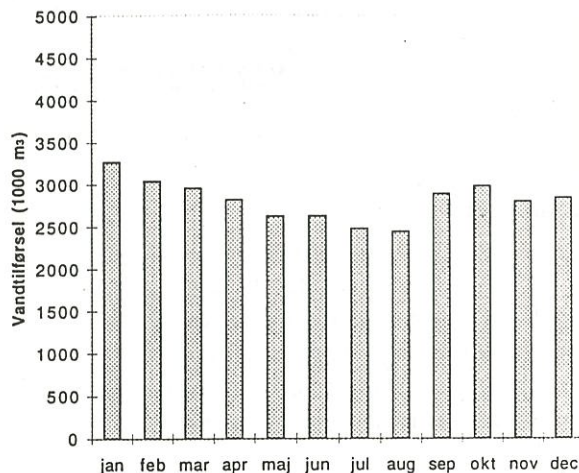
For en mere detaljeret gennemgang af beregninger, model og forudsætninger henvises til Århus Amt (1994a).

Det skal endvidere bemærkes, at Århus Amt gennemførte en sporstofundersøgelse i Ørn Sø i 1994 for at undersøge opblandingsforholdene i søen. Undersøgelsen viste, at der er en kortslutningsstrøm i søen, som medfører, at ca. 25 % af det tilførte vand løber direkte igennem søen og videre ud i afløbet. Dermed er det altså kun 75 % af det tilførte vand og næringsstoffer, som har betydning for omsætning mm. i søen.

## Vandbalance 2001

I 2001 blev der tilført ca. 34 mio. m<sup>3</sup> vand til søen, hvilket svarer til en gennemsnitlig opholdstid på ca. 22 dage. Korrigeres opholdstiden for den omtalte kortslutningsstrøm var opholdstiden for de resterende 75 % af det tilførte vand omkring 29 dage i 2001.

Under alle omstændigheder sker der altså en forholdsvis hurtig gennemskylning i Ørn Sø. Det er endvidere værd at bemærke, at vandføringen er meget konstant i Funder Å på grund af et meget stort grundvandsbidrag. Derfor er opholdstiden også næsten den samme fra måned til måned og fra år til år.



Figur 6

Den månedlige vandtilførsel til Ørn Sø i 2001.



## Stofbalance

### Kvælstof

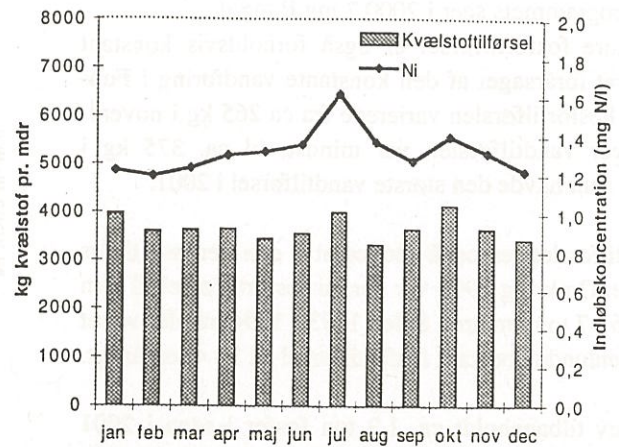
Der blev tilført 44,2 ton kvælstof til Ørn Sø i 2001, hvilket med de store vandtilførsler kun svarede til 1,3 mg N/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration. Den meget lave indløbskoncentration medfører et lavt kvælstofniveau i søen, som videre resulterer i en beskeden kvælstoffjernelse. I 2001 blev der ført 36,2 ton kvælstof ud af søen og dermed var der en kvælstoftilbageholdelse på 18 % af tilførslen. Korrigeret for koncentrationsændringer i søen var den arealrelaterede kvælstoftilbageholdelse beskedne 7 % af tilførslen eller 20 mg N/m<sup>2</sup>/d i 2001. Til sammenligning var den gennemsnitlige kvælstoffjernelse i Overvågningsprogrammets søer i 2000 100 mg N/m<sup>2</sup>/d. Årsagen er en kort opholdstid, det forholdsvis lave kvælstofniveau, som medfører, at denitrifikationen ikke omsætter væsentlige kvælstofmængder. Kvælstoffjernelsen sker fortrinsvis i forårs- og sommermånederne fra marts til august (figur 8). I sensommeren og efteråret er kvælstofniveauet så lavt, at denitrifikationen er meget beskeden.

Kvælstoftilførslen over året er meget konstant og varierede kun mellem ca. 3,5 og 4,0 ton om måneden i 2001. Indløbskoncentrationen er tilsvarende konstant og varierede i 2001 mellem 1,2 og 1,6 mg N/l. Årsagen er, at der ikke er væsentlige kvælstofkilder til Ørn Sø, men at langt den overvejende del af det tilførte vand er grundvand med et mere eller mindre konstant kvælstofindhold.

Siden 1989 er der sket en signifikant reduktion i tilførslen af kvælstof til Ørn Sø. I 1989 blev der tilført omkring 60 ton kvælstof til søen - i 2001 var tilførslen som nævnt 44 ton. I de seneste to år er kvælstoftilbageholdelsen tillige øget markant i forhold til tilbageholdelsen i den sidste halvdel af 1990'erne. Alt i alt er grundlaget i de senere år således skabt for et reduceret kvælstofniveau i Ørn Sø. Som det beskrives i næste afsnit er der da også sket en reduktion i indholdet af kvælstof i søvandet i Ørn Sø i de sidste 2 - 3 år.

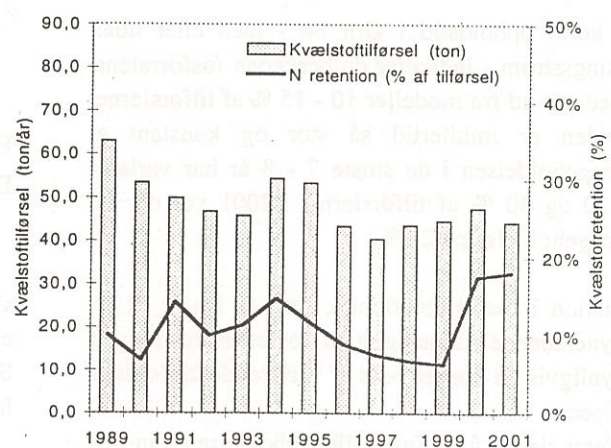
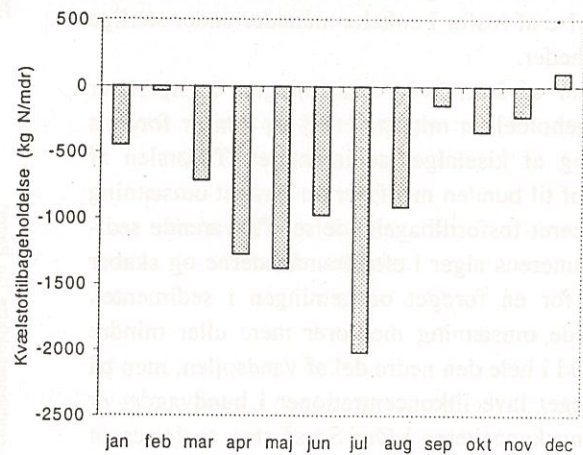
### Fosfor

Der kom 3,7 ton fosfor til Ørn Sø i 2001 eller 108 µg P/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration. I modsætning til kvælstoftilførslen er der dermed en forholdsvis stor fosfortilførsel til søen. Den arealrelaterede fosfortilførsel var 22 mg P/m<sup>2</sup>/d i 2001. Til sammenligning var den gennemsnitlige fosfortilførsel til Overvåg-



Figur 7

Den månedlige kvælstoftilførsel til Ørn Sø i 2001 præsenteret i absolutte mængder og som en vandføringsvægtet indløbskoncentration.



Figur 8

Den månedlige kvælstoffjernelse - primært denitrifikation (øverst) i Ørn Sø i 2001.

Nederst udviklingen i kvælstoftilførslen til Ørn Sø fra 1989 til 2001 samt den årlige kvælstofretention i % af tilførslen.



ningsprogrammets søer i 2000 7 mg P/m<sup>2</sup>/d

Den store fosfortilførsel er også forholdsvis konstant over året forårsaget af den konstante vandføring i Funder Å. Fosfortilførslen varierede fra ca 265 kg i november, hvor vandtilførslen var mindst, til ca. 375 kg i januar, som havde den største vandtilførsel i 2001.

Fosfortilførslen er også reduceret i den seneste ti års periode. Omkring 1990 var der en fosfortilførsel til Ørn Sø på 6 - 7 ton om året. Siden 1993 - 1994 har der været en nogenlunde konstant fosfortilførsel på 3 - 4 ton årligt.

Der blev tilbageholdt ca. 1,2 ton fosfor i søen i 2001 svarende til 29 % af tilførslerne. Fosfortilbageholdelsen er dermed på det samme niveau som i de foregående 5 år.

Som figur 10 viser, tilbageholder søen fosfor hele året rundt. Også i de foregående år har der kun været nettofrigivelse af fosfor i enkelte måneder under særlige omstændigheder.

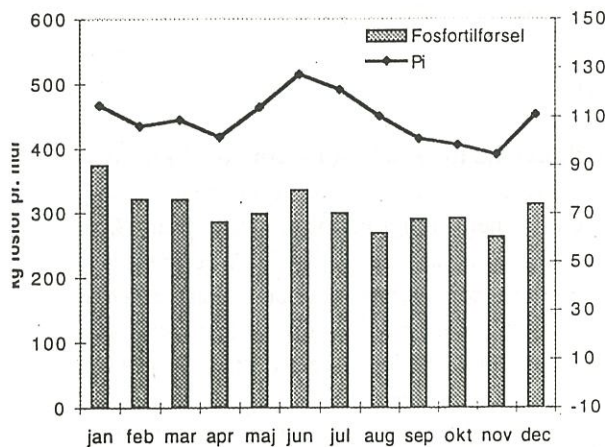
I de perioder af året, hvor omsætningen er størst, er fosfortilbageholdelsen mindst. I maj og juni er forårets opblomstring af kiselalger sedimenteret. Tilførslen af organisk stof til bunden medfører en forøget omsætning og en reduceret fosfortilbageholdelse. Tilsvarende sediment sommersens alger i efterårsmånederne og skaber grundlaget for en forøget omsætningen i sedimentet. Den forøgede omsætning medfører mere eller mindre iltfrie forhold i hele den nedre del af vandsøjlen, men på trods af meget lave iltkoncentrationer i bundvandet er fosforbindingskapaciteten i Ørn Sø så stor, at der er en netto fosfortilbageholdelse også under sådanne forhold.

Vandets korte opholdstid i Ørn Sø - med eller uden kortslutningsstrøm - indikerer en beskedent fosforretentionen. Bedømt ud fra modeller 10 - 15 % af tilførslerne. Jerntilførslen er imidlertid så stor og konstant at fosfortilbageholdelsen i de sidste 7 - 8 år har varieret mellem 20 og 30 % af tilførslerne. I 2001 var der en fosfortilbageholdelse på 29 %.

Den variation i fosforretentionen, som er fra år til år, sker tilsyneladende uafhængigt af fosfortilførslerne og er sandsynligvis en konsekvens af varierende biologiske forhold i søen.

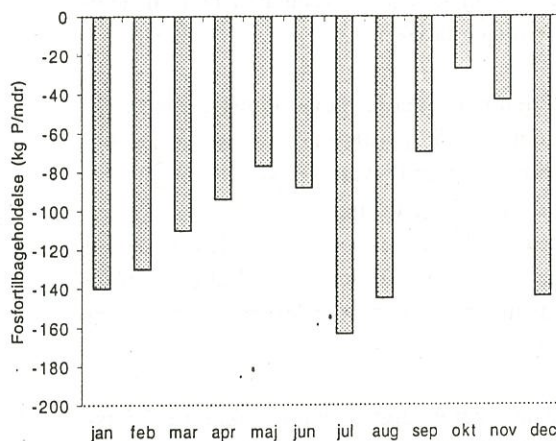
Det vurderes da også, at fosfortilbageholdelsen kan blive større, hvis omsætningen i sedimentet med tiden bliver mindre og de biologiske forhold i søen ændres således, at produktionen i højere grad flyttes ned på sedimentoverfladen i forhold til nu, hvor produktionen hovedsagligt foregår i vandfasen.

Det skønnes, at fosfortilbageholdelsen i en ligevægts-



Figur 9

Den månedlige fosfortilførsel til Ørn Sø i 2001 præsenteret i absolutte mængder og som en vandføringsvægtet indløbskoncentration.



Figur 10

Den månedlige fosfortilbageholdelse i Ørn Sø i 2001.

situation med en mindre fosfortilførsel vil være større end 35 %.

Søen er dermed endnu ikke i ligevægt med fosfortilførslerne.

## Jern

Jerntilførslen til Ørn Sø er stor. Den gennemsnitlige indløbskoncentration var i 2001 1,5 mg Fe/l og i alt blev der tilført ca. 52,5 ton. Der blev tilbageholdt mere end 18 ton eller 36 % af de samlede tilførsler. Jern og fosfor



blev dermed tilbageholdt i forholdet 19 : 1. Der er altså meget jern i sedimentet i Ørn Sø og den potentielle fosfortilbageholdelsen i søen er stor.

Også jerntilførslerne er meget konstante fra måned til måned og fra år til år. På årsbasis har jerntilførslen i de senere år således varieret med mindre end 5 %.

## Kildeopsplitning

I tabel 4 er den beregnede kildeopsplitning præsenteret sammen med den samlede transport beregnet ud fra konkrete målinger.

Baggrundsbidraget er baseret på målinger i kilder langs Funder Å og sat til 1 mg N/l og 65 µg P/l.

Den atmosfæriske deposition på søoverfladen er beregnet ud fra normtal for atmosfærisk deposition som er henholdsvis 15 kg N/ha/år og 0,1 kg P/ha/år.

Dambrugsbidraget er angivet som et samlet bidrag for de 6 resterende dambrug i søens opland. De beregnede udledninger er fremkommet ud fra konkrete målinger på alle dambrug.

I kildeopsplitningen er den samlede udledning af kvælstof og fosfor fra de 6 dambrug angivet. For 2 dambrug er det beregnet, at der har været en nettoeksport af fosfor, medens 4 tilbageholdt fosfor i 2001. Alt i alt er der en samlet beregnet fosforudledning fra dambrugene på 67 kg i 2001 (tabel 5).

Bidraget fra den spredte bebyggelse er fremkommet ud fra en konkret viden om antal spredt liggende ejendomme i oplandet og om spildevandsanlæggene på disse ejendomme. Denne viden er kombineret med generelle normtal udmeldt af Miljøstyrelsen - 2,5 PE pr ejendom, 4,4 kg N/PE/år og 1 kg P/PE/år samt den antagelse, at der sker en 50 % reduktion af udledningen, inden spildevandet når vandløb og sø.

Der er et lille dyrkningsbidrag i den øverste del af Funder Å. På baggrund af målinger i den øvre del af åen er fosforbidraget estimeret til 20 µg P/l, men kun i en tredjedel af den vandmængde, som løber ud i Ørn Sø via Funder Å, svarende til vandføringen i den øvre del af åen.

Endelig er bidraget fra rensningsanlægget Hesselhus fremkommet på baggrund af målte værdier.

Det fremgår, at der er en væsentlig forskel i den beregnede og den målte stoftransport (tabel 4).

Hvad kvælstof angår, er forklaringen sandsynligvis en denitrifikation i Funder Å, som medfører en væsentlig

	Kvælstof ton	Fosfor kg
Baggrundsbidrag	34,3	2230
Atm. deposition	0,6	4
Dambrug	15,1	67
Spredt bebyggelse	0,3	63
Spildevand	0,7	4
Dyrkningsbidrag	11,4	229
Regnvandsbetingede udledn.	0,5	132
Grundvand	0,7	45
I alt	63,6	2774
Målt transport	44,2	3667

Tabel 4

Kildeopsplitning for Ørn Sø i 2001, den deraf beregnede stoftilførsel samt den målte stoftransport til Ørn Sø.

Dambrug 2001	Kvælstof kg N/år	Fosfor kg P/år
Skærskov*	1436	-57
Graunbjerg*	1124	-64
Kristianshede		Lukket
Funder*	2629	-16
Banbjerg*	3871	217
Funderholme*	3507	203
Ørnsø*	2551	-216
Skovdal		Lukket
I alt	15118	67

\* Udledning målt

Tabel 5

Kvælstof- og fosforudledningen fra dambrugene i Ørn Sø's opland i 2001.

mindre kvælstoftilførsel til Ørn Sø end den faktiske kvælstofudledning til åen.

For fosfors vedkommende er forskellen på de to beregningsformer endnu større og modsat rettet, således at den målte transport ved Funderholme er væsentlig større end transporten i åen beregnet på baggrund af enkeltkilder.

I 2001 er forskellen 893 kg. Også i de foregående år har der været en forskel i de to beregningsformer.

Der kan være forskellige forklaringer på forskellene.

Den nedre del af Funder Å er et forholdsvis langsomt

strømmende vandløb. Det kan ikke afvises, at der sker en fosforfrigivelse fra det næringsrige sediment på bunden af vandløbet i varme perioder i sommerhalvåret.

Dyrkningsbidraget er en antaget værdi. Uanset usikkerheder forbundet herved, er det angivne niveau dog reelt og det er ikke sandsynligt, at de dyrkede jorde i væsentlig grad bidrager til fosfortransporten i åen.

Som nævnt er det naturlige fosforbidrag fastsat til 65 µg P/l baseret på målinger i kilder langs Funder Å. Disse målinger er efterhånden nogle år gamle. Det er muligt, at fosforindholdet i grundvandet har været stigende i de senere år og at baggrundsbidraget dermed reelt er større end angivet.

Endelig er der 6 dambrug i Funder Å, som alle udveksler vand og næringsstoffer med åen. Det er givet, at der er usikkerheder på beregningerne af stoftransporterne ind og ud af 6 dambrug.

Århus Amt foretager også stoftransportmålinger ved Funder Station længere oppe i Funder Å. En kildeop-splitning her viser den samme tendens, at kvælstoftransporten beregnet ud fra målinger i åen er mindre, end den der kan beregnes ud fra enkeltkilderne. Også her er forklaringen sandsynligvis en denitrifikation i åen.

Som ved Funderholme er fosfortransporten ved Funder Station beregnet ud fra målinger i åen større end ud fra enkeltkilderne. Der sker altså ikke noget mellem Funder Station og Funderholme, som kan forklare afvigelse. Det "ekstra" bidrag, som findes ud fra de målte værdier i åen ved Funder Station, er mindre i forhold til den vandmængde, som er ved de to stationer. Noget kunne altså tyde på, at det er en akkumulerende fejl i beregningerne ned igennem Funder Å, som er årsagen til de store afvigelser i specielt fosfortransportberegningerne til Ørn Sø.



## Vandkemi

Der er i lighed med de foregående overvågningsår udtaget vandprøver til kemisk bestemmelse og målt sigtddybde og temperatur på søens dybeste punkt i alt 19 gange i løbet af 2001.

På figur 11 til 14 er årstidsvariationen præsenteret og i tabel 6 og 7 kan de tidsvægtede års- og sommergennemsnit findes.

I det følgende vil de væsentligste parametre og disses udvikling siden 1989 blive beskrevet.

### Sigtddybde og klorofyl

Der er en beskedent sigtddybde i Ørn Sø set i forhold til søens fosforniveau og variationen over året er forholdsvis lille sammenlignet med andre danske søer med et tilsvarende fosforniveau. I vinterhalvåret var sigtddybden i 2001 1,2 - 1,8 meter og i sommeren mellem 1,0 og 1,5 meter (dog var sigtddybden i august 2001 kortvarigt ca. 2 meter, hvilket er atypisk for denne periode). Års- og sommergennemsnittene i 2001 var henholdsvis 1,4 og 1,2 meter.

I de fleste danske søer er der en klarvandsperiode i juni måned, fordi fytoplanktonmængden reduceres kraftigt. I Ørn Sø varierer fytoplanktonmængden også henover foråret. Imidlertid influerer detritus og vandets egenfarve på sigtddybden i Ørn Sø i højere grad end i de fleste danske søer. Derfor varierer sigtddybden ikke i samme omfang med fytoplanktonmængden som det typisk ses i danske søer.

Fytoplanktonbiomassen har dog også en effekt på sigtddybden i Ørn Sø. Således skyldes det lavere sigtddybdeniveau om sommeren end om vinteren en større algemængde i sommermånederne.

Generelt er der et meget lavt klorofylniveau i Ørn Sø om vinteren og et temmeligt varierende klorofylindhold om sommeren.

I løbet af april 2001 indtraf forårsmaksimummet primært bestående af kiselalger og klorofylkoncentrationen steg til næsten 100 µg/l, hvilket var årets højeste klorofylkoncentration. Algemængden og dermed klorofylkoncentrationen faldt igen til ca. 20 µg/l omkring 1. juni for hurtigt at stige igen til omkring 80 µg/l i første halvdel af juli.

Normalt registreres de højeste klorofylkoncentrationer i juli/august. I 2001 faldt klorofylindholdet imidlertid i august til et forholdsvis lavt niveau omkring 20 µg/l. I

september steg klorofylindholdet dog igen til et efterårsmaksimum på omkring 80 µg/l. Fra september til november faldt klorofylindholdet jævnt til mindre end 5 µg/l - et niveau som blev holdt året ud.

Der er altså nogen variation i klorofylindholdet i Ørn Sø hen over året, men da indholdet af alger ikke i samme udstrækning som i andre danske søer regulerer sigtddybden, afspejles denne variation som nævnt kun i mindre grad i sigtddybden.

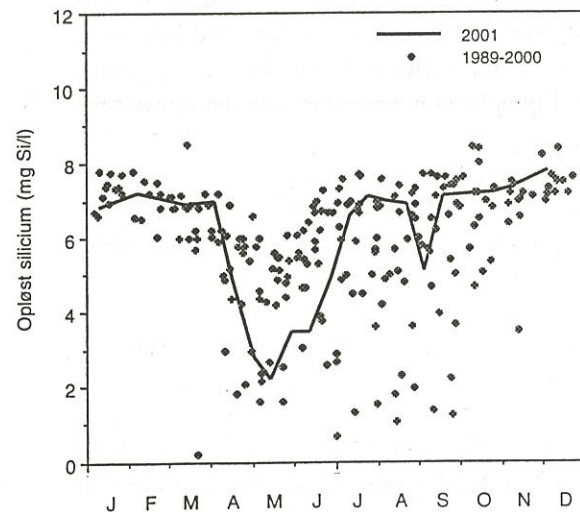
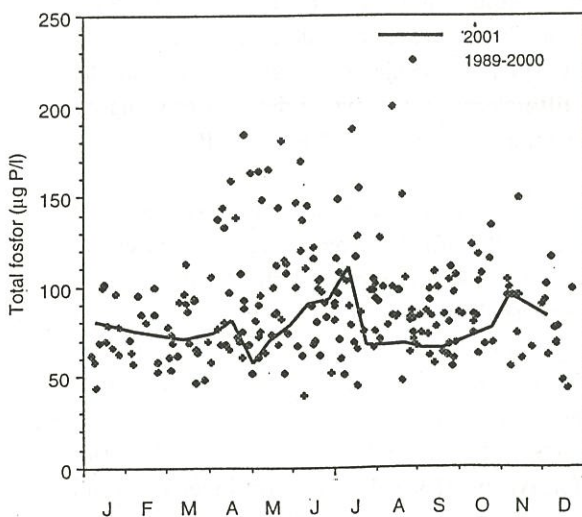
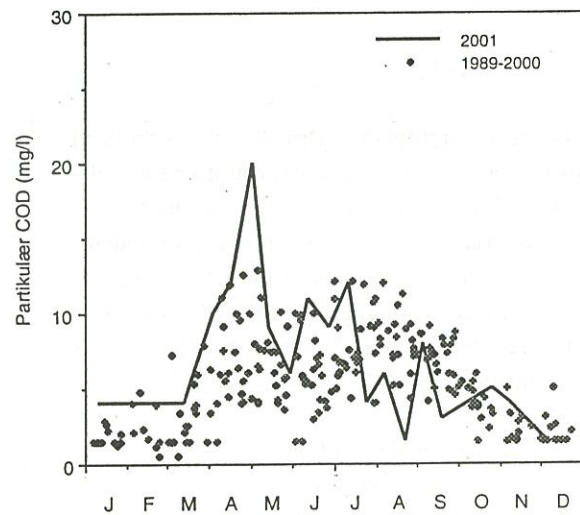
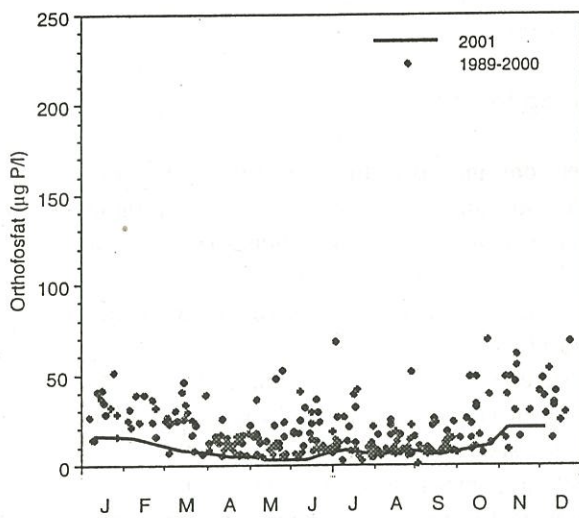
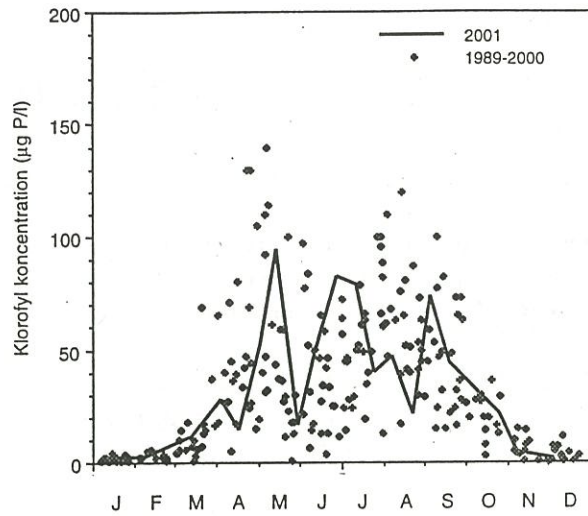
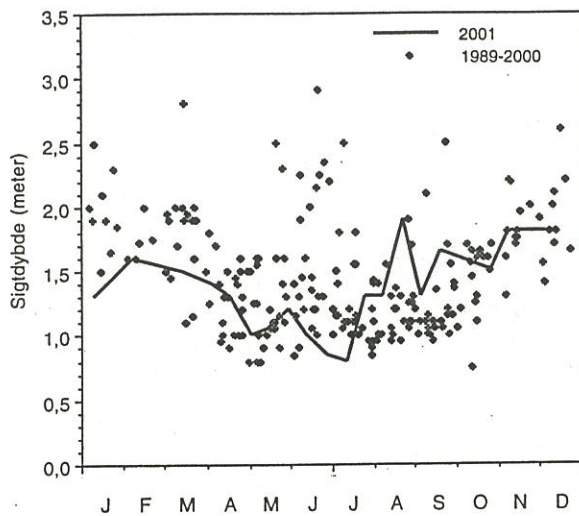
### Kvælstof og fosfor

Den meget konstante fosfortilførsel til Ørn Sø bidrager til, at også fosforkoncentrationen i søvandet er forholdsvis konstant henover året. Den variation, som er i søvandets indhold af fosfor, skyldes fortrinsvis de biologiske forhold i vandfasen og udvekslingen af fosfor mellem søvand og sediment.

I 2001 varierede total fosforkoncentrationen fra 50 til 100 µg P/l - en variation som er stort set identisk med de foregående års variation. Fosforkoncentrationen nåede i juni/juli årets maksimum på ca. 110 µg P/l forårsaget af en fosforfrigivelse fra sedimentet i en periode med iltfrie forhold i store dele af de dybere vandlag. Ligeledes var der et svagt stigende indhold af fosfor i søen i november. Denne gang var årsagen en mindre stigning i tilførslerne. I den øvrige del af året svingede fosforkoncentrationen mellem 60 og 80 µg P/l.

Omsætningen i sedimentet er relativ stor i søen. Under perioder med stille vejr, hvor omrøringen i søen er begrænset, falder iltkoncentrationen derfor hurtigt i bundvandet. Dette resulterer i så store fosforfrigivelser, at de kan registreres i overfladevandet. Der er imidlertid ofte fuldstændig opblanding i søen og derfor tilføres bundvandet regelmæssigt nye iltmængder, som igen stopper fosforfrigivelsen. Resultatet kan være forholdsvis varierende fosforniveauer i såvel bund- som overfladevand hen igennem sommerhalvåret. I 2001 var der kun en længere periode med lave iltkoncentrationer i juni/juli og derfor var fosforniveauet forholdsvis konstant i 2001.

Indholdet af opløst fosfor varierede fra 5 - 10 µg P/l fra april til oktober til ca. 20 µg P/l i vintermånederne. De små koncentrationer i vækstsæsonen findes primært i perioder med større algemængder. Der er dog ikke noget



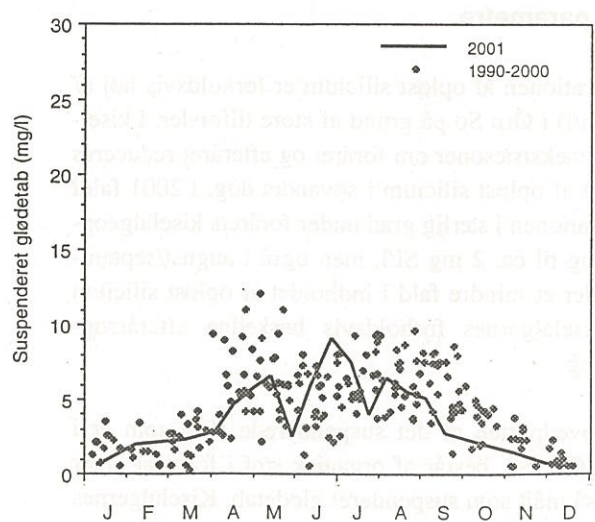
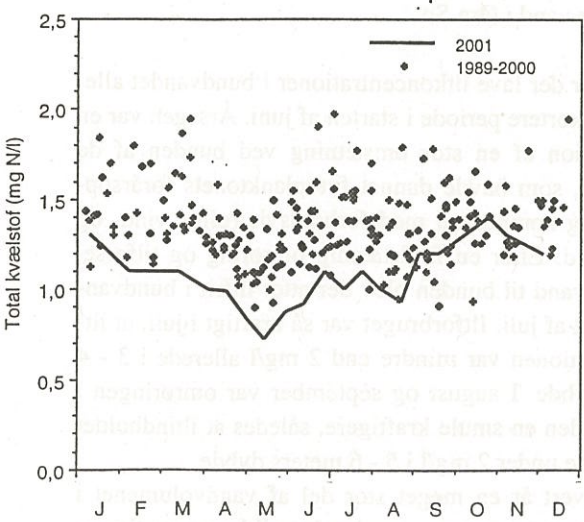
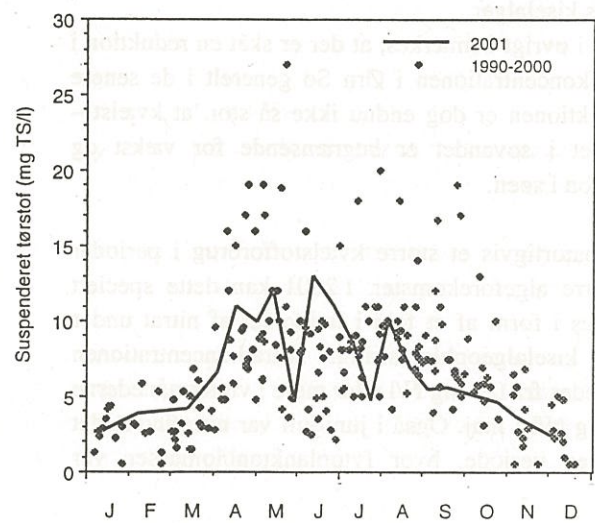
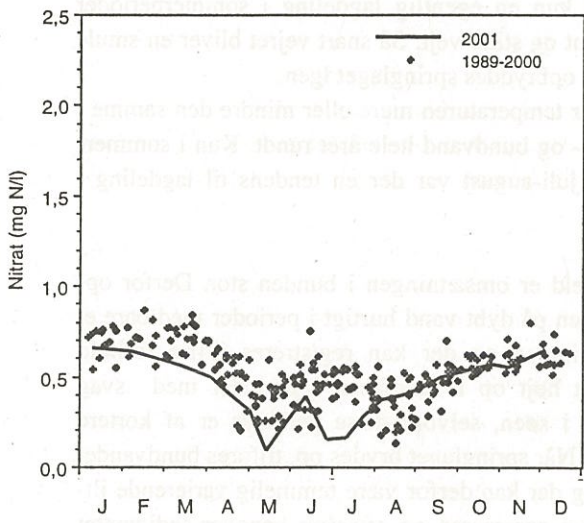
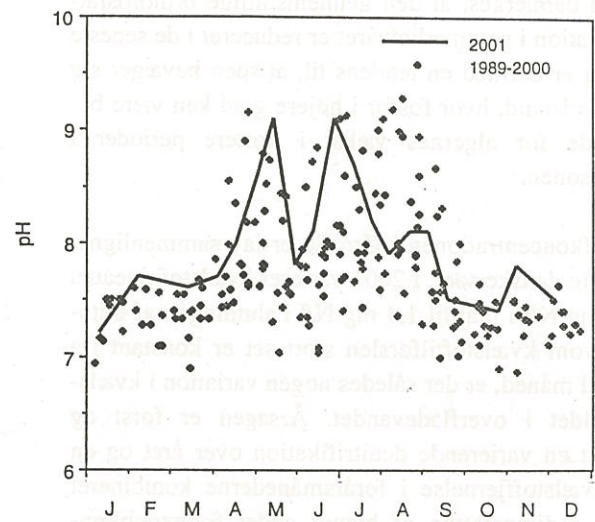
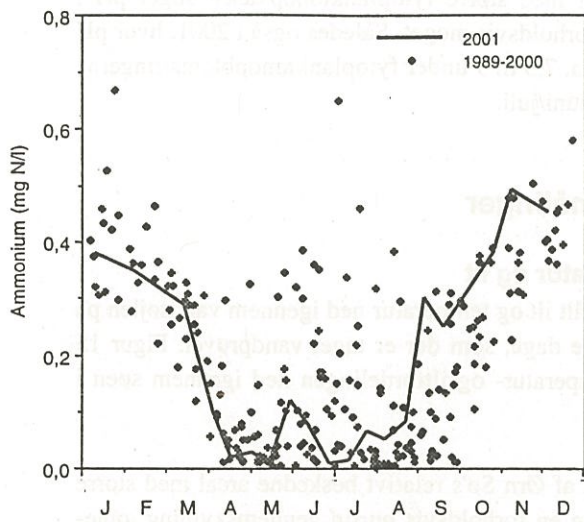
Figur 11

Årstidsvariationen i sigtdybde (øverst), orthofosfat (i midten) og total fosfor (nederst) i Ørn Sø i 2001 sammenlignet med data for perioden 1989 - 2000.

Figur 12

Årstidsvariationen i klorofyl (øverst), partikulær COD (i midten) og opløst silicium (nederst) i Ørn Sø i 2001 sammenlignet med data for perioden 1989 - 2000.





**Figur 13**  
 Årstidsvariasjonen i ammonium (øverst), nitrat ( i midten) og total kvælstof (nederst) i Ørn Sjø i 2001 sammenlignet med data for perioden 1989 - 2000.

**Figur 14**  
 Årstidsvariasjonen i pH (øverst), suspenderet tørstof ( i midten) og suspenderet glødetab (nederst) i Ørn Sjø i 2001 sammenlignet med data for perioden 1989 - 2000.



der tyder på, at fosfor har været begrænsende for algerne vækst.

Det skal bemærkes, at den gennemsnitlige orthofosfatkoncentration i sommerhalvåret er reduceret i de seneste ti år. Der er dermed en tendens til, at søen bevæger sig imod en tilstand, hvor fosfor i højere grad kan være begrænsende for algerne vækst i kortere perioder i vækstsæsonen.

Kvælstofkoncentrationen i Ørn Sø er lav sammenlignet med andre danske søer. I 2001 varierer kvælstofniveauet fra 0,7 mg N/l i maj til 1,4 mg N/l i slutningen af oktober. Selvom kvælstoftilførslen stort set er konstant fra måned til måned, er der således nogen variation i kvælstofindholdet i overfladevandet. Årsagen er først og fremmest en varierende denitrifikation over året og en større kvælstoffjernelse i forårsmånederne kombineret med en sedimentation af blandt andet forårsopblomstringens kiselalger.

Det skal i øvrigt bemærkes, at der er sket en reduktion i kvælstofkoncentrationen i Ørn Sø generelt i de senere år. Reduktionen er dog endnu ikke så stor, at kvælstofindholdet i søvandet er begrænsende for vækst og produktion i søen.

Der er naturligvis et større kvælstofforbrug i perioder med større algeforekomster. I 2001 kan dette specielt registreres i form af et fald i indholdet af nitrat under forårets kiselalgeopblomstring. Nitratkoncentrationen faldt således fra 0,5 mg N/l eller mere i vintermånederne til 0,1 mg N/l i maj. Også i juni/juli var nitratindholdet lavt i den periode, hvor fytoplanktonbiomassen var størst.

### Øvrige parametre

Koncentrationen af opløst silicium er forholdsvis høj (7 - 8 mg Si/l) i Ørn Sø på grund af store tilførsler. I kiselalgerne vækstsæsoner om foråret og efteråret reduceres indholdet af opløst silicium i søvandet dog. I 2001 faldt koncentrationen i særlig grad under forårets kiselalgeopblomstring til ca. 2 mg Si/l, men også i august/september var der et mindre fald i indholdet af opløst silicium under kiselalgerne forholdsvis beskedne efterårsopblomstring.

Langt hovedparten af det suspenderede stof, som er i vandet i Ørn Sø, består af organisk stof i form af alger og er også målt som suspenderet glødetab. Kiselalgerne relativt højere indhold af uorganiske stoffer medfører, at glødetabsandelen af den samlede mængde suspenderet tørstof er mindre om foråret end i sommermånederne, hvor fytoplanktonet er domineret af andre algegrupper

med et relativt større indhold af organisk stof.

I perioder med større fytoplanktonopvækst stiger pH i Ørn Sø forholdsvis meget. Således også i 2001, hvor pH steg fra ca. 7,5 til 9 under fytoplanktonopblomstringerne i maj og juni/juli.

## Profilmålinger

### Temperatur og ilt

Der er målt ilt og temperatur ned igennem vandsøjlen på de samme dage, som der er taget vandprøver. Figur 15 viser temperatur- og iltfordelingen ned igennem søen i 2001.

På grund af Ørn Sø's relativt beskedne areal med større dybder og en forholdsvis hurtig gennemskylning, oplever søen kun en egentlig lagdeling i sommerperioder med varmt og stille vejr. Så snart vejret bliver en smule blæsende opbryddes springlaget igen.

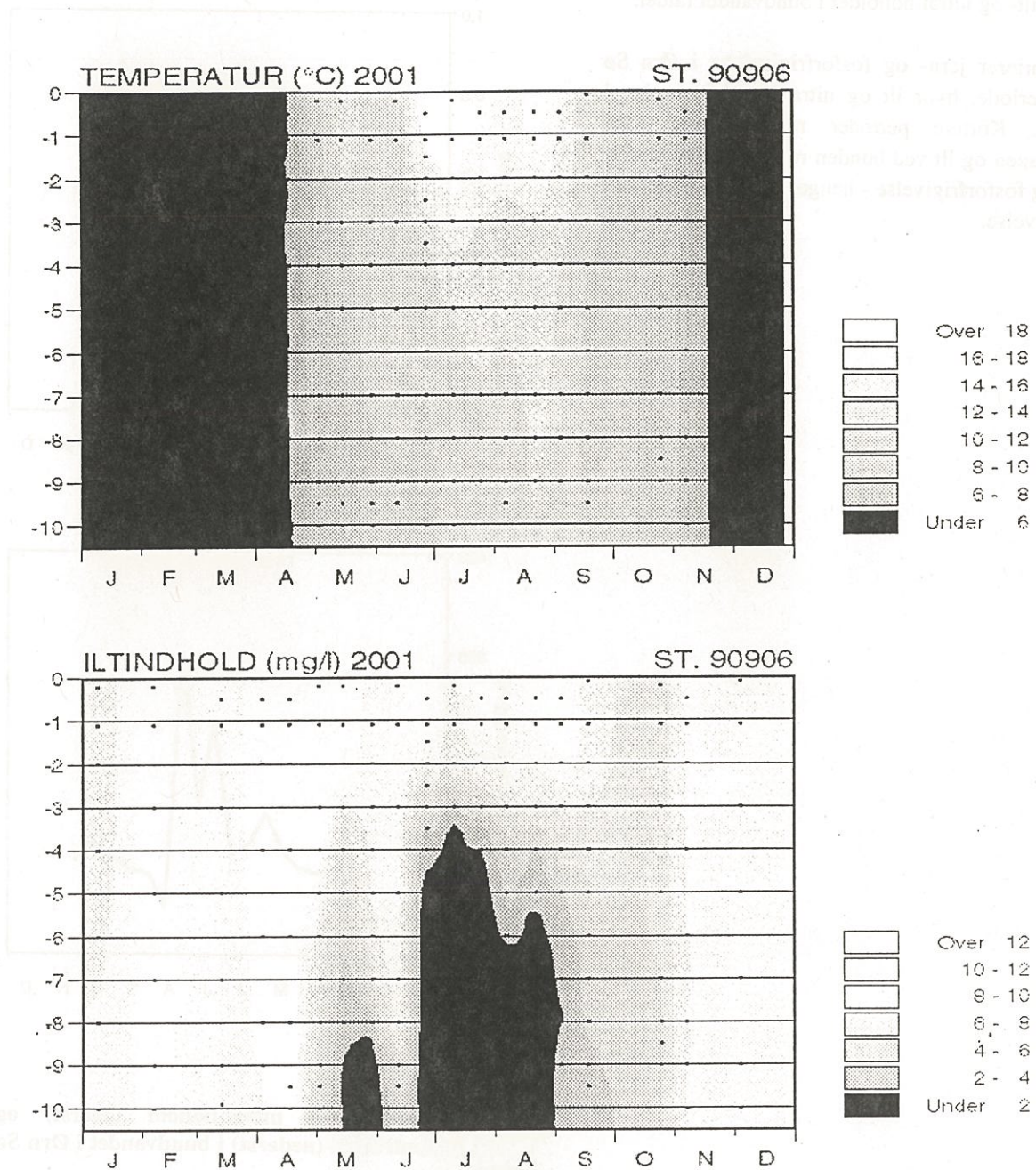
I 2001 var temperaturen mere eller mindre den samme i overflade- og bundvand hele året rundt. Kun i sommerperioden juli-august var der en tendens til lagdeling i søen.

Til gengæld er omsætningen i bunden stor. Derfor opbruges iltten på dybt vand hurtigt i perioder med bare et svagt springlag og der kan registreres iltfrie forhold temmeligt højt op i vandfasen i perioder med svag omrøring i søen, selvom disse perioder er af kortere varighed. Når springlaget brydes op, tilføres bundvandet igen ilt og der kan derfor være temmelig varierende iltforhold om sommeren og efteråret henover sedimentet på dybere vand i Ørn Sø.

I 2001 var der lave iltkoncentrationer i bundvandet allerede i en kortere periode i starten af juni. Årsagen var en kombination af en stor omsætning ved bunden af de kiselalger, som havde dannet fytoplanktonets forårsopblomstring kombineret med forholdsvis rolige vind- og vejrforhold. Efter en fuldstændig omrøring og tilførsel af iltvand til bunden blev der atter iltfrit i bundvandet i løbet af juli. Iltforbruget var så kraftigt i juli, at iltkoncentrationen var mindre end 2 mg/l allerede i 3 - 4 meters dybde. I august og september var omrøringen i søoverfladen en smule kraftigere, således at iltindholdet først nåede under 2 mg/l i 5 - 6 meters dybde.

Der er hvert år en meget stor del af vandvolumenet i Ørn Sø i sensommeren, som har lave iltkoncentrationer. Lave iltkoncentrationer har en væsentlig indflydelse dels på de biologiske forhold i søen men også på de kemiske processer, som sker i bundvandet og på den





Figur 15

Temperaturforholdene (øverst) og iltindholdet (nederst) i Ørn Sø i 2001.

udveksling af stoffer, som er mellem sediment og vand-fase. Der er ingen tvivl om, at det lave iltindhold i bundvandet i Ørn Sø i store dele af sommeren har en væsentlig betydning for forholdene i søen.

### Næringsstoffer

Indholdet af nitrat bidrager til at regulere fosfor- og jernfrigivelsen fra sedimentet.

På grund af det generelt lave kvælstofindhold i Ørn Sø vil der være en vis fosforfrigivelse fra sedimentet så snart iltindholdet - som er den væsentlig regulerende

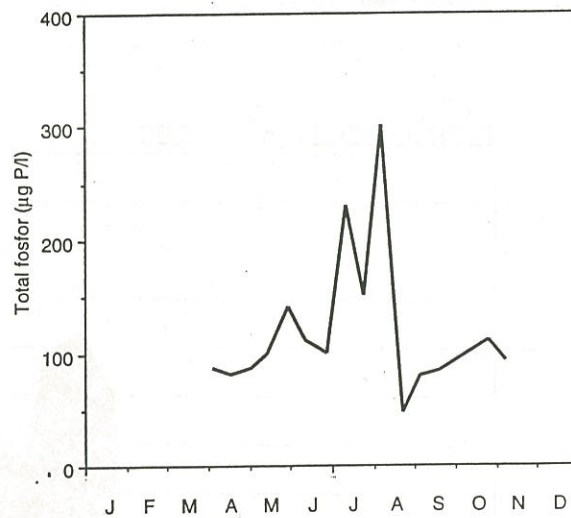
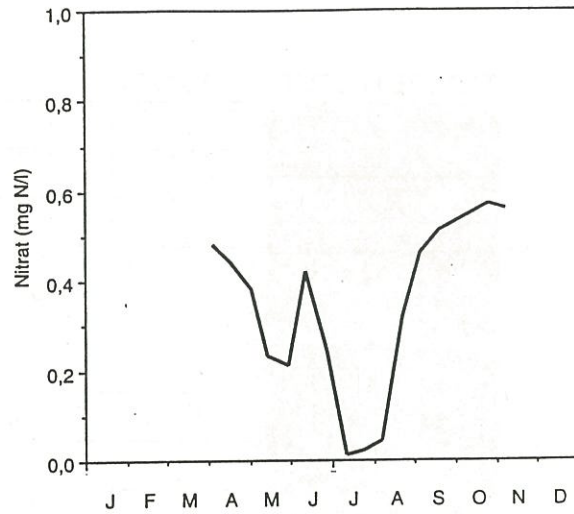
mekanisme for udvekslingen af jern og fosfor mellem sediment og vand - reduceres til lave koncentrationer mindre end 1 - 2 mg/l.

Når iltten er opbrugt og nitratkoncentrationen er reduceret til mindre end 0,5 mg N/l, sker der en stor frigivelse af fosfor og jern fra sedimentet. I 2001 blev nitratindholdet i bundvandet reduceret til mindre end 0,1 mg N/l i starten af juli. Dette medførte en voldsom frigivelse af fosfor og jern resulterende i en fosforkoncentration i bundvandet på 300 µg P/l.

Der sker jern- og fosforfrigivelser i Ørn Sø hvert år i

takt med at ilt- og nitratindholdet i bundvandet falder.

Generelt varierer jern- og fosforfrigivelsen i Ørn Sø med den periode, hvor ilt og nitratindholdet er lav i bundvandet. Kortere perioder med jævnlig total omrøring i søen og ilt ved bunden resulterer i en beskedne jern- og fosforfrigivelse - længerevarende perioder i en stor frigivelse.



Figur 16

Årstidsvariationen i nitratindhold (øverst) og fosforkoncentration (nederst) i bundvandet i Ørn Sø i 2001.



Sommergennemsnit	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Suspenderet tørstof (mg/l)		6,6	12,4	12,0	10,8	9,1	6,1	7,3	8,5	7,5	8,8	8,0	8,2
Suspenderet glødetab (mg/l)		5,0	6,9	6,3	7,0	5,7	4,7	5,5	6,4	6,5	6,6	4,3	5,4
Partikulær COD (mg/l)	7,1	6,5	7,9	7,3	7,7	7,1	6,6	7,1	6,9	8,2	7,8	5,6	7,5
Klorofyl (µg/l)	50	47	65	56	63	54	44	42	45	44	34	44	67
Sigt dybde (m)	1,5	1,6	1,3	1,3	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2
pH	8,1	8,3	8,3	8,1	7,9	7,7	7,8	7,7	7,9			8,0	8,2
Alkalinitet (mekv/l)	0,91	0,83	0,84	0,83	0,81	0,84	0,83	0,86	0,90		0,94	0,95	0,94
Total -N (mg N/l)	1,37	1,46	1,34	1,29	1,34	1,21	1,39	1,31	1,34	1,43	1,18	1,14	1,01
NH4-N (mg N/l)	0,18	0,14	0,09	0,08	0,09	0,08	0,15	0,1	0,13	0,12	0,08	0,11	0,101
NO3-N (mg N/l)	0,53	0,43	0,36	0,39	0,47	0,36	0,48	0,41	0,37	0,48	0,38	0,38	0,46
Total P (µg P/l)	112	98	128	116	101	93	79	66	85	91	81	79	76
Ortho-P (µg P/l)	24	27	23	14	13	13	13	8	12	15	7	11	5
Opløst silicium (mg Si/l)	5,67	6,60	5,10	3,69	4,81	4,72	5,97	5,06	5,72	6,67	5,19	4,85	5,33
Total jern (mg Fe/l)	0,93	0,76	0,86	0,70	0,79	0,61	0,74	0,59	0,87	0,63	0,66	0,75	0,68

Tabel 6

Sommergennemsnit for de målte parametre i overfladevandet i Ørn Sø fra 1989 til 2001.

Årsgennemsnit	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Suspenderet tørstof (mg/l)		6,5	9,4	8,7	6,8	6,1	4,8	4,5	6,1	4,9	5,4	5,9	5,9
Suspenderet glødetab (mg/l)		4,2	4,8	5,0	4,4	3,3	3,4	3,5	4,5	4,2	4,1	2,7	3,3
Partikulær COD (mg/l)	5,2	5	5,5	5,4	5,3	4,4	4,4	4,7	4,6	4,7	4,6	5,0	6,1
Klorofyl (µg/l)	30	32	41	39	35	28	26	27	28	23	18	25	35
Sigt dybde (m)	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,7	1,8	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4
pH	7,9	7,90	7,9	7,8	7,6	7,5	7,5	7,4	7,5			7,7	7,9
Alkalinitet (mekv/l)	0,90	0,87	0,85	0,84	0,83	0,83	0,83	0,89	0,96		0,95	0,94	0,94
Total -N (mg N/l)	1,52	1,48	1,34	1,39	1,30	1,28	1,40	1,38	1,32	1,41	1,59	1,21	1,10
NH4-N (mg N/l)	0,310	0,270	0,200	0,220	0,190	0,200	0,210	0,290	0,190	0,230	0,220	0,227	0,228
NO3-N (mg N/l)	0,61	0,55	0,51	0,53	0,51	0,53	0,58	0,50	0,50	0,59	0,76	0,56	0,46
Total P (µg P/l)	107	106	108	112	90	86	73	64	70	81	80	76	77
Ortho-P (µg P/l)	30	34	31	23	20	25	19	14	13	21	23	15	10
Opløst silicium (mg Si/l)	6,02	6,79	5,81	5,29	5,82	5,78	6,40	6,32	5,86	6,80	6,29	5,99	6,27
Total jern (mg Fe/l)	1,13	1,05	0,81	0,93	1,01	1,06	0,93	0,83	0,84	0,90	1,09	1,00	1,08

Tabel 7

Årsgennemsnit for de målte parametre i overfladevandet i Ørn Sø fra 1989 til 2001.

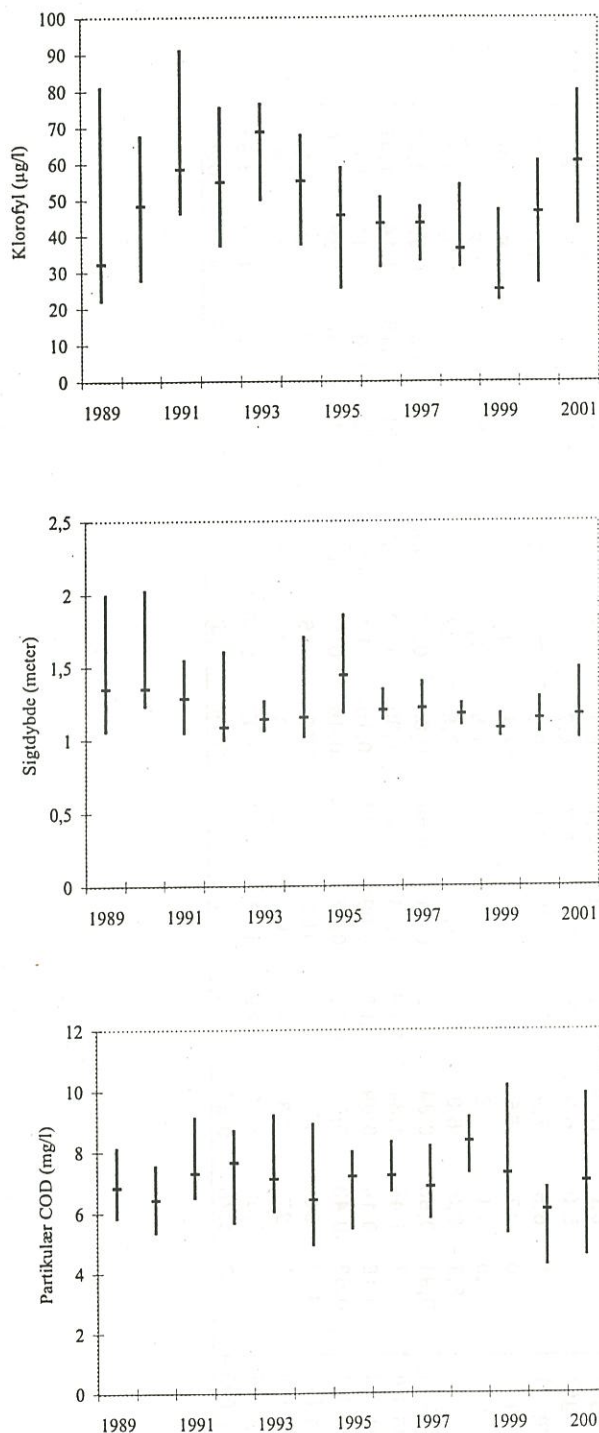
## Udviklingen i Ørn Sø

### Klorofyl og sigtddybe

Klorofylkoncentrationen, der er et mål for mængden af alger, har varieret noget fra år til år. I 2001 var den gennemsnitlige sommerkoncentration 67 mg/l. Dermed er klorofylkoncentrationen tilbage på nogenlunde samme niveau, som var i søen i første halvdel af 1990'erne. Den faldende tendens, som var i sidste halvdel af 1990'erne, er med andre ord afløst af en forøget klorofylkoncentration i de seneste to år. Det vurderes derfor, at de biologiske forhold ikke er ændret i væsentlig grad i Ørn Sø siden 1989. På trods af varierende klorofylniveauer har den gennemsnitlige sigtddybe været stort set konstant siden 1989. Årsagen er som tidligere nævnt, at fytoplanktonbiomassen og klorofylkoncentrationen i mindre grad end i de fleste andre danske søer influerer på sigtddybden. I Ørn Sø regulerer detritus og vandets egenfarve i væsentlig grad vandets klarhed. Disse to parametre har ikke ændret sig i de sidste 10 - 15 år og derfor har den gennemsnitlige sigtddybe også været mere eller mindre konstant i perioden.

### Partikulær COD

Det partikulære COD er i vid udstrækning et udtryk for søvåndets indhold af organisk stof og dermed fytoplanktonets biomasse. Derfor varierer det gennemsnitlige indhold af partikulær COD også nogenlunde parallelt med klorofylkoncentrationen. Der har således heller ikke været nogen entydig udvikling i indholdet af partikulært COD i Ørn Sø siden 1989.



Figur 17

Udviklingen i klorofylkoncentrationen (øverst), sigtddybden (i midten) og det partikulære COD (nederst) i overfladevandet i Ørn Sø i perioden 1989 - 2001.

Data angivet som sommergennemsnit samt 25 og 75 % fraktiler.



## Fosfor

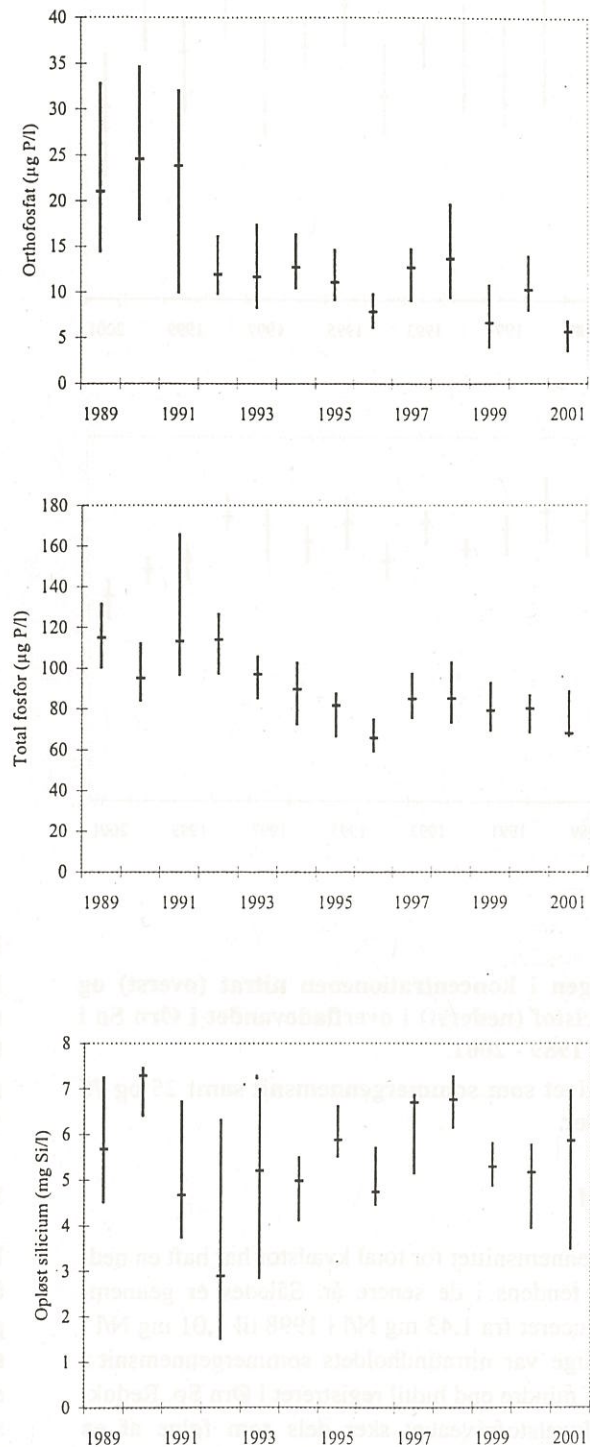
Fosforkoncentrationen i Ørn Sø er i de forløbne tolv år siden 1989 reduceret signifikant ( $p < 0,05$ ) både for orthofosfat og for total fosfors vedkommende. Reduktionen er dog fortrinsvis sket i perioden 1989 - 1994/1995, således er der ikke sket nogen yderligere reduktion i fosforniveauet fra 1995 til 2001, selvom den gennemsnitlige orthofosfat koncentration i sommermånederne i 2001 var den lavest registreret i måleperioden.

Årsagen til det reducerede fosforniveau er den reduktion, som skete i fosfortilførslerne til Ørn Sø i første halvdel af 1990'erne som følge af et reduceret fosforbidrag fra dambrugene langs Funder Å.

I de sidste 5 - 7 år har fosfortilførslerne været nogenlunde konstante og med dem har også fosforkoncentrationen i søvandet været uændret.

## Opløst silicium

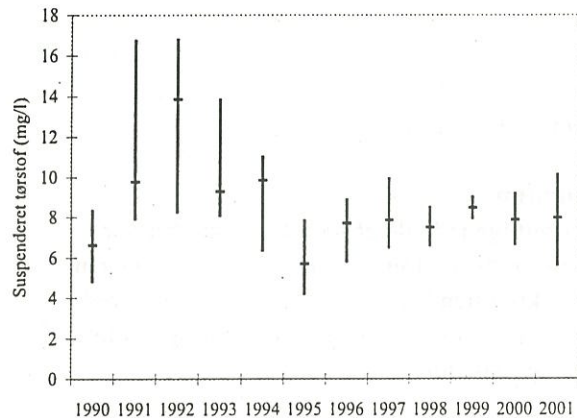
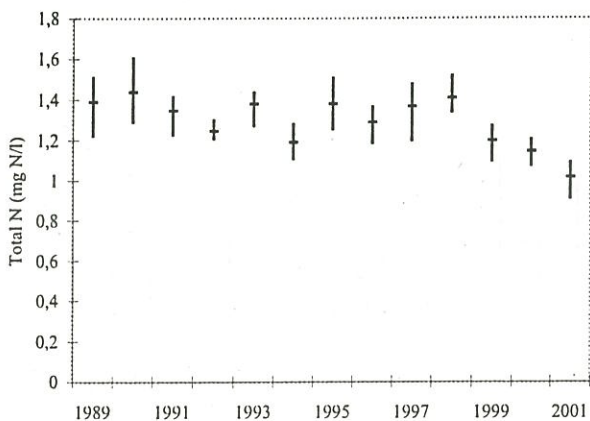
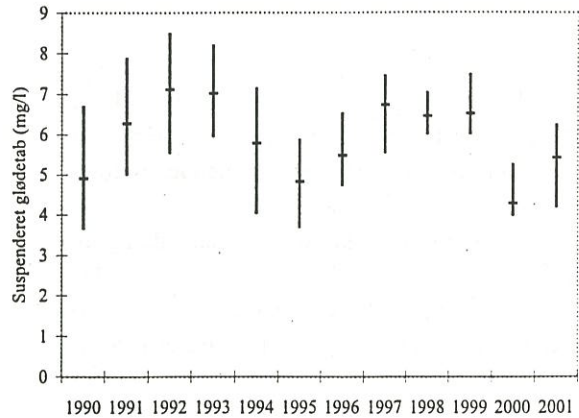
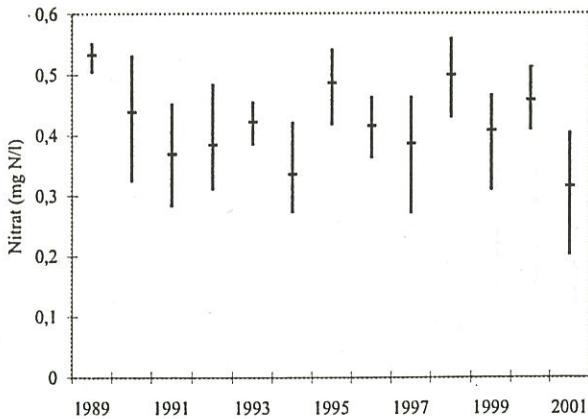
Det gennemsnitlige indhold af opløst silicium har varieret noget fra år til år. Der har dog ikke været nogen ensrettet udviklingstendens og variation skyldes hovedsagligt variationer i kiselalgenes forekomst og dermed forbrug af opløst silicium.



Figur 18

Udviklingen i koncentrationen af orthofosfat (øverst), total fosfor (i midten) og opløst silicium (nederst) i overfladevandet i Ørn Sø i perioden 1989 - 2001.

Data angivet som sommergennemsnit samt 25 og 75 % fraktiler.



Figur 19

Udviklingen i koncentrationen nitrat (øverst) og total kvælstof (nederst) i overfladevandet i Ørn Sø i perioden 1989 - 2001.

Data angivet som sommergennemsnit samt 25 og 75 % fraktiler.

### Kvælstof

Sommergennemsnittet for total kvælstof har haft en nedadgående tendens i de senere år. Således er gennemsnittet reduceret fra 1,43 mg N/l i 1998 til 1,01 mg N/l i 2001. Tillige var nitratindholdets sommergennemsnit i 2001 også mindre end hidtil registreret i Ørn Sø. Reduktionen i kvælstofniveauet sker dels som følge af en gradvis reduktion i kvælstoftilførslerne i de forløbne ti år, dels på grund af en forøget kvælstofreduktion i søen i de senere år.

På figur 8 er det tidligere vist, at den relative kvælstoffjernelse i Ørn Sø i de seneste to år er steget fra et niveau mindre end 10 % til næsten 20 % af de samlede kvælstoftilførsler.

Figur 20

Udviklingen i koncentrationen af suspenderet glødetab (øverst) og suspenderet tørstof (nederst) i overfladevandet i Ørn Sø i perioden 1989 - 2001.

Data angivet som sommergennemsnit samt 25 og 75 % fraktiler.

### Suspenderet stof

Indholdet af suspenderet tørstof varierer noget fra år til år, men tilsyneladende uden sammenhæng med eksempelvis algemængden. Generelt er koncentrationen af suspenderet tørstof relativ lav. Heller ikke det suspenderede glødetab har udvist væsentlige variationer i de senere år.

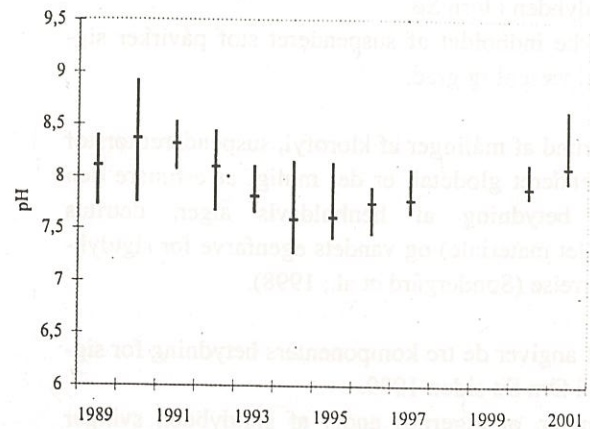
Den lille variation i indholdet af suspenderet stof i Ørn Sø understøtter de øvrige måleparametres billede af en sø, hvori der i de seneste ti år kun er sket ganske små ændringer i såvel de biologiske som de fysiske forhold.



## pH

Variationer i pH i overfladevandet i Ørn Sø kan tages som udtryk for variationer i de biologiske forhold i søen og først og fremmest fytoplanktonaktiviteten. Generelt har pH i sommermånederne været ganske stabil og varieret mellem 7,5 og 8,5 siden 1989.

Det skal bemærkes, at pH-data fra 1998 og 1999 er udeladt. Dette er sket på grund af en formodning om for store usikkerheder på pH-dataene fra disse to år.



Figur 21

Udviklingen i pH i overfladevandet i Ørn Sø i perioden 1989 - 2001.

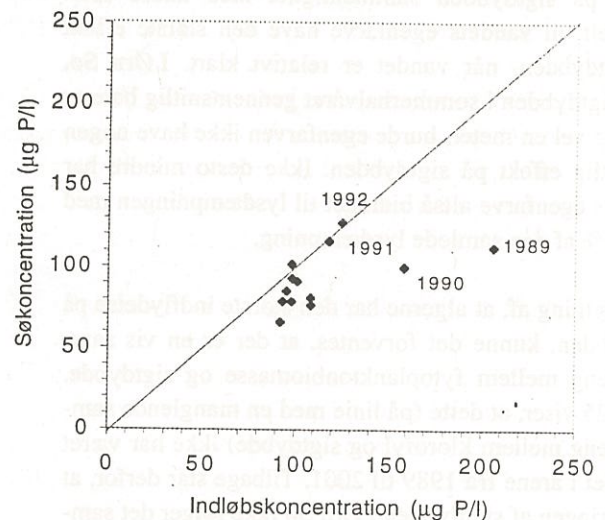
Data angivet som sommergennemsnit samt 25 og 75 % fraktiler.

## Vandkemiske sammenhænge

Selvom der er en tendens til, at fosforretentionen er blevet mindre, i takt med at fosforkoncentrationen i indløbsvandet er reduceret, er der dog en sammenhæng mellem  $P_i$  og  $P_{sø}$ , således at fosforkoncentrationen i Ørn Sø er blevet mindre i takt med den mindre indløbskoncentration (figur 22). Dette ses især for årene 1989 - 1992 sammenlignet med de efterfølgende års sommergennemsnit.

Fosforniveauet har en vis indflydelse på indholdet af alger også i Ørn Sø. Figur 23 (øverst) viser sammenhængen mellem total fosforkoncentration og algemængden målt som klorofyl. Sammenlignet med den effekt som en reduceret fosforkoncentration har på klorofylindholdet i de fleste andre danske søer har reduktionen i fosforniveauet i Ørn Sø kun resulteret i et relativ lille fald i algemængden.

Da klorofylkoncentrationen ikke har fulgt reduktionerne i fosforindholdet har der ikke været nogen ensrettet udvikling i sigtddyben i søen. Derfor er der heller ikke nogen sammenhæng mellem sigtdybde og fosforkoncentration i Ørn Sø (figur 23 - i midten).



Figur 22

Sammenhængen mellem den vandføringsvægtede indløbskoncentration for fosfor til Ørn Sø og den gennemsnitlige fosforkoncentration i sommermånedene i søen i perioden 1989 - 2001.

Figur 23 (nederst) viser sammenhængen mellem det suspenderede tørstof - som for en vis part består af alger - og sigtddyben i Ørn Sø.

Heller ikke indholdet af suspenderet stof påvirker sigtddyben i væsentlig grad.

På baggrund af målinger af klorofyl, suspenderet tørstof og suspenderet glødetab er det muligt at estimere den relative betydning af henholdsvis alger, detritus (ophvirvlet materiale) og vandets egenfarve for sigtddybens størrelse (Søndergård et al., 1998).

Figur 24 angiver de tre komponenters betydning for sigtddyben i Ørn Sø siden 1989.

Det fremgår, at algernes andel af sigtddyben svinger mellem 40 og 60 %. Generelt regulerer såvel detritus som vandets egenfarve sigtddyben med ca. 25 %, medens fytoplanktonets betydning for sigtddyben i Ørn Sø er omkring 50 %. Algerne betydning for sigtddyben er dog steget i de seneste par år.

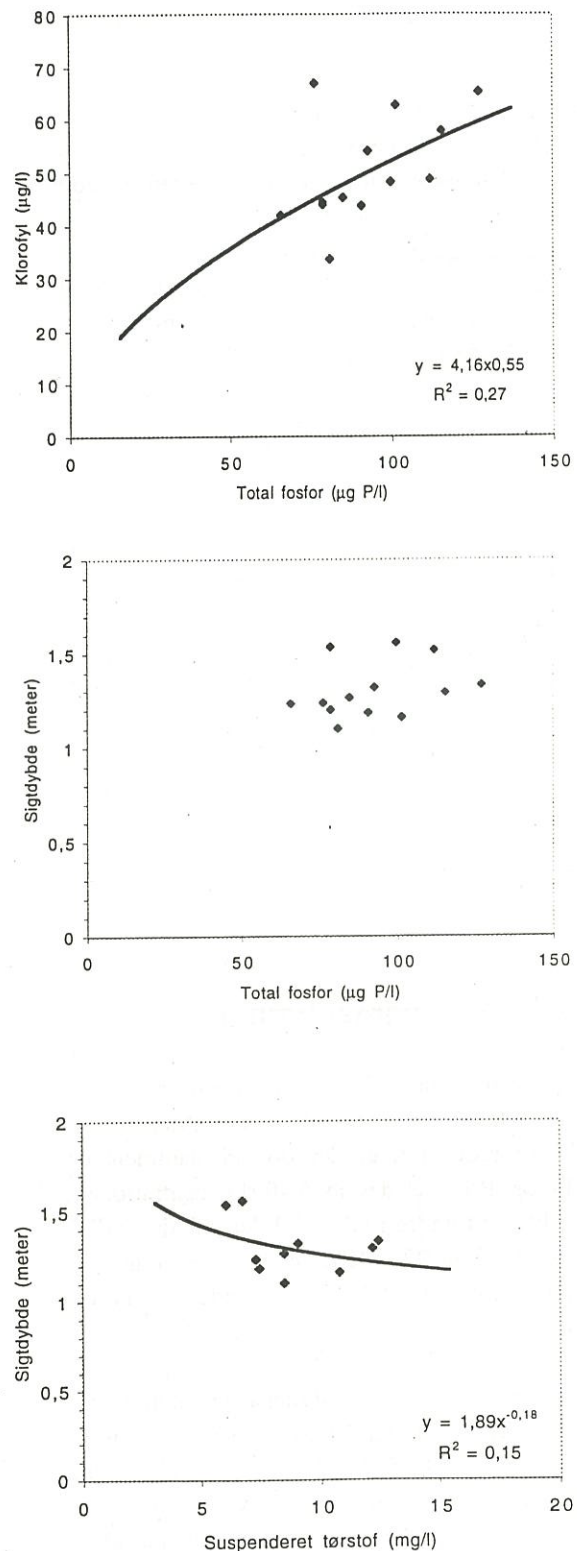
Vandets egenfarve har en forholdsvis stor regulerende effekt på sigtddyben sammenlignet med andre søer. Generelt vil vandets egenfarve have den største effekt på sigtddyben, når vandet er relativt klart. I Ørn Sø, hvor sigtddyben i sommerhalvåret gennemsnitlig bare er godt og vel en meter, burde egenfarven ikke have nogen væsentlig effekt på sigtddyben. Ikke desto mindre har vandets egenfarve altså bidraget til lysdæmpningen med ca. 25 % af den samlede lysdæmpning.

I betragtning af, at algerne har den største indflydelse på sigtddyben, kunne det forventes, at der er en vis sammenhæng mellem fytoplanktonbiomasse og sigtddybe. Figur 25 viser, at dette (på linie med en manglende sammenhæng mellem klorofyl og sigtddybe) ikke har været tilfældet i årene fra 1989 til 2001. Tilbage står derfor, at reguleringen af sigtddyben i Ørn Sø ikke følger det samme mønster, som er typisk for danske søer og at den reduktion i næringsstofindholdet, som er sket i søen siden 1980'erne, ikke har resulteret i en tilsvarende forbedret sigtddybe.

Det er naturligvis fortsat vigtigt at reducere fosforindveuet i søen, således, at algebiomassen bliver mindre og algerne bidrag til lysdæmpningen i søen dermed trods alt formindskes.

I takt med at algebiomassen bliver mindre, vil detritus' og vandets egenfarves relative betydning for sigtddyben blive større.

Når algemængden falder, vil ophvirvlingen af døde alger også blive mindre. En væsentlig reduktion i



Figur 23

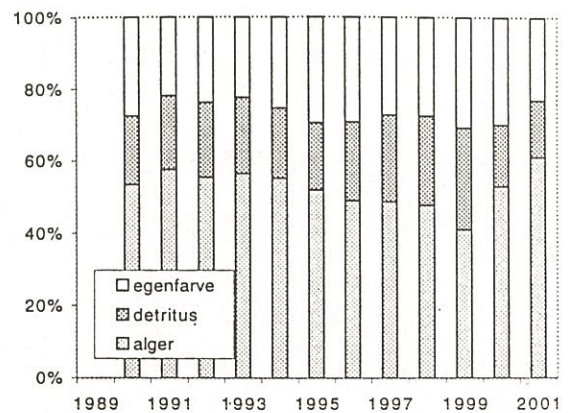
Sammenhængen mellem total fosfor og klorofylkoncentration (øverst), total fosfor og sigtddybe ( i midten) og suspenderet tørstof og sigtddybe (nederst) i Ørn Sø i årene fra 1989 til 2001 (data præsenteret som sommergennemsnit).



ophvirvlingen af bundmateriale og dermed i indholdet af detritus i søvandet opnåes dog først, hvis undervandsvegetation etablerer sig i et væsentligt omfang i søen.

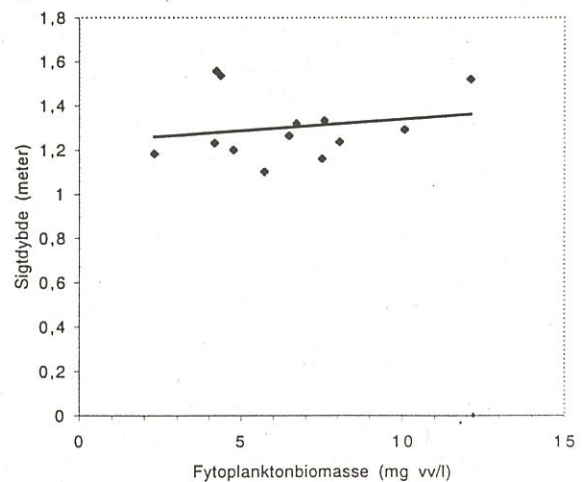
Selvom fosforniveauet i Ørn Sø reduceres til et niveau mindre end  $80 \mu\text{g P/l}$ , er det ikke sandsynligt, at undervandsvegetation vil etablere sig i søen. Mulighed for en beskeden indvandring af undervandsplanter på lavt vand betinger en væsentlig større reduktion i fosforniveauet og dermed i indholdet af alger, da såvel detritus som vandets egenfarve altså har en væsentlig indflydelse på sigtddyden i søen.

Umiddelbart er der således ikke udsigter til en større genindvandring af undervandsplanter i Ørn Sø.



Figur 24

Planteplanktons, detritus og vandets egenfarves betydning for sigtddyden i Ørn Sø i måleårene fra 1989 til 2001 beregnet ud fra sommergennemsnit.



Figur 25

Sammenhængen mellem fytoplanktonbiomasse og sigtddybe i Ørn Sø (sommergennemsnit) i måleårene fra 1989 til 2001.



# Fyto- og zooplankton

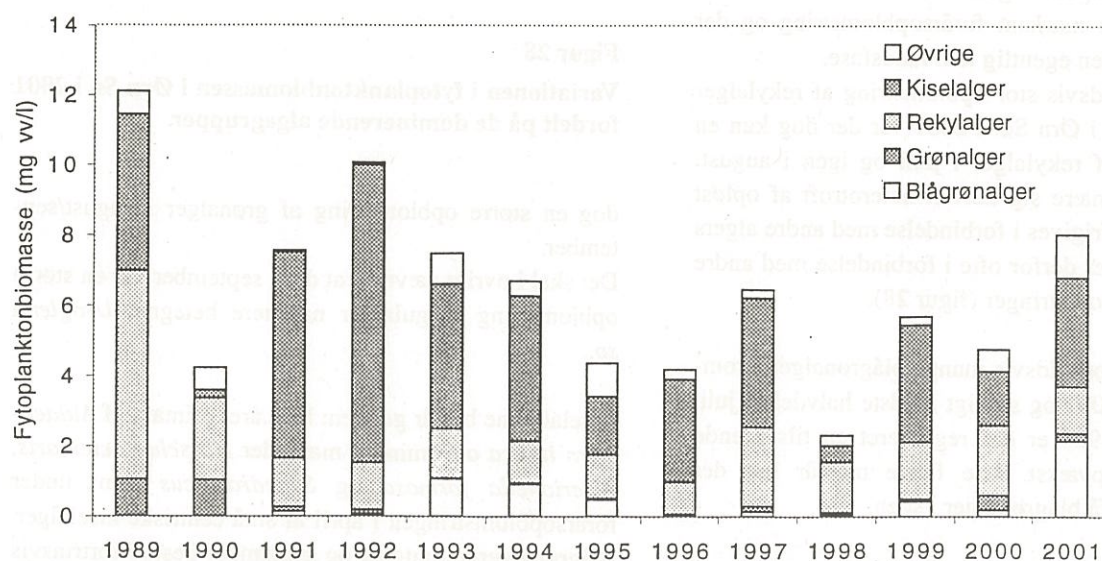
## Fytoplankton

Fytoplanktonet i Ørn Sø blev i 2001 undersøgt 16 gange med prøvetagningsfrekvens som foreskrevet i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag.

### Udviklingstendenser

Algemængden varierer forholdsvis meget i Ørn Sø fra år til år. I Overvågningsprogrammets forløbne 12 år siden 1989 er der registreret en gennemsnitlig sommerbiomasse varierende fra et minimum i 1998 på ca. 2,5 mg vv/l til et højeste sommergennemsnit på 12 mg vv/l i 1989. Fytoplanktonet i søen har ikke haft nogen ensrettet udvikling siden 1989. I årene 1992 til 1998 var der et jævnt fald i fytoplanktonmængden men siden 1998 er biomassen igen steget således at sommergennemsnittet i 2001 var oppe på samme niveau som i 1991-1992.

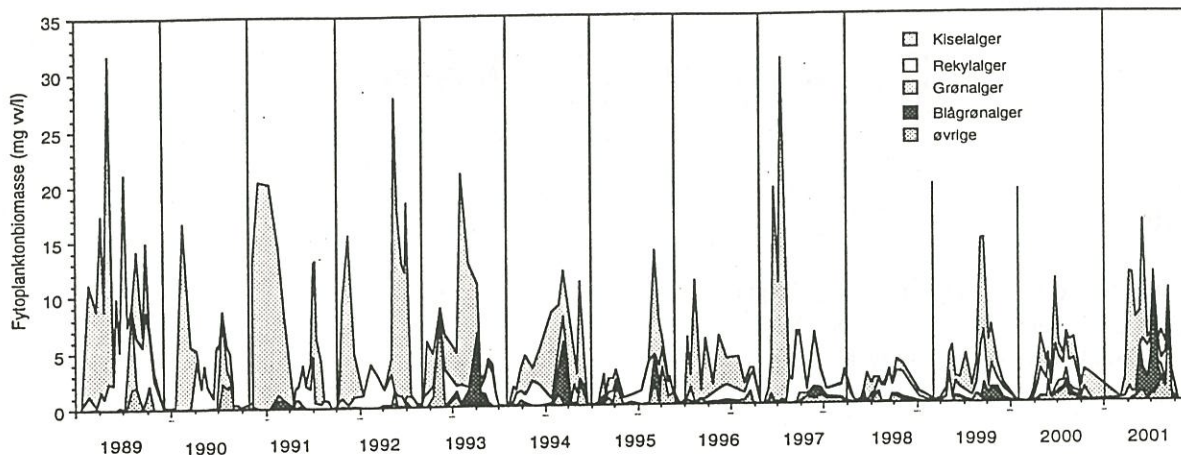
Kiselalgerne har i alle undersøgelsesår været den dominerende algegruppe og generelt har algefördelingen været forholdsvis konstant fra år til år. I 1989 og 1990 var der dog en mindre mængde grønalger i søen, som i de senere år er afløst af en varierende mængde blågrønalger. I 2001 var der særligt mange blågrønalger, men



Figur 26

Fytoplanktonbiomassen i Ørn Sø i årene fra 1989 til 2001 fordelt på grupper og præsenteret som sommergennemsnit.





Figur 27

Variationen i fytoplanktonbiomassen i Ørn Sø fra 1989 til 2001 fordelt på de dominerende algegrupper.

også gulalgerne havde en forholdsvis stor biomasse i 2001 (under gruppen "øvrige" i figur 26 og 27). Endeligt er også en del rekyalger i Ørn Sø. I 2001 var denne algegruppens biomasse dog mindre end i de foregående måleår.

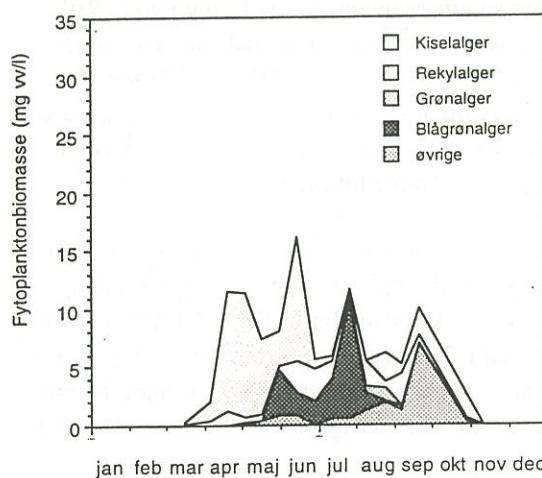
### Årstidsvariation 2001

Som de tidligere år dominerede kiselalgerne i Ørn Sø i årets første halvdel i 2001. Det er typisk for danske søer at have en større forårsopblomstring af kiselalger i april, som afløses af en klarvandsfase med få alger i juni. I Ørn Sø varierede algemængden i 2001 i løbet af foråret imidlertid uden en markant forårsopblomstring og der var heller ikke nogen egentlig klarvandsfase.

Oftentimes har en forholdsvis stor opblomstring af rekyalger afløst kiselalgerne i Ørn Sø. I 2001 var der dog kun en mindre opvækst af rekyalger i juni og igen i august. Rekyalger kan ernære sig delvist heterotroft af opløst organisk stof, der frigives i forbindelse med andre algers henfald og optræder derfor ofte i forbindelse med andre algegruppers opblomstringer (figur 28).

Der var derimod forholdsvis mange blågrønalger i sommermånederne i 2001 og særligt i sidste halvdel af juli. Kun i 1993 og 1994 er der registreret en tilsvarende stor blågrønalgeopvækst. I de fleste måleår har der været forholdsvis få blågrønalger i søen.

Der forekommer grønalger i søen hele året rundt men i meget små mængder. Tilbage i 1989 og 1990 var der



Figur 28

Variationen i fytoplanktonbiomassen i Ørn Sø i 2001 fordelt på de dominerende algegrupper.

dog en større opblomstring af grønalger i august/sep-tember.

Det skal i øvrigt nævnes, at der i september var en større opblomstring af gulalger nærmere betegnet *Uroglena sp.*.

Kiselalgerne består gennem hele året primært af *Aulacoseira italica* og i mindre mængder *Nitzschia acicularis*, *Asterionella formosa* og *Synedra acus* samt under forårsopblomstringen i april af små centriske kiselalger. Blågrønalgerne i august og september bestod fortrinsvis af *Pseudoanabaena limnetica* som i de foregående år men også af *Rhabdoderma lineare*.



Det er tidligere gennemgået, at næringsstoftilgængeligheden er rigelig, idet der ikke er noget tidspunkt i løbet af året, hvor koncentrationen af opløste næringsstoffer nærmer sig nul. Mængden af fytoplankton i Ørn Sø er på det nuværende niveau med andre ord ikke væsentligt reguleret "fra neden" af tilgængeligheden af opløste næringsstoffer.

Den reduktion, som er sket i indholdet af fosfor i søvandet, er således endnu ikke tilstrækkelig, til at fosforbegrænsning kan regulere fytoplanktonbiomassen i væsentlig omfang.

Andre faktorer og specielt zooplanktonets græsning har derfor en betydelig effekt på fytoplanktonbiomassen i søen. Den manglende klarvandsfase i juni måned tyder dog på, at heller ikke zooplanktonet er i stand til at regulere fytoplanktonbiomassen i væsentlig omfang.

Som det tidligere er gennemgået er fytoplanktonmængden og indholdet af klorofyl kun i mindre grad bestemmende for sigtdybden i Ørn Sø.

## Zooplankton

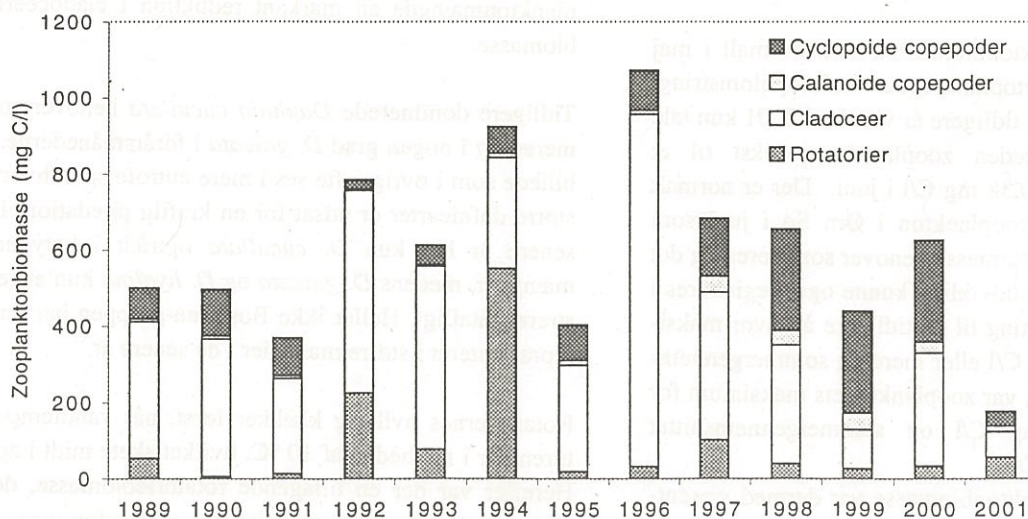
Zooplanktonet i Ørn Sø blev i 2001 undersøgt 15 gange med prøvetagningsfrekvens som foreskrevet i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag.

Zooplanktonet i Ørn Sø bestod i 2001 af stort set lige dele rotatorier, cladoceer og cyclopoide copepoder (figur 29 og 30).

Siden 1989 har der været en klar dominans af cladoceer

i Ørn Sø. I de senere år og særligt i 2001 har der været en stigende mængde cyclopoide copepoder. I takt hermed er der blevet færre cladoceer.

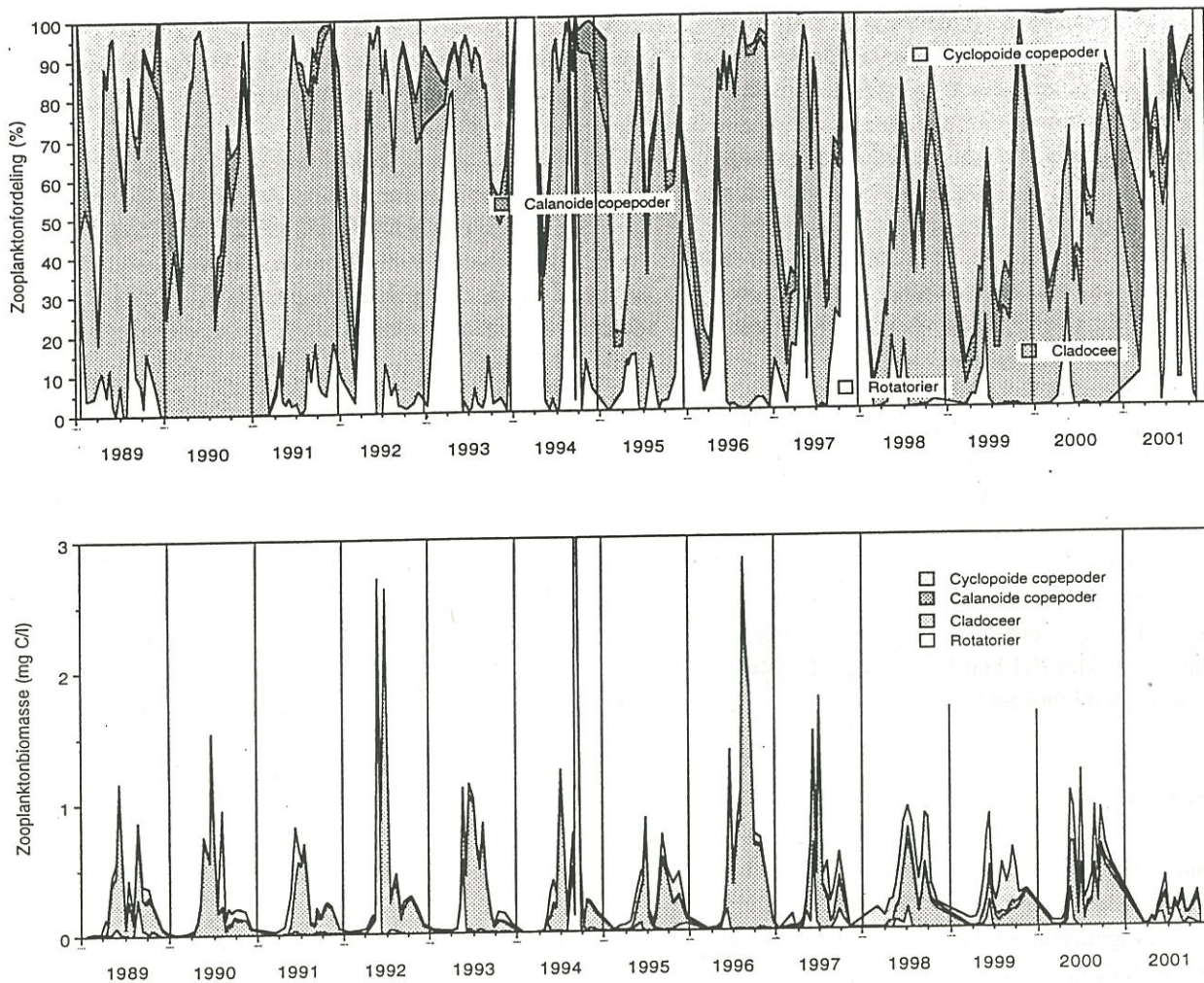
Den samlede zooplanktonbiomasse var meget lille i 2001 og sommergennemsnittet (ca. 175 µg C/l) er den laveste registrerede gennemsnitlige zooplanktonbiomasse i Ørn Sø siden 1989. Mængden af zooplankton har dermed fortsat den nedadgående tendens, som har været i søen i de seneste 3 - 4 år.



Figur 29

Zooplanktonbiomassen i Ørn Sø i årene fra 1989 til 2001 fordelt på grupper og præsenteret som sommergennemsnit.





Figur 30

Den relative fordeling af zooplanktongrupperne (øverst) og zooplanktonets variation i biomasse i Ørn Sø i årene fra 1989 til 2001.

#### Arstidsvariation 2001

I 2001 steg zooplanktonbiomassen som normalt i maj "på bagsiden" af fytoplanktonets forårsopblomstring. Men i modsætning til tidligere år var der i 2001 kun tale om en meget beskedne zooplanktonopvækst til et forårsmaksimum på 0,38 mg C/l i juni. Der er normalt en opblomstring af zooplankton i Ørn Sø i juni som afløses af en mindre biomasse henover sommeren og det tidlige efterår. Denne udvikling kunne også registreres i 2001, men i modsætning til de tidligere år, hvor maksimum har været 1 mg C/l eller mere og sommergennemsnittet ca. 0,5 mg C/l, var zooplanktonets maksimum for 2001 altså 0,38 mg C/l og sommergennemsnittet 0,175 mg C/l.

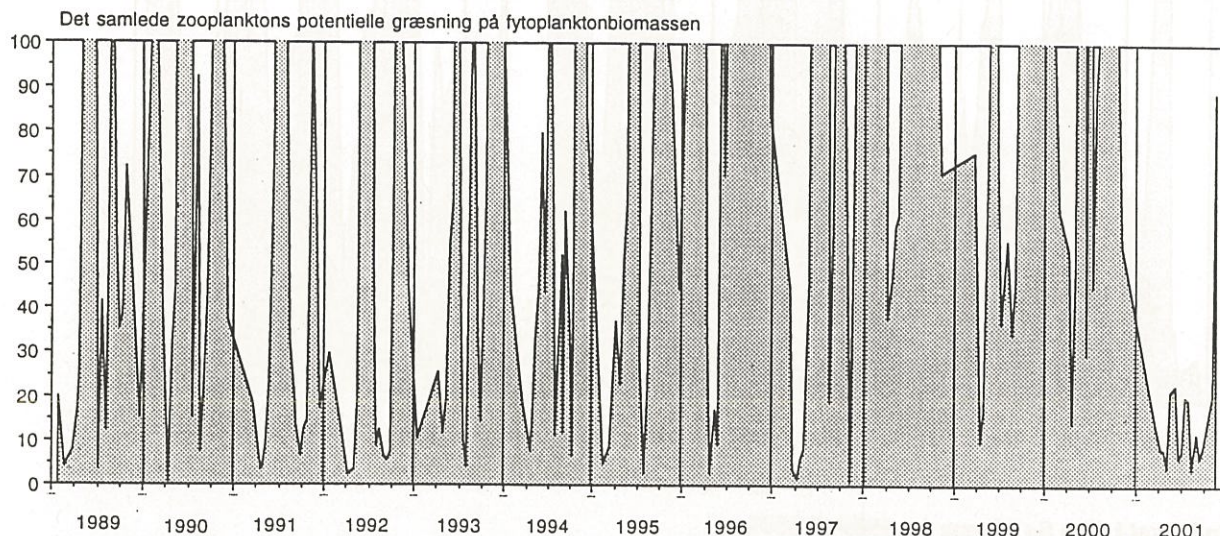
Den samlede zooplanktonbiomasse var dermed væsentligt mindre i 2001 end de fleste tidligere overvågningsår. Da de cyclopoide copepoderes biomasse som nævnt

er steget i de senere år, skyldes den generelt lille zooplanktonmængde en markant reduktion i cladoceernes biomasse.

Tidligere dominerede *Daphnia cucullata* henover sommeren og i nogen grad *D. galeata* i forårsmånederne. Et billede som i øvrigt ofte ses i mere eutrofe søer, hvor de større dafniearter er udsat for en kraftig prædation. I de senere år har kun *D. cucullata* optrådt i betydende mængder, medens *D. galeata* og *D. hyalina* kun er registreret fåtalligt. Heller ikke *Bosmina*-gruppen har været repræsenteret i større mængder i de senere år.

Rotatorierne hvileæg klækker først, når vandtemperaturen når i nærheden af 10 °C, hvilket skete midt i april. Herefter var der en tiltagende rotatoriebiomasse, der i maj nåede forårets maksimum med dominans af *Synchaeta sp.*. Omkring 1. august var der endnu et mak-





Figur 31

Det samlede zooplanktons potentielle græsning på fytoplanktonet i Ørn Sø fra 1989 til 2001.

simum denne gang primært bestående af *Asplanchna priodonta*. Herefter aftog biomassen og forblev lille resten af året. *A. priodonta*, der er et rovdyr, er almindeligt forekommende i Ørn Sø og har også tidligere år været den dominerende rotatorieart.

Rotatoriernes forekomst har varieret gennem årene, ligesom tidspunktet, hvor de har dannet maksimum, har været forskelligt. I den forbindelse skal det nævnes, at de enkelte maksima kan være underestimeret, da rotatorier under optimale forhold har en reproduktionstid på under en uge.

### Regulerende faktorer for zooplanktonets forekomst

Zooplanktons sammensætning og biomasse er dels betinget af tilgængeligheden af egnede fødeemner (alger og bakterier) og dels af mængden af prædatorer, som lever af zooplankton (fisk og carnivort zooplankton).

#### Græsning

Den beregnede fødeoptagelse for de enkelte grupper er skønnet ud fra deres energibehov pr. dag under optimale forhold og antages at være 200% for rotatorier, 100% for cladoceer og 50% for copepoder. Ved meget lave fødekonzentrationer, svarende til en algebiomasse mindre end 0,2 mg C/l, nedsætter dyrene fødeoptagelsen og da vil en korrektion af fødeoptagelsen være nødvendig (jf. Hansen et. al. 1992). Generelt optager de filtrerende zooplanktonarter mest effektivt fødepartikler < 50 µm, men partikler < 20 µm må anses for det optimale.

I figur 31 er zooplanktonets potentielle græsning på den samlede fytoplanktonbiomasse præsenteret.

Det fremgår, at zooplanktonets fødeoptagelse gennem hele 2001 har været meget beskedent. Zooplanktonet har således ikke på noget tidspunkt været i stand til at regulere fytoplanktonmængden i noget væsentligt omfang. Heller ikke i den periode i sidste halvdel af juni, hvor zooplanktonet traditionelt regulerer fytoplanktonet kraftigt og hvor der som følge heraf typisk er en periode med forholdsvis klart vand også i Ørn Sø. Dette på trods af at fytoplanktonet i store perioder i de foregående år har været kraftigt reguleret af græsning fra zooplanktonets side.

#### Prædation

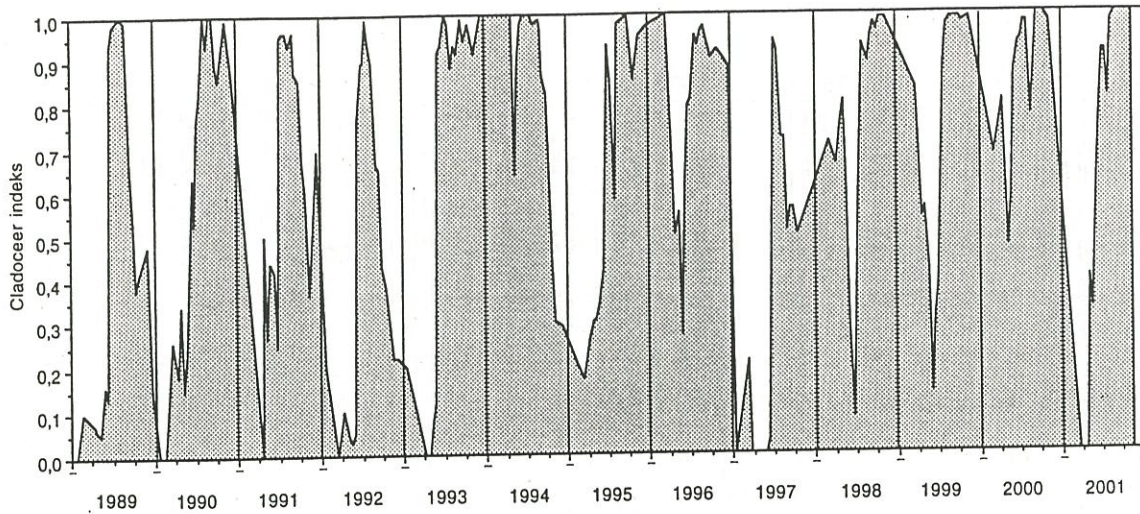
Det er ikke kun tilgængeligheden af alger, der er bestemmende for zooplanktonets sammensætning og biomasse. Prædation på zooplanktonet fra de planktivore fisk er også af afgørende betydning.

Prædation på zooplanktonet sker fortrinsvis på de store individer, men generelt vil en stor prædation kunne ses som et fald i biomassen. Det vurderes, at den meget lille zooplanktonbiomasse i 2001 skyldes en kraftig prædation fra de planktivore fisk.

Kraftig prædationen vil typisk medføre et fald i cladoceer-indexet, der er forholdet mellem antallet af *Daphnia* og det samlede antal cladoceer (figur 32).

Der var som nævnt relativt få dafnier i Ørn Sø i 2001 og de, som var, var næsten udelukkende *D. cucullata*. Årsagen til, at de større arter er yderst ringe repræsenteret, er at de på grund af et stort prædationstryk fra fiskene har



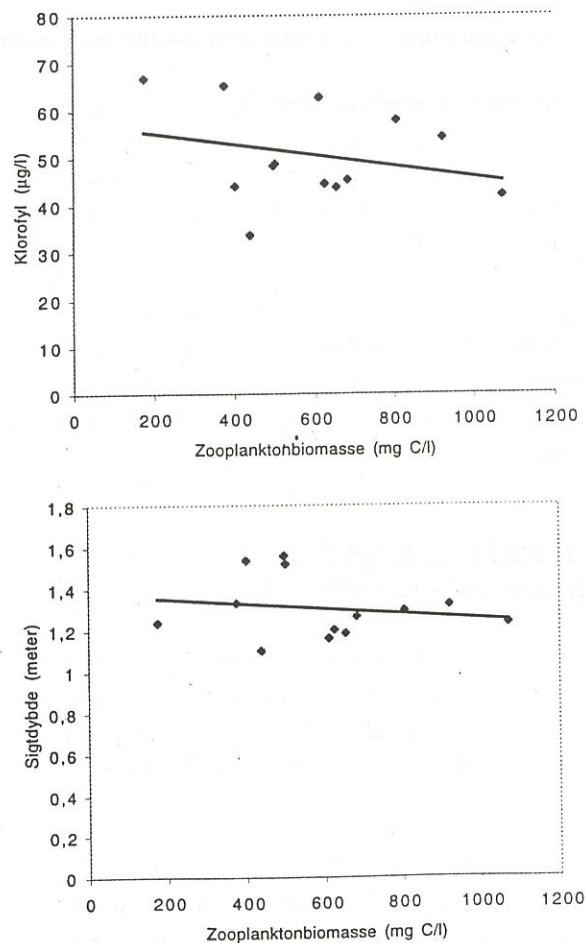


**Figur 32**  
Cladoceerindekset i Ørn Sø i årene fra 1989 til 2001.

meget ringe vilkår i søen. Som det kan ses af figur 32, er udviklingen i cladoceer-indekset hen over året dog ikke væsentlig ændret i 2001 i forhold til de foregående år. Den kraftige regulering af zooplanktonet fra fiskenes side har dermed primært medført en generelt reduceret cladoceer-biomasse fremfor en ændring af det indbyrdes forhold mellem de enkelte cladoceergrupper.

På figur 33 er zooplanktonets gennemsnitlige sommerbiomasse præsenteret sammen med henholdsvis klorofylkoncentration og sigtddybe. Det fremgår, at der er en svag tendens til, at klorofylkoncentrationen reduceres med stigende zooplanktonbiomasse og at der dermed er en regulerende effekt på fytoplanktonet, når zooplanktonet når en given biomasse. Imidlertid viser figur , at zooplanktonets regulering af fytoplanktonet ikke medfører nogen ændringer i sigtddybeforholdene i Ørn Sø. Denne manglende sammenhæng supplerer på udmærket vis den tidligere præsenterede mangel på sammenhæng mellem klorofylkoncentration og sigtddybe i søen.

Konkluderende har den mindre cladoceermængde medført, at zooplanktonets evne til at regulerer fytoplanktonet er blevet mindre gennem de senere år. Særligt i 2001 har zooplanktonmængden været lille og dermed også zooplanktonets evne til at regulere fytoplanktonmængden. Forklaringen på de færre cladoceer er sandsynligvis, at predationen fra fiskene på zooplanktonet har været stigende. Ørn Sø oplever med andre ord i disse år en uheldig udvikling, hvor fiskene i søen i stigende grad begrænser zooplanktonets evne til at holde fytoplanktonet nede, på trods af at næringsstofførslerne til søen og næringsstoffkoncentrationerne i søvandet er reduceret i de senere år.



**Figur 33**  
Sammenhængen mellem zooplanktonbiomasse og klorofylkoncentration (øverst) og zooplanktonbiomasse og sigtddybe (nederst) i Ørn Sø. Data præsenteret som sommergennemsnit fra 1989 - 2001.



## Fiskeyngel

Fiskenes årsyngel kan udøve et stort græsningstryk på zooplanktonet. Forskellige zooplanktonmængder kan påvirke miljøtilstanden gennem en indflydelse på først og fremmest mængden af alger og dermed sigtddybden i søen. For at kunne forklare udviklingen i miljøtilstanden kan det derfor være nødvendigt at kende mængden af årsyngel.

Fiskeyngelundersøgelser er derfor optaget i Vandmiljøplanens overvågningsprogram som en obligatorisk del af søundersøgelserne fra 1998.

Der er udarbejdet en anvisning vedrørende fiskeyngelundersøgelser i søer (Lauridsen, T.L. et al, 1998), som fiskeyngelundersøgelserne i Ørn Sø er udført efter.

Formålet med fiskeyngelundersøgelserne er at beskrive fiskenes og fiskeyngelens rolle som strukturerende element for zoo - og fytoplanktonsammensætningen og dermed på miljøkvaliteten, at supplere den nuværende fiskeundersøgelse med viden om fiskeyngelens antal og sammensætning og at beskrive år til år variationerne i årsynglen.

Referencerammen for disse yngelundersøgelser er endnu beskeden. Derfor vil 2001-undersøgelserne kort blive beskrevet og sammenlignet med yngelundersøgelserne fra 1998 til 2000.

Erfaringerne fra fiskeyngelundersøgelser i danske og udenlandske lavvandede søer er, at der kan være en meget varierende fangst fra sø til sø. Afgørende for fangsten er, om søen er dyb eller lavvandet og om der er undervandsvegetation i den lavvandede sø.

Ørn Sø er en lavvandet sø uden undervandsvegetation og derfor kan det forventes, at der vil være mest yngel i littoralzonen, som primært vil bestå af skaller. I pelagiet

er der noget mindre fiskeyngel bestående fortrinsvis af aborrer.

### Metode

Fiskeyngelundersøgelserne er foretaget i første halvdel af juli. Undersøgelsen er gennemført efter vejledningen til fiskeyngelundersøgelser i søer (Teknisk anvisning fra DMU, 1998).

Søen blev inddelt i de samme 6 sektioner, som anvendes til de traditionelle fiskeundersøgelser. Heri blev der fisket i to transekter i henholdsvis littoralzonen og i pelagiet. Fiskeriet er foretaget med et standard yngelnet (Hope net) nedsænket til 50 cm's dybde og fisket med en hastighed på 1,5 - 2 m/s. Fiskeriet er foretaget i tidsrummet 23.30 - 02.30. Varigheden af fiskeriet ved hver transekt er 1 - 2 minutter.

### Resultater

Der har været meget store forskelle i fangsterne i de fire år, hvor yngelundersøgelserne er foretaget. De kommende års undersøgelser vil vise, om denne forskel er reel, eller der er tale om metodiske usikkerheder. Nogle af de erfaringer, som allerede nu er høstet, er, at det er afgørende for resultatet, dels hvordan vejret er på undersøgelsesnatten, men også hvordan det har været i den foregående måned. Vejrforholdene i maj og juni har nemlig afgørende betydning for årsyngelens udvikling og dermed på yngelens størrelse og fordeling i søen.

I tabel 8 er fangsten i Ørn Sø i 2001 præsenteret. Fangsten var generelt lille men i pelagiet dog en smule større end i de foregående tre år. I pelagiet blev der fanget yngel af aborre, sandart og skalle og i littoralzonen

**Tabel 8**

Den gennemsnitlige fangst af fiskeyngel i Ørn Sø i littoralzonen og i pelagiet i 2001 præsenteret i antal/m<sup>3</sup> og i vægt for de enkelte arter.

Gennemsnit - hele søen i 2001		Antal pr m <sup>3</sup>	Vægt (g)/m <sup>3</sup>
Littoral	Aborre	1,81	1,012
	Sandart	0,39	0,156
	Skalle	0,72	0,114
	Brasen	0,07	0,001
	Hork	0,01	0,002
Pelagie	Aborre	0,26	0,138
	Sandart	0,12	0,048
	Skalle	0,08	0,013

Gennemsnit - hele søen		1998	1999	2000	2001
		Antal pr m <sup>3</sup>	Antal pr m <sup>3</sup>	Antal pr m <sup>3</sup>	Antal pr m <sup>3</sup>
Littoral	Aborre	0,31	0,25	0,10	1,81
	Sandart	0,00	0,00	0,00	0,39
	Skalle	13,96	0,45	47,00	0,72
	Brasen	0,25	0,06	1,50	0,07
	Hork	0,00	0,00	0,00	0,01
Pelagie	Aborre	0,00	0,00	0,05	0,26
	Sandart	0,00	0,00	0,00	0,12
	Skalle	0,03	0,08	0,52	0,08
	Brasen	0,00	0,02	0,00	0,00

Tabel 9

Den gennemsnitlige fangst af fiskeyngel i littoralzonen og i pelagiet i Ørn Sø i årene fra 1998 til 2001.

Yngel af aborre, skalle, sandart, brasen og hork. I modsætning til de tidligere år blev der i 2001 fanget yngel af sandart og hork. Sandartyngelen blev fanget i både littoralen og pelagiet og bedømt ud fra fiskeyngelundersøgelserne ser det ud til, at sandart har haft en god ynglesæson i Ørn Sø i 2001. Fangsten af aborreyngel i såvel littoralen som i pelagiet var også større end i de foregående undersøgelsesår.

Selvom der ikke blev fanget meget yngel, var fangsten pr. m<sup>3</sup> i littoralzonen større end gennemsnittet af de øvrige overvågningssøer. Særligt er der fanget mere aborreyngel end i de øvrige overvågningssøer. I pelagiet fanges der færre yngel i Ørn Sø end overvågningssøernes gennemsnit - også i pelagiet er fangsten af aborreyngel dog forholdsvis stor (tabel 9).

Som nævnt varierer fangsterne meget fra år til år og særligt er der en voldsom variation i fangsten af skalle yngel i littoralzonen. Den store variation skal sandsynligvis tilskrives metodiske usikkerheder fremfor variationer i yngelsucces.

Erfaringerne er endnu for små til at kunne tolke på disse meget varierende data, men generelt kan det slås fast, at det er meget svært at fange fiskeyngelen i pelagiet i lidt dybere søer og at fangsten i pelagiet derfor er mindre end forventet.



## Tilstand og målsætning

Tilstanden i Ørn Sø har ikke ændret sig nævneværdigt i de seneste ti år. Søen er fortsat karakteriseret af temmeligt uklart vand, en bred rørskov og ingen undervandsplanter.

Fosforkoncentrationen i søvandet er imidlertid reduceret fra et niveau på 100 - 110 µg P/l omkring 1990 til ca. 80 µg P/l som et årgennemsnit i 2001.

Reduktionen i indholdet af fosfor har dog ikke medført et fald i indholdet af alger, ligesom algegruppernes indbyrdes fordeling ikke har ændret sig væsentligt i de senere år.

Sigtedybden var 1,2 meter som et sommergennemsnit i 2001 og det er nogenlunde det samme som i det foregående tiår. Generelt er der videre en forholdsvis konstant sigtddybe i Ørn Sø gennem året.

Da sigtddybden kun i mindre grad påvirkes af reduktioner i indholdet af fytoplankton, specielt fordi vandets egenfarve betyder relativt meget i Ørn Sø, er der ikke umiddelbart udsigt til en bedre tilstand i søen, selvom fosforniveauet reduceres yderligere i årene fremover.

Det er imidlertid fortsat vigtigt at forbedre forudsætningerne for en bedre tilstand. En lavere fosforkoncentration vil gradvist medføre en mindre produktion i søen og dermed en ændring af de biologiske forhold. Hvis der igen skal ske en etablering af undervandsplanter i søen, er det nemlig en forudsætning, at fosforniveauet bliver reduceret yderligere. Kun derved kan de biologiske forhold i tilstrækkelig grad ændre sig.

I Vandkvalitetsplanen for Århus Amt (2001) er det anført, at fosforkoncentrationen i Ørn Sø i sommerhalvåret skal være mindre end 80 µg P/l. Dette skal opnåes ved, at fosforkoncentrationen i det tilførte vand maksimalt må være 90 µg P/l.

I 2001 var den gennemsnitlige sommerkoncentration for total fosfor 76 µg P/l og det fosforniveau, som i følge Vandkvalitetsplanen skal tilstræbes i Ørn Sø, må således anses for at være opnået.

80 µg P/l i søen forventes at medføre en sigtddybe på ca. 1 meter i sommerhalvåret - I 2001 var den gennemsnitlige sommersigtddybe som nævnt 1,2 meter.

En sigtddybe på 1,2 meter som et sommergennemsnit vil ikke skabe tilstrækkelige forudsætninger for, at undervandsplanter kan etablere sig i søen.

En indløbskoncentration på 90 µg P/l vil ved en normal vandtilførsel svare til en samlet årlig fosfortilførsel på ca. 3000 kg.

I 2001 var den samlede fosfortilførsel 3667 kg og den gennemsnitlige indløbskoncentration 108 µg P/l.

Hverken fosfortilførsel eller søkoncentration overholdt dermed i 2001 Vandkvalitetsplanens målsætning.

I Vandkvalitetsplanen er den totale fosfortilførsel opgjort på enkeltkilder. Fosfortilførslen til Ørn Sø i 2001 fra disse enkeltkilder opfyldte ikke alle målsætningen for Ørn Sø, idet fosforbidraget fra henholdsvis regnvandsoverløb og spredt bebyggelse hver især ikke må overstige 50 kg årligt. I 2001 er de regnvandsbetingede udledninger opgjort til 132 kg og bidraget fra den spredte bebyggelse 63 kg.

Dermed var Ørn Sø's målsætning samlet set ikke opfyldt i 2001.

Det kan som nævnt ikke forventes, at tilstanden i Ørn Sø vil blive væsentlig anderledes end i 2001, når alle målsætningens dele er opfyldt. Hertil er fosforniveauet stadig for højt og sigtddybden for lav.

På baggrund af studier af frørester i sedimentet er det vist, at der tidligere har vokset undervandsplanter i Ørn Sø. Det vurderes, at en genindvandring af undervandsvegetation i søen kræver, at fosforkoncentrationen i indløbsvandet har været mindre end 75 µg P/l igennem en årrække. Herved vil fosforkoncentration i søvandet nemlig reduceres til et niveau mindre end 50 µg P/l som et sommergennemsnit.

Dette niveau svarer sandsynligvis til det naturgivne fosforniveau i Funder Å.

Med den nuværende målsætning er det derfor tvivlsomt, om der kan genindvandre undervandsvegetation i søen.

*[The following text is extremely faint and illegible due to low contrast and scan quality. It appears to be a multi-paragraph document.]*



## Referencer

- Andersen, J.M. (1974) : Nitrogen and phosphorus budgets and the role of sediments in six shallow Danish lakes. - Arch Hydrobiol. 74, 528-50.
- Andersen, J.M. (1975) : Influence of pH on the release of phosphorus from lake sediments. Arch. Hydrobiol. 76, 411-19.
- Andersen, J.M. (1977a) : Rates of denitrification of undisturbed sediment from six lakes as a function of nitrate concentration, oxygen and temperature. - Arch. Hydrobiol. 80, 147-59.
- Andersen, J.M. (1977b) : Importance of the denitrification process for the rate of degradation of organic matter in lake sediments. Proc. Internat. symp. Amsterdam, 1976: Interactions between sediments and fresh water. The Hauge 1977, 357-62.
- Færgemann, H & Petersen, A (1992) : Dynamisk stofbalancemodel for kvælstofkredsløbet i søer. DTH. Laboratoriet for Økologi og Miljølære.
- Gudenåundersøgelsen (1973-75) : Rapporter udgivet af Gudenåudvalget. Udarbejdet af VKI (1975a, b, c).
- Gudenåundersøgelsen, (1975) : Kartering af rørstump- og flydebladsvegetation i udvalgte søer i Gudenåsystemet. Gudenåundersøgelsen 1974-75. Rapport nr. 26.
- Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann og P. Andersen (1990) : Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen, 1990.
- Jacobsen, O.S. (1977) : Sorption of phosphate by Danish lake sediments. - Vatten 33, 290-98.
- Jensen, H.S. & Andersen F.Ø. (1990) : Fosforbelastning i lavvandede, eutrofe søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, C4. 96 pp.
- Jensen, J.P., E. Jeppesen, M. Søndergaard, J. Windolf, T.L.Lauridsen, L. Sortkjær (1995) : Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 139.
- Jensen, J.P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, T.L.Lauridsen, L. Sortkjær (1999) : Søer 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 291.
- Jeppesen, E., E. Mortensen, M. Søndergaard. A.M. Hansen og J.P. Jensen (1991) : Dyreplanktonet som miljøindikator. Vand og Miljø 8: 394-398.
- Kristensen et al. (1990a) : Ferske vandområder - vandløb, kilder og søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 130 pp. - Faglig rapport fra Kristensen et al. nr 5.
- Kristensen et al. (1990b) : Prøvetagning og analysemetoder i søer - teknisk anvisning: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990: 27 sider.
- Kristensen, P., J.P. Jensen og E. Jeppesen (1990c) : Slutrapport for NPo-forskningsprojekt C9: Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-projekt 4.5. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen: 120 sider.
- Kristensen et al. (1991): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990. Danmarks Miljøundersøgelser, 1991. 104 sider + bilag. Faglig rapport nr. 38.
- Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., berg, S., Michelsen, K., Rugård, T., Schriver, P., Rasmussen, A.C. (1998) : Fiskeyngelundersøgelser i søer. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU.
- Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller & M. Timmermann (1990): Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgelserprogram fiskeredskaber og metoder. Overvågningsprogram,. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 57 s. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 3.
- Olrik, K. (1990) : Planteplanktonsamfund i danske søer.
- Olrik, K. (1991) : Vejledning i phytoplanktonbedømmelse, del I, Metoder. Rapport til Miljøstyrelsen.



- Rebsdorf, Aa., M. Søndergaard og N. Thyssen (1988) : Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand. Særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder. - Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium 1988: 59 sider. Teknisk rapport nr. 21. Publ. nr. 98.
- Reynolds, C.S. (1984) : The ecology of freshwater phytoplankton.
- Rosen, Göran (1981) : Tusen sjöar, Växtplanktons miljökrav.
- Vollenweider, R.A. (1976) : Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33 :53 - 83.
- Windolf, J. E. Jeppesen, M. Søndergård, J.P. Jensen, L. Sortkjær : Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1992. Faglig rapport fra DMU, nr. 90.
- Århus Amt (1989b) : Fisk i Ørn Sø, 1988. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt, (1990a) : Smådyr i Ørn Sø, 1988. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1990b) : Recipientkvalitetsplan, 1990. Bind I - Vandløb, søer og kystvande. Krav til spildevandsrensning, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1990c) : Ørn Sø 1989. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1991) : Ørn Sø 1990. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1992) : Ørn Sø 1991. Data rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1993) : Ørn Sø 1992. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1994) : Ørn Sø 1993. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1995) : Ørn Sø 1994. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1996) : Ørn Sø 1995. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1997) : Ørn Sø 1996. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1997) : Vandkvalitetsplan 1997. Teknisk rapport. Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1998) : Ørn Sø 1997. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1999) : Ørn Sø 1998. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (2000) : Ørn Sø 1999. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (2001) : Ørn Sø 2000. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

# Bilagsoversigt

Massebalanceberegninger opgjort pr. måned  
for kvælstof, fosfor og jern

bilag 1

Metode for beregning af massebalance

bilag 2

Fytoplanktonmetodik

bilag 3

Zooplanktonmetodik

bilag 4

Samletabel over beregnede biologiske og  
kemiske data

bilag 5

Oversigt over tidligere undersøgelser

bilag 6

Oplandsopgørelser

bilag 7



## SØ-YAKS, Sø-modul

## VANDBALANCE

Side : 1

Sø: Ørn Sø (ØRN I)

Udskrevet: 16/05/2002

År: 2001

Af : TJ

Parameter:

Enhed.....: 1000 m3

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90067	295.2	302.3	224.3	209.5	189.5	180.3	178.4	178.4	200.5	222.4	229.0	234.9	927.0	2643.7
90258	2942.5	2706.5	2705.3	2577.8	2411.5	2416.9	2274.3	2234.1	2641.5	2723.3	2540.1	2573.4	11978.4	30747.3
Målt tillob	3237.7	3008.8	2929.6	2787.3	2601.0	2597.2	2452.6	2412.6	2842.0	2945.8	2768.1	2808.3	12905.4	33391.0
Umålt opland	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nedber	8.3	10.2	6.3	11.7	5.9	14.9	6.6	12.2	26.7	11.4	10.7	10.9	66.2	135.7
Arnskekilden	24.1	21.8	24.1	23.3	24.1	23.3	24.1	24.1	23.3	24.1	23.3	24.1	119.0	283.8
Samlet tilførsel	3270.1	3040.9	2960.0	2822.3	2631.0	2635.3	2483.4	2448.9	2892.0	2981.3	2802.1	2843.3	13090.6	33810.6
Fordampning	0.9	2.3	5.3	7.9	17.6	16.1	20.1	14.0	6.9	3.9	1.8	0.8	74.7	97.6
90321	3307.3	3071.7	2999.2	2854.7	2670.6	2664.6	2522.3	2482.2	2909.4	3015.4	2835.5	2877.9	13249.2	34211.0
Samlet fraførsel	3308.2	3074.0	3004.5	2862.6	2688.3	2680.7	2542.4	2496.2	2916.3	3019.3	2837.4	2878.7	13323.9	34308.6
Volumen ændring	-20.8	-38.8	-27.5	-14.9	-62.5	0.6	-25.5	3.6	60.1	20.8	4.0	0.0	-23.7	-100.8
Vandbalance	17.4	-5.6	17.0	25.4	-5.2	46.0	33.5	50.9	84.4	58.8	39.3	35.4	209.6	397.2

SØ-VAKS, So-modul

STOFBALANCE

Side : 2

So: Ørnis (ØRN I)

Parameter: 1211 Total-N

Udskrevet: 16/05/2002

År: 2001

Enhed.....: Kg

ÅF : TJ

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90067	357.7	355.4	271.5	267.4	246.1	238.8	283.1	237.7	247.8	303.8	293.8	280.5	1253.4	3383.4
90258	3520.8	3182.3	3275.8	3290.0	3132.8	3199.8	3609.7	2974.5	3263.5	3729.9	3274.3	3075.3	16180.4	39528.7
Målt tilføjet	3878.5	3537.7	3547.3	3557.3	3378.9	3438.6	3892.7	3212.3	3511.3	4033.7	3568.1	3355.8	17433.8	42912.2
Umalt opland	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Atm. deposition	53.5	48.3	53.5	51.8	53.5	51.8	53.5	53.5	51.8	53.5	51.8	53.5	264.0	630.0
Arnkkeilden	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	190.0	288.0
Stofbalance	17.4	17.0	17.0	25.4	24.0	46.0	33.5	50.9	84.4	58.8	39.3	35.4	214.8	408.1
Samlet tilførsel	3973.3	3610.0	3641.8	3658.5	3456.4	3560.4	4003.8	3340.7	3671.4	4170.1	3683.1	3468.7	18032.7	44238.2
90321	3822.8	3683.4	3096.2	2661.7	2073.4	2275.6	2054.7	2276.9	3250.3	3685.2	3683.6	3583.4	11930.8	36147.2
Stofbalance	6.3	6.3	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	16.8
Samlet fraførsel	3822.8	3689.7	3096.2	2661.7	2078.0	2275.6	2054.7	2276.9	3250.3	3685.2	3683.6	3583.4	11935.3	36158.0
Magasinændring	-290.2	-111.3	-166.8	-272.3	-0.5	311.9	-65.0	157.3	282.8	148.3	-222.8	-18.7	686.6	-247.1
Sebalance	-150.6	79.7	-545.6	-396.8	-1378.5	-1284.8	-1849.1	-1063.8	-421.2	-484.9	0.5	114.7	-6097.3	-8080.2
Sebalance -g	-3.8	2.2	-15.0	-27.3	-31.8	-31.8	-48.7	-31.8	-11.5	-11.5	0.0	3.3	-168.0	-220.1
Sebalance -g/m2	-0.36	0.19	-1.30	-2.37	-3.28	-3.06	-4.64	-2.53	-1.00	-1.15	0.00	0.27	-14.51	-19.23
Sedimentbalance	-440.7	-31.6	-712.4	-1269.1	-1378.9	-972.9	-2014.1	-906.5	-138.4	-336.6	-222.4	96.1	-5410.7	-8327.4
Sedimentbalance -g	-11.7	-0.9	-19.6	-34.7	-39.9	-27.3	-50.3	-27.1	-3.8	-8.1	-6.0	2.8	-148.4	-226.0
Sedimentbalance -g/m2	-1.05	-0.08	-1.70	-3.02	-3.28	-2.32	-4.80	-2.16	-0.33	-0.80	-0.53	0.23	-12.89	-19.84



Side : 3

DATAGRUNDLAG

SØ-VAKS, Sø-modul

Udskrevet: 16/05/2002

Sø: Ørnsø (ØRN I)

Af : TJ

År: 2001

Parameter: I211 Total-N

Enhed.....:

Søareal.....: 0.42 km2 Søvolumen.....: 1680000 m3 Umålt opland: 0.00 km2 Atmosfærisk deposition: 15.00 kg/ha/år

Indløb: 90067 (2 km2) , 90258 (48 km2) ,

Udløb: 90321 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	19.7	24.4	15.0	27.8	14.0	35.2	15.8	29.0	63.6	27.2	25.5	26.0
Fordampning (mm)	2.1	5.4	12.6	18.8	42.0	38.3	47.9	33.3	16.4	9.3	4.4	1.9
Vandtilf. fra Arnaåkekilden (l/s)	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Arnaåkekilden (kg)	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
04/01/2001	0.91	09/01/2001	1.30
07/02/2001	0.75	07/02/2001	1.10
14/03/2001	0.62	14/03/2001	1.10
04/04/2001	0.68	04/04/2001	1.00
18/04/2001	0.55	18/04/2001	0.99
03/05/2001	0.49	03/05/2001	0.83
13/05/2001	0.40	15/05/2001	0.73
12/06/2001	0.52	30/05/2001	0.88
27/06/2001	0.44	12/06/2001	0.92
11/07/2001	0.37	27/06/2001	1.10
25/07/2001	0.37	11/07/2001	1.10
07/08/2001	0.35	25/07/2001	1.10
22/08/2001	0.36	07/08/2001	1.00
04/09/2001	0.37	22/08/2001	0.93
18/09/2001	0.49	04/09/2001	1.20
07/11/2001	0.57	18/09/2001	1.20
		25/10/2001	1.40
		07/11/2001	1.30
		04/12/2001	1.20

1. SØ-VAKS, So-modul

STOFBALANCE

Side : 2

So: Ørnso (ØRN I)

Parameter: 1376 Total-P

Udskrevet: 16/05/2002

År: 2001

Enhed.....: Kg

Af : TJ

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90067	34.1	32.0	24.4	21.2	21.6	22.9	21.5	19.6	20.0	27.6	28.4	26.0	105.5	299.2
90258	336.4	288.3	293.6	260.9	275.5	306.8	274.5	244.7	263.2	259.1	231.3	285.1	1364.6	3319.2
Målt tilføjet	370.5	320.3	317.9	282.1	297.1	329.6	296.0	264.2	283.1	286.7	259.7	311.1	1470.1	3618.4
Umløst opland	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Atm. deposition	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	1.8	4.2
Arnakkeilden	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	7.5	18.0
Stofbalance	1.1	1.5	1.1	1.6	1.5	3.0	2.2	3.3	5.5	3.8	2.6	2.3	14.0	26.5
Samlet tilførsel	373.5	322.1	320.9	285.6	298.9	334.5	300.1	269.4	290.5	292.4	264.0	315.2	1493.3	3667.1
90321	242.3	200.9	211.4	213.7	194.1	217.7	185.7	126.0	210.7	235.0	224.5	173.7	934.2	2435.7
Stofbalance	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8
Samlet fraførsel	242.3	201.3	211.4	213.7	194.5	217.7	185.7	126.0	210.7	235.0	224.5	173.7	934.6	2436.5
Nagasinændring	-8.2	-8.7	-0.3	-22.2	27.3	28.9	-48.5	-2.0	9.8	30.7	-3.7	-2.2	15.5	0.9
SoBalance	-131.2	-120.9	-109.4	-71.9	-104.4	-116.8	-114.4	-143.4	-79.8	-57.4	-39.6	-141.6	-558.7	-1230.6
SoBalance %	-35.1	-37.5	-34.1	-25.2	-34.9	-34.9	-38.1	-53.2	-27.5	-19.6	-15.0	-44.9	-188.7	-400.1
SoBalance -g/m2	-0.31	-0.29	-0.26	-0.17	-0.25	-0.28	-0.27	-0.34	-0.19	-0.14	-0.09	-0.34	-1.33	-2.93
Sedimentbalance	-139.4	-129.6	-109.7	-94.1	-77.1	-87.9	-162.8	-145.3	-70.0	-26.7	-43.3	-143.8	-543.2	-1229.7
Sedimentbalance %	-37.3	-40.2	-34.2	-33.0	-25.8	-26.3	-54.3	-54.0	-24.1	-9.1	-16.4	-45.6	-184.4	-400.2
Sedimentbalance -g/m2	-0.33	-0.31	-0.26	-0.22	-0.18	-0.21	-0.39	-0.35	-0.17	-0.06	-0.10	-0.34	-1.30	-2.92



Side : 3

Udskrevet: 16/05/2002

Af : TJ

DATAGRUNDLAG

Parameter: 1376 Total-P

Enhed.....:

SØ-VAKS, Sø-modul

So: Ørnø (ØRN 1)

År: 2001

Seareal.....: 0.42 km2 Sovolumen.....: 1680000 m3 Umålt opland: 0.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.10 kg/ha/år  
 Indløb: 90057 (2 km2) , 90258 (48 km2) ,  
 Udlob.: 90321 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbor (mm)	19.7	24.4	15.0	27.8	14.0	35.2	15.8	29.0	63.6	27.2	25.5	26.0
Fældning (mm)	2.1	5.4	12.6	18.8	42.0	38.3	47.9	33.3	16.4	3.3	4.4	1.9
Vandtilf. fra Arnakkekilden (l/s)	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Arnakkekilden (kg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Stoftilf. fra grundvand (kg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncenter. til vandbalance (kg/l)	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
04/01/2001	0.81	09/01/2001	80.00
07/02/2001	0.75	07/02/2001	75.00
14/03/2001	0.62	14/03/2001	71.00
04/04/2001	0.60	04/04/2001	74.00
18/04/2001	0.68	18/04/2001	81.00
03/05/2001	0.55	03/05/2001	57.00
15/05/2001	0.49	15/05/2001	70.00
30/05/2001	0.40	30/05/2001	73.00
12/06/2001	0.52	12/06/2001	99.00
27/06/2001	0.44	27/06/2001	113.00
11/07/2001	0.37	11/07/2001	147.00
25/07/2001	0.35	25/07/2001	67.00
07/08/2001	0.35	07/08/2001	68.00
22/08/2001	0.35	22/08/2001	65.00
04/09/2001	0.49	04/09/2001	65.00
18/09/2001	0.49	18/09/2001	77.00
07/11/2001	0.57	07/11/2001	95.00
04/12/2001		04/12/2001	83.00

SØ-VAKS, Sø-modul

STOFBALANCE

Side : 2

Sø: Ørnso (ØRN 1)

Parameter: 2041 Total-Fe

Udskrevet: 16/05/2002

År: 2001

Enhed.....: Kg

AF : TJ

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90067	568.7	492.9	370.9	292.4	273.9	282.9	266.9	230.5	247.4	457.6	458.3	404.7	1301.6	4347.1
90258	5573.9	4442.0	4469.1	3596.7	3491.1	3792.1	3404.0	2883.7	3255.3	4473.8	3812.6	4436.4	16826.2	47630.7
Malt tillob	6142.6	4934.9	4840.0	3889.1	3765.0	4075.0	3670.9	3114.2	3502.7	4931.4	4271.0	4841.1	18127.8	51977.8
Umløst opland	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arnakkeilden	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	120.0	288.0
Stofbalance	17.4	17.0	17.0	25.4	24.0	46.0	33.5	50.9	84.4	58.8	39.3	35.4	214.8	408.1
Samlet tilførsel	6183.9	4958.9	4881.0	3938.5	3789.0	4145.0	3728.4	3189.1	3611.1	5014.3	4334.2	4900.5	18462.6	52673.8
90321	4998.0	3982.6	3992.8	3096.6	2184.4	1974.8	1277.7	985.8	2558.8	4129.3	4456.0	3344.5	8981.5	36981.2
Stofbalance	8.4	8.4	8.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	12.8
Samlet fraførsel	4998.0	3991.0	3992.8	3096.6	2188.8	1974.8	1277.7	985.8	2558.8	4129.3	4456.0	3344.5	8985.9	36994.0
Magasinændring	-432.1	-263.0	-685.8	-571.0	441.2	-556.0	-173.3	-240.7	964.3	1207.6	-510.0	-93.3	435.5	-912.2
Sobalance	-1185.9	-967.8	-888.2	-841.9	-1600.3	-2170.2	-2450.6	-2203.3	-1052.3	-885.0	121.8	-1556.0	-9476.8	-15679.8
Sobalance %	-19.2	-19.5	-18.2	-21.4	-42.2	-52.4	-65.7	-69.1	-29.1	-17.7	2.8	-31.8	-258.6	-383.4
Sobalance -g/m2	-2.82	-2.30	-2.11	-2.00	-3.81	-5.17	-5.83	-5.25	-2.51	-2.11	0.29	-3.70	-22.57	-37.32
Sedimentbalance	-1618.1	-1230.8	-1574.0	-1412.9	-1159.1	-2726.2	-2623.9	-2444.0	-88.0	322.6	-388.2	-1649.4	-9041.2	-16592.0
Sedimentbalance %	-26.2	-24.8	-32.3	-35.9	-30.6	-65.8	-70.4	-76.6	-2.4	6.4	-9.0	-33.7	-245.8	-401.1
Sedimentbalance -g/m2	-3.85	-2.93	-3.75	-3.36	-2.76	-6.49	-6.25	-5.82	-0.21	0.77	-0.92	-3.93	-21.53	-39.50



Side : 3

DATAGRUNDLAG

SØ-VAKS, So-modul

Udskrevet: 16/05/2002

Parameter: 2041 Total-Fe

So: Ørnso (ØRN I)

Af : TJ

Enhed.....:

År: 2001

Søareal.....: 0.42 km2 Søvolumen.....: 1680000 m3 Umålt opland: 0.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90067 (2 km2) , 90258 (48 km2) ,  
Udløb.: 90321 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	19.7	24.4	15.0	27.8	14.0	35.2	15.8	29.0	63.6	27.2	25.5	26.0
Fordampning (mm)	2.1	5.4	12.6	18.8	42.0	38.3	47.9	33.3	16.4	9.3	4.4	1.9
Vandtilf. fra Arnakkekilden (l/s)	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Vandtilf. fra Grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Arnakkekilden (kg)	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Stoftilf. fra Grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
04/01/2001	0.81	09/01/2001	1.80
07/02/2001	0.75	07/02/2001	1.30
14/03/2001	0.62	14/03/2001	1.30
04/04/2001	0.60	18/04/2001	0.97
18/04/2001	0.68	18/04/2001	1.00
03/05/2001	0.35	03/05/2001	0.63
15/05/2001	0.40	15/05/2001	0.81
19/05/2001	0.52	30/05/2001	0.98
27/06/2001	0.44	12/06/2001	1.10
11/07/2001	0.37	27/06/2001	0.57
25/07/2001	0.37	11/07/2001	0.91
07/08/2001	0.35	25/07/2001	0.53
22/08/2001	0.36	07/08/2001	0.59
04/09/2001	0.37	22/08/2001	0.34
18/09/2001	0.49	04/09/2001	0.44
07/11/2001	0.57	18/09/2001	0.66
		25/10/2001	1.50
		07/11/2001	1.80
		04/12/2001	1.30

## Metode til beregning af vand - og stofbalance

Vandbalancen opstilles ud fra følgende størrelser :

	GRUNDDATA
N : nedbør	(månedsværdier, mm)
E <sub>a</sub> : fordampning	(månedsværdier, mm)
Q <sub>p</sub> : direkte tilførsel	(månedsværdier, l/s)
Q <sub>t</sub> : sum af målte tilløb	(månedsværdier, l/s)
Q <sub>a</sub> : afløb	(månedsværdier, l/s)
Q <sub>u</sub> : umålt opland (beregnes ud fra vægtning af tilløb)	(månedsværdier, l/s)
Q <sub>s</sub> : vandstandsvariationer (magasinerings)	(diskrete værdier, m)
Q <sub>g</sub> : udveksling med grundvand	(månedsværdier, mm)
A : søareal	(konstant, m <sup>2</sup> )

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

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

$Q_s = \text{produktet af lineært interpoleret ændring i vandstand mellem månedsslut/-månedstart og søareal.}$

Stofbalance opstilles ud fra :

P <sub>a</sub> : atmosfærisk deposition	(konstant, kg/ha/år)
T <sub>t</sub> : sum af målte transporter i tilløb	(månedsværdier, kg)
T <sub>a</sub> : transport i afløb	(månedsværdier, kg)
T <sub>p</sub> : direkte stofudledning fra punktkilder	(månedsværdier, kg)
T <sub>ø</sub> : direkte udledning fra øvrige kilder	(månedsværdier, kg)
T <sub>u</sub> : stoftilførsel fra umålt opland (vægtede)	(månedsværdier, kg)
T <sub>g</sub> : stofudveksling med grundvand (+/-)	(månedsværdier, kg)
S : ændret stofindhold i søen (søkonc., volumen)	(diskrete værdier, µg/l-m <sup>3</sup> )
T <sub>i</sub> : intern belastning	(månedsværdier, kg)
C : søkoncentration	(diskrete værdier, µg/l)
V : søvolumen	(diskrete værdier, m <sup>3</sup> )
g <sub>+</sub> : koncentration af tilført grundvand	(konstant, µg/l)
g <sub>-</sub> : koncentration af udsivet grundvand	(konstant, µg/l)

$$\text{Ligning : } T_i = -P_a A - T_t + T_a - T_p - T_\emptyset - T_u - T_g + S$$

hvor  $T_u = \text{sum af } (T_i(v_i - 1))$ , 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).

$$S = C_{n+1} V_{n+1} - C_n V_n \text{ (interpolerede værdier ved månedsskifter)}$$

(søvolumener er beregnet ud fra diskrete vandstande og søareal)



## Fytoplankton - metodik

### Prøvetagning

De kvantitative fytoplanktonprøver er udtaget på en station, som er placeret på det dybeste sted i søen. Prøven er udtaget med vandhenter og af blandingsprøven fra 0,2 + 2 + 4 + 6 m er der udtaget 250 ml, som er fikseret i sur lugol opløsning.

Derudover er der udtaget netprøver til kvalitativ bestemmelse af ikke så hyppigt forekommende slægter/arter. Prøven er udtaget med planktonnet med maskevidde på 20 µm, hvorefter den er fikseret i sur lugol opløsning. I øvrigt henvises til overvågningsprogrammets tekniske anvisning : Miljøprojekt nr. 187. Planteplanktonmetoder, 1991.

### Bearbejdning af prøver

Den kvalitative oparbejdning af fytoplanktonprøverne er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi ved anvendelse af Uthermöhl's sedimentationsteknik (Uthermöhl, 1958). Der er anvendt sedimentationskamre med et volumen på 10 ml.

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

Der er tilstræbt at tælle mindst 100 individer/kolonier af de hyppigst forekommende arter i hver prøve. Et tælle-tal 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 vakuolestørrelse i cellen på 75 %. Med data for 1990 og 1991 er der ved denne omregning kalkuleret med en plasmatykkelse i cellen på 1 µm. Efterfølgende omregning til kulstof er foretaget ved hjælp af formlen :

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

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

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

I følge ovennævnte retningslinier er det endvidere antaget, at kulstof udgør følgende procentdele af organis-

mernes 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, der ikke kunne identificeres, er samlet i passende størrelsesgrupper. Volumen af disse grupper er således påført en større usikkerhed end de øvrige volumenberegninger.

Prøverne er oparbejdet af ferskvandsbiologisk Laboratorium.

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

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

Fytoplanktonrådata kan findes i den til den tekniske rapport hørende datarapport, der indeholder såvel zoo-plankton- som fytoplankton rådata.

## Zooplankton - metodik

### Prøvetagning

Prøverne er indsamlet med 5 liter hjerteklap vandhenter med KC-maskiners ekstra sikring af klapperne.

### Prøvetagningsmetode

På hver af de tre stationer er der udtaget prøver i 0,2 + 2 + 4 + 6 m. Fra hver blandingsprøve er der udtaget hhv. 2 liter til filtrering gennem 90 µm net og 0,25 liter til sedimentation. Alle tre stationer er endeligt puljet. Begge prøver er konserveret med sur lugol 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 en detaljeret beskrivelse af metodik.

Zooplanktonets biomasse er beregnet efter længde/vægt relationer (McCauley, 1984). Biomassen er opgivet i mm<sup>3</sup>/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 datarapporten.

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

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

Zooplanktonrådata kan findes i den til den tekniske rapport hørende datarapport, der indeholder såvel zooplankton- som fytoplankton rådata.



Specifikation / år VANDBALANCE FOR ØRN SØ	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Samlet tilførsel (10*6 m <sup>3</sup> /år)		33	33	42	42	42	41	36	38,3	37	33	32	37	36	29	28	29	31,2	36	34,1
Samlet fraførsel (10*6 m <sup>3</sup> /år)		33	33	42	42	42	41	34	38,3	35	32	32	37	36	29	28	29	31,2	36	34,2
Indsvining/udsvining (10*6 m <sup>3</sup> /år)									-2											
Opholdstid: - år (dage)								15	16	17	19	19	16	15	21	22	21	20	17	22
- sommer (1/5-30/9) (dage)								18	19	17	21	20	16	15	23	23	19			
- max. måned (dage)								22	20	19	24	23	19	16	19	19	24			
- min. måned (dage)								9	9	15	15	17	13	14	24					
<b>BELASTNING - MASSEBALANCER</b>																				
<b>Total-fosfor - år:</b>																				
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	3,2	3,6	3,33	2,7	2,6	2,9	3,4	3,6	3,7
- spildevand (t P/år) (dambrog)	8,9	5,4	6,4	5,2	9,6	8,8	7,1	>4,5	>2,9	>1,7	1	0,9	1,1	-0,03	0,4	0,3	0,1	-0,16	-0,23	0,067
- spredt bebyggelse (t P/år)								<0,4	<0,4	<0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	<0,1	0,06	0,06	0,063
- åbent landbidrag (t P/år)																				0,229
- 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*	1,9*	2,4	2,3	1,9	1,9	1,9	2,09	2,4	2,23
- regnvandsbetingede udledninger								0,01	0,01	0,01	0,06	0,06	0,09	0,09	0,04	0,01	0,01	0,08	0,24	0,132
- nedbør																				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	2,5	3,1	2,34	1,8	1,9	2,2	2,4	2,7	2,24
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	0,6	0,5	0,99	0,9	0,7	0,7	0,97	0,9	0,97
Tilbageholdt P %	57	49	59	43	62	44	66	43	35	21	19	20	15	29	32	27	23	29	25	29
Samlet tilførsel (g P/m <sup>2</sup> år)	23,3	18,3	21	19	30	28	24	17	14	11	9	8	9	7,9	6,5	6,8	6,9	8,1	8,6	8,8
Pi (indløbskone i µg P/l)		248	267	193	298	279	246	200	153	124	120	99	99	92	93	95	101	108	98	108
<b>Total-fosfor - sommer</b> (1/5-30/9):																				
Samlet tilførsel (kg P/dag)								18	12,7	11,5	10,2	8,3	9,4	9,0	7,1	7,8	7,2	9,6	8,3	10
Samlet fraførsel (kg P/dag)								10	9,0	10,3	8,5	6,7	9,2	6,1	5,0	6,0	6,4	6,7	6,5	6,2
Tilbageholdt P (kg P/dag)								8,0	3,7	1,2	1,7	1,6	0,2	2,9			0,5	2,9	2	3,7
Tilbageholdt P i %								44	41	11	17	20	2	32				30	24	37
Samlet tilførsel (mg P/m <sup>2</sup> /dag)								43	30	27	24	20	22				17	23	20	24
Pi (indløbskone i µg P/l)								194	146	132	128	108	95	98	96	83	99	108	92	114
<b>Opløst fosfat - år:</b>																				
Samlet tilførsel (t P/år)								1,9	1,9	1,4	1,2	1,2		1,2	0,7	0,7	0,9	1	1	0,7
Samlet fraførsel (t P/år)								1,3	1,2	0,8	0,7	0,7		0,73	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4
Pi (indløbskone i µg PO4-P/l)								54	44	37	36	39		33	24	27	31	27	27	20

\* = beregnet som differens

BELASTNING - MASSEBALANCER	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Total-kvælstof - år:																				
Samlet tilførsel (t N/år)	73	52	69			79	81	65	58,1	53,3	48,5	44,8	54,3	53,3	43,3	40,4	43,6	44,6	47,6	44,2
Samlet fraførsel (t N/år)	32	57	73	82	77	68	75	55	55,2	43,5	42,8	37,3	46,3	47,1	39,5	37,4	40,7	41,8	39,2	36,2
Tilbageholdt N (t N/år)	41	-5	-4			11	6	10	4,9	8,8	5,7	7,5	8	6,2	3,8	3,1	3,3	2,8	8,5	8
Tilbageholdt Ni %	56	-10	-6			14	7	15	7	16	13	17	15	12	9	8	8	6	18	18
Samlet tilførsel (g N/m <sup>2</sup> /år)	174					188		138	125	125	115	106	129	127	103	106	97	99	113	105
Ni (indløbskonc. i mg/l)		1,6	2,1			1,9	2	1,8	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3
Total-kvælstof sommer (1/5-30/9):																				
Samlet tilførsel (kg N/dag)								158	133	151	135	113	126	143	114	110	124	119	125	120
Samlet fraførsel (kg N/dag)								112	115	111	96	94	115	114	95	95	105	97	85	80
Tilbageholdt N (kg N/dag)								46	18	40	39	19	11	29			18	22	40	40
Tilbageholdt Ni %								29	14	26	29	17	9	20			14	18	32	33
Samlet tilførsel (mg N/m <sup>2</sup> dag)								376	317	360	321	269	299				296	284	311	299
Ni (indløbskonc. i mg N/l)								1,7	1,53	1,70	1,72	1,47	1,4	1,5	1,5	1,5	1,7	1,4	1,3	1,4
Jern (Fe) - år:																				
Samlet tilførsel (t Fe/år)								67	63	51	44	46	54	48	43	38	41	51,3	62	52,7
Samlet fraførsel (t Fe/år)								46	39	32	32	32	47	32	25	23	26	33,2	37	37
Tilbageholdt Fe (t Fe/år)								21	24	19	12	15	7	17	18	15	15	18,1	25	15,7
Tilbageholdt Fe i %								31	41	42	29	32	14	35	43	40	35	35	40	30
Tilbageholdelse g Fe/m <sup>2</sup> /år								50	57	55	29	35	17	40	44	40	35	44	60	51
Fe-i (indløbskonc. i mg Fe/l)								1,9	1,6	1,6	1,3	1,4	1,5	1,3	1,5	1,4	1,5	1,6	1,7	1,5





Parametre	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Planteplanktonbiomasse, sommergns. (mm <sup>3</sup> /l)	12,1	4,2	7,5	10,1	7,5	6,7	4,4	4,2	6,5	2,3	5,7	4,8	8,1
Planteplanktonbiomasse, årsgns. (mm <sup>3</sup> /l)	9,4	3,7	5,6	6,8	4,2	3,8	2,9	3,0	6,3	1,8	4,1	4	-7,2
% blågrønalgler af sommergns.	0	0	2	1	14	14	11	1	2	2	7	4	26
% kiselalger af sommergns.	37	6	78	84	55	62	38	70	57	20	59	33	38
% rekylalgeralger af sommergns.	49	55	18	13	14	14	29	22	35	62	28	42	16
% grønalgler af sommergns.	9	25	2	1	0	1	1	1	2	3	1	9	3
Dyreplanktonbiomasse, sommergns. (mg tv/l)	1,36	1,35	1,02	2,19	1,66	2,50	1,09	2,91		1,77		0,625	
Dyreplanktonbiomasse, årsgns. (mg tv/l)	0,79	0,76	0,73	1,20	0,88	1,35	0,81	1,99		1,34		0,483	
% hjuldyr af sommergns.	11	1	3	28	13	60	4	3		6		5	39
% cladoceer af sommergns.	71	73	67	66	78	31	70	86		48		48	35
% vandløpper af sommergns.	18	26	30	6	9	9	26	11		46		47	26
<b>Dyreplankton, sommer</b>													
% Daphnia af cladoceer	38	43	56	62	69	95	70	79					98
Middelvægt af Daphnia (µg tv/l)	970	978	676	1441	1301	785	757	2504		845		80	92
Middelvægt af cladoceer (µg tv/l)	38	43	56	62	69	95	72	89	32	39	43		
Cladoceer-indeks													
Pot. græsning (µg C/l/dag)	56	92	45	54	46	31	59	195	77	223	69	130	2
% af hele planteplanktonbiomassen	56	118	65	280	100	160	95	381	80	255	97	176	
% af hele planteplanktonbiomassen < 50 µm													
<b>Fisk (CPUE, garn)</b>													
Total antal					158					96			
Total biomasse (g)					7214					6601			
<b>Fisk (CPUE, el)</b>													
Total antal					516					141			
Total biomasse (g)					9224					4584			
Fiskeyngel, littoral (antal/m <sup>3</sup> )										14,5	0,76	48,6	3
Fiskeyngel, pelagial (antal/m <sup>3</sup> )										0,03	0,11	0,57	0,46



## Øversigt over tidligere undersøgelser i Ørn Sø

1973-1974	Vandkemiske undersøgelser, sediment
1979	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, sediment, bundfauna og fytoplankton.
1987	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton
1988	Fiskeundersøgelser og smådyrsfauna
1989	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, sediment og zooplankton
1990	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1991	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, zooplankton og fisk
1992	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1993	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1994	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, sporstofundersøgelse
1995	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, zooplankton og sediment
1996	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1997	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeundersøgelse
1998	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser.
1999	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser.
2000	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser.
2001	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser.

Udskrift af CORINE Arealanvendelses data  
DMU/revp - Dato.: 1995.04.12

Århus Amt  
Stations/kyst del-opland og kun indenfor amtet

Kode	Arealtype	Areal (km <sup>2</sup> )	Procent
1120	Åben bebyggelse	1,02	20,22
2430	Blandet landbrug	0,96	19,01
3110	Løvskov	0,58	11,57
3120	Nåleskov	0,88	17,42
3130	Blandet skov	1,21	23,91
5120	Søer	0,40	7,88
	Total	5,04	100,00

Navn/lokalitet	Århus Amt-nr./ DDH-nr.	Topografisk opland km <sup>2</sup>	Grovsandet jord 1 %	Finnsandet jord 2 %	Lerbl. sandjord 3 %	Sandbl. lerjord 4 %	Ler- jord 5 %	Svar- lerjord 6 %	Humus jord 7 %	Speciel type 8 %	Skov	Fersk- vand	Andet	Dyrket	Udyrket
Funder Å, Funderholme Parallekanal	090258/21.74 090339/210648	48	31	0	31	0	0	0	3	0	32	0	3	65	35*
Funder Å, Funder Station	090259/21.39	42	32	0	32	0	0	0	1	0	33	0	2	64	36*
Pot Sø afløb	090071/-	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	43	0	100
Sandemannsbeek	090067/210581	2,01	23	0	28	0	0	0	0	0	26	0	23	51	49
Lyså, Lysbro	090321/21.75	56	29	0	28	0	0	0	3	0	34	1	5	60	40*
Kilde v. Kuransstalt	0900678/-	0,46													x

\* Skønnet fordeling 50% dyrket - 50% udyrket



ISBN NR. 87-7906-219-9