



VEJLE AMT  
UDVALGET FOR TEKNIK OG MILJØ



**Overvågningssøerne:**  
**Fårup Sø            1978-88**  
**Engelsholm Sø 1981-87**





# Overvågningssøerne:

Fårup Sø	1978-88
Engelsholm Sø	1981-87



Udgiver: Vejle Amt, Udvalget for Teknik og Miljø,  
Damhaven 12, 7100, Vejle.

Rapport udarbejdet af: Lisbet Daell Kristensen.  
Egon Dall.

Udgivelsesår: 1989.

Titel: Overvågningssøerne:  
Fårup Sø 1978-88  
Engelsholm Sø 1981-87.

Prøvetagning samt felt- og  
laboratoriemålinger: Emil Andersen, Marianne Mortensen  
og Zoltan Nagy.

Teknisk tegning: Birthe Pedersen.

Maskinskrivning: Ina Ellermann.

Oplag: 300.

Forsidefoto: Engelsholm Sø.

Produktion: Grafisk Værksted og  
Betjentstuen, Vejle Amt.

© Copyright: Vejle Amt, 1989.

Gengivelse kun tilladt med tydelig kildeangivelse.

### **Vedrørende kortmateriale:**

Grundmaterialet tilhører Geodætisk Institut.

Supplerende information er udarbejdet og påført af Vejle Amt. Kortene er udelukkende til tjenstlig brug for offentlige myndigheder og må ikke gøres til genstand for forhandling eller distribuering til anden side uden særlig tilladelse fra Geodætisk Institut.

Udgivet af Vejle Amt med tilladelse fra Geodætisk Institut (A86).

© Copyright: Geodætisk Institut.

ISBN 87-88916-93-6.



## FORORD

Denne rapport præsenterer resultaterne af de hidtidige undersøgelser i Fårup Sø og Engelsholm Sø. Undersøgelserne er foretaget som et led i amtets tilsyn med søer.

I forbindelse med vandmiljøplanen er der etableret en landsdækkende overvågning af vandmiljøet. I Vejle Amt indgår fire søer i overvågningsprogrammet: Dons Nørresø, Søgård Sø, Fårup Sø og Engelsholm Sø.

Fårup Sø og Engelsholm Sø har en høj tilførsel af næringssalte, hvilket medfører en kraftig algevækst. Dette har en række skadelige konsekvenser for søernes øvrige dyre- og planteliv.

Rapporten er en status for forureningstilstanden i søerne før overvågningsprogrammets start i 1989.

  
Erik Rasmussen

  
Helge Ove Jørfald





## INDHOLDSFORTEGNELSE

	side
0. SAMMENFATNING .....	1
1. INDLEDNING .....	3
1.1 Introduktion til søkologi.....	3
1.2 Undersøgelsesmetoder.....	5
2. FÅRUP SØ. PRÆSENTATION AF SØ OG OPLAND .....	6
3. FÅRUP SØ. MÅLSÆTNING .....	8
4. FÅRUP SØ. RESULTATER OG DISKUSSION .....	8
4.1 Sigtdybde, årsvariation.....	8
4.2 Sigtdybde, sæsongennemsnit.....	8
4.3 Klorofyl a, primærproduktion.....	11
4.4 pH.....	12
4.5 Fosfor og kvælstof.....	12
4.6 Sedimentet.....	13
4.7 Planteplankton.....	14
4.8 Massebalance.....	16
4.9 Kilder til fosfortilførsel.....	17
4.10 Fremtidig tilstand.....	19
5. ENGELSHOLM SØ. PRÆSENTATION AF SØ OG OPLAND .....	21
6. ENGELSHOLM SØ. MÅLSÆTNING.....	22
7. ENGELSHOLM SØ. RESULTATER OG DISKUSSION .....	23
7.1 Sigtdybde, klorofyl a, primærproduktion.....	23

	side
7.2 pH.....	25
7.3 Fosfor og kvælstof.....	26
7.4 Sedimentet.....	28
7.5 Planteplankton.....	28
7.6 Massebalance.....	30
7.7 Kilder til næringsalttilførsel.....	32
7.8 Fremtidig tilstand.....	33
8. APPENDIX.....	35
A. Undersøgelsesmetoder.....	35
B1. Fårup Sø, supplerende grafer ..... (Silicium, suspenderet stof, organisk stof)	36
B2. Engelsholm Sø, supplerende grafer ..... (Silicium, suspenderet stof, organisk stof)	37
C1. Fårup Sø, planteplankton artsliste.....	38
C2. Engelsholm Sø, planteplankton artsliste.....	39
D. Modeller.....	40
9. REFERENCER .....	41
10. ORDLISTE.....	42



## SAMMENFATNING

### FÅRUP SØ

Fårup Sø er beliggende i Jelling og Egtved kommuner. Oplandet, på ca. 1300 ha, er overvejende landbrugsarealer, og der ligger tre dambrug ved søen.

Fårup Sø er en relativ dyb sø (gennemsnitsdybden og maksimumdybden er hhv. 5,6 m og 11,1 m), dog uden lagdeling. Der tilføres vand fra Saksdal Bæk og Lildfrost Bæk samt fra en del mindre over- og undersøiske kilder, og afløbet sker i Grejs Å. Vandet har en gennemsnitlig opholdstid på knap et år.

Søen tilføres årligt ca. 900 kg fosfor og ca. 20.000 kg kvælstof. Ca. halvdelen af den tilledte fosformængde stammer fra dambrugsdriften ved søen.

Den store mængde næringssalte, søen tilføres, bevirker, at der i perioder sker en kraftig opblomstring af planktonalger, og gennemsigtigheden af vandet mindskes. Søen opfylder ikke recipientkvalitetsplanens målsætning om et minimum for den gennemsnitlige sigtddybde i sommerhalvåret på 2 m. Gennemsnitssigtddybden i sommerhalvåret er i perioden 1978 - 1988 mindsket fra 1,85 m til 1,35 m.

En kort periode i forsommeren er der enkelte år målt meget store sigtddybder. Denne "klartvandsperiode" skyldes sandsynligvis, at dyreplankton nedgræsser planktonalgerne. "Klartvandsperioden" er ikke, eller kun i mindre grad, observeret de senere år, og dette er årsagen til de lavere gennemsnitssigtddybder. Den mindskede gennemsnitssigtddybde er altså ikke nødvendigvis et udtryk for en forværring af søens tilstand. Hyppigere målinger er dog nødvendige for at få et pålideligt billede af årsvariationen og gennemsnittet af vandets gennemsigtighed.

Artssammensætningen af planktonalger er undersøgt i 1982. Kiselalger og grønalger dominerede forår og forsommer, men blev erstattet af blågrønalger sidst på sommeren, hvor kvælstof blev begrænsende for algevæksten.

Der er i søens sediment ophobet en stor mængde fosfor, og fra denne pulje frigives fosfor til vandet i løbet af sommeren. Dette stimulerer yderligere algevækst, og næringsstofferne føres atter tilbage til sedimentet, når planktonalgerne dør og synker ned på bunden.

Det er udfra undersøgelsens resultater vurderet, hvilke muligheder der eksisterer, for at forbedre søens tilstand. En formindskelse af den mængde fosfor, der ledes til søen, vil mindske antallet af planktonalger og sigtddybden vil øges.

Beregninger og vurderinger viser, at ved en halvering af den tillædte fosformængde fra dambrugene samt ophør af landbrugsudledninger vil recipientkvalitetsplanens målsætning om en gennemsnitlig sigtddybde på mindst 2 m i sommerhalvåret kunne opfyldes.

#### **ENGELSHOLM SØ**

Engelsholm Sø er beliggende i Egtved Kommune. Oplandet, på ca. 1500 ha, er overvejende landbrugsarealer.

Søens gennemsnitsdybde er 2,7 m, og den maksimale dybde er 6,1 m. Søen får tilført vand fra flere overfladiske tilløb samt over- og undersøiske kilder og har afløb i Vejle Å. Vandets gennemsnitlige opholdstid i søen er ca. 97 dage.

Søen tilføres årligt ca. 360 kg fosfor. Hovedparten af den tillædte fosformængde stammer fra spredte husspildevandsudledninger i oplandet og fra landbrugsdrift, især udvaskning af landbrugsjord, men også udledninger fra landbrugsejendomme. I afløbet fjernes ca. 500 kg fosfor om året, altså mere end søen tilføres. Den overskydende mængde er fosfor, der frigives fra sedimentet i sommerens løb. Der er i søens sediment ophobet næringssalte fra tidligere udledninger af spildevand direkte i søen. Fra denne pulje frigives fosfor til vandet i løbet af sommeren.

Den store mængde næringssalte, søvandet tilføres, bevirker, at der i perioder sker en kraftig opblomstring af planktonalger, og gennemsigtigheden af vandet mindskes. I sensommeren er sigtddybden kun 25 - 50 cm. Sommerhalvårets gennemsnitssigtddybde er ca. 0,5 m og har stort set været uændret de senere år. Søen opfylder ikke recipientkvalitetsplanens krav om en gennemsnitlig sigtddybde på mindst 1,2 m i sommerhalvåret.

Artssammensætningen af planktonalger er undersøgt i 1981. Gulalger og små rekylalger dominerede forår og forsommer, men blev erstattet af blågrønalger sidst på sommeren, hvor kvælstof blev begrænsende for algevæksten.

Det er udfra undersøgelsens resultater vurderet, hvilke muligheder der eksisterer, for at forbedre søens tilstand. En formindskelse af den mængde fosfor, der ledes til søen, vil mindske antallet af planktonalger og sigtddybden vil øges.

Beregninger og vurderinger viser, at ved ophør af fosforfrigivelse fra sedimentet og ophør af landbrugsudledninger, vil recipientkvalitetsplanens målsætning om en gennemsnitlig sigtddybde på mindst 1,2 m i sommerhalvåret kunne opfyldes.



## 1. INDLEDNING

Denne rapport præsenterer resultater af undersøgelser af Fårup Sø, foretaget i perioden 1978 til 1988, og undersøgelser af Engelsholm Sø, foretaget i perioden 1981 til 1987.

For at klarlægge årsagen til søernes tilstand er der foretaget en intensiv undersøgelse af Engelsholm Sø i 1981 og af Fårup Sø i 1982. Endvidere er forureningstilstanden i søerne fulgt ved et begrænset søtilsyn. Der er ført begrænset søtilsyn i Engelsholm Sø i 1983, 1985 og 1987 og i Fårup Sø i 1978, 1984, 1986, 1987 og 1988.

Rapporten skal danne grundlag for en bedømmelse af den fremtidige udvikling af Fårup Sø og Engelsholm Sø. Begge søer indgår i det landsdækkende overvågningsprogram for vandmiljøplanen, og rapporten er derfor også en status for søerne inden overvågningsprogrammets start i 1989.

Fårup Sø er i forbindelse med overvågningsprogrammet udvalgt som et eksempel på en sø, der primært er dambrugsbelastet. Engelsholm Sø er udvalgt som et eksempel på en sø, der primært er landbrugsbelastet.

### 1.1 Introduktion til søekologi

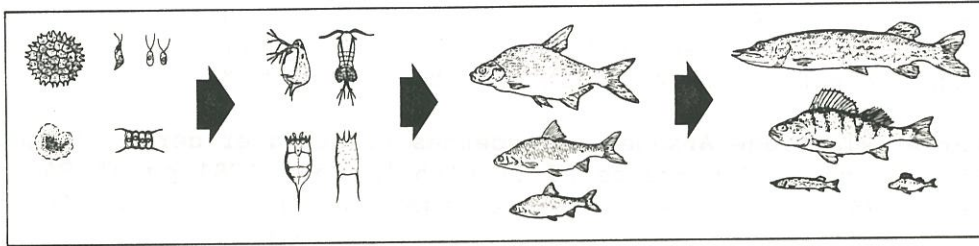
At en sø eutrofieres, betyder, at vandets indhold af nærings-salte, specielt fosfor og kvælstof, øges som en konsekvens af menneskets aktiviteter: Udledning af spildevand, dambrugsdrift og udvaskning fra landbrugsjord. I dette afsnit gives en beskrivelse af, hvad der sker, når en sø eutrofieres.

En stor mængde næringssalte giver gode livsbetingelser for søens mikroskopiske alger, planktonalgerne. Når mængden af næringssalte øges, vil mængden af planktonalgerne ligeledes øges, og dette har en række skadelige effekter på søens øvrige plante- og dyreliv.

En forøgelse af antallet af planktonalger bevirker, at gennem-sigtigheden af vandet mindskes. Dette hæmmer de større vand-planter, der vokser på bunden, fordi disse ikke får lys nok til at gro. Når vandplanterne forsvinder, vil de næringssalte, som disse ville have optaget, i stedet være til rådighed for planktonalgerne, som derfor tiltager yderligere i antal.

Uklart vand vil endvidere hæmme rovfisk som gedde og aborre, da de ikke kan se byttedyrene (f.eks. skalle og brasen). Rovfiskene aftager derfor i antal, mens der bliver flere skaller og brasen.

Planktonalgerne er fødegrundlag for dyreplankton, der spises af fisk som skalle og brasen (se. fig. 1.1).



Figur 1.1

Forenklet illustration af en del af græsningsfødekæden, som viser fiskenes placering i forhold til planktonalger og dyreplankton.

Når antallet af skalle og brasen øges, som følge af et aftagende antal rovfisk, bliver græsningsstrykket på dyreplankton større. Dyreplankton vil derfor ikke være i stand til at holde planktonalgerne nede i antal.

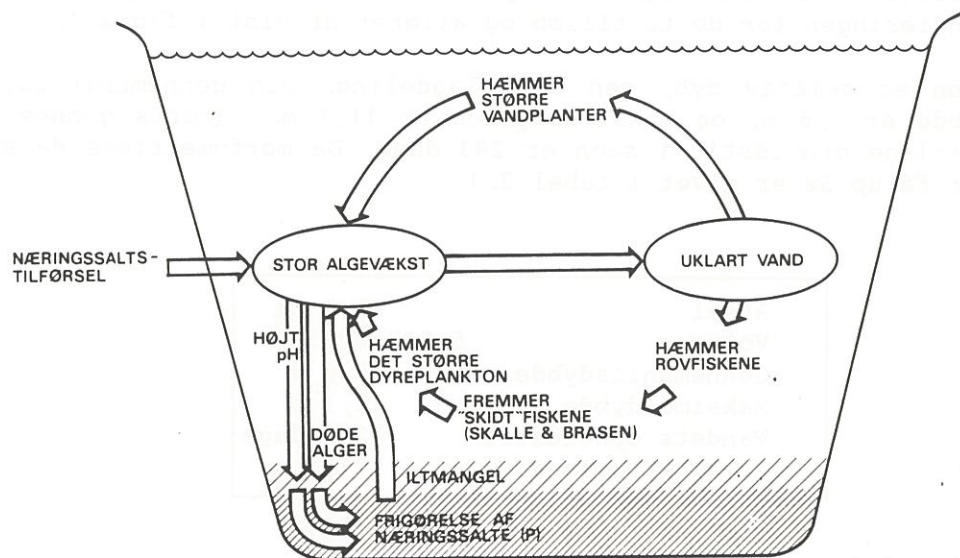
Et stort antal planktonalger kan endvidere forårsage store stigninger i vandets pH. Dette skyldes algernes forbrug af kuldioxid i fotosyntesen. Længere perioder med høje pH-værdier har en skadelig effekt på søens plante- og dyreliv. Endvidere vil høje pH-værdier fremme frigørelsen af fosfor fra sedimentet.

En typisk udvikling for visse søers algeflora ved en øget næringssalttilførsel er desuden dannelse af vandblomst. Vandblomst dannes ved, at der sker en kraftig opvækst af blågrønner. Blågrønner har den specielle egenskab, at de ved hjælp af små luftblærer i cellerne, bliver lettere end vand og dermed stiger op til overfladen, hvor der er lys. Der kan derved dannes et tykt grønt lag på søoverfladen. Laget minder om grøn maling og er ofte næsten uigennemtrængeligt for lys.

Flere arter af blågrønner danner under vandblomst giftstoffer, der er skadelige for mennesker og dyr. Man vil derfor ved visse søer se advarselsskilte mod badning og mod at lade dyr drikke af vandet. Som eksempel kan nævnes, at der i sommeren 1988 var kraftig vandblomst i Fårup Sø.

Efterhånden som planktonalgerne dør, synker de ned på bunden af søen og går i forrådnelse. Til forrådnelsesprocessen forbruges ilt, og der kan opstå iltfrie områder ved bunden, hvis en stor mængde alger forrådner.

Da næringssaltene, specielt fosfor, ophobes i søens bundmateriale, vil en nedbringelse af næringssalttilførslen ofte ikke have en umiddelbar effekt på søens tilstand. Fosfor bindes kemisk til bl.a. jern i søbunden under tilstedeværelsen af ilt, men frigives atter til søvandet under iltfrie forhold. Søen kan således være selvgødende, så længe der eksisterer en pulje af næringssalte i bundmaterialet. (se fig. 1.2).



Figur 1.2

Illustration af hvorledes de økologiske systemer griber ind i hinanden i en sø med stor algevækst. I en lavvandet sø med jernholdigt sediment vil en stor algemængde medføre frigørelse af især fosfor fra sedimentet, dels fordi algernes fotosyntese hæver vandets pH, og dels fordi nedbrydningen af de døde alger bruger ilten i sedimentoverfladen. Det ses, at den store algevækst medfører en række selvforstærkende kredsløb, så søens tilstand forringes yderligere.

## 1.2 UNDERSØGELSESMETODER (se appendix A)



## FÅRUP SØ

### 2. PRÆSENTATION AF SØ OG OPLAND

Fårup Sø er beliggende i Egtved og Jelling kommuner. Oplandet, på 1272 ha, er overvejende lerblandet sandjord, der primært er opdyrket, men der er også en del skov- og engarealer. Der ligger 3 dambrug ved søen.

Fårup Sø får tilført vand fra Saksdal Bæk mod vest og Lildfrost Bæk mod sydvest. Disse tilløb udgør ca. 1/3 af den samlede vandtilførsel. Herudover tilføres vand fra en række kilder i og ved søen. Afløbet sket gennem Grejs Å i søens østlige ende, (se fig. 2.2 og fig. 2.3). Sæsonvariationen i vandføringen for de to tilløb og afløbet er vist i fig 2.1.

Søen er relativ dyb, men uden lagdeling. Den gennemsnitlige dybde er 5,6 m, og maksimaldybden er 11,1 m. Vandets gennemsnitlige opholdstid i søen er 293 dage. De morfometriske data for Fårup Sø er givet i tabel 2.1.

Areal	98,3 ha <sub>3</sub>
Volumen	5.507.000 m <sup>3</sup>
Gennemsnitsdybde	5,6 m
Maksimaldybde	11,1 m
Vandets opholdstid	293 dage
Areal af opland	1272 ha

Tabel 2.1  
Morfometriske data for Fårup Sø

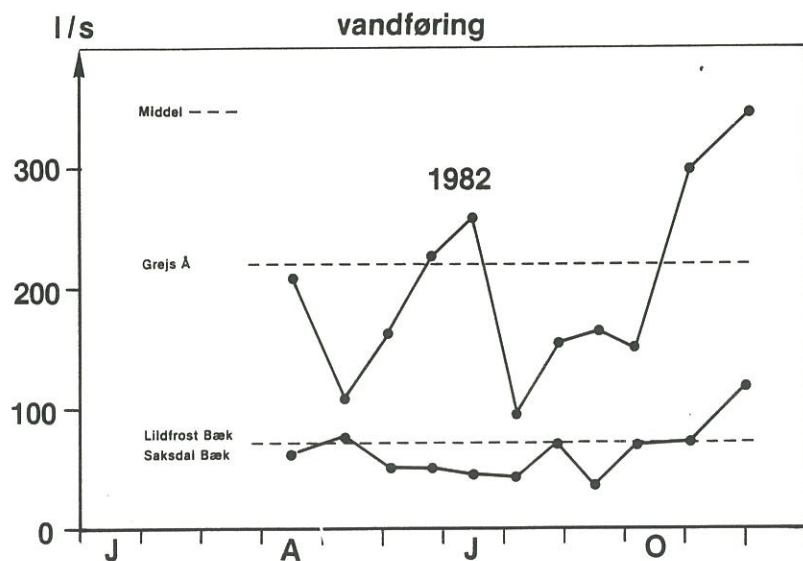


Fig. 2.1  
Sæsonvariationen i vandføring i afløbet og to tilløb.



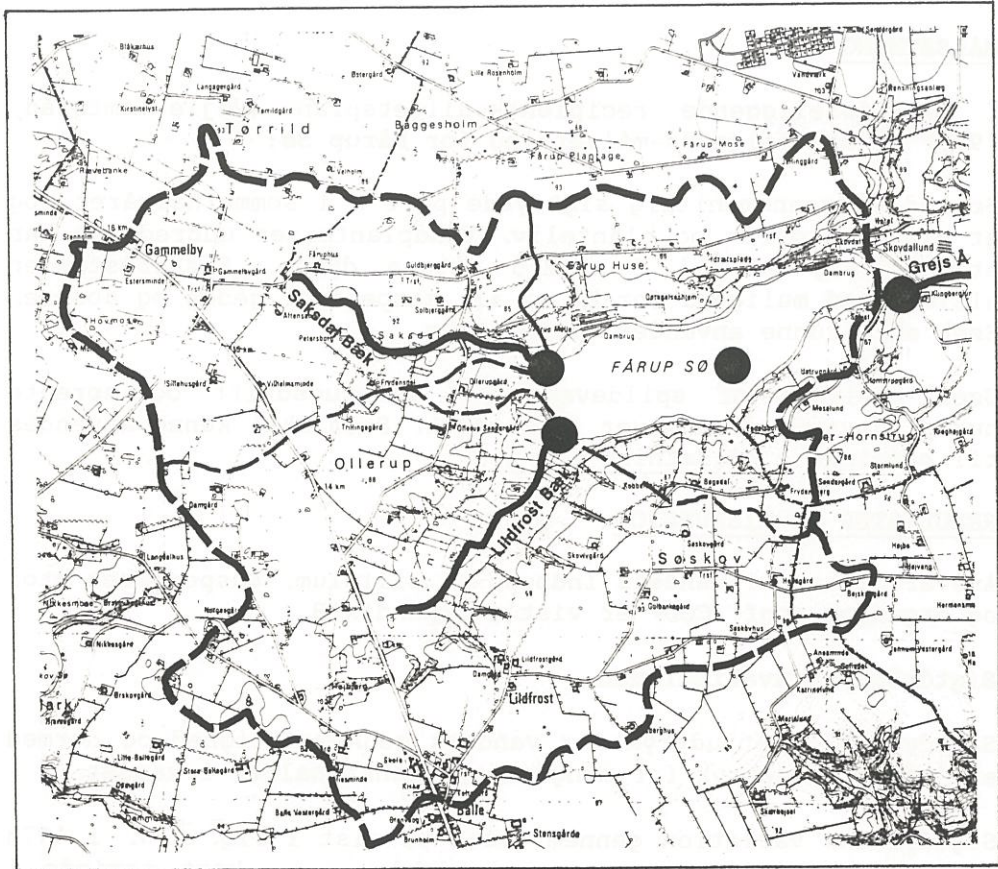


Fig. 2.2  
Kort over Fårup Sø's opland med angivelse af vandløbssystem og prøvetagningsstationer.

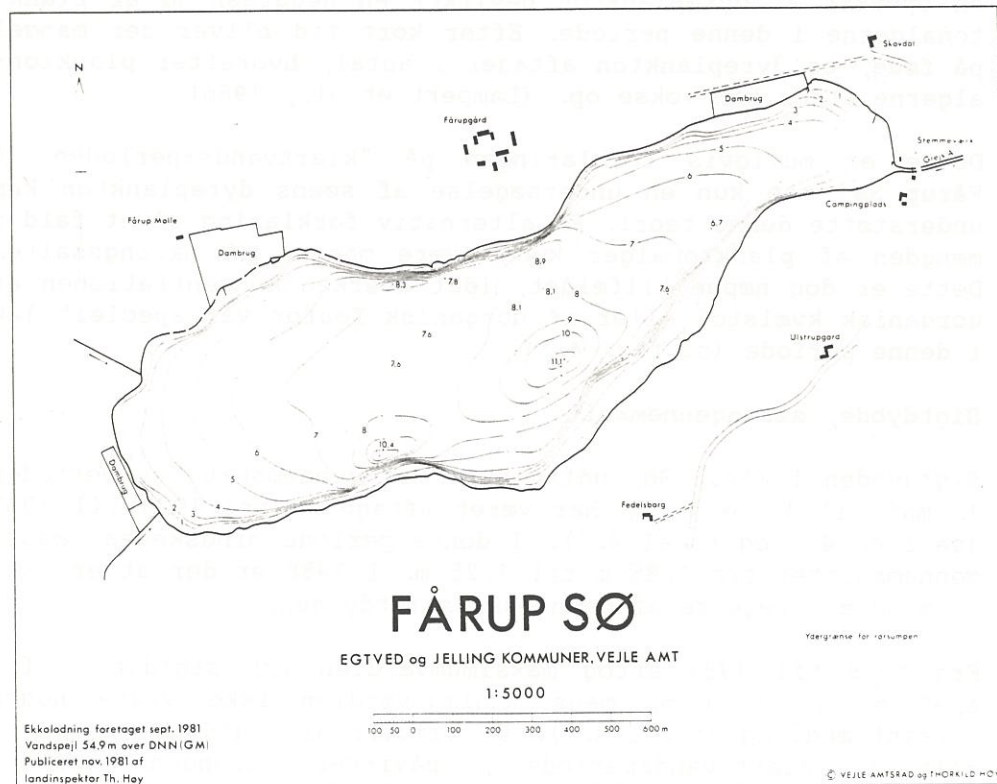


Fig. 2.3  
Kort over Fårup Sø.

### 3. MÅLSÆTNING

I den foreliggende recipientkvalitetsplan (Vejle Amtsråd, 1985) er der følgende målsætning for Fårup Sø:

Sø med en gennemsnitlig sigtddybde på 2 m i sommerhalvåret, og et alsidigt dyre- og planteliv. Vandplanternes udbredelse kan strække sig ud til 2 - 2,5 meters dybde. Fiskebestanden alsidig med mulighed for bl. a. ål, karpefisk, gedde og aborre. Søen skal kunne anvendes til badning.

Søen påvirket af spildevand fra dambrugsdrift og spredte husspildevandsudledninger i oplandet. Søen skal kunne anvendes til badning. - Målsætning  $A_2$ ,  $C_1$ .

### 4. RESULTATER OG DISKUSSION

Årsvariationen i vandets indhold af silicium, suspenderet stof og organisk stof (COD) er vist i appendix B<sub>1</sub>.

#### 4.1 Sigtddybde, årsvariationen

Sigtddybden er et udtryk for vandets gennemsigtighed og dermed et indirekte udtryk for mængden af planktonalger i vandet.

Sigtddybdens variation gennem årene er vist i fig. 4.1. I 1978 og 1982 fandtes meget store sigtddybder i en kort periode i juni. De efterfølgende år fandtes ikke, eller kun i mindre grad, en forøgelse af sigtddybden på den tilsvarende årstid.

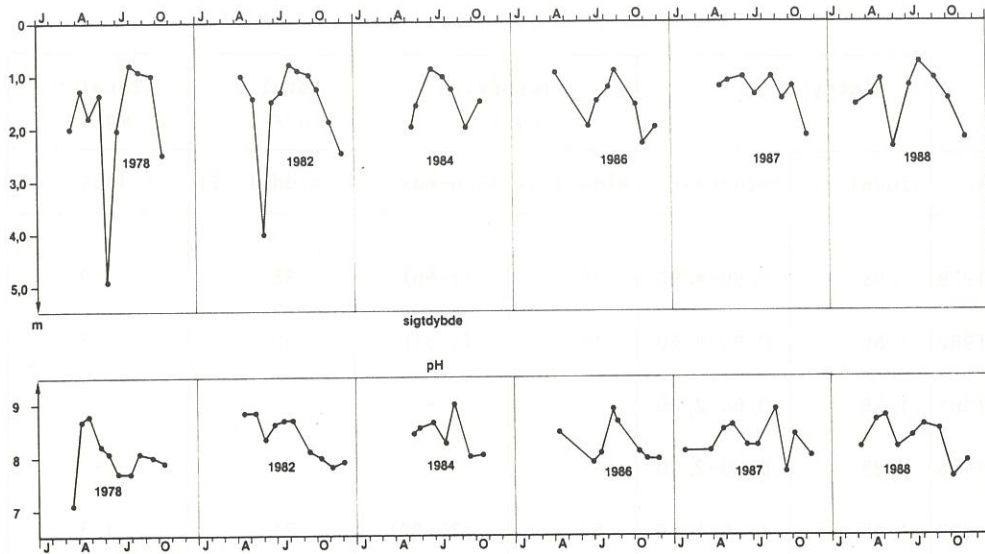
En kort periode i foråret med meget klart vand er et fænomen, der kendes fra flere eutrofe søer. Undersøgelser har vist, at en opvækst af dyreplankton bevirker en nedgræsning af planktonalgerne i denne periode. Efter kort tid bliver der mangel på føde, og dyreplankton aftager i antal, hvorefter planktonalgerne atter kan vokse op. (Lampert et al., 1986)

Dette er muligvis forklaringen på "klartvands-perioden" i Fårup Sø, men kun en undersøgelse af søens dyreplankton kan understøtte denne teori. En alternativ forklaring på et fald i mængden af planktonalger kunne være mangel på næringssalte. Dette er dog næppe tilfældet, idet hverken koncentrationen af uorganisk kvælstof eller af uorganisk fosfor var specielt lav i denne periode (se fig. 4.5).

#### 4.2 Sigtddybde, sæsongennemsnit

Sigtddybden i Fårup Sø, udtrykt som et gennemsnit for perioden 1. maj til 1. oktober, har været aftagende fra 1978 til 1987 (se fig. 4.2 og tabel 4.1). I denne periode mindskedes sæsongennemsnittet fra 1,85 m til 1,25 m. I 1988 er der atter sket en mindre forøgelse af gennemsnitssigtddybden.

Fra 1978 til 1987 aftog maksimumværdien for sigtddybden fra 4,90 m til 1,50 m, mens minimumværdien ikke viste nogen markant ændring (tabel 4.1). De værdier af sigtddybden, der er målt i "klart-vandsperioden", påvirker sæsongennemsnittet kraftigt, og den aftagende tendens i gennemsnittet skyldes primært denne formindskelse af maksimumværdien.



Figur 4.1  
Sæsonvariationen i sigtddybde og pH, Fårup Sø (1978-1988)

Det er dog temmelig usikkert, om der reelt er sket en formindskelse af maksimumværdien. Undersøgelser i søer med en lignende "klartvandsperiode" har vist, at perioden kan have en varighed på 2 uger eller mindre (Lampert et al., 1986). Med den prøvetagningshyppighed, der er anvendt i denne undersøgelse, er risikoen for, at målingerne falder udenfor "klartvandsperioden" betydelig.

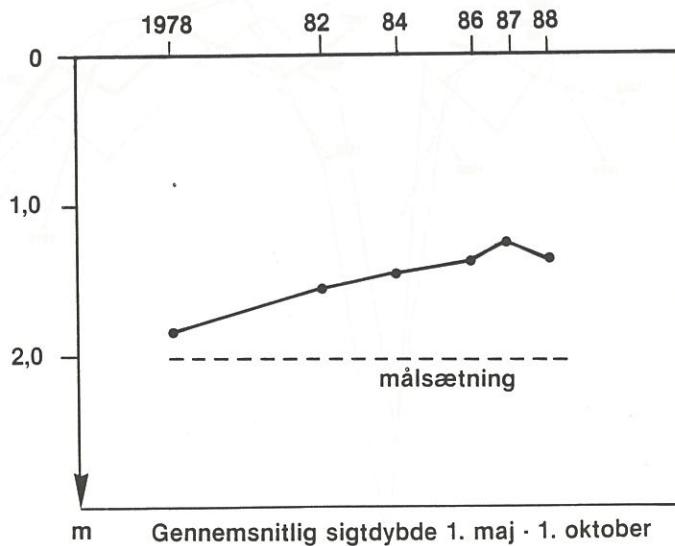


Fig. 4.2  
Gennemsnitlig sigtddybde 1. maj - 1. oktober, Fårup Sø (1978 - 1988).



år	Sigtdybde m		Klorofyl a µg/l		Total P µg/l	Total N mg/l
	middel 1)	(min-max)	middel 1)	(min-max)	middel 2)	middel 2)
1978	1,85	0,80-4,90	30	(2-66)	95	1,9
1982	1,55	0,80-4,00	19	(4-31)	80	1,6
1984	1,45	0,85-2,00	-	-	-	-
1986	1,35	0,90-2,00	-	-	-	-
1987	1,25	1,05-1,50	55	(36-80)	71	1,3
1988	1,35	0,80-2,40	41	(7-98)	87	1,8

- 1) Gennemsnit beregnet for perioden 1. maj - 1. oktober.  
 2) Gennemsnitsværdi for hele året.

Tabel 4.1

Udviklingen af gennemsnitsværdier af sigtdybde, klorofyl a, fosfor og kvælstof, Fårup Sø (1978 - 1988).

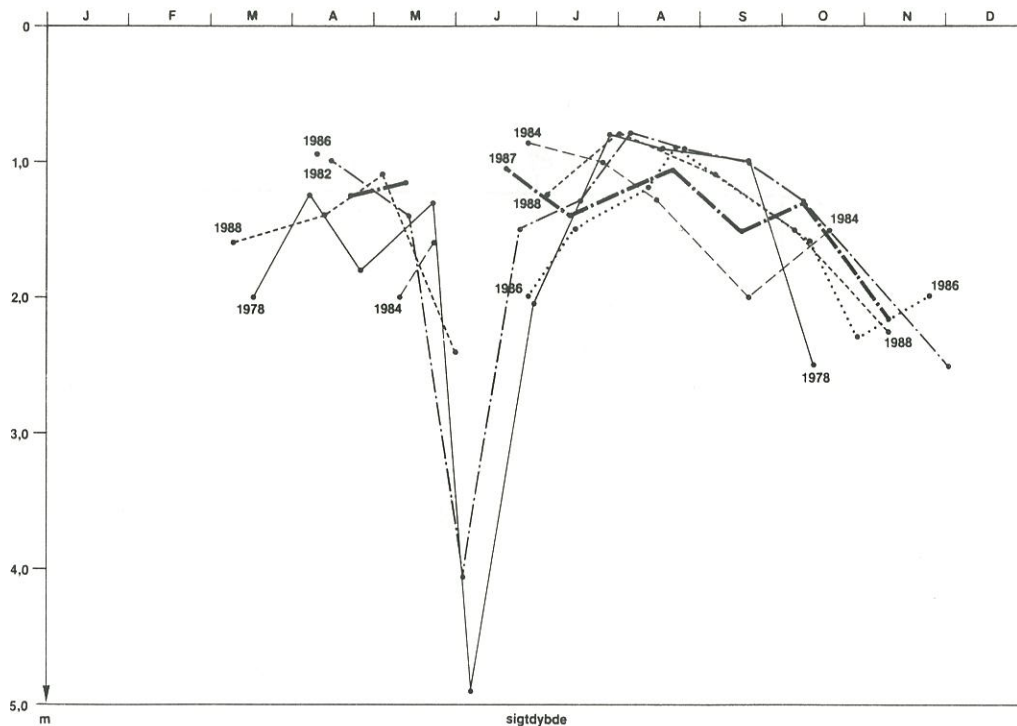


Fig. 4.3

Sammenligning af sæsonvariationen i sigtdybde, Fårup Sø (1978-1988)



I fig. 4.3 er sigtdybdens årsvariation afbildet på samme tidsakse. Som det fremgår af figuren, faldt ingen af målingerne efter 1982 i første halvdel af juni ("klart-vandsperioden" i 1978 og 1982), og tidsintervallet mellem målingerne var større end 4 uger netop i denne periode.

I sær, hvor sigtdybden varierer så betydeligt over kort tid, er hyppigere målinger nødvendige, for at få realistiske billeder af årsvariationen og dermed sammenlignelige sæsongennemsnit.

Den aftagende gennemsnitssigtdybde kan altså ikke tages som et udtryk for en generel forværring af søens tilstand. Det skal dog understreges, at søen ikke opfylder målsætningens krav om en gennemsnitlig sigtdybde på mindst 2 m (Vejle Amtsråd, 1985).

#### 4.3 Klorofyl a, primærproduktion

Vandets indhold af klorofyl a er et andet udtryk for mængden af planktonalger.

Der er en tydelig sammenhæng mellem årsvariationerne i vandets klorofylindhold (fig 4.5) og årsvariationerne i sigtdybde (fig 4.1). I 1978 og 1982 var vandets klorofylindhold meget lavt i juni-perioderne, hvor vandet var klart, og de største mængder klorofyl blev fundet i juli-august, sammenfaldende med årets laveste sigtdybder. Målingerne af vandets klorofylindhold, beregnet som gennemsnit for perioden 1. maj til 1. oktober, er højere i 1987 og 1988 end i 1978 og 1982 (tabel 4.1). Der er dog i 1987 og 1988 anvendt en anden og mere effektiv analysemetode (methanolekstraktion), og værdierne er derfor ikke sammenlignelige med værdierne for 1978 og 1982 (-acetoneekstraktion). De målte klorofylmængder er typiske for en moderat eutrofieret sø.

Primærproduktionen er et udtryk for den mængde organisk materiale, planktonalgerne producerer.

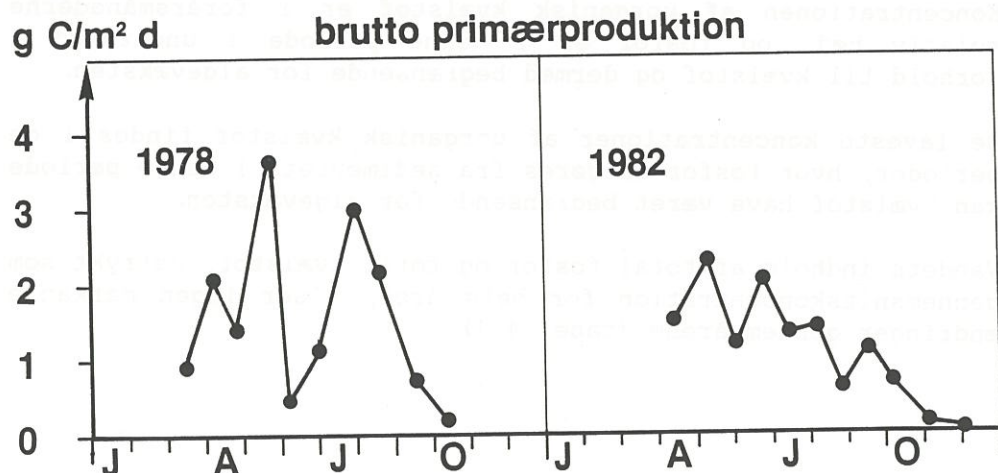


Fig. 4.4  
Sæsonvariationen i primærproduktion, Fårup Sø (1978-1982)

I fig 4.4 ses årsvariationen i bruttoprimærproduktionen for 1978 og 1982. Den årlige bruttoprimærproduktion er beregnet til:

1978:	345 g kulstof pr. m <sup>2</sup> pr. år
1982:	261 g kulstof pr. m <sup>2</sup> pr. år

#### 4.4 pH

De højeste pH-værdier er alle årene fundet i april/maj og juli/august (se fig. 4.1) og er sammenfaldende med de perioder, hvor algemængden er størst og primærproduktionen højest. Dette skyldes, at pH stiger som følge af algernes forbrug af CO<sub>2</sub> til fotosyntesen. Jo flere alger og jo højere primærproduktion, des højere pH. pH-værdierne har dog ikke på noget tidspunkt nået værdier, der kan skade søens dyreliv.

#### 4.5 Fosfor og kvælstof

Vandets indhold af fosfor og kvælstof er målt dels som koncentrationen af de uorganisk former, som er umiddelbart tilgængelige for planktonalgerne, dels som totalfosfor og totalkvælstof. Sidstnævnte er summen af uorganisk fosfor/kvælstof og fosfor/kvælstof, der er bundet i levende organismer og i dødt organisk materiale.

Det generelle mønster for årsvariationen af fosfor viser lave koncentrationer i forårsmånederne og en stigning i koncentrationen i løbet af sommeren (fig. 4.5). De lave koncentrationer om foråret skyldes planktonalgernes forbrug af uorganisk fosfor til vækst.

Senere på sommeren sker en frigørelse af fosfor fra sedimentet, hvilket giver anledning til yderligere vækst af planktonalgerne. En del af den frigjorte fosfor bindes derved organisk i planktonalger. Disse forhold afspejles ved en forøgelse både af koncentrationen af uorganisk fosfor og af organisk bundet fosfor.

Koncentrationen af uorganisk kvælstof er i forårsmånederne relativ høj, og fosfor er i denne periode i underskud i forhold til kvælstof og dermed begrænsende for algevæksten.

De laveste koncentrationer af uorganisk kvælstof findes i de perioder, hvor fosfor frigøres fra sedimentet. I denne periode kan kvælstof have været begrænsende for algevæksten.

Vandets indhold af total fosfor og total kvælstof, udtrykt som gennemsnitskoncentration for hele året, viser ingen markante ændringer gennem årene (tabel 4.1).

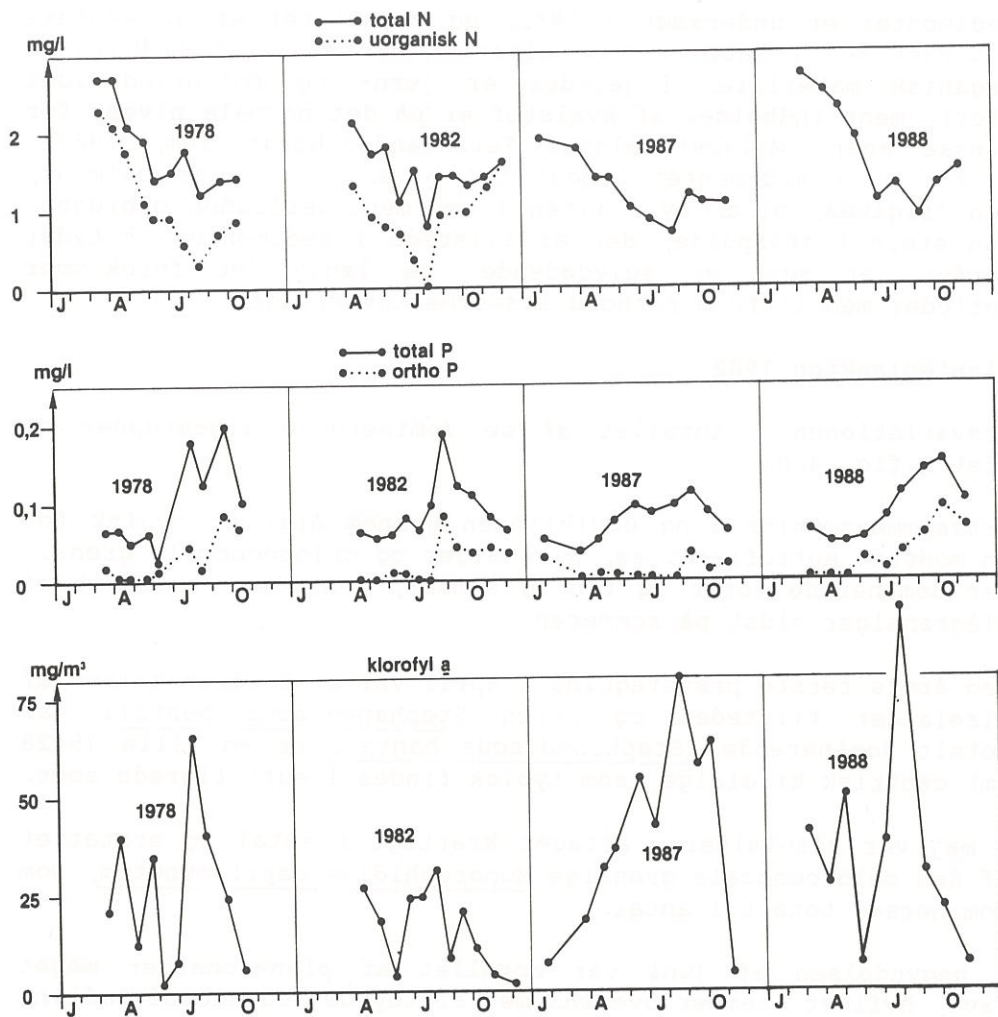


Fig. 4.5  
Sæsonvariationen i vandets indhold af kvælstof, fosfor og klorofyl a, Fårup Sø (1978 - 1988).

#### 4.6

#### Sedimentet

Sediment	x	s
Tørstof (TS) g/kg vådvægt	102	1,7
Glødetab (GT) g/kg TS	225	14
Tot-kvælstof g/kg TS	11,4	0,2
Tot-fosfor g/kg TS	3,77	0,1
Calcium g/kg TS	137	14,6
Tot-jern g/kg TS	50,8	0,6

Tabel 4.2  
Sedimentkemi, Fårup Sø 1982 (x: gennemsnitsværdi af 3 målinger, s: standardafvigelse).



Sedimentet er undersøgt i 1982, og resultatet af de kemiske analyser ses i tabel 4.2. Sedimentet har et stort indhold af organisk materiale. Ligeledes er jern- og fosforindholdet stort, mens indholdet af kvælstof er på det normale niveau for danske søer (Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1987). Fosfor er i sedimentet bundet til bl.a. jern eller calcium, men frigives, bl.a. hvis ilten i sedimentoverfladen opbruges. Den store fosforpulje, der er tilstede i sedimentet, betyder derfor, at søen er selvgødende, så længe der forekommer perioder med iltfrie forhold i sedimentoverfladen.

#### 4.7 Planteplankton 1982

Årsvariationen i antallet af de dominerende algegrupper er vist i fig. 4.6.

Artssammensætningen og udviklingen gennem året er typisk for en moderat eutrofieret sø. Kiselalger og chlorococcale grønalger dominerede forår og tidlig sommer, men blev erstattet af blågrønalger sidst på sommeren.

Ved årets første prøvetagning i april var et forårsmaksimum af kiselalger tilstede, og arten Stephanodiscus hantzii var totalt dominerende. Stephanodiscus hantzii er en lille (5-28 µm) centrisk kiselalge, som typisk findes i eutrofierede søer.

I maj var kiselalgerne aftaget kraftigt i antal og erstattet af den chlorococcale grønalge Monoraphidium capricornutum, som dominerede totalt i antal.

I begyndelsen af juni var antallet af planktonalger meget lavt, hvilket stemmer overens med sigtdybde- og klorofylmålingerne. Ingen af de repræsenterede algegrupper var klart dominerende.

I slutningen af juni fandtes atter en mindre opblomstring af kiselalger, denne gang af arten Asterionella formosa. Dyreplankton har muligvis svært ved at æde Asterionella-arter, pga. disse algers størrelse og stjerneform. Dette giver Asterionella en fordel frem for øvrige planktonalger i perioder, hvor græsningstrykket fra dyreplankton er højt. Dette kan være en forklaring på Asterionellaopblomstringen i juni.

I juli begyndte blågrønalger at tiltage i antal. Blågrønalgerne toppede i starten af august. Det er dog vanskeligt at vurdere deres andel af den samlede biomasse, da blågrønalgerne er talt som antal kolonier, hvor hver koloni kan bestå af 5 til 100 celler.

Visse blågrønalger er i stand til at udnytte atmosfærisk kvælstof; de er kvælstoffikserende. I perioder, hvor kvælstofholdige næringssalte forekommer i små mængder og er i underskud i forhold til fosfor, har disse alger derfor en fordel fremfor alger, der er afhængige af kvælstofkoncentrationen i vandet. I Fårup Sø var den kvælstoffikserende art Aphanizomenon flos-aquae dominerende blandt blågrønalgerne, og arten optrådte netop i den periode, hvor koncentrationen af kvælstofholdige næringssalte var lav. I september dominerede arterne Microcystis wesenbergii og Oscillatoria sp.

I september toppede de små rekylalger (< 20 µm). I de efterfølgende måneder var antallet af planktonalger meget lavt.

En detaljeret artsliste og kvantitative data er givet i appendix C1.

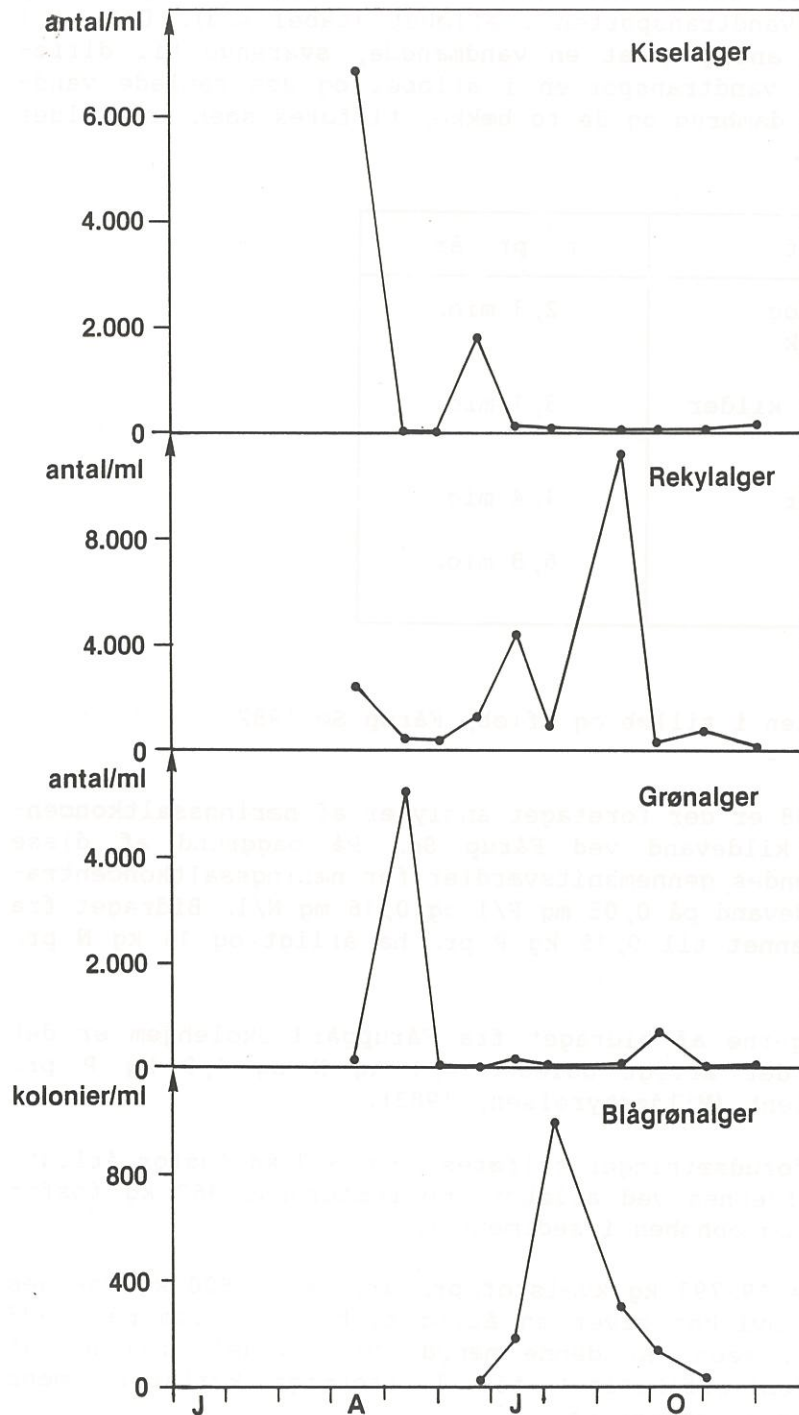


Fig. 4.6  
Sæsonvariationen i antallet af de dominerende algegrupper, Fårup Sø 1982.

#### 4.8 Massebalance

Udfra målinger af vandføringen og næringssaltkoncentrationen i Saksdal Bæk, Lildfrost Bæk, i afløbene fra dambrugene samt i Grejs Å, er der foretaget beregninger til opstilling af en næringssaltbalance for søen (tabel 4.4).

Den samlede vandtilførsel fra Saksdal Bæk og Lildfrost Bæk udgør ca. 1/3 af vandtransporten i afløbet. Kildevand og grundvand, der løber til søen via dambrugene udgør knap halvdelen af vandtransporten i afløbet (tabel 4.3). Det er i beregningerne antaget, at en vandmængde, svarende til differencen mellem vandtransporten i afløbet og den samlede vandtransport fra dambrug og de to bække, tilføres søen fra kilder i og ved søen.

Vandtransport	m <sup>3</sup> pr. år
Saksdal Bæk og Lildfrost Bæk	2,3 mio.
Grundvand og kilder via dambrug	3,1 mio.
Øvrige kilder	1,4 mio.
Afløb	6,8 mio.

Tabel 4.3

Vandtransporten i tilløb og afløb, Fårup Sø 1982

I 1987 og 1988 er der foretaget analyser af næringssaltkoncentrationen i kildevand ved Fårup Sø. På baggrund af disse målinger anvendes gennemsnitsværdier for næringssaltkoncentrationen i kildevand på 0,05 mg P/l og 0,16 mg N/l. Bidraget fra nedbør er skønnet til 0,15 kg P pr. ha årligt og 15 kg N pr. ha årligt.

Ved beregningerne af bidraget fra Fårupgård Skolehjem er det antaget, at der årligt udledes 4,4 kg N og 1,5 kg P pr. personækvivalent (Miljøstyrelsen, 1983).

Under disse forudsætninger tilføres søen 899 kg fosfor årligt, mens 537 kg fjernes ved afløbet. De resterende 362 kg fosfor sedimenteres og ophobes i sedimentet.

Søen tilføres 19.793 kg kvælstof pr. år, og 12.800 kg fjernes ved afløbet, hvilket giver en årlig tilbageholdelse på 6.993 kg kvælstof i søen. Af denne mængde vil en del omdannes af bakterier (denitrifikation) til luftformigt kvælstof, mens resten ophobes i sedimentet.



Næringssaltbalance	Total P kg/år	Total N kg/år
Saksdal Bæk + Lildfrost Bæk	197	7.507
Kilder og grundvand via dambrug	585	10.462
Øvrige kilder	70	224
Fårupgård skolehjem	32	100
Nedbør	15	1.500
Tilførsel ialt	899	19.793
Afløb	537	12.800
Sedimentation	362	6.993
Denitrifikation	-	
Specifik belastning	0,9 g P/m <sup>2</sup> /år	20.1 g N/m <sup>2</sup> /år

Tabel 4.4  
Næringssaltbalance og specifik belastning, Fårup Sø, 1982

#### 4.9 Kilder til fosfortilførsel

I tabel 4.5 og fig. 4.7 ses en oversigt over de forskellige fosforbidrag, delt ud på de væsentligste kilder.

I kilder og grundvand, der løber til søen via dambrugene, er baggrundsbelastningen beregnet ud fra en fosforkoncentration på 0,05 mg fosfor pr. l. Dette betyder, at bidraget som følge af dambrugsdriften udgør 429 kg fosfor/år.

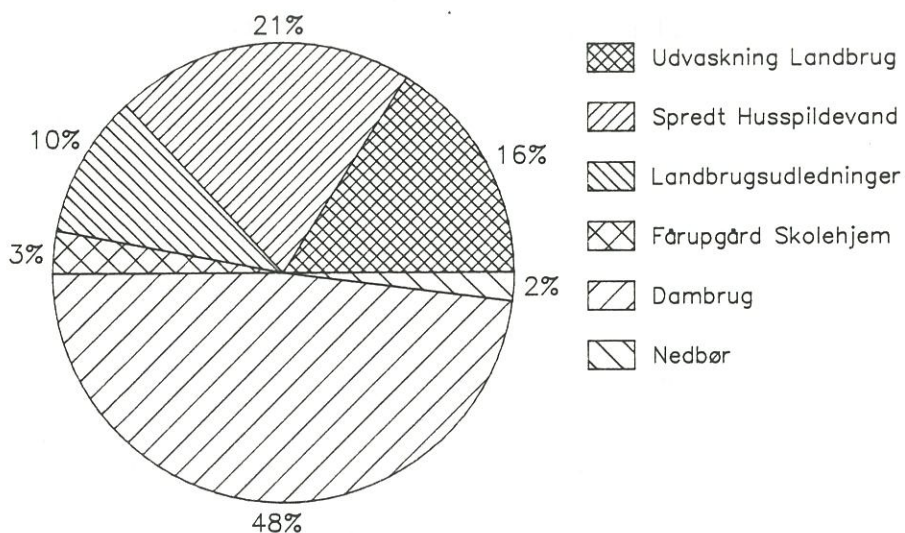
Baggrundsbelastningen samt fosforbidraget fra øvrige kilder og bække er opdelt i et bidrag som følge af udvaskning fra landbrugsjord, et bidrag fra spredte husspildevandsudledninger samt et bidrag fra landbrugsudledninger. Udvasningen fra landbrugsjord er skønnet til et bidrag på 0,1 kg fosfor pr. ha årligt. Fosforbidraget fra spredte husspildevandsudledninger er beregnet og vurderet til 190 kg årligt. Følgende skøn og erfaringstal er baggrund for beregningen af dette bidrag:

- Hver ejendom i søens opland, der ikke er tilsluttet offentlig kloakering, udleder spildevand svarende til 3 personækvivalenter.

- Spildevandet er mekanisk rensat og fosforbidraget fra mekanisk rensat spildevand er 1,35 kg pr. personækvivalent pr. år. (Vejledning fra Miljøstyrelsen, 1983).
- Ved nedsivning af spildevand reduceres fosforbidraget med 50%.

Det resterende fosforbidrag stammer fra landbrugsudledninger.

Kilder til fosfortilførsel	Total P kg/år	%
Udvaskning af landbrugsjord	140	16
Spredte husspildevandsudledninger	190	21
Landbrugsudledninger	93	10
Fårupgård Skolehjem	32	3
Dambrug	429	48
Nedbør	15	2
I alt	899	100



Tabel 4.5 og fig. 4.7  
Fosfortilførsel til Fårup Sø, fordelt på kilder (1982)

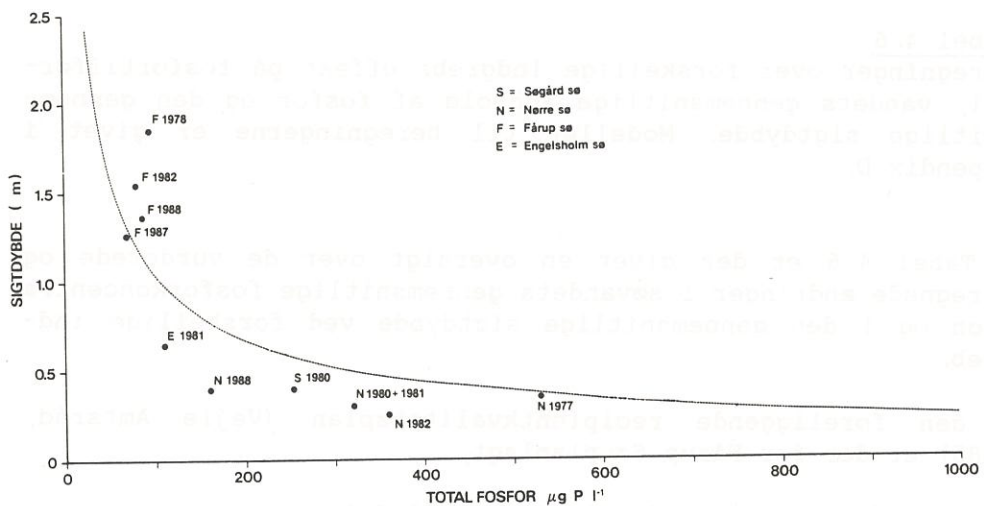
#### 4.10 Fremtidig tilstand

Ud fra undersøgelsens resultater er det vurderet hvilke muligheder, der eksisterer for at mindske mængden af planktonalger i søen.

Fosfor er tilsyneladende i underskud i forhold til kvælstof det meste af året og dermed begrænsende for algevæksten. En reduktion af fosfortilførslen vil derfor bevirke en mindsket algemængde.

Ud fra en empirisk bestemt sammenhæng mellem fosforkoncentrationen i søvandet og sigtddybden er der foretaget beregninger og vurderinger af, hvor stor effekt ændringer af fosforbelastningen vil have på sigtddybden.

Den empiriske sammenhæng er baseret på måleresultater af fosforkoncentrationen og sigtddybde i 41 danske søer (se fig. 4.8). Som det fremgår af figuren er fosforkoncentrationen i Fårup Sø på et niveau, hvor en forholdsvis lille reduktion i fosfortilførslen vil have en stor effekt på sigtddybden.



Figur 4.8

Kurven viser den empirisk bestemte sammenhæng mellem fosforniveauet i søvandet (årgennemsnit) og vandets gennemsigtighed (sigtddybden, gennemsnit for maj-oktober). Punkterne er måleresultater fra de 4 søer i Vejle Amt, der indgår i overvågningsprogrammet. Den empiriske sammenhæng er baseret på 41 danske søer (Brøgger og Heintzelmann, 1979). Modeller til beregningerne er givet i appendix D.



	Fosfortilførsel kg/år	Gennemsnitlig fosforkonc. 1.1-31.12 mg/l	Gennemsnitlig sigtdybde 1.5-1.10 m
Målinger fra 1982	899	0,078	1,55
1) Ophør af landbrugsudledninger + 90% fosforfjernelse på udløb fra Fårupgård Skolehjem	777	0,068	ca. 1,7
2) Punkt 1)+ halvering af dambrugsudledninger	562	0,049	ca. 2,1
3) Naturtilstand	85	0,007	ca. 7,0

Tabel 4.6

Beregninger over forskellige indgrebs effekt på fosfortilførsel, vandets gennemsnitlige indhold af fosfor og den gennemsnitlige sigtdybde. Modeller til beregningerne er givet i appendix D.

I Tabel 4.6 er der givet en oversigt over de vurderede og beregnede ændringer i søvandets gennemsnitlige fosforkoncentration og i den gennemsnitlige sigtdybde ved forskellige indgreb.

I den foreliggende recipientkvalitetsplan (Vejle Amtsråd, 1985) er der for Fårup Sø planlagt,

- indgreb overfor landbrugsudledninger,
- en 90% reduktion af fosforudledningen fra Fårupgård Skolehjem,
- en halvering af dambruges fosforudledning.

Der blev i 1987 etableret spildevandsrensning fra Fårupgård Skolehjem.

De beskrevne indgreb vil reducere søvandets gennemsnitlige fosforkoncentration til ca. 65% af niveauet, målt i 1982, og det vurderes, at sigtdybden vil øges til ca. 2 m.

ENGELSHOLM SØ

5. PRÆSENTATION AF SØ OG OPLAND

Engelsholm Sø er beliggende i Egtved Kommune. Oplandet er 1522 ha., ligeligt fordelt mellem grovsandet jord, lerblandet sandjord og sandblandet lerjord. Arealudnyttelsen er fortrinsvis landbrug.

Den gennemsnitlige dybde i søen er 2,7 m, og den maksimale dybde er 6,1 m.

Engelsholm Sø tilføres vand fra flere overfladiske vandløb, samt over- og undersøiske kilder og har afløb i Vejle Å (se fig. 5.2 og fig. 5.3). Sæsonvariationen i vandføringen for de tre tilløb og afløbet er vist på fig. 5.1. Vandets gennemsnitlige opholdstid i søen er ca. 97 dage.

De morfometriske data for Engelsholm Sø er givet i tabel 5.1.

Areal	44 ha <sup>3</sup>
Volumen	1.188.000 m <sup>3</sup>
Gennemsnitsdybde	2.7 m
Maksimaldybde	6.1 m
Vandets opholdstid	97 dage
Areal af opland	1522 ha

Tabel 5.1

De morfometriske data for Engelsholm Sø.

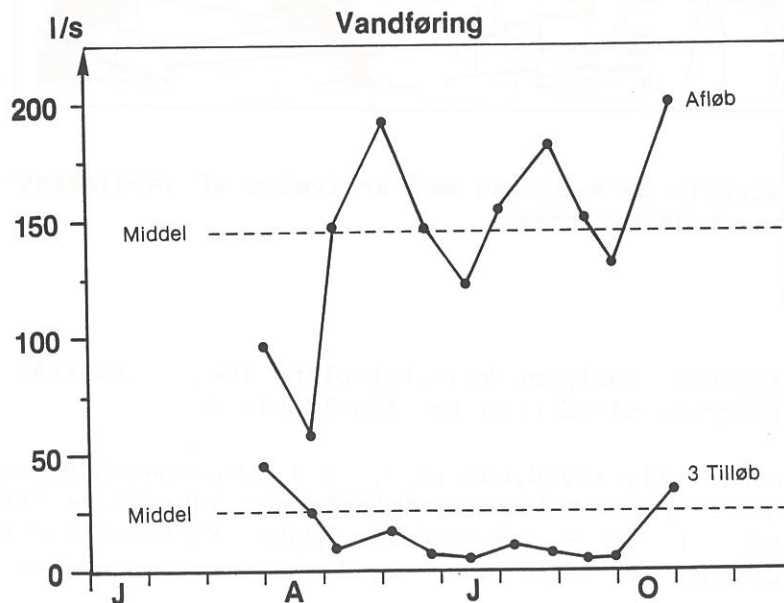


Fig. 5.1

Sæsonvariationen i vandføring i afløbet og i tre tilløb.





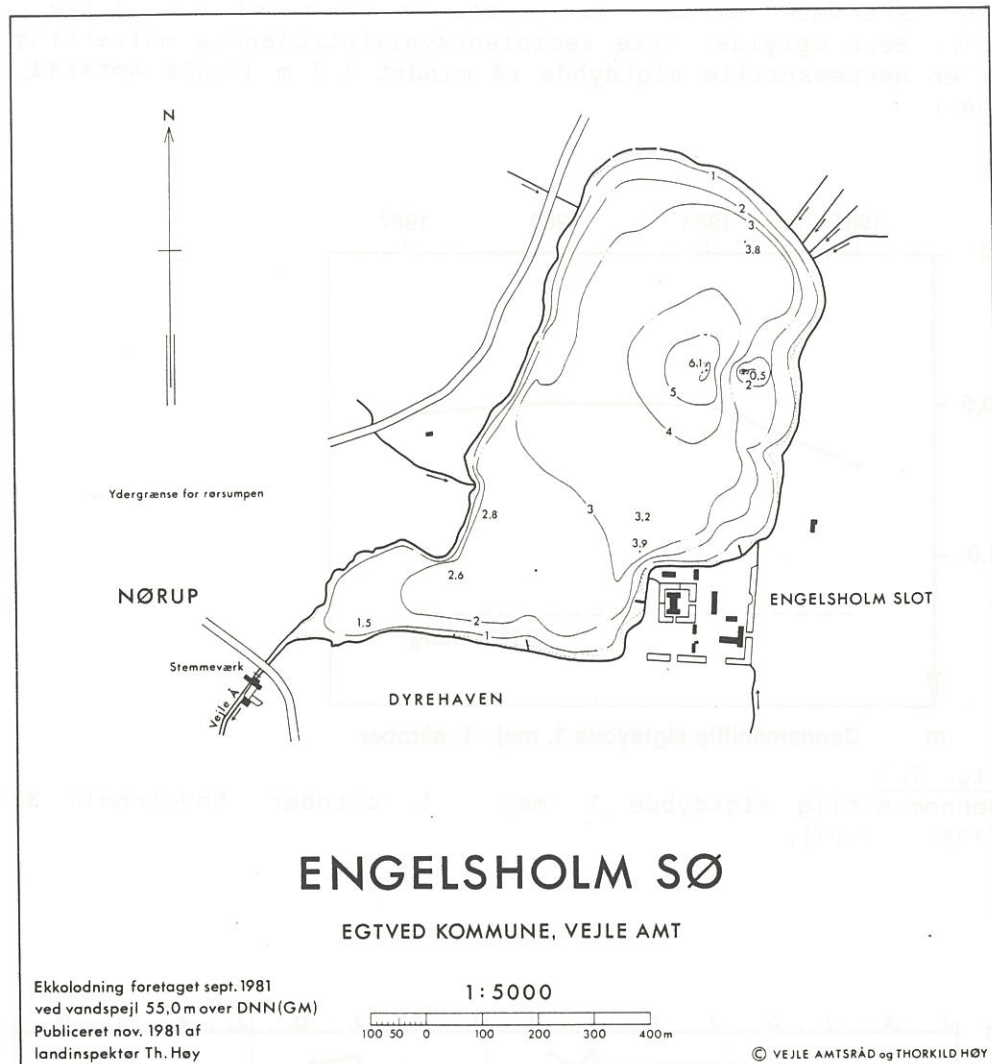


Fig. 5.3  
Kort over Engelsholm Sø.

## 7. RESULTATER OG DISKUSSION

Årsvariationen i vandets indhold af silicium, suspenderet stof og organisk stof (COD) er vist i appendix B2.

### 7.1 Sigtdybde, klorofyl a, primærproduktion.

Sigtdybden er et udtryk for vandets gennemsigtighed og dermed et indirekte udtryk for mængden af planktonalger i vandet. Klorofyl a er et plantepigment, der findes i planktonalgerne. Vandets indhold af klorofyl a er derfor et andet udtryk for mængden af planktonalger i vandet.

Årsvariationen af sigtdybden er vist i fig. 7.2. I perioden juli - september var sigtdybden generelt lav, 25 - 50 cm. Dette skyldes primært tilstedeværelsen af en stor mængde planktonalger, hvilket fremgår af vandets indhold af klorofyl a (se fig. 7.4). Klorofyl a-mængden steg voldsomt i juli, samtidig med, at sigtdybden mere end halveredes.

Sigtdybden, udtrykt som gennemsnit for perioden 1/5 - 1/10 har stort set været uændret de seneste år (se tabel 7.1 og fig. - 7.1). Søen opfylder ikke recipientkvalitetsplanens målsætning om en gennemsnitlig sigtdybde på mindst 1,2 m (Vejle Amtsråd, 1985).

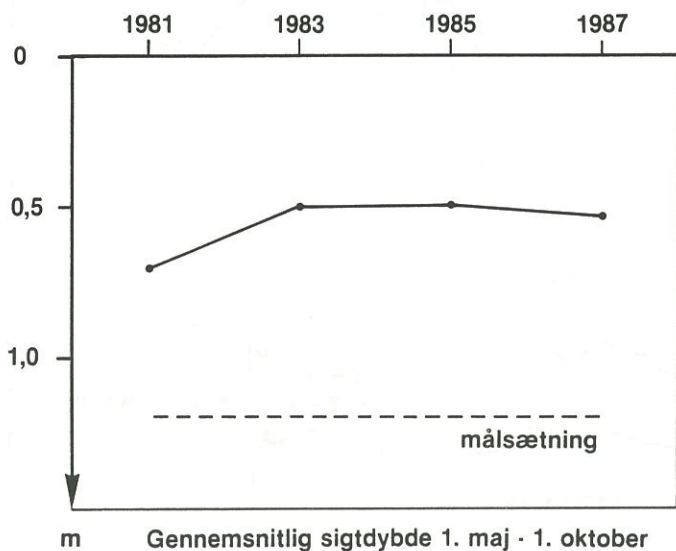


Fig. 7.1  
Gennemsnitlig sigtdybde 1. maj - 1. oktober, Engelsholm Sø (1981 - 1987).

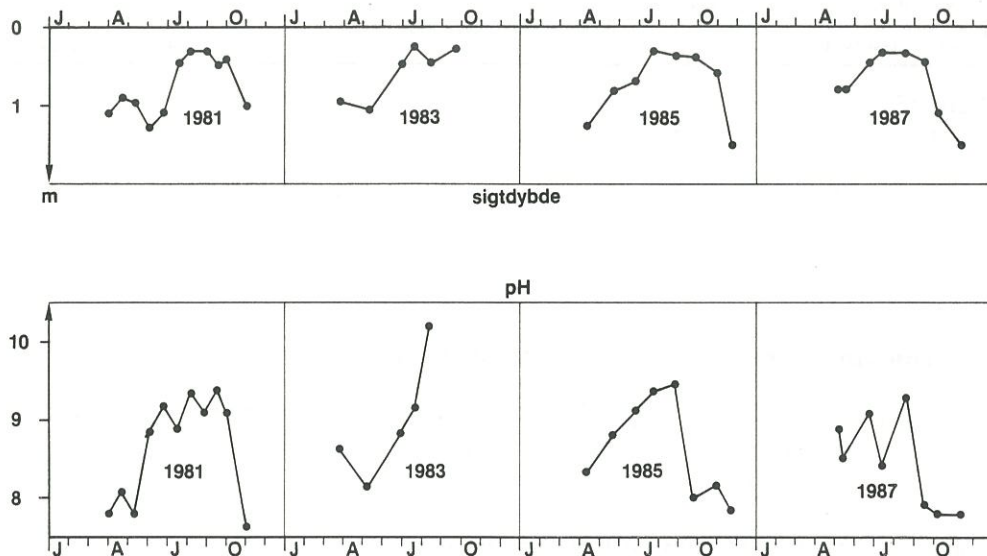


Fig. 7.2  
Sæsonvariationen i sigtdybde og pH, Engelsholm Sø (1981 - 1987).

Årsvariationen i klorofyl a er vist i fig. 7.4. Som nævnt forøgedes vandets indhold af klorofyl a i juli, og den højeste koncentration på 93 µg/l blev målt i slutningen af august. Den gennemsnitlige koncentration af klorofyl a, beregnet for perioden 1/5 - 1/10 var 46 µg/l (tabel 7.1). De målte klorofyl-mængder er typiske for en eutrofieret sø.

Der er ved målingerne af klorofyl a-mængden i 1981 anvendt en metode, der er baseret på acetone-ekstraktion. Det har senere vist sig, at ekstraktion med methanol giver højere og mere pålidelige værdier. De målte værdier er derfor sandsynligvis en underestimering af vandets klorofylindhold.

År	Sigtdybde m		Klorofyl a, µg/l		Total P, µg/l
	middel 1)	(min-max)	middel 1)	(min.-max)	middel 2)
1981	0,65	(0,30-1,30)	46	(11-93)	105
1983	0,50	(0,25-1,05)	-	-	-
1985	0,50	(0,30-0,80)	-	-	-
1987	0,50	(0,35-0,80)	-	-	-

1) Gennemsnit for perioden 1/5 - 1/10

2) Gennemsnit for hele året

Tabel 7.1

Gennemsnitsværdier af vandets indhold af klorofyl a og fosfor (1981) samt udviklingen af den gennemsnitlige sigtdybde (1981 - 1987), Engelsholm Sø.

Primærproduktionen er et udtryk for den mængde organisk materiale, planktonalgerne producerer.

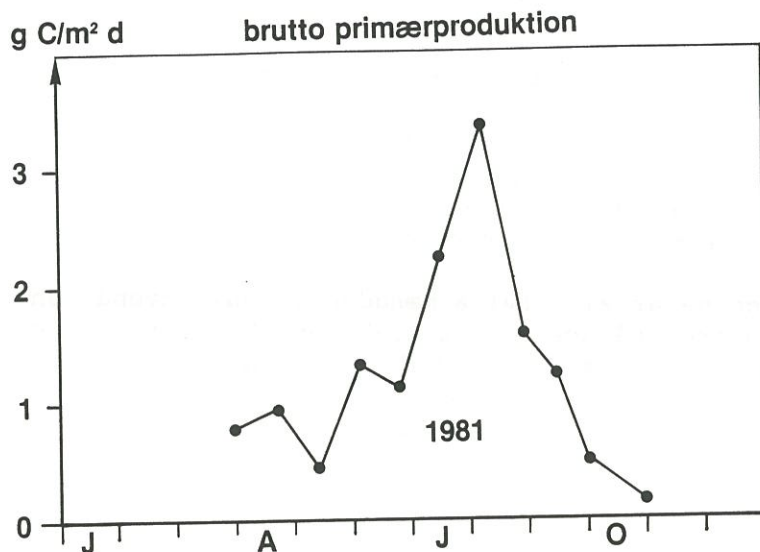
Årsvariationen i bruttoprimærproduktionen er vist i fig. 7.3. Sammenfaldende med lave sigtdybder og høje klorofyl a-koncentrationer blev den højeste primærproduktion målt i juli og august. Den årlige bruttoprimærproduktion for 1981 er beregnet til 279 g kulstof pr. m<sup>2</sup> pr. år.

### pH

Årsvariationen i vandets pH er vist i fig. 7.2. Alle årene er der gennem det meste af sommerperioden (juni-september) målt høje pH-værdier. pH stiger som følge af algerne forbrug af CO<sub>2</sub> til fotosyntese. Jo flere alger og jo højere primærproduktion, des højere pH.

Længere perioder med pH-værdier over 9 kan have en skadelig effekt på søens fiskebestand (EIFAC, 1968).





Figur 7.3

Sæsonvariationen i primærproduktion, Engelsholm Sø, 1981.

### 7.3 Fosfor og kvælstof

Vandets indhold af fosfor og kvælstof er målt dels som koncentrationen af de uorganiske former, som er umiddelbart tilgængelige for planktonalgerne, og dels som totalfosfor og totalkvælstof, dvs. summen af uorganisk fosfor/kvælstof og fosfor/kvælstof, der er bundet i levende organismer og i dødt organisk materiale.

Årsvariationen i vandets indhold af totalfosfor og uorganisk fosfor er vist i fig. 7.4. Koncentrationen af uorganisk fosfor var lav gennem hele året, mindre end 0,01 mg/l.

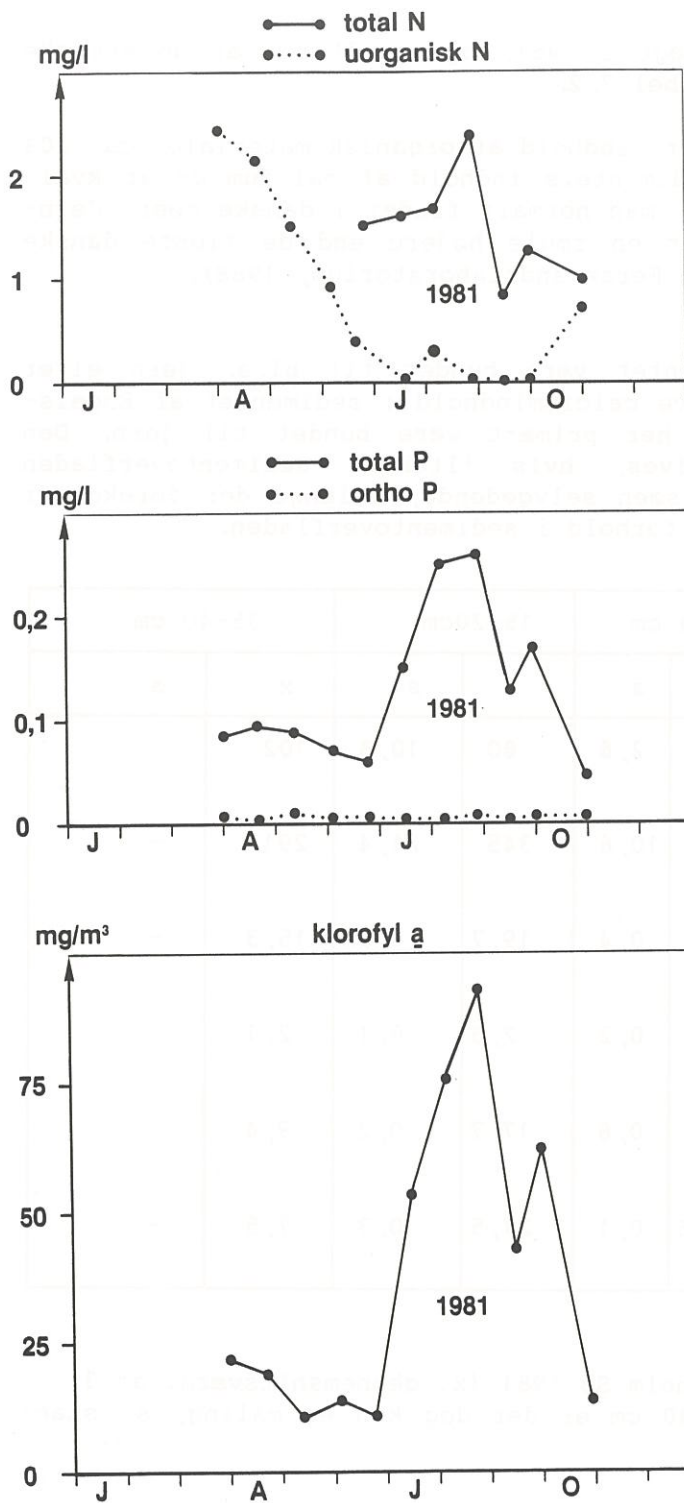
Den målte mængde totalfosfor bestod derfor hovedsagligt af fosfor, der var organisk bundet, først og fremmest i planktonalgerne. En stigning i koncentrationen af total fosfor i juli var da også sammenfaldende med en stigning i vandets indhold af klorofyl a.

Årsagen til denne forøgelse af mængden af planktonalger er, at der frigives fosfor fra sedimentet. Den frigivne fosfor optages hurtigt af de mange planktonalger, og derfor afspejles frigivelsen heller ikke i grafen over vandets indhold af uorganisk fosfor.

Koncentrationen af uorganisk kvælstof var høj i forårs månederne. I denne periode var uorganisk fosfor i underskud i forhold til uorganisk kvælstof og dermed begrænsende for algevæksten.

I løbet af foråret aftog koncentrationen af uorganisk kvælstof og nåede meget lave koncentrationer i juli, august og september. Her var uorganisk kvælstof sandsynligvis begrænsende for algevæksten.

Den gennemsnitlige koncentration af total fosfor, beregnet for hele året, var 105 µg/l (tabel 7.1). Koncentrationen af total kvælstof i forårs månederne kendes ikke, og årgennemsnittet er derfor ikke beregnet.



Figur 7.4  
Sæsonvariationen i vandets indhold af kvælstof, fosfor og klorofyl a, Engelsholm Sø (1981).

#### 7.4 Sedimentet

Sedimentet er undersøgt i 1981, og resultatet af de kemiske analyser er vist i tabel 7.2.

Sedimentet har et stort indhold af organisk materiale, ca. 40% af tørstofvægten. Sedimentets indhold af calcium og af kvælstof er på et niveau, man normalt finder i danske søer. Jern- og fosforindholdet er en smule højere end de fleste danske søer (Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1988).

Fosfor kan i sedimentet være bundet til bl.a. jern eller calcium. Pga. det lave calciumindhold i sedimentet af Engelsholm Sø, må fosfor her primært være bundet til jern. Den bundne fosfor frigives, hvis ilten i sedimentoverfladen opbruges. Derfor er søen selvgødende, så længe der forekommer perioder med iltfrie forhold i sedimentoverfladen.

Sedimentdybde	0-5 cm		15-20cm		35-40 cm	
	x	s	x	s	x	s
Tørstof (TS) g/kg vådvægt	39	2,8	80	10,8	102	-
Glødetab (GT) g/kg TS	408	10,6	345	21,4	291	-
Total kvælstof g/kg TS	22,4	0,4	19,7	0,9	15,3	-
Total fosfor g/kg TS	2,6	0,2	2,6	0,1	2,1	-
Calcium g/kg TS	21,6	0,8	17,7	0,2	9,4	-
Total jern g/kg TS	26,66	0,1	27,5	0,3	7,5	-

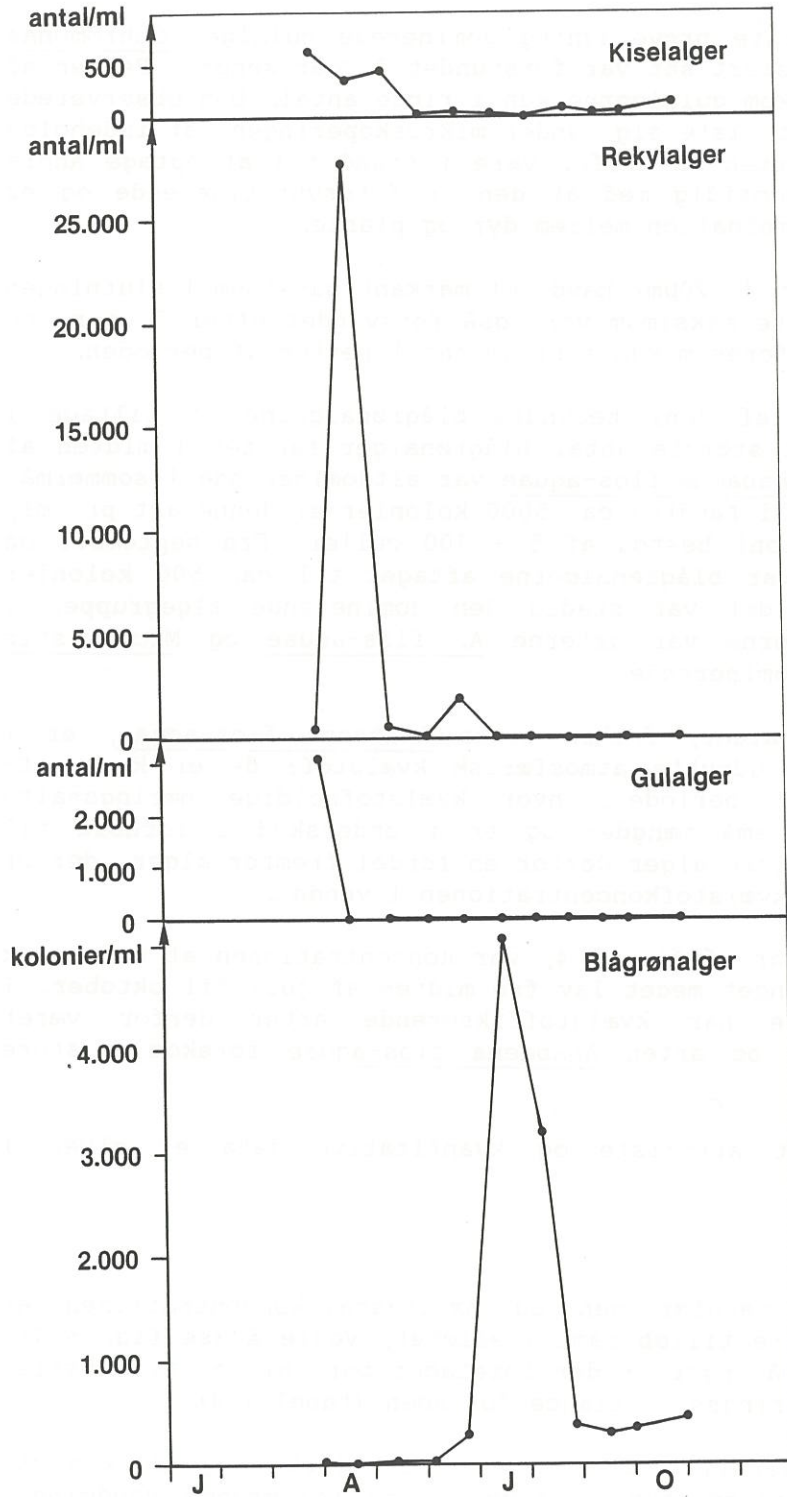
Tabel 7.2

Sedimentkemi, Engelsholm Sø 1981 (x: gennemsnitsværdi af 3 målinger, for 35 - 40 cm er der dog kun en måling, s: standardafvigelse).

#### 7.5 Planteplankton

I 1981 er planteplanktonet i Engelsholm Sø undersøgt. Årsvariationen af antallet af de dominerende algegrupper er vist i fig. 7.5.





Figur 7.5  
Sæsonvariationen af antallet af de dominerende algegrupper,  
Engelsholm Sø 1981.

Planteplanktonet i Engelsholm Sø var i endnu højere grad end Fårup Sø domineret af blågrønalger i sensommeren. Øvrige algegrupper forekom kun i større antal i foråret/forsommeren.

Kiselalger forekom kun i ringe mængde gennem hele perioden. De største antal fandtes i april/maj, hvor arten Asterionella formosa dominerede.

Ved årets første prøvetagning dominerede gulalgen Ochromonas sp., som dog stort set var forsvundet 3 uger senere. Resten af perioden forekom gulalgerne kun i ringe antal. Den observerede Ochromonas-art viste sig, under mikroskoperingen, at indeholde kiselalger. Arten må derfor være i stand til at optage andre organismer, samtidig med at den er fotosyntetiserende og er således en kombination mellem dyr og plante.

Små rekylalger (< 20µm) havde et markant maksimum i slutningen af april. Dette maksimum var også forsvundet efter 3 uger, og rekylalgerne forekom kun i ringe antal resten af perioden.

I slutningen af juni begyndte blågrønalgerne at tiltage i antal, og det største antal blågrønalger fandtes i midten af juli. Arten Anabaena flos-aquae var altdominerende i sommermånederne; i juli fandtes ca. 5000 kolonier af denne art pr. ml, hvor hver koloni bestod af 5 - 100 celler. Fra september og perioden ud var blågrønalgerne aftaget til ca. 500 kolonier pr. ml, men det var stadig den dominerende algegruppe. I efterårsmånederne var arterne A. flos-aquae og Microcystis wesenbergii dominerende.

Visse blågrønalger, f.eks. arten Anabaena flos-aquae, er i stand til at udnytte atmosfærisk kvælstof; de er kvælstoffikserende. I perioder, hvor kvælstofholdige næringssalte forekommer i små mængder og er i underskud i forhold til fosfor, har disse alger derfor en fordel fremfor alger, der er afhængige af kvælstofkoncentrationen i vandet.

Som det fremgår af fig. 7.4, var koncentrationen af uorganisk kvælstof i vandet meget lav fra midten af juli til oktober. I denne periode har kvælstoffikserende arter derfor været favoriserede, og arten Anabaena flos-aquae forekom i store mængder.

En detaljeret artsliste og kvantitative data er givet i appendix C.2

## 7.6 Massebalance

Målinger af vandføringen og næringssaltkoncentrationen er foretaget i tre tilløb samt i afløbet, Vejle Å (se fig. 5.1). Udfra disse målinger er der foretaget beregninger til opstilling af en næringssaltbalance for søen (tabel 7.4).

Den samlede vandtilførsel fra de tre tilløb udgjorde kun ca. 1/6 af vandtransporten i afløbet. Den resterende vandmængde tilførtes fra mindre oversøiske tilløb og undersøiske kilder samt kilder ved søbredden (se tabel 7.3). Det forudsættes, at vandtabet ved fordampning fra søen opvejedes af vandtilførslen ved nedbør.

Vandtransport	m <sup>3</sup> /år
Tilløb	0,8 mio.
Kilder + mindre tilløb	4,6 mio.
Afløb	3,8 mio.

Tabel 7.3

Vandtransporten i tilløb og afløb, Engelsholm Sø, 1981.

Der er ikke foretaget analyser af fosforkoncentrationen i kilder og grundvand, og der er ved beregningerne anvendt den samme gennemsnitskoncentration, som for Fårup Sø (0,05 mg fosfor pr. l). Fosforbidraget fra nedbør er skønnet til 0,15 kg fosfor pr. ha årligt.

Under disse forudsætninger tilførtes søen 361 kg fosfor pr. år, mens 498 kg blev fjernet ved afløbet (se tabel 7.4). Der løb altså mere fosfor ud af søen, end der blev tilført. De resterende 137 kg er fosfor, der blev frigjort fra sedimentet i sommerens løb.

Søen har ikke modtaget direkte spildevandstilledning siden 1971. Indtil da blev der ledt spildevand direkte ud i søen fra Engelsholm Slot. En del af næringssaltene er ophobet i sedimentet og føres kun langsomt ud af søen.

Fosforbalance	Total P kg/år
Tre tilløb	164
Øvrige kilder og mindre tilløb	190
Nedbør	7
Tilførsel ialt	361
Afløb	498
Frigørelse fra sediment	137
Specifik belastning	1,13 g P/m <sup>2</sup> /år

Tabel 7.4

Fosforbalance og specifik belastning, Engelsholm Sø, 1981.



### 7.7 Kilder til næringssalttilførsel

I tabel 7.5 og fig. 7.6 ses en oversigt over de forskellige fosforbidrag, delt ud på de væsentligste kilder.

Fosfortilførslen via de tre tilløb og øvrige kilder er opdelt i et bidrag som følge af udvaskning fra landbrugsjord, et bidrag fra spredte husspildevandsudledninger, samt et bidrag fra landbrugsudledninger.

Udvaskningen fra landbrugsjord er skønnet til et bidrag på 0,1 kg fosfor pr. ha årligt.

Fosforbidraget fra spredte husspildevandsudledninger er beregnet og vurderet til 168 kg årligt. Følgende skøn og erfarings-tal er baggrund for beregningen af dette bidrag:

- Hver ejendom i søens opland, der ikke er tilsluttet offentlig kloakering, udleder spildevand, svarende til 3 personækvivalenter.
- Spildevandet er mekanisk rensat og fosforbidraget fra mekanisk rensat spildevand er ca. 1,35 kg pr. personækvivalent pr. år (Vejledning fra Miljøstyrelsen, 1983).
- Ved nedsivningen af spildevandet reduceres fosforindholdet med 50%.

Det resterende fosforbidrag stammer fra landbrugsudledninger.

Kilder til fosfortilførsel	Total P kg/år	%
Udvaskning fra landbrugsjord	151	42
Spredt husspildevand	168	46
Landbrugsudledninger	35	10
Nedbør	7	2
I alt	361	100

Tabel 7.5  
Fosfortilførsel til Engelsholm Sø, fordelt på kilder (1981)

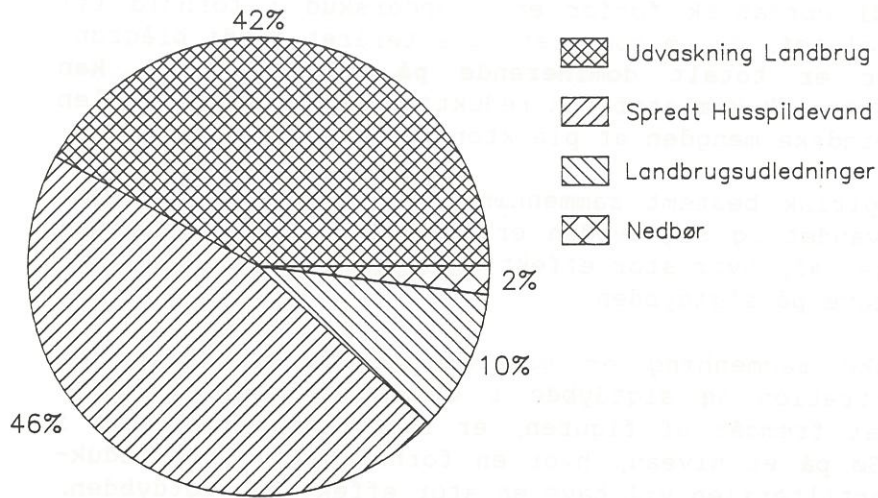


Fig. 7.6  
Fosfortilførsel til Engelsholm Sø, fordelt på kilder (1981).

### 7.8 Fremtidig tilstand

Ud fra undersøgelsens resultater er det vurderet, hvilke muligheder der eksisterer for at mindske mængden af planktonalger i søen.

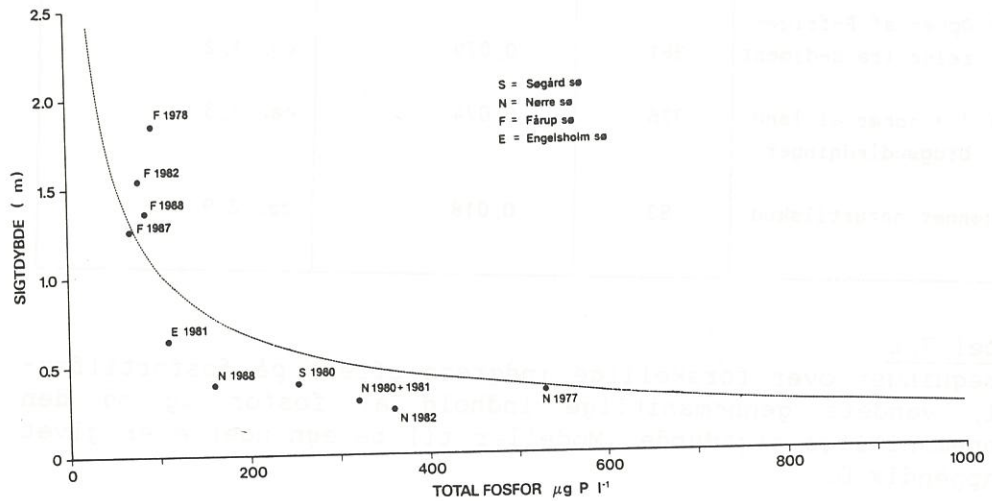


Fig. 7.7  
Kurven viser den empirisk bestemte sammenhæng mellem fosfor-niveauet i søvandet (årgennemsnit) og vandets gennemsigthed (sigtdybden, gennemsnit for maj - oktober). Punkterne er måleresultater fra de 4 søer i Vejle Amt, der indgår i overvågningsprogrammet. Den empiriske sammenhæng er baseret på 41 danske søer (Brøgger og Heintzelmann 1979). Modeller til beregningerne er givet i appendix D.

Planktonalgerne er fosforbegrænsede gennem hele året - om foråret fordi uorganisk fosfor er i underskud i forhold til uorganisk kvælstof, og om sommeren og efteråret fordi blågrøn-algerne, der er totalt dominerende på denne årstid, kan udnytte atmosfærisk kvælstof. En reduktion af fosfortilførslen vil derfor mindske mængden af planktonalger.

Udfra en empirisk bestemt sammenhæng mellem fosforkoncentrationen i søvandet og sigtddybden er der foretaget beregninger og vurderinger af, hvor stor effekt ændringer af fosforbelastningen vil have på sigtddybden.

Den empiriske sammenhæng er baseret på måleresultater af fosforkoncentration og sigtddybde i 41 danske søer (se fig. 7.7). Som det fremgår af figuren, er fosforkoncentrationen i Engelsholm Sø på et niveau, hvor en forholdsvis lille reduktion i fosfortilførslen vil have en stor effekt på sigtddybden.

I tabel 7.6 er der vist en oversigt over de vurderede og beregnede ændringer i søvandets gennemsnitlige sigtddybde ved forskellige indgreb.

	Fosfortilførsel kg/år	Gennemsnitlig P-konc. 1/1 - 31/12 mg/l	Gennemsnitlig sigtddybde 1/5 - 1/10 m
Målinger 1981	498	0,105	0,7
1) Ophør af P-frigørelse fra sediment	361	0,079	ca. 1,2
2) 1 + ophør af landbrugsudledninger	326	0,074	ca. 1,3
Skønnet naturtilskud	83	0,018	ca. 2,9

Tabel 7.6

Beregninger over forskellige indgrebs effekt på fosfortilførsel, vandets gennemsnitlige indhold af fosfor og den gennemsnitlige sigtddybde. Modeller til beregningerne er givet i appendix D.

I den foreliggende recipientkvalitetsplan (Vejle Amtsråd, 1985) er der for Engelsholm Sø planlagt indgreb over for landbrugsudledninger. Endvidere må frigørelsen af fosfor fra sedimentet ophøre inden målsætningen kan opfyldes. Det skønnes, at disse indgreb vil reducere fosforindholdet til ca. 70 % af niveauet, målt i 1981, og øge sigtddybden til ca. 1,3 m.



## Appendix A

### UNDERSØGELSESMETODER

#### Søundersøgelse

For at klarlægge årsagen til søernes tilstand er der foretaget en intensiv undersøgelse af Engelsholm Sø i 1981 og af Fårup Sø i 1982.

Disse undersøgelser omfattede målinger og prøvetagninger hver 3. uge i perioden marts/april til november/december. I søerne målttes ilt, temperatur og sigtddybde. Endvidere blev prøver udtaget af overfladevandet til kemisk analyse for kvælstof, fosfor, pH, ledningsevne, alkalinitet, silicium, total  $\text{CO}_2$ , organisk stof (COD), opslemmet materiale samt glødetab heraf.

Biomassen af planktonalger i overfladevandet blev bestemt ved vandets indhold af klorofyl a, og algerne's produktion er bestemt ved  $^{14}\text{C}$ -metoden. Desuden er artssammensætningen af planktonalgerne undersøgt.

En gang årligt er der taget prøver af søsedimentet, som er analyseret for indholdet af organisk materiale, fosfor, kvælstof, calcium og jern.

Den intensive undersøgelse omfattede endvidere målinger og prøvetagninger i tilløbene og afløbene. Her målttes vandføring og vandets indhold af kvælstof, fosfor og organisk stof (COD og  $\text{BI}_5$ ).

Ved Fårup Sø omfatter undersøgelsen endvidere målinger og prøvetagninger i afløbene fra tre dambrug, der ligger ved søen. I afløbene måles bl.a. vandføring, vandets indhold af kvælstof, fosfor og organisk stof (COD og  $\text{BI}_5$ ).

#### Begrænset søtilsyn

Udviklingen af forureningstilstanden i søerne er fulgt ved et begrænset søtilsyn. Det begrænsede tilsyn udføres hvert eller hvert andet år, og er planlagt med prøvetagninger og målinger hver 4. uge. Der er ført begrænset søtilsyn i Engelsholm Sø i 1983, 1985 og 1987 og i Fårup Sø i 1984, 1986, 1987 og 1988.

Tilsynet omfatter målinger af ilt, temperatur, sigtddybde, pH, ledningsevne og alkalinitet. I Fårup Sø var det sædvanlige tilsyn i 1987 og 1988 udvidet med en undersøgelse af kvælstof, fosfor og algemængde (klorofyl a), idet man vurderede, at søens tilstand nødvendiggjorde et særligt omhyggeligt tilsyn.

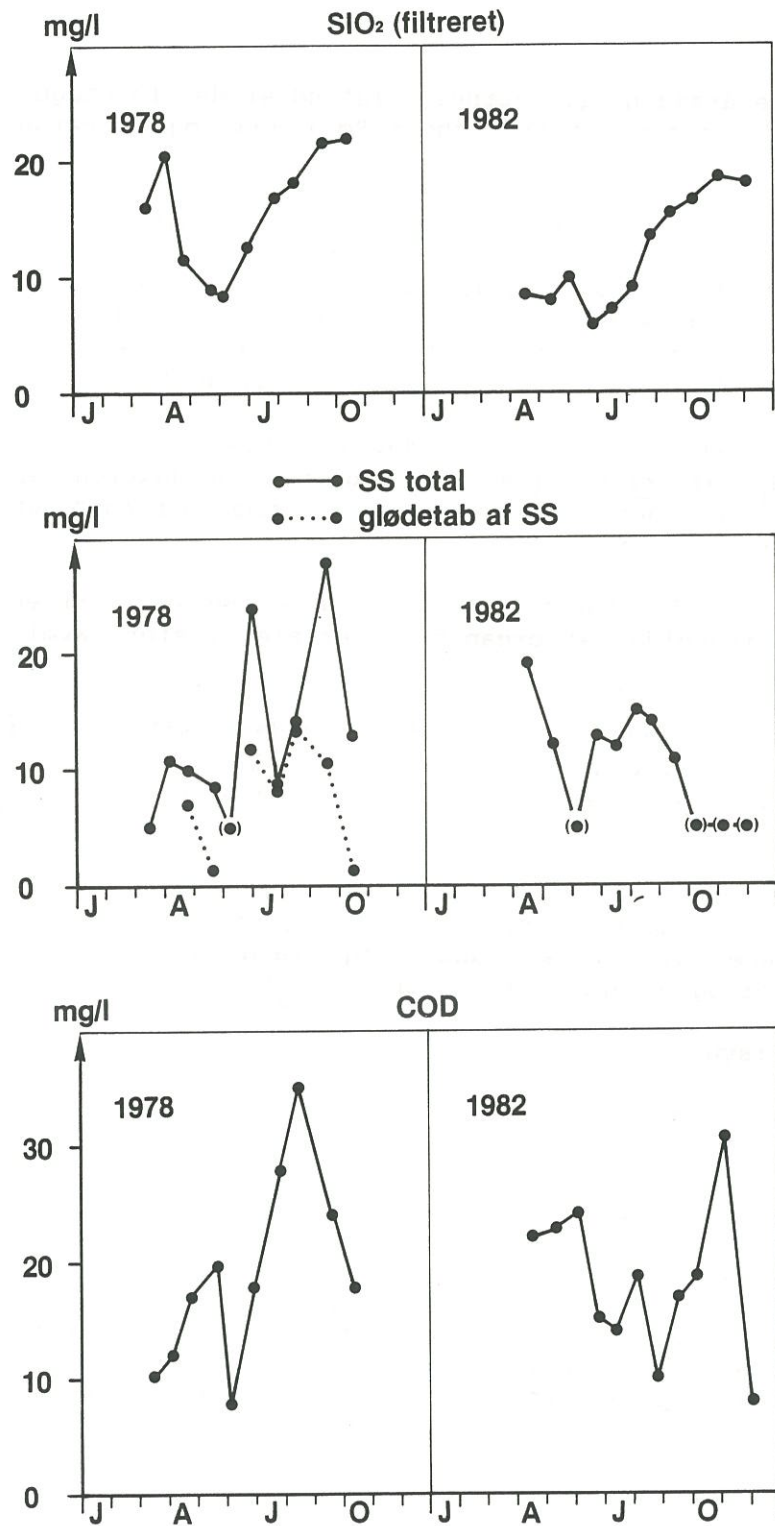


Fig. B1  
Årsvariationen i vandets indhold af silicium, suspenderet stof og glødetab heraf samt organisk stof, Fårup Sø 1978 og 1982.

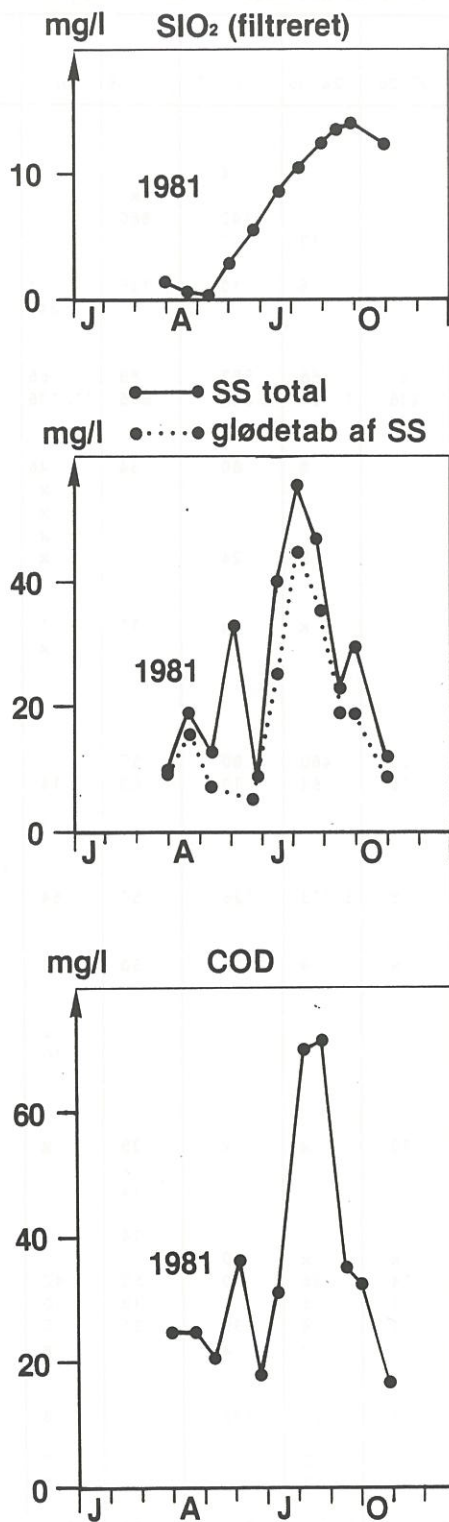


Fig. B2  
Årsvariationen i vandets indhold af silicium, suspenderet stof og glødetab heraf samt organisk stof, Engelsholm Sø 1981.



PLANKTONALGER, FÅRUP SØ, 1982

Appendix C1

Tallene angiver antal celler pr. ml., for blågrønalgerne antal kolonier pr. ml. x angiver < 1 pr. ml.

DATO:	14. 04	13. 05	03. 06	24. 06	15. 07	05. 08	16. 09	07. 10	04. 11	02. 12
<b>NOSTOPHYCEAE - blågrønalger</b>										
Anabaena flos-aquae					4				32	
A. spiroides						x				
Aphanizomenon flos-aquae					142	860				
Chroococcus sp.	x			17	20					
Microcystis aeruginosa					4					
M. Wessenbergii	4			5	10	136	54	32	2	
Oscillatoria							240	104	8	x
<b>CRYPTOPHYCEAE - rekylalger</b>										
Cryptophyceae spp. (20-30 µm)	4	x	x	66	557	88	66	5	x	10
Cryptophyceae spp. (10-19 µm)	2436	531	406	1.151	4.002	696	11.136	283	700	69
<b>DINOPHYCEAE - furealger</b>										
Ceratium hirundinella				8	80	54	46			
C. hirundinella (cyster)							x			
Gymnodinium cfr. fascium		1					x			
Peridinium aciculiferum							x			
Peridinium spp. (30-35 µm)				2	24		x			
<b>CHRYSOPHYCEAE - gulalger</b>										
Chrysococcus cfr. minutus				x	x	11	1	1		
Dinobryon spp.							x			
<b>BACILLARIOPHYCEAE - kiselalger</b>										
<u>Biddulphiales - centriske</u>										
kiselalger										
Cyclotella cumta	22	4	22	480	80	57			1	40
Melosira granulata	71	38	16	64	10	60	14	48	40	12
Stephanodiscus hantzschii	13.600									
<u>Bacillariales - pennate</u>										
kiselalger										
Asterionella formosa	x	18	8	3.173	126	50	64	40	4	178
Cymatopleura elliptica								x		
Diatoma elongatum	x	2						x		
Fragellaria crotonensis	x	28	x	9	10	50	6	x	2	
F. capunica	6									
F. construens									2	
Nitzschia acicularis	x	22					x	x	x	
Synedra acus	x	12					10	12		
<b>CHLOROPHYCEAE - grønalger</b>										
<u>Volvocales</u>										
Clamydomonas spp.	x	x	10	x	x	35	x			
<u>Chlorococcales</u>										
Actinastrum duplex						14				
Monoraphidium capricornotum	70	5.310								
M. concertum						14				
Oocystis sp.			x	x	10					
Pediastrum boryanum	x	2	14	36	10	50	42	6	x	6
P. duplex	x		2	6	4	18	10	x	4	4
Scenedesmus quadricauda	70	5	4	4	139	21	5	696	x	35
S. spp.	x	x	x	x	x		x	x	x	x
<b>DESMIDACEAE - koblingsalger</b>										
Closterium acutum	x	x	x	26	192		8	4	4	6
C. limneticum								6	4	x
Staurastrum cingulum	x	2	2	2			2			
S. paradoxum		2		1			2	2	x	
<b>UBESTEMTE FLAGELLATER/MONADER</b>	50	708	70	1.283	200	177	3.480	239	2.784	157

PLANKTONALGER, ENGELSHOLM SØ, 1981

Appendix C2

Tallene angiver antal celler pr. ml., for blågrønalgene antal kolonier pr. ml. x angiver < 1 pr. ml.

DATO:	01.04	22.04	13.05	03.06	24.06	15.07	05.08	26.08	16.09	01.10
<b>NOSTOPHYCEAE</b> - blågrønalg										
Anabaena flos-aquae				x	220	4.872	2.720	60	120	160
Merismopedia sp.								2		
Microcystis wesenbergii	4		28	26	72	200	500	320	190	200
<b>CRYPTOPHYCEAE</b> - rekyalger										
Cryptophyceae spp. (20-30 µm)	41	348	x	x	21		x	x	8	2
Cryptophyceae spp. (10-19 µm)	500	27.490	418	80	2.088		x	x	7	5
<b>DINOPHYCEAE</b> - furealger										
Peridinium aciculiferum	112									
Peridinium spp. (30-35 µm)	x									
<b>EUGLENOPHYCEAE</b> - øjealger										
Trachelomonas volvocina						21				
<b>CHRYSOPHYCEAE</b> - gulalger										
Chrysococcus cfr. minutus					7	14			7	
Ochromonas sp.	3.132	x		x	x	x	x	x		
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b> - kiselalger										
<u>Biddulphiales</u> - centriske kiselalger										
Cyclotella cumta	x	x	104	x	2	14	x	2	8	7
Melosira granulata	6	x	42					70	24	
M. islandica										35
Stephanodiscus rotula	89	x	21	5	1			x		
S. hantzschii			104	10				2		
<u>Bacillariales</u> - pennate kiselalger										
Asterionella formosa	540	244	174	5	28		x			
Diatoma elongatum	x	x	x	x						
Fragellaria crotonensis	5	x	x	x	7	7		1		
F. capunica	3		x							
F. construens					x	7				
Nitzschia acicularis		122	21	x	7	7	x			
Synedra acus	4		x							
<b>CHLOROPHYCEAE</b> - grønalg										
<u>Volvocales</u>										
Clamydonomas spp.		x	x	x	x		x	21		
<u>Chlorococcales</u>										
Coelastrum microsporum			7	27	77					
Korshikoviella gracilipes			x	x			x			
Monoraphidium capricornutum	x					7				
Oocystis sp.			14	3	1		x	1		
Pediastrum boryanum			x		1			1		
P. duplex			x		1					
Scenedesmus quadricauda	20	104	49	x	35					111
S. spp.	x	10	x	x	2					
<b>DESMIDACEAE</b> - koblingsalger										
Closterium acutum					136	271	209			
Staurastrum cingulum			x	3	x	7		7		
S. paradoxum			x	x	x			x		
<b>UBESTEMTE FLAGELLATER/MONADER</b>	700	200	1.670	348	1.740		50	100	348	43

Appendix D

Følgende modeller er anvendt til opstilling af den empiriske sammenhæng mellem :

- 1) Fosfortilførsel og gennemsnitlig fosforkoncentration

$$P = \frac{L(1-R)T}{z} \quad (\text{Dillon \& Rigler, 1974})$$

P = Gennemsnitlig total-P koncentration i søvand ( $\text{g/m}^3$ )

L = Total-P belastning ( $\text{g/m}^2$  år)

R = Andel af total-P belastning tilbageholdt i søen  
(Retentionskoefficient)

z = Søens gennemsnitsdybde (m)

T = Vandets opholdstid (år)

- 2) Gennemsnitlig fosfor- og klorofyl a koncentration

Chl. a. = 0.43 P (Nicholls & Dillon, 1978)

Chl. a. = Gennemsnitlig koncentration af klorofyl a,  
1/5-1/10 ( $\text{mg/m}^3$ )

- 3) Gennemsnitlig klorofyl a koncentration og gennemsnitlig sigtddybde:

SD = 10.75 Chl. a. <sup>(-0622)</sup> (Brøgger & Heinzelmann 1979)

SD = gennemsnitlig sigtddybde, 1/5-1/10, (m)



REFERENCER

Brøgger J. & F. Heinzelmann (1979): Sørestaurering. Simple stofbalancer og eutrofieringsmodellers anvendelse i recipientplanlægningen. Miljøprojekter nr. 16. Miljøstyrelsen.

Dillon, P.J. & Rigler, F.H. (1974): A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. - J. Fish. Res. Bd. Can. 31, 1971-78.

EIFAC (1968): Water quality criteria for european freshwater fish. Report on extreme pH values and inland fisheries. EIFAC technical paper No. 4.

Lampert, W., Fleckner, W., Hakumat, R. & Taylor, B.E. (1986): Phytoplankton control by grazing zooplankton: A study on the spring clear-water phase. Limnol. Oceanogr., 31(3), 1986, pp. 478 - 490.

Miljøstyrelsen (1983): Vejledning fra Miljøstyrelsen. Vejledning i recipientkvalitetsplanlægning. Del I: Vandløb og søer.

Nicholls, K.H. & Dillon, P.J. 1978: An evaluation of the phosphorus - chlorofyll-phytoplankton relationships for lakes. - Int. Rev. Ges. Hydrobiol. 63, 141-54.

Vejle Amtsråd (1985): Vejle Amt, recipientkvalitetsplan.

## ORDLISTE

ALGE	En- eller flercellet, primitiv sporeplante.
BI <sub>5</sub>	5 døgns biokemisk iltforbrug. Mikroorganismers iltforbrug ved nedbrydning af organisk stof i en vandprøve i løbet af 5 døgn.
C	Kemisk betegnelse for kulstof.
<sup>14</sup> C	Radioaktiv kulstofisotop med atomvægten 14, i modsætning til almindeligt kulstof med atomvægten 12.
C. L.	95% significansniveau dvs. at resultatet i 95% af tilfældene vil være indenfor det angivne interval.
CO <sub>2</sub>	Kuldioxid. Uorganisk kulstof. Bruges af planter til dannelse af organisk stof ved fotosyntese.
COD	Chemical oxygen demand. Den iltmængde, som kræves for at ilte (forbrænde) organisk stof i en prøve. Som iltningsmiddel anvendes kaliumdikromat.
DENITRIFIKATION	Bakteriel omdannelse af nitrat til frit kvælstof eller kvælstofoxider, idet bakterierne bruger ilt fra nitraten.
EUTROF	Næringsrig. Anvendes især om søer med høj planteproduktion.
EUTROFIERING	Afledt af ordet eutrof. Næringsforøgelse, der giver en forøgelse af planteproduktionen.
FLYDEBLADSPANTER	Planter der er rodfæstet på bunden, men med blade der flyder på overfladen fx åkande.
FOTOSYNTESE	Dannelse af organisk stof, hovedsagelig ud fra kuldioxid og vand, med lys som energikilde.
FYTOPLANKTON	Se planktonalger.
GENNEMSIGTIGHED	Sigtdybde. Angiver den maksimale dybde, hvor en hvid cirkulær skive (Secchi skive) netop kan skimtes.
GLØDETAB (GT)	Vægttab ved glødning af tørret prøve ved 550°C i 1 time. Glødetabet svarer nogenlunde til prøvens indhold af organisk stof.
GYTJE	Aflejring af finkornet materiale, hovedsagelig bestående af resterne af planter og dyr.
ILTNINGSFORHOLD	Bestemt ved mængden af iltende stoffer, d. v. s. primært ilt, nitrat og sulfat. Tilstedeværelse af ilt giver gode iltningsforhold.

INKUBATION	Her anvendt om placering af alger i et apparat for bestemmelse af algernes primærproduktion. Apparatet består af et termostatvandbad og en veldefineret lyskilde.
KLOROFYL	Bladgrønt. Planternes grønne farvestof, som er det virk-somme stof i fotosyntesens lysprocesser.
MORFOMETRI	Formmåling. Anvendes her om søers og oplandes fysiske ud-formning.
MORÆNE	Usorteret blanding af sten, grus, sand og ler afsat af gletschere eller indlandsis.
N	Kemisk betegnelse for kvælstof.
O <sub>2</sub>	Kemisk betegnelse for ilt.
ORGANISK STOF	Stof, der deltager eller har deltaget i livsprocesser.
ORTHO-FOSFAT	Ortho-P. Uorganisk fosforforbindelse.
OVERVÅGNINGS-PROGRAM	I forbindelse med vandmiljøplanen er der etableret en landsdækkende overvågning af vandmiljøet. Hensigten med overvågningsprogrammet er, at eftervise sammenhænge mellem de foranstaltninger, der gennemføres som led i vandmiljøplanen og virkningerne i vandmiljøet.
P	Kemisk betegnelse for fosfor.
pH	Surhedsgrad, reaktionstal. pH defineres som minus loga-ritmen til brintionaktiviteten. pH er under 7 i sur væske og over 7 i basisk væske.
PLANKTON	Fællesbetegnelse for de organismer, der svæver eller driver frit omkring i vandet, og hvis egenbevægelse of-test er ringe i forhold til vandbevægelserne.
PLANKTONALGER	Fytoplankton, planteplankton. Mikroskopiske alger, der driver omkring i vandmasserne (se plankton).
PLANTEPLANKTON	Se planktonalger.
PRIMÆRPRODUKTION	Planternes produktion af organisk stof ud fra uorganiske stoffer med lys som energikilde.
RECIPIENT	Anvendes her om vandområder, der modtager spildprodukter fra en menneskelig aktivitet.
RECIPIENT-KVALITETSPLAN	Plan med målsætninger for de enkelte vandområders øko-logiske tilstand og for anvendelse af vandområderne.
REDOXPOTENTIALIALE	Mål for iltningsgraden i et system. Redoxpotentialiet er højt i stærkt iltende opløsninger og lavt, eventuelt negativt, i reducerende opløsninger.
RESPIRATION	Levende organismers iltforbrug.



ROTENON	Rotenon er et plantegiftstof, der udvindes fra rødderne af Derris og andre bælgplanter (Leguminosae); nu fremstilles det også syntetisk. Rotenons giftvirkning over for fisk skyldes lammelse af åndedrætsorganerne og en heraf følgende kvælning. Rotenondræbte fisk er ikke giftige, og stoffet er heller ikke giftigt over for varmblodede dyr.
s	Standard afvigelse. Statistisk mål for usikkerheden på et beregnet gennemsnit.
SECCHI SKIVE	Hvid eller eventuelt tofarvet skive med en diameter på ca. 25 cm.
SEDIMENT	Her anvendt om bundmaterialet i søer og vandløb.
SEDIMENTATION	Bundfældning af stof.
SIGTDYBDE	Gennemsigthed. Angiver den maksimale dybde, hvor en hvid cirkulær skive (Secchi skive) netop kan skimtes.
SILICIUM	Grundstof. Silicium er et vigtigt næringsstof for kiselalger, som bruger det til opbygning af deres kisel-skaller.
Si	Kemisk betegnelse for silicium.
SKIDTFISK	Fisk der regnes uden økonomisk værdi. I dette tilfælde hork og karpefiskene (skalle, brasen, rudskalle, karruds og suder).
SUSPENDERET STOF (SS)	Partikler, der er opslemmet i vandet.
TRAPEZINTEGRATION	Metode til opsummering af måleværdier. For eksempel af vandføringsmålinger over året, under antagelse af, at vandføringen mellem to måletidspunkter kan beskrives med en ret linie.
TOT-N	Den totale mængde af kvælstof.
TOT-P	Den totale mængde af fosfor.
TØRSTOF (TS)	Vægten af en prøve efter tørring ved 105°C i 24 timer.
VANDMILJØPLANEN	Vedtaget af folketinget 1987. Målet med vandmiljøplanen er gennem foranstaltninger vedrørende f. eks. spildevandsrensninger, at reducere kvælstof- og fosforudledningen med hhv. 50% og 80%.
VOLUMEN	Rumfang.
ØKOLOGI	Læren om sammenhæng i naturen, det vil sige mellem omgivelserne og de levende organismer samt mellem disse indbyrdes. Til de levende organismer hører også mennesket.