

Retablerede søer

Udvikling og overvågning

Faglig rapport fra DMU, nr. 25

Udgivet i samarbejde med
Skov- og Naturstyrelsen

Martin Søndergaard
Erik Jeppesen
Afd. for Ferskvandsøkologi

**DANMARKS
MILJØUNDERSØGELSER
BIBLIOTEKET**
Lysbrogade 52 . DK - 8600 Silkeborg

Miljøministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
April 1991

Datablad

Titel: Retablerede søer - udvikling og overvågning.
Forfattere: Martin Søndergaard,
Erik Jeppesen.
Afdelingsnavn: Afdeling for Ferskvandsøkologi.

Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 25.
Udgiver : Miljøministeriet,
Danmarks Miljøundersøgelser,
Skov- og Naturstyrelsen.
Udgivelsesår: April 1991.

Tekstbehandling: Pia Nygård Jensen.
Tegninger: Kathe Møgelvang.
Feltundersøgelser og laboratoriearbejde: Lissa Skov Hansen,
Karina Jensen,
Jane Stougaard Pedersen,
Birte Laustsen,
Lone Nørgaard,
John Glargaard.

Bedes citeret: Søndergaard, M., Jeppesen, E. (1991): Retablerede søer - udvikling og overvågning. Danmarks Miljøundersøgelser. 88 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 25.

Gengivelse kun tilladt med tydelig kildeangivelse.

Emneord: Søer, retablering, succession, overvågning.

ISBN: 87-7772-029-6.
ISSN: 0905-815X.
Papirkvalitet: Dansk Miljøpapir.
Tryk: Silkeborg Bogtrykkeri.
Oplag: 250 eks.
Sidetal: 88 s.

Købes hos: Danmarks Miljøundersøgelser
Afdeling for Ferskvandsøkologi
Lysbrogade 52
8600 Silkeborg
Tlf. nr. 89 20 14 00
Pris: 175 kr. (incl. moms, excl. forsendelse).

INDHOLDSFORTEGNELSE:

Forord	5
1. Resumé	7
2. Indledning	11
3. Generelle udviklingstendenser i retablerede søer	13
3.1 Vandkemi	14
3.2 Planteplankton	16
3.3 Dyreplankton	17
3.4 Makrofyter	19
3.5 Makroinvertebrater	23
3.6 Fisk	25
3.7 Fugle	28
3.8 Indgreb i den naturlige succession	29
4. Eksempler på udviklingsforløb i retablerede søer	31
4.1 Alsønderup Enge	31
4.2 Ramsømagle Sø	41
4.3 Smørmose	49
4.4 De tre søer i sammenligning med andre danske søer	57
4.5 Udviklingen i andre danske søer	62
4.6 Udenlandske eksempler på etablering af søer	71
5. Overvågningsprogrammer for retablerede søer	77
6. Referencer	83
Danmarks Miljøundersøgelser	88

Forord

Efter vedtagelsen af Lov om Naturforvaltning forventes der de kommende år igangsat en række naturgenopretningsprojekter. En del af disse vil omhandle retableringen af tørlagte søer.

Erfaringerne m.h.t. hvorledes nye søer udvikler sig, er imidlertid begrænsede. Dermed forringes også beslutningsgrundlaget for, hvorledes retableringsprojekterne skal gennemføres. På denne baggrund indgik Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsøkologi og Skov- og Naturstyrelsen i 1990 et samarbejdsprojekt, der skulle belyse den kemiske og biologiske udvikling i nyretablerede søer.

Samarbejdsprojektet omfattede:

- en undersøgelse af tre nydannede danske søer
- en opsamling og vurdering af data vedrørende udviklingen i andre danske og udenlandske nydannede søer
- opstilling af et overvågningsprogram for nydannede søer.

Rapporten henvender sig til sagsbehandlere og teknikere inden for den offentlige og private sektor, der arbejder med retablering af søer.

1 Resumé

Denne rapport beskriver den kemiske og biologiske udvikling i retablerede søer. Beskrivelsen omfatter de første år efter retableringen, indtil den nye sø tilnærmer sig en ligevægtssituation og funktionelt ikke adskiller sig fra alle andre søer.

Rapporten er baseret på en kemisk/biologisk undersøgelse i 1990 af de tre søer: Alsønderup Enge (Nordsjælland), Ramsømagle Sø (Midtsjælland) og Smørmose (Djursland). Disse tre søer er dannet indenfor de sidste 3-8 år. Derudover omfatter rapporten en beskrivelse af en række andre danske søer, hvorfra der findes oplysninger vedrørende udviklingen i den første periode efter deres dannelse. Endelig baserer rapporten sig på udenlandske undersøgelser, hvoraf nogle illustrative eksempler er gennemgået. Til sidst er der opstillet et forslag til overvågningsprogram for søer.

De mange eksempler fra nydannede eller retablerede søer viser, at den nye sø i årene efter dannelsen, vil gennemgå en række forandringer. Disse forandringer er betinget af den omsætning af organisk materiale, der sættes i gang når et område sættes under vand, samt den succession de forskellige trofiske niveauer gennemgår. Denne succession omfatter et stadie med indvandring af arter, som både har et højt vækst- og spredningspotentiale, og samtidigt er tilpasset det nye søsystems omskiftlige forhold. Derefter følger et stadie med stigende artsdiversitet, hvor en række andre arter og organismegrupper indvandrer, og endelig et stadie, hvor de interspecifikke konkurrenceforhold efterhånden bevæger økosystemet i retning af ligevægtssituationen.

Varigheden og til dels også forløbet af de enkelte successionstrin vil variere fra sø til sø afhængig bla. af søens placering i forhold til andre vandsystemer, søens størrelse og dybdeforhold, søens eksterne næringsstofbelastning, vandgennemstrømningen i søen og jordbundsforholdene i det område, i hvilket søen dannes.

1. fase i det typiske successionsforløb vil indeholde en periode med stigende næringsstofindhold i søvandet. Årsagen er en næringsstoffrigivelse fra søbunden, der finder sted i forbindelse med nedbrydningen af organisk materiale samt eventuelt også en frigørelse fra jordbundens uorganiske næringsstofpulje. Den frigjorte næringsstofpulje vil kunne forblive i søen i mange år, hvis vandudskiftningen er langsom. I første omgang vil de høje næringsstofkoncentrationer imidlertid ikke nødvendigvis, som det ellers ofte er tilfældet, føre til en høj planteplanktonproduktion og lav sigtdybde i søen. Dette hænger sammen med, at der normalt vil gå nogle år, før der opbygges en større fiskebestand i søen. Dermed er der åbnet mulighed for at en række af de store og effektive filtrerende dafnier, som f.eks. *Daphnia magna* kan opformerer i stort antal og effektivt holde planteplanktonmængden nede. Der er dog stadig risiko for, at store kolonidannede og græsningstolerante arter, som f.eks. blågrønalgen *Aphanizomenon flos aqua*, kan optræde i store mængder. I denne første fase vil der endvidere hyppigt ske en indvandring og hurtig opformering af dansemyggelarver, især arter tilhørende familien *Chironomidae*. Disse arter er med til at omsætte den store organisk pulje og er samtidig i stand til at klare de dårlige iltforhold,

der hyppigt optræder under omsætningen. Dominansen af dansemygge-larver vil være mest udpræget de første 1-2 år. Hvis søen er tilknyttet et vandløb, vil der i de første få måneder endvidere kortvarigt kunne være tale om en dominans af tidligere vandløbslevende dyr. Flyvende insekter, bl.a. bugsømmere, og vandfugle vil ligeledes hurtigt indfinde sig. Dette gælder især arter, der lever af de mange invertebrater, herunder arter knyttet til undervandsplanterne, der i denne fase begynder at indvandre.

I 2. fase sker der en generel forøgelse af artsdiversiteten samtidigt med, at nedbrydningen af organisk materiale på søbunden efterhånden aftager. Chironomidernes dominans blandt bundfaunaen reduceres, mens nye arter blandt andet indenfor børsteorme og bløddyr kommer til. Vandplanterne fortsætter arealudbredelsen. Blandt de første arter ses ofte vandpest, vand-pileurt, andemad samt forskellige former for trådformede grønalger, der alle er hurtigt-voksende og ikke stiller store krav til rodfæstning. I takt med den forøgede udbredelse af planter får også planteædende fugle forbedrede vilkår. Fiskene vil før eller siden kolonisere søen. Er søen knyttet til et vandløb vil typisk rovfisk som gedde og aborre dominere i starten, siden vil søen blive domineret af unge individer af flere arter, bl.a. skalle og aborre. Dette vil efterhånden påvirke dyreplanktonet i retning af færre og mindre arter. Dyreplanktonets evne til at regulere planteplanktonmængden reduceres derfor og i de mere næringsrige søer, hvor bestanden af planktivore fisk bliver altdominerende, bliver dyreplanktonets græsningseffekt ringe. På lidt længere sigt kan dette føre til, at lysforholdene i søen bliver så dårlige, at undervandsplanterne forsvinder. I moderat næringsstofbelastede søer, hvor forholdet mellem rovfisk og byttefisk er mere balanceret, kan dyreplanktonet fortsat medvirke til at begrænse algemængden.

I 3. fase, der kunne betegnes som en modningsfase, sker der en gradvis udvikling indenfor de enkelte grupper, hvor de koloniserende arter efterhånden udkonkurreres og erstattes af de arter, som er tilpasset ligevægtssituationen. Hvis lysforholdene tillader en forsat udvikling af undervandsplanter, vil søen efterhånden blive domineret af især vandaksarter, tusindblad og/eller hornblad. Fiskebestanden udvikles så alle aldersgrupper repræsenteres. Bundryrenes antal reduceres i takt med, at det organiske materiale på bunden af søen bliver omsat. Dette vil påvirke den del af fuglebestanden, som har invertebrater som fødeemne. Ligevægtsindstillingen i denne 3. fase vil i høj grad afhænge af den eksterne næringsstofbelastning. Dette vil nemlig afgøre, om søen udvikler sig til en sø rig på dyreplankton, undervandsplanter, rovfisk og fugle eller til en sø rig på planteplankton (= lav sigtddybde) og planktivore fisk.

Blandt de tre undersøgte søer er Alsønderup Enge nok den sø, som for øjeblikket er inde i den mest omskiftelige fase. Undervandsplanterne er tilsyneladende på vej til for alvor at kolonisere søen, og det samme gælder fiskebestanden, selv om aldersstrukturen i fiskebestanden vil være skæv i nogle år endnu. Fuglebestanden har gennem de sidste par år været meget arts- og individrig, men uden de større ændringer. Det er imidlertid næppe sandsynligt, at den store bestand kan opretholdes i takt med en forventet nedgang i invertebratfaunaen, når produktionen og omsætningen igen formindskes, og fiskebestandes størrelse øges. En

øget udbredelse af undervandsplanter vil dog kunne favorisere planteædende og plantetilknyttede arter.

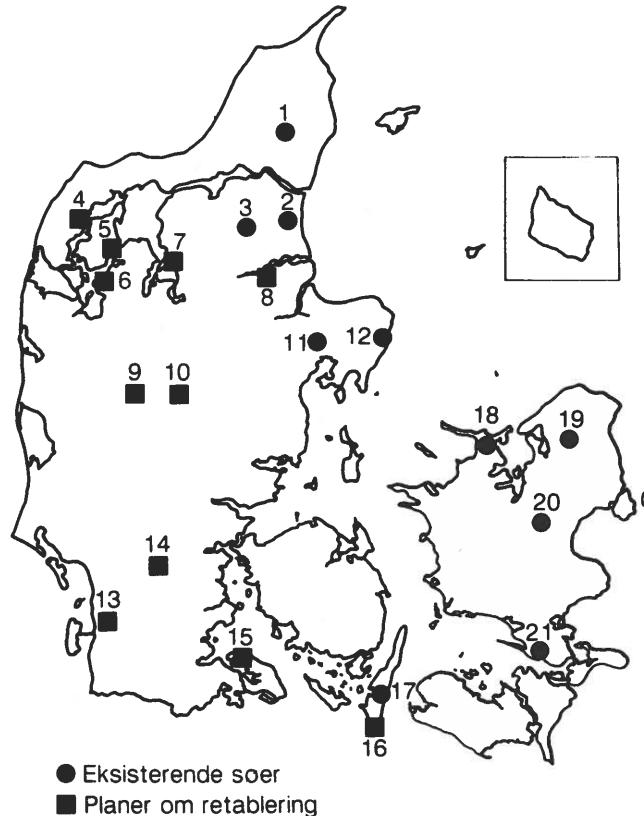
Den meget lavvandede Ramsømagle Sø har allerede en særdeles veludviklet undervandsvegetation med vandpest som dominerende. Afhængig af hvor varierende vandstanden bliver, og især hvor lav den bliver om sommeren, vil andre arter sandsynligvis efterhånden vinde større indpas - en udvikling, der allerede synes i gang. De formentlig til tider ekstreme iltforhold sætter begrænsninger m.h.t. fiskebestanden, som nok også fremover vil domineres af karudser og skaller.

Smørmose er den ældste af de tre søer og også den, som er nærmest en ligevægtssituation. Fiskebestanden har dog stadig en skæv aldersfordeling. Det nuværende høje eutrofieringsniveau vil sandsynligvis fortsætte en årrække endnu p.g.a. frigivelse af næringsstoffer fra bunden, idet de frigjorte næringsstoffer kun langsomt skylles ud på grund af lav vandgennemstrømning om sommeren.

2 Indledning

Formålet med denne rapport er at vurdere udviklingen i retablerede søer. Baggrunden er, at der efter vedtagelsen af Lov om Naturforvaltning i 1989 forventes igangsat en række projekter vedrørende naturgenopretning, herunder retablering af søer.

Allerede på nuværende tidspunkt er der enten igangsat eller planer om igangsættelse af en række søretableringsprojekter (fig. 2.1). De fleste af disse omfatter retableringen af forholdsvise små og lavvandede søer.



Figur 2.1: Lokalisering af større retablerede søer og planlagte projekter. 1: Klokkeholm Møllesø, 2: Tofte Sø, 3: Gravlev Sø (planer om større sø), 4: Sundby Sø, 5: Legind Vejle, 6: Spøtrup Sø, 7: Lovns Sø, 8: Sem Sø, 9: Gullestrup Sø, 10: Bølling Sø, 11: Smørmose, 12: Rugård Søndersø, 13: Brøns Møllesø, 14: Gamst Sø, 15: Oldenor, 16: Magleby Nor, 17: "Skovgårds Sø", 18: Højby Sø, 19: Alsønderup Enge, 20: Ramsømagle Sø (planer om større sø), 21: Hulemose Sø.

Erfaringerne, m.h.t. hvorledes disse søer udvikler sig i kemisk og biologisk henseende, er imidlertid begrænsede. Dette gør det vanskeligere at vurdere, hvordan fremtidige retableringer bedst muligt kan gennemføres, og samtidigt hvorledes disse projekter indbyrdes skal prioriteres.

Det er her denne rapportes overordnede formål at søge at forbedre dette vidensgrundlag ved at undersøge et antal retablerede søer samt ved at indsamle eksisterende danske og udenlandske erfaringer.

I afsnit 3 er der opstillet en række generelle tendenser vedrørende udviklingen indenfor de forskellige trofiske niveauer. Mere detaljerede beskrivelser og eksempler på udviklingsforløb i retablerede søer gives i afsnit 4, der tager udgangspunkt i en biologisk/kemisk undersøgelse af tre nyretablerede danske søer suppleret med resultaterne fra et antal besigtigelser af andre lokaliteter samt i en beskrivelse af erfaringerne fra en række andre danske og udenlandske undersøgelser og projekter. Ikke alle de beskrevne undersøgelser omhandler egentlige retableringsprojekter,

idet der i mange tilfælde er tale om helt nye søer dannet, hvor der ikke tidligere har været sø. Udviklingen i disse nydannede søer vil imidlertid principielt ikke adskille sig fra den i reablerede søer. I afsnit 5 gives der med forskellige detaljeringsniveau forslag til opfølgende undersøgelser af søer efter reablering.

3 Generelle udviklingstendenser i retablerede søer

I det følgende afsnit er der opstillet en række generelle tendenser vedrørende den kemiske og biologiske udvikling i retablerede søer. Beskrivelsen omfatter søer, hvor udviklingen får lov til at forløbe uden menneskelige indgreb, såsom periodisk sænkning af vandstanden. Tidsrummet, der beskrives, dækker perioden fra dannelsen til tidspunktet, hvor søen har indstillet sig i en ligevægt og principielt ikke udvikler sig anderledes end alle andre søer.

De enkelte afsnit, der beskriver udviklingen indenfor vandkemien og de forskellige biologiske grupper, er baseret på såvel danske som udenlandske erfaringer. Især hvad angår artssammensætningen af de højere plante- og dyregrupper som makrofyter, fisk og fugle, kan det p.g.a. en klimatisk bestemt artsudbredelse dog være vanskeligt fuldtud at overføre erfaringer fra udenlandske undersøgelser til danske forhold.

At beskrive udviklingen i nye søer synes på forhånd ikke som nogen nem opgave i betragtning af de forskellige forhold, hvorunder disse søer dannes, og når man samtidigt tænker på, hvor forskellige søer i øvrigt er. Dette gælder f.eks. m.h.t. størrelse, dybdeforhold, tidligere vegetation, jordbund, vandgennemstrømning, næringsstofbelastning, placering i forhold til andre vådområder, osv.

Imidlertid viser der sig en del fælles successionsmønstre på trods af åbenlyse forskellige udgangsbetingelser, som det vil fremgå i det følgende.

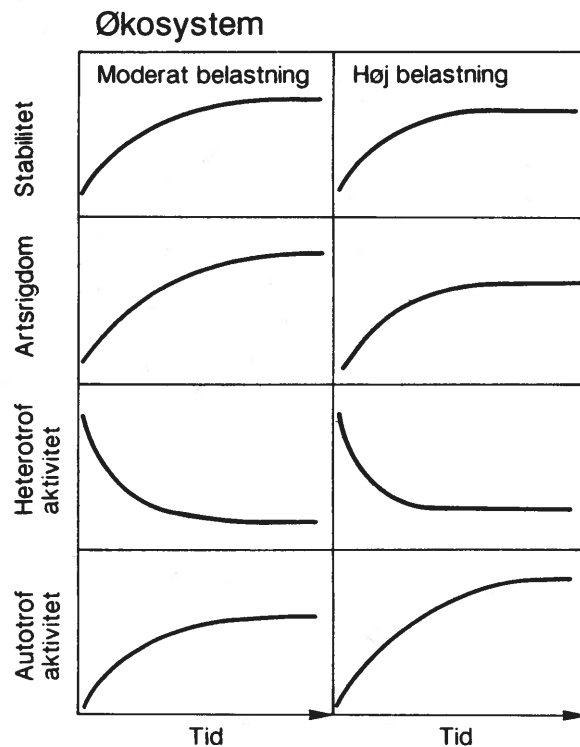
Først er der dog grund til at nævne tre forhold, som synes at gælde i alle situationer:

- 1) Over en vis periode efter søens dannelse vil der eksistere et økosystem, som afviger betydeligt fra det system, der senere opnås, når søen kommer i ligevægt. Forholdene i den ligevægtsbetingede sø vil ikke adskille sig fra forholdene i alle andre søer.
- 2) Økosystemet, som dannes umiddelbart efter søen dannes, vil undergå en række ændringer (succession) i retning af den ligevægtsbetingede sø. Hastigheden, hvormed forskellige plante- og dyregrupper udvikler sig, vil være underlagt de enkelte organismers spredningshastigheder og generationstider.
- 3) Drivkraften bag dette økosystem og dets videre succession er de nedbrydningsprocesser, som sættes i gang, når det tidligere tørre område sættes under vand og omsætningen af organisk materiale starter.

At den retablerede sø på et eller andet tidspunkt vil ende i en ligevægtssituation betyder, at vandkvalitet og den biologiske struktur her følger de gængse erfaringer fra alle andre søer. Dette gælder for eksempel sammenhængen mellem størrelsen af den eksterne næringsstofbelastning og dertil hørende fosforkoncentration i søen. For de lavvandede søer er der etableret en sammenhæng mellem fosforkoncentrationen og den biologiske struktur (Jeppesen m.fl.,

1990 og submitted; Kristensen m.fl., 1990a). Disse sammenhænge må i hovedtrækkene også forventes at gælde for de reetablerede søer, selvom man nok skal være varsom med at overføre dem ukritisk til søer med middelvanddybde på under 1 m.

I figur 3.1 er det forsøgt at skitsere den overordnede udvikling i det søøkosystem, som dannes ved etableringen. Denne og de lignende figurtyper i de følgende delafsnit tager ikke sigte på at beskrive den specifikke udvikling i den enkelte sø, men søger alene at fremhæve en række generelle tendenser. På grund af forskellige tidsskalaer er det ikke muligt direkte at sammenholde de enkelte figurer. Uden nærmere at definere den flydende overgang mellem forskellige eksterne belastningsgrader beskriver de fleste figurer en situation med henholdsvis en høj og en moderat eksterne næringsstofbelastning.



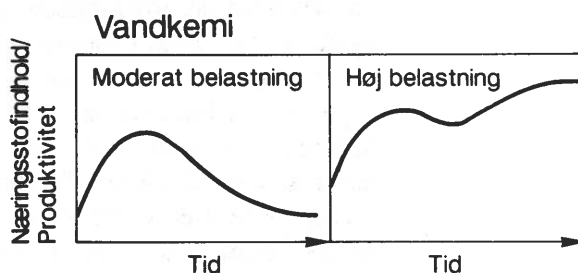
Figur 3.1: Generelle økologiske udviklingstendenser de første år efter reetablering af nye søer ved henholdsvis moderat og høj eksterne næringsstofbelastning.

Figur 3.1 demonstrerer, hvorledes den økologiske stabilitet og diversitet stiger efterhånden, som successionen skrider frem, og økosystemet modnes. Den højere grad af stabilitet skyldes bl.a., at effekten af den voldsomme fysiske og kemiske ændring, der finder sted i forbindelse med, at det tidligere tørre område sættes under vand, efterhånden fortager sig. Nedgangen i den heterotrofe aktivitet (nedbrydning af organisk materiale), der modsvares af en stigning i den autotrofe aktivitet (dannelse af organisk materiale f.eks. ved planternes fotosyntese), er et udtryk for den store omsætning af organisk materiale, der finder sted i starten, mens stigningen i den autotrofe aktivitet skyldes, at primærproducenternes fotosyntese først rigtig kommer i gang efter en vis periode (se de følgende afsnit).

3.1 Vandkemi

Langt de fleste undersøgelser af reetablerede eller nydannede søer beskriver en periode umiddelbart efter søens dannelse, hvor der

registreres højere næringsstofindhold og produktivitet ("trophic upsurge", Campel m.fl. 1975; Ostrofsky 1978; Ostrofsky & Duthie, 1980; Grimard & Jones, 1982; afsnit 4.1-4.3). Efter denne fase følger normalt en periode med faldende produktivitet ("trophic depression"), indtil søen indstiller sig på et mere stabilt niveau svarende til den eksterne belastning (fig. 3.2). Hvis den nydannede sø har en høj ekstern næringsstofbelastning, kan der også være tale om, at det høje næringsstofniveau i søen bibeholdes som illustreret i fig. 3.2. Den høje næringsstofforførsel betyder udover en stadig næringsstofkilde, at der efterhånden vil opbygges en næringsstofpulje på bunden af søen, som senere kan danne grundlag for en intern belastning også efter, at den organiske pulje er omsat.



Figur 3.2: Udviklingen i næringsstofindhold og produktion de første år efter reetablering af nye søer ved henholdsvis moderat og høj ekstern næringsstofbelastning.

Den forhøjede næringsstofkoncentration og deraf følgende forhøjede primærproduktion, som optræder umiddelbart efter sødannelsen, tilskrives som oftest en frigivelse af næringsstoffer, der stammer fra omsætningen af organisk materiale kombineret evt. med en frigivelse fra jordbundens uorganiske næringsstofpulje (Wilson m.fl., 1975; Ostrofsky 1978). Næringsstofforøgelsen vil være mere markant desto mere lavvandet søen er, idet bunden her får relativ større betydning p.g.a. den beskedne vandmængde/fortyndingseffekt. Varigheden af den forhøjede næringsstofkoncentration varierer og afhænger bl.a. af mængden af organisk materiale, omsætningshastigheden og vandudskiftningen i søen. I søer med langsom vandudskiftning vil det således tage lang tid at komme af med næringsstofpuljen, som så i lang tid vil kunne cirkulere mellem bund og vand. I søer med hurtig vandudskiftning (opholdstid på få måneder eller mindre) vil søbundens eventuelle frigivelse af næringsstoffer til gengæld kun i mindre grad få betydning, idet søvandets koncentrationer her overvejende vil være bestemt af indløbsvandets koncentration. Ostrofsky & Duthie (1980) taler om en intern belastning af en varighed i størrelsesordenen 1-2 år, Whitman (1978) på 3-4 år, mens Krzyzanek m.fl. (1986) rapporterer om et forøget indhold af organisk stof de første 5-6 år efter sødannelse. I alle de tre danske søer (afsnit 4.1-4.3), der ved undersøgelse i 1990 var mellem 3 og 8 år gamle, var der stadigvæk forhøjede næringsstofkoncentrationer.

Mængden af organisk materiale og dermed omsætningsprocessernes potentielle indflydelse på søvandet vil som regel være størst i udyrkede jorde som mose- og tørvebundsjord. Derimod vil det organiske indhold i dyrkede jorde være mindre. Mindst i agerjord under konstant omdrift, men noget større i vedvarende græs jord.

Selvom kun en lille del af mosejordens organiske materiale vil omsættes, vil søer dannet på jord med højt organisk indhold derfor alt andet lige påvirkes i længere tid end søer, hvor søbunden har et lille organisk indhold. Til gengæld er der større risiko for, at det uorganiske næringsstofindhold er højere i en agerjord, der tidligere har været gødsket. Dette vil ligeledes kunne give anledning til en

intern næringsstoffbelastning. I visse tilfælde har man forud for etableringsprojekter forsøgt at mindske den initiale næringsstoffrigivelse ved at fjerne det øverste og organisk rige jordlag forud for etableringen (Campel m.fl., 1975). Disse forsøg viser, at det er muligt at mindske næringsstoffrigivelse og planteplanktonproduktion.

De første år efter dannelsen af en ny sø viser ligeledes ofte et forhøjet indhold af opløste humusstoffer svarende til et forhøjet farvetal (Jackson & Hecky, 1980; Krzyaznek m.fl., 1986; Szilagyi m.fl., 1990; samt afsnit 4.1-4.3). Dette gælder især, hvis søen dannes på humusholdige jorde, f.eks. tørv. Et forhøjet farvetal er umiddelbar med til at formindske vandets gennemsigtighed og kan derved også virke begrænsende for udbredelsen af undervandsplanter. Undersøgelser i søer dannet i skovområder tyder endvidere på, at høje koncentrationer af humusstoffer kan virke begrænsende på primærproduktionen ved bl.a. at gøre jern utilgængelig for planteplanktonet (Jackson & Hecky, 1980). Samme forfattere foreslår i forlængelse heraf, at fasen med aftagende primærproduktion, der følger efter den første fase med høj produktion, skyldes, at frigivelsen af humusstoffer, der sker langsommere end frigivelsen af næringsstoffer, på dette tidspunkt er blevet så høj, at primærproduktionen hæmmes. Med andre ord foreslår Jackson & Hecky (1980), at nedgangen i planteplanktonproduktion og mængde få år efter sødannelsen skyldes forhøjet humusindhold og ikke nødvendigvis, at tilførslen af næringsstoffer er faldet. Frigivelsen af humusstoffer vil dog mindskes i løbet af nogle år, og den ophobede humusmængde i søvandet vil skylles ud eller sedimentere, så planteplanktonproduktionen vender tilbage til "normale" forhold.

Dannes søen i tilknytning til et vandløb, vil den nye sø alt andet lige betyde en reduceret kvælstofbelastning af de nedstrømsliggende vandområder i forhold til tidligere, fordi søen tilbageholder noget af den tilførte kvælstof og skaber en forøget denitrifikation. Retablering af nye søer vil således bidrage til at reducere den samlede kvælstofbelastning (se også Kristensen m.fl., 1990a).

3.2 Planteplankton

I forhold til de højere dyre- og plantegrupper er mange planteplanktonorganismer mere eller mindre kosmopolitiske. Variationer m.h.t. artsforekomst skyldes bl.a. tilpasning til forskellig temperatur, lys- og næringsstofforhold. Ændringerne i den nye søs næringsstoffindhold, som beskrevet i det foregående afsnit, vil således kunne forplante sig til planteplanktonet. Wilson m.fl., (1975) registrerede således en algeopblomstring umiddelbart efter dannelsen af Chew Lake (England) og foreslog, at dette skyldes en frigivelse af næringsstoffer fra forrådnende vegetation og den rige landbrugsjord, som blev sat under vand.

Blågrønalgers og de chlorococcale grønalgers konkurrencemæssige fortrin ved meget høje næringsstoffkoncentrationer betyder, at disse former ofte kan drage fordel af de midlertidigt højere koncentrationer i en periode efter sødannelsen. Således ses i forbindelse med det stigende næringsstoffindhold umiddelbart efter søens dannelse

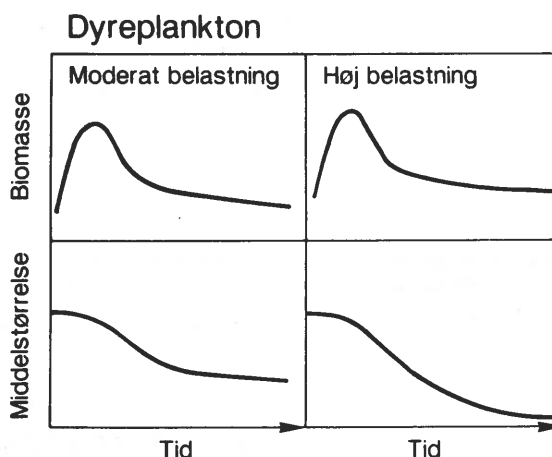
tit vandblomstdannelser af blågrønalgen *Aphanizomenon* (Krzyzanek m.fl., 1986). Denne alge optræder ofte i forbindelse med høje tætheder af store dafnier, som ikke er i stand til at fjerne de store græstotlignende kolonier (Fott m.fl. 1980).

I meget lavvandede nyretablerede søer kan artssammensætningen være noget anderledes, idet især arter tilpasset situationen med skiftende livsbetingelser kan dominere (r-strateger). Således dominerer flagellater som f.eks. rekyalger (se også afsnit 4.1-4.2), der samtidigt er i stand til i en vis grad at leve heterotroft og her favoriseres af de relative store mængder opløste organiske stoffer, der frigives fra rådne plantedele på søbunden. En forrådnelse der får speciel stor betydning i lavvandede søer, hvor den frie vandmasse er lille.

Selvom planteplanktonet generelt synes at vise større ændringer i biomasse end i artssammensætning i forbindelse med sødannelsen (Ostrofsky & Duthie, 1980) er mængden af planteplankton imidlertid ikke kun et spørgsmål om næringsstofftilgængelighed. Som det vil fremgå af det følgende afsnit, ser man nemlig ofte de første år en betydelig mængde af dyreplankton, som vil være i stand til at bortfiltrere de fleste alger på trods af høje næringsstoffkoncentrationer. Sigtedybden vil derfor være god i de første år efter dannelsen, hvilket bl.a. også kan få indflydelse på udbredelsen af undervandsplanter (Krahulec m.fl. 1987).

3.3 Dyreplankton

De første år efter sødannelsen ses typisk et stort antal af dyreplankton, og især af store arter med stor filtreringskapacitet (fig. 3.3). Goryainova m.fl. (1969) rapporterer således om dominans af den store *Daphnia magna* det første år efter sødannelsen og Rohde (1964) om et øget antal af alle dyreplanktonarter. Store dafnier blev også registreret i den første periode af sommeren i Alsønderup Enge (afsnit 4.1).



Figur 3.3: Udviklingen i dyreplanktonbiomasse og middelstørrelse de første år efter retablering af nye søer ved henholdsvis moderat og høj ekstern næringsstoffbelastning.

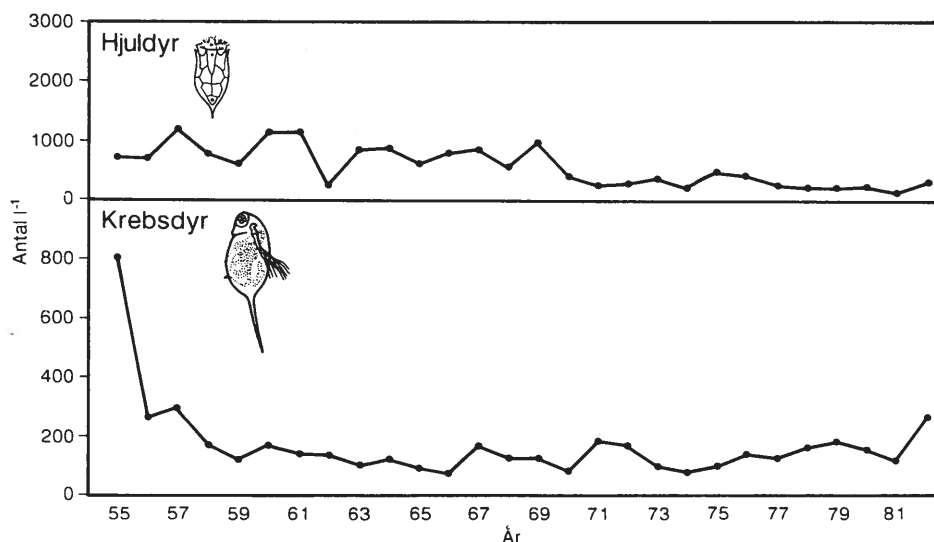
Årsagen til den store dyreplanktonmængde og dominans af store arter i den første periode efter sødannelsen skyldes, at dyreplanktonædende fisk, der normalt begrænser dyreplanktonmængden, spredes og formerer sig langsommere end dyreplanktonet. Dyreplanktonet får derfor i starten gode vækstbetingelser, og her er de store arter konkurrencemæssigt bedst til at udnytte føden og bliver derfor

dominerende.

Senere i søens udvikling, hvor bestanden af dyreplanktonædende fisk efterhånden opformerer, ser man derimod ofte en nedgang i mængden af især store dyreplanktonarter. Biomassen reduceres derfor markant. Holcik (1977) beskriver således mere end en halvvering i dyreplanktonbiomassen de første 2-3 år i forbindelse med en øget biomasse af unge dyreplanktonædende aborrer. Grunden til, at det især går ud over de store arter og individer, skyldes, at disse foretrakkes og er lettest af fange for fiskene. Graden, hvormed de større dyreplanktonarter reduceres, vil afhænge af udviklingen i fiskebestanden og fordelingen mellem dyreplanktonædende og rovædende fisk.

I stedet for de store arter af cladocerer følger efter fiskenes opformering hyppigt et skift til dominans af små arter, bl.a. hjuldyr, der også er mindre effektive filtratorer (Krzyzanek m.fl. 1986). Til gengæld er de små arter på grund af størrelsen ikke så lette byttedyr for dyreplanktonædende fisk og kan derfor blive i søen på trods af høj græsningstryk. De små arters lavere græsningseffektivitet betyder dog, at de sjældent kan begrænse mængden af planteplankton. Samlet bliver effekten af fiskenes opformering derfor som regel en lavere sigtgybde.

Perioden med stor dyreplanktonbiomasse og filtreringskapacitet varierer afhængig af, hvor hurtigt fiskene kommer ind og opformerer. Krzyzanek m.fl. (1986) og Holcik (1977) beretter begge om en varighed på 2-3 år. Holcik (1977) dog om en periode over 5-6 år, hvor de store dyreplanktonarter helt forsvandt i takt med en øget fiskebestand.



Figur 3.4: Udviklingen i antallet af hjuldyr og krebsdyr i planktonet i Goczałkowice reservoiret efter dannelsen i 1955 (Krzanowski 1986).

Også dyreplanktonorganismene vil være afhængig af vanddybde og planternes tilgroningsgrad. Således vil det egentlige dyreplankton i meget lavvandede søer være mere eller mindre afløst af benthiske eller littorale former, dvs. typer enten knyttet til bunden eller vegetationen. Dette betyder, at man i disse søer ser en noget anden artssammensætning med indslag af littorale former som f.eks. dafnierne *Eurocerus* og *Simocephalus*. I de lavvandede søer vil detritusindholdet endvidere være særlig høj i de første år, hvorfor hjuldyr tilknyttet den heterotrofe omsætning ofte optræder i stort

antal. Dette er således tilfældet i de tre reetablerede søer (Alsønderup Enge, Ramsømagle Sø og Smørmose, se afsnit 4.1-4.3), hvor der målt markant højere tætheder af hjuldyr end i alle andre danske søer, hvorfra der foreligger kvantitative data. Også Krzanowski (1986) fandt markant højere tæthed af hjuldyr i de første år efter sødannelsen (fig. 3.4).

3.4 Makrofyter

Såfremt lysforholdene ved bunden iøvrigt tillader det, vil der inden for de første få år være undervandsplanter i de reetablerede søer. Eksempelvis var der i hovedparten af søerne, som er dannet ved opstemning af vandløb, etableret en betydelig undervandsvegetation efter 2-3 år, medens der i mere isolerede søer først oprådte planter efter 5-6 år. Derimod kan der gå 10-25 år, før ligevægtssamfundet har indfundet sig. Udviklingsforløbet kan påvirkes af planternes muligheder for at sprede sig til søerne. Hvis søerne dannes ved opstemning af vegetationsrige vandløb eller i områder med mange vandhuller eller søer, vil der hurtigt kunne etableres en varieret flora, der ikke kun omfatter pionerplanterne, og udviklingsprocessen vil derved blive fremmet.

Rørsumpens dannelse og succesion vil i de fleste tilfælde forløbe forholdsvis langsom og over en længere tidsperiode end undervandsvegetationens. Også her vil de forskellige arters spredningsmuligheder og kolonisationskapacitet spille en vigtig rolle i den første fase, men de vil ikke få afgørende indflydelse på ligevægtssamfundets udseende. Rørsumpens dybdeudbredelse vil afhænge især af substrat og eksponeringsforhold. Weisner (1987, 1990) beretter fra en undersøgelse af tagrør i en række næringsrige svenske søer om en maksimal dybdegrænse på omkring 0,2-0,5 m i vindbeskyttede områder og på omkring 1,5-2 m i vindeksponeerede områder.

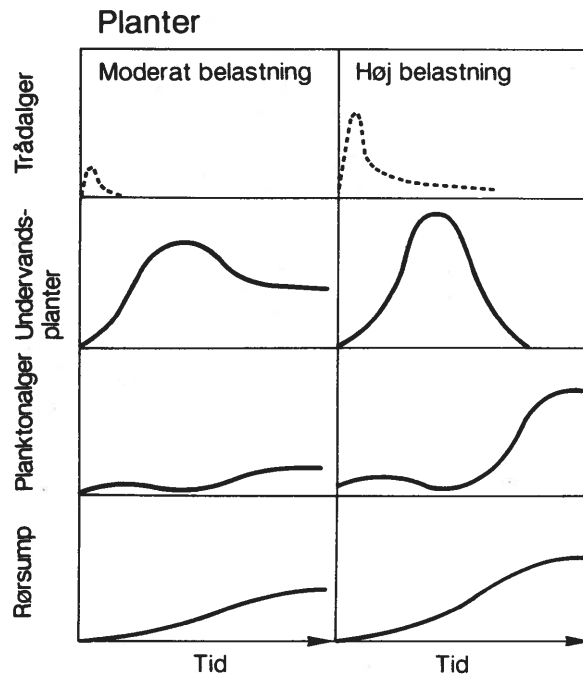
Afhængigt af især næringsstofniveau og jordtype vil der udvikles forskellige vegetationstyper. Der kan groft skelnes mellem to hovedtyper:

Den næringsrige sø (mesotrofe-eutrofe sø)

Søtypen er karakteristisk for hovedparten af Danmark med undtagelse af sandjordsområderne i Vest- og Midtjylland.

Undervandsvegetationen

De typiske pionerplanter er her vandpest, liden andemad, korsandemad, blærerod og forskellige former for trådalger (fig. 3.5 og fig. 3.6). Disse arter er karakteriseret ved enten at have et svagt udviklet rodnet eller helt at mangle rødder, hvilket er hensigtsmæssigt i perioden umiddelbart efter sødannelsen, hvor bundsubstratet er fast og rodfæstede planter, derfor har vanskelige vilkår. Endvidere er de karakteriseret ved høj væksthastighed og spredes endvidere let med søvandet.

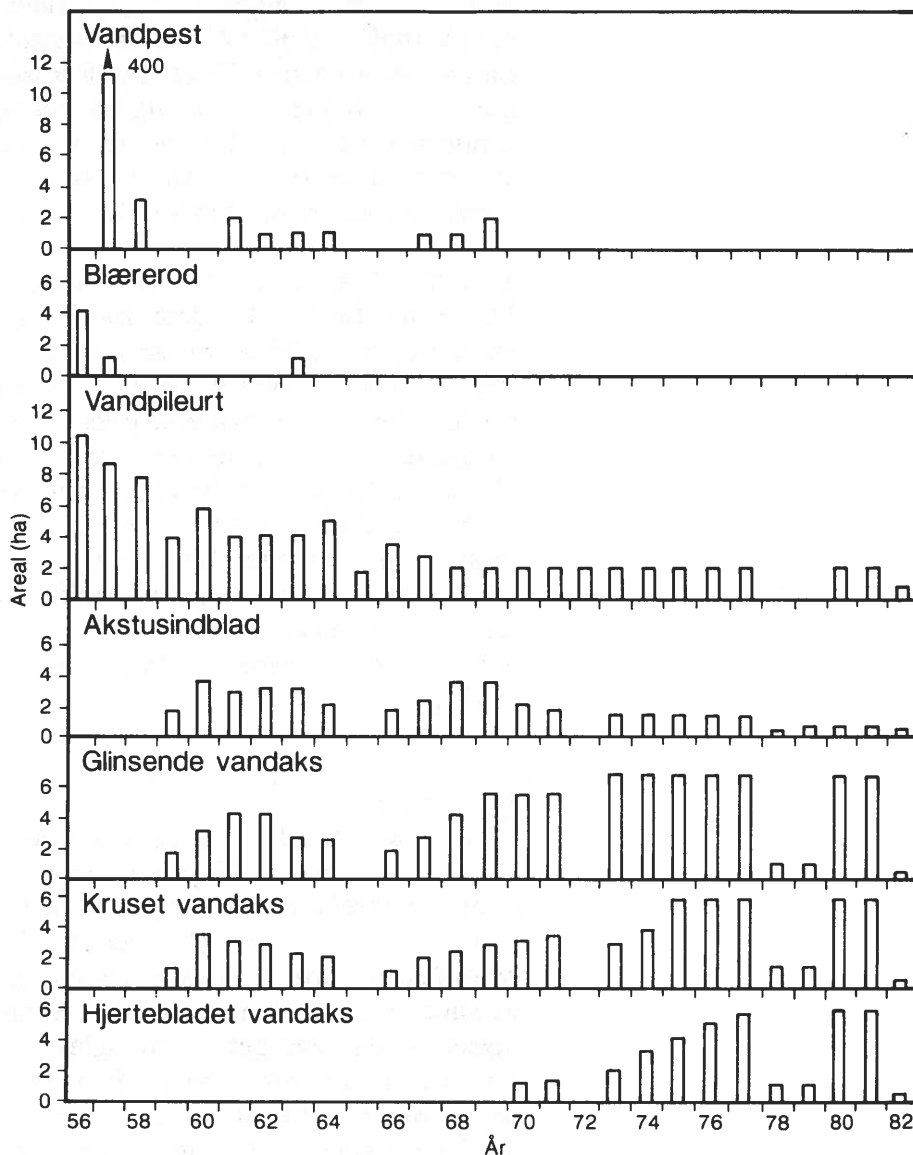


Figur 3.5: Biomasseudviklingen af undervandsplanter, trådalger, planktonalger og rørsump i en retableret sø med hhv. moderat og høj næringsstofbelastning. Stiplet markering er anvendt for trådalger, fordi disse kun optræder i nogle tilfælde.

Desuden optræder amfibieplanter, som f.eks. vandpilurt, der kan skifte fra en terrestrisk til en aquatisk form, når et fugtigbundsområde vanddækkes. Vandpest og vandpilurt er de pionerplanter, som oftest får størst udbredelse, og de optræder typisk i høje tætheder 1-4 år efter søernes dannelse. Udviklingen i Goczalkowice-reservoiret (Kuflikowski, 1986; Krzyzanek m.fl., 1988) er et godt eksempel på pionerplanternes kolonisationspotentiale og udviklingsforløbet iøvrigt (fig. 3.6). I dette reservoir dækkede vandpilurt et 100 hektar stort område allerede 1 år efter søens dannelse, og der blev iagttaget skudlængder på op til 5 m. Dækningsgraden af vandpest var mindre det første år, men øgedes det andet år til hele 400 hektar, hvilket understreger denne plantes kolosale kolonisationspotentiale. I det 18 km² store lavvandede Kis-Balaton Reservoir, Ungarn, blev der ligeledes allerede det første år registreret en plantedækningsgrad på omkring 50% med tomrløs hornblad og vandpileurt som dominerende (Szilagyi, 1990).

Sammen med de egentlige pionerplanter optræder der ofte samtidigt subdominerende planter, især arter af vandaks samt kransnålsalger, tusindblad og hornblad. Disse planter kan dog i nogle tilfælde også være dominerende.

Efter de første år sker der en gradvis tilbagegang af amfibieplanterne og en ofte brat tilbagegang af vandpest og andre pionerplanter. I stedet øges betydningen af vandaksarterne. I første fase med dominans af få arter, men ofte øges artsantallet over en periode på 5-15 år. Desuden kan også akstusindblad og hornblad danne tætte bestande eller helt dominere undervandsvegetationen.



Figur 3.6: Udviklingen i undervands- og amfibiplanter i Goczlakowice reservoiret efter dannelsen i 1955 (Kuflikowski 1986).

I søer med høj næringstofbelastning fra omgivelserne vil undervandsplanternes dybdegrænse dog med tiden igen reduceres, og planterne kan evt. helt forsvinde fra søen. Dette skyldes dels, at næringsstofniveauet i søen langsomt øges på grund af en øget akkumulering af næringsstoffer i søbunden med en øget næringsstoffrigivelse om sommeren til følge. Men det skyldes også, at fiskebestanden i denne søtype gradvist ændres i retning af dominans af skidtfisk som skalle, brasen og karuds. Hermed øges predationstrykket på dyreplanktonet med øget vækst af planteplankton og formindsket sigtddybde tilfølgende, hvilket så igen forringer undervandsplanternes vilkår. Resultatet kan blive en sø med stor tæthed af planteplankton og ringe eller ingen undervandsvegetation (fig. 3.5).

Successionsforløbene, som er beskrevet i fig. 3.5 og fig. 3.6, kunne også overføres på danske forhold. I hovedparten af de danske eksempler (afsnit 4.5) var vandpest dominerende i perioden efter søernes dannelse. Det gælder Grindsted Engsø, Tange Sø, Ramsø-magle Sø, regnvandsbassinene samt Klokkeholm og Aller Møllesø. I flere af søerne var der talrig forekomst af andre pionerplanter, som korsandemad (Gravlev Sø, Klokkeholm Møllesø), vandpileurt (Alsønderup Enge). Subdominans af tusindblad eller hornblad blev

fundet i Ramsømagle Sø, Grindsted Engsø, Tange Sø og Klokkerholm Møllesø) og af forskellige vandaksarter (Grindsted Engsø, Alsønderup Enge og Ramsømagle Sø). I Tange Sø var glinsende vandaks dog ligeså talrig som vandpest 3 år efter dannelsen, og i Gravlev sø var børsteblandet vandaks dominerende 2 år efter dannelsen. I Gravlev sø havde der dog i nogle år forud været en mindre sø, hvilket kan have fremskyndet successionen.

Kun for få af de danske søer findes der en længere tidsserie. For Tange Sø findes der data fra 3 og 39 år efter dannelsen. I de mellemliggende 36 år var antallet af vandaksarter øget fra to til fem, vegetationen var blevet mere tæt og vandpest, som dominerede efter tre år, blev ikke registreret efter 39 år. Tange Sø har således fulgt mønsteret i fig. 3.5, der her svarer til moderat næringsstofbelastning. Grindsted Engsø har derimod fulgt mønsteret i fig. 3.5, der svarer til høj belastning. Søen var totalt dækket af undervandsplanter i de første 3 år og meget klarvandet, men planterne var helt forsvundet 14 år efter dannelsen og formentlig snarere efter 7-8 år. Sigtdybden aftog, og plantesamfundet er nu helt domineret af planteplankton. I denne sø blev processen formentlig fremskyndet ved udsætning af skidtfisk.

Rørsumpen

I de første år efter søens dannelse vil rørsumpen normalt blive domineret af nogle få pionerplanter. Dyndpadderokke er en af de hyppigst forekommende pionerplanter, idet den kan vokse både på blød bund og sand (Mathiesen, 1969). Dunhammer, især den bredbladede form er også et karakteristisk element i den tidlige fase af successionen. Senere indvandrer tagrør. På moreæneområder kan tagrør været ledsaget af søkoglaks, der i såfald normalt vokser i yderzonen af rørsumpen. Pionerarterne udbredelse aftager og begrænses nu ofte til den indre rørsump. Her kan der også optræde en lang række andre arter, som f.eks. grenet pindsvineknop, høj sødgræs, bukkeblad, alm. sumpstrå og forskellige stararter (Iversen, 1929, Mathiesen, 1969).

Udviklingen i Rozkos reservoiret illustrerer dette successionsforløb (Krahulec m.fl., 1987). I det første år efter søens dannelse fandtes der mange nye skud af en række arter, som var i området i forvejen, f.eks. høj sødgræs, rørgræs, tagrør, bred- og smalbladet dunhammer, pindsvineknop og forskellige arter af star. Rørgræs og bredbladet dunhammer koloniserede i de næste år et stadigt større område. Kolonisationen af nye områder med tagrør var afsluttet 7-11 år efter sødannelsen. Star bredte sig i et noget langsommere tempo, medens eksempelvis pindsvineknop og tagrør gik tilbage, hvilket her blev tilskrevet et stort græsningstryk fra blishøns og gråænder. Senere bredte tagrør sig dog imellem rørgræs og dunhammer, hvor den var mere beskyttet mod græsning og blev i det sidste observationsår, 13 år efter sødannelsen ligeså udbredt som bredbladet dunhammer. En effekt af græssende fugle på rørskovens udbredeshastighed synes også at kunne ses i Alsønderup Enge (se afsnit 4.1).

Den næringsfattige sø (oligotrofe sø)

Denne søtype forekommer i Danmark i to hovedtyper, den brunvandede sø typisk på tørvebund (Drapanocladus-søen) og den klarvan-

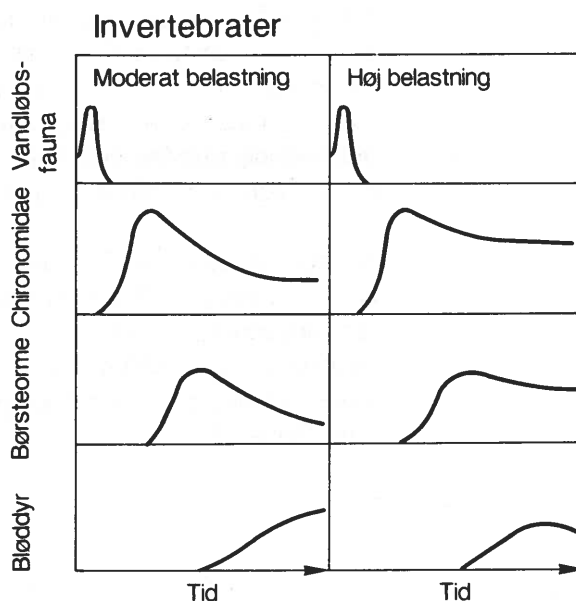
dede sø på sandjord (Lobelia-søen) (Mathiesen, 1969).

For den næringsfattige sø er udviklingsmønsteret tildels det samme som for den næringsrige sø, men plantesumfundene er forskellige (Whitman, 1978, Koskenniemi, 1987, Danell & Sjöberg, 1987). I det første år efter sødannelsen sker der ofte en masseudvikling af trådalger, og der kan også sporadisk optræde bundfæstede undervandsplanter, som er tilført fra opstrømsbeliggende vandløb. I den næste fase sker der hyppigt en udvikling af relativt hurtigtvoksende undervandsplanter, der udnytter en periode med højt næringsstofniveau, f.eks. liden vandaks, svømmende vandaks, vandstjerne, blærerod, og hvor der er stillestående områder også andemad. På lavt vand iagttages ofte forskellige star, især næbstar.

I den næste fase, hvor næringsstofniveauet falder, humusindholdet i vandet øges, og vandet ofte bliver mere surt, sker der normalt en tilbagegang i bl.a. vandaksarterne og istedet indvandrer i den brunvandede sø bladmossen *Drapanocladus* og i sure områder også *Sphagnum* og i den klarvandede sø forskellige isetider (lobelie, strandbo og brasenføde), nedbøjet ranunkel, og hvis pH er lav især liden siv. Desuden kan der forekomme en række flydebladsplanter. Rørsumpen domineres i starten ofte af de samme pionerplanter som i den næringsrige sø (dunhammer og dyndpadderokke) og desuden af forskellige star, især næbstar. I ligevægtssamfundet vil rørsumpen normalt være domineret af en eller flere af følgende arter planter: Dyndpadderokke, næbstar, tagrør, kæruld, alm. sumpstrå, bukkeblad og pindsvineknop (Iversen, 1929; Mathiesen, 1969).

3.5 Makroinvertebrater

Udviklingen i bunddyrsfaunaen i nydannede søer, som bl.a. er beskrevet af Morduchai-Boltovskoi (1961), Goryainova m.fl. (1969), Paterson & Fernando (1969), McLachlan (1974), Whitman (1978), Danell & Sjöberg (1982), Krzyzanek m.fl. (1986) synes i højere grad end de øvrige dyre- og plantegrupperne følge et ret ensartet succesionsmønster (fig. 3.7 og 3.8).



Figur 3.7: Bundfaunaudviklingen de første år efter retablering af nye søer ved hhv. moderat og høj næringsstofbelastning.

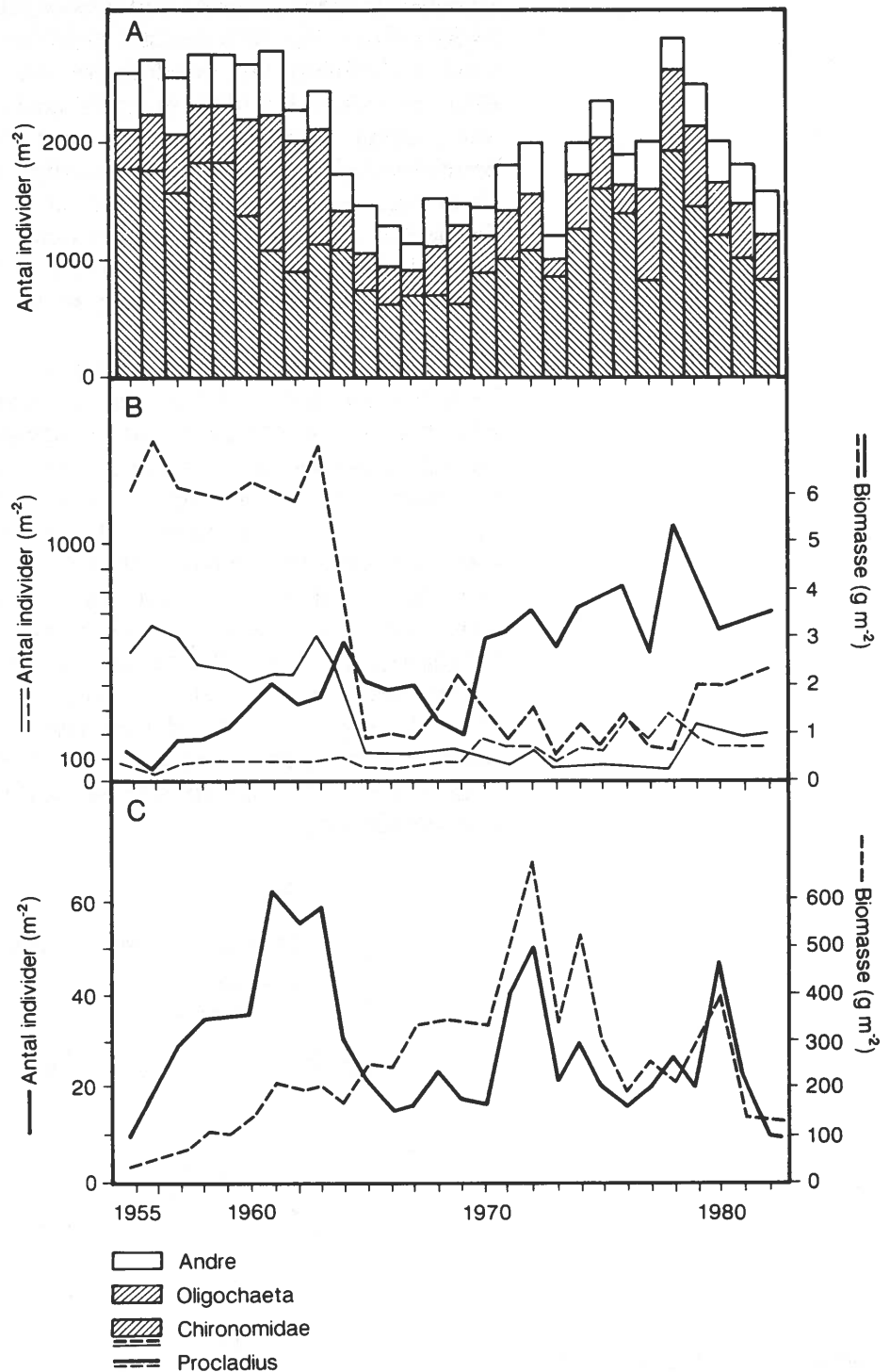
Hvis søen dannes ved opstemning af vandløb, ses de første måneder en kortvarig dominans af vandløbsdyr (fase 1). Først forsvinder de obligat vandløbslevende arter og senere efter en kort opblomstring også de fakultative former (Paterson & Fernando 1969; McLachlan 1974). De første 1-2 år efter sødannelsen er karakteriseret ved en masseudvikling af få bunddyrstyper, især dansemyggelarver tilhørende familien *Chironomidae* og ofte *Chironomus plumosus* (fase 2). Derefter følger en periode, der varer nogle år, hvor bunddyrsfaunaen bliver mere varierende. Således indvandrer der arter af børsteorme og bløddyr (typisk feks. *Tubificidae* og muslingearter) samtidigt med, at chironomidernes antal reduceres (fase 3). De først indvandrede bløddyr vil ofte være ærtemuslinger efterfulgt af de større muslingearter som dammusling og malermusling. Efter endnu en periode på nogle år, hvor artssammensætningen bliver stadig mere varieret, sker der typisk en nedgang i bunddyrenes antal og biomasse, fordi tilførslen af organisk materiale nu kun sker ved planternes primærproduktion i søen og ikke længere fra en pulje af dødt organisk materiale på bunden. Under dette forløb bevæger bundfaunaen sig efterhånden over i en ligevægtsfase (fase 4).

Den første massive udvikling af dansemyggelarve (fase 2) sættes i forbindelse med larvernes evne blandt *C. plumosus*-typen til at klare de meget dårlige iltforhold samtidigt med, at mængden af organisk materiale er høj (McLachlan 1974). Desuden er disse arter kendt som hurtige kolonisorer, der hurtigt kan opbygge store bestande i nye områder. Derimod klarer *C. plumosus*-typerne sig konkurrencemæssigt dårligt senere i søens udviklingsforløb, hvor der hersker mere stabile forhold (fase 3).

Tætheder på 5-15.000 myggelarver pr. m² er ikke usædvanlig de første år i de mere næringsrige søer (Paterson & Fernando, 1969; Danell & Sjöberg, 1982). I søer yngre end 1 år observerede Whitman (1978) endog helt op til 125.000 individer pr m² tilhørende familien *Chironomidae*. Antallet vil variere med substrattypen, men kan evt. også være bestemt af antallet af andre dyr, der fouragerer på bunden. Således beretter Paterson & Fernando (1969) om en større bunddyrstæthed på tidligere græsarealer end tidligere ryddede skovarealer, formentlig som resultat af forskellige fødevilkår.

Varigheden af de enkelte faser vil afhænge af forskellige forhold, bl.a. søens afstand til andre søer, således at processen forløber langsommere, hvis søen dannes adskilt fra andre vandområder (McLachlan 1974). Krzyzanek m.fl. (1986) beretter om en 1. fase, der varede mindre end 1 år, en 2. fase, der varede fra 1. til 5. år og en 3. fase, der varede fra 6. til 8. år (se også fig. 3.8).

Blandt de ikke bundlevende makroinvertebrater vil der ligeledes ses en succession. Bugsvømmere vil typisk være blandt de først indvandrede, efterfulgt af andre vingede insekter som vandkalve, hvirvlere mm. (Whitman, 1978). Antallet af disse invertebrater vil være følsom over for fiskepredation og kan især forekomme talrigt i de første år.



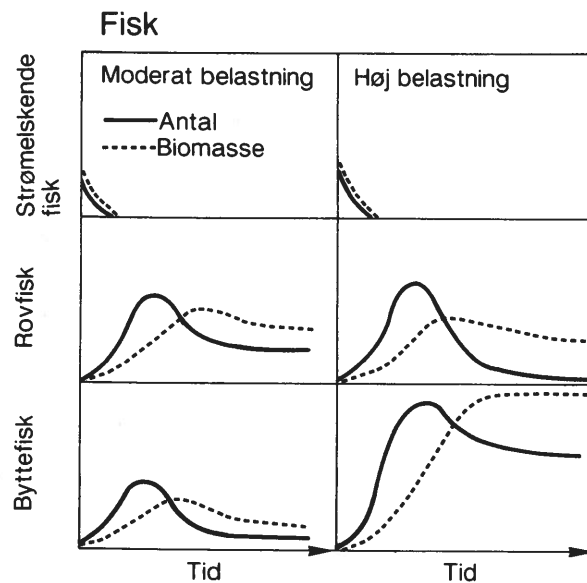
Figur 3.8: Bundfaunaens udvikling i Goczalkowice Reservoiret ved dannelsen i 1955 (Krzyzanek, 1986).

3.6 Fisk

Udviklingen i den retablerede søs fiskebestand vil i højere grad end de fleste andre biologiske komponenter være afhængig af spredningsmuligheder fra andre vådområder. Dannes søen således ved opstemning af et vandløb eller i tilknytning til andre søer, vil der herfra være mulighed for en hurtig indvandring og kolonisering af det nye vådområde. Dannes søen derimod langt væk fra og uden forbindelse til andre søsystemer, beror fiskebestandens udvikling mere på tilfældige hændelser som spredning af æg via fugle eller udsætning.

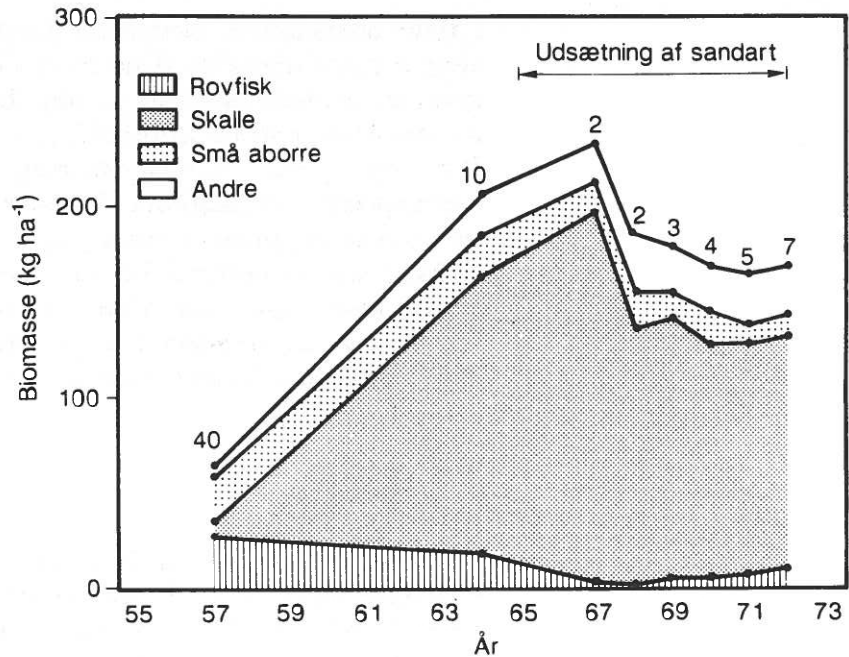
Uanset om søen dannes ved opstemning eller ej, vil hastigheden, hvormed den nye fiskebestand etableres og når en ligevægt, normalt være forholdsvis lav. Medmindre der er tale om meget små søer eller søer dannet i tilknytning til andre store vandområder, vil den indvandring, som sker udefra, nemlig være beskednen i forhold søens bærekapacitet. Dette betyder samtidigt, at udviklingen af en stabil fiskebestand primært er afhængig af foreringen i søen internt og dermed et spørgsmål om generationer. Da de fleste fiskearter først bliver kønsmodne i 3-4 års alderen og mange bliver indtil 15-20 år gamle, kan indsvingningen tage årtier.

Hvis søen dannes ved opstemning af et vandløb, vil fiskebestanden i starten domineres af fisk, der indvandrer fra vandløbet (fig. 3.9). Blandt disse vil arter, som hovedsageligt er tilpasset rindende vand, hurtigt reduceres i antal, medens arter, som er tilpasset både rindende og stillestående vand, øges i antal. Ofte ser man, at rovfisk som gedde og aborre dominerer i de første år (fig. 3.10 og fig. 3.11), men den samlede biomasse er forholdsvis lav på trods af, at denne periode normalt er meget produktiv, hvad angår fiskenes foretrukne fødeemner. I denne fase er væksten af fiskene stor. Således fandt Otterstrøm (1924) i Tange sø og Patriarche & Campel (1955) i Clearwater Lake en markant forøget vækst hos alle fiskearter i det første år, men allerede i det efterfølgende år faldt væksten markant formentlig på grund af en øget konkurrence fra småfisk og en delvis udskylning af de frigjorte næringsstoffer (søerne havde begge hurtigt vandudskiftning).



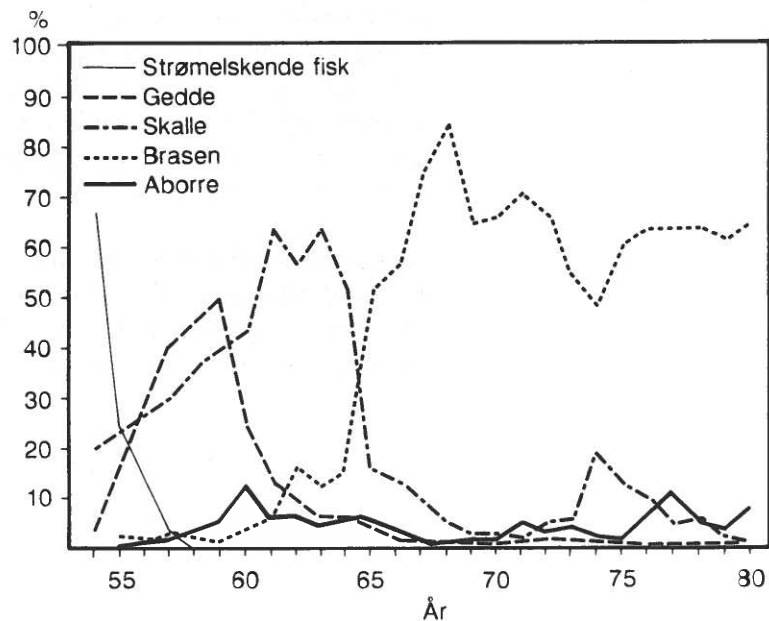
Figur 3.9: Fiskebestandens udvikling i en retableret sø med hhv. moderat og høj næringsstofbelastning.

I den næste fase sker der en gradvis forøgelse i første omgang af især antallet og senere især i biomassen af fisk. I eutrofe søer er det hyppigt skalle eller brasen, der vil blive dominerende, hvilket betyder et drastisk fald i rovfisk-byttefisk forholdet (fig. 3.9). Eksempelvis faldt rovfiskeandelen fra 40% to år efter dannelsen af Klicava-reservoiret i Tjekoslovakiet til 10%, efter 9 år, og 2% efter 12 år, hvorefter procenten varierede mellem 2 og 7 i de efterfølgende 5 år (fig. 3.10, Holcik, 1977). Såfremt næringsstofbelastningen er konstant, vil de store skift i fiskebestanden være afsluttet efter typisk 10-30 år, selvom der herefter fortsat kan forekomme betydelige år-til-årvariationer.



Figur 3.10: Udviklingen i biomassen af fisk (kg/ha) Klicava Reservoir 1957-1972. Søen blev dannet i 1955 ved opstemning af et vandløb (efter Holcik 1977).

I næringsfattige søer vil aborre og gedde dominere, og der vil evt. kunne optræde sørred. I de sure søer vil især aborre og gedde dominere, men aborren er mest tolerant overfor lavt pH.



Figur 3.11: Udviklingen i den relative fordeling af fisk (antal) fanget i Goczalkowice Reservoir ved kommercielt fiskeri. Søen blev dannet i 1955 ved opstemning af floden Vistula (Starmach, 1986). De påsatte værdier angiver rovfiskenes procentvise andel af byttefiskene.

I søer, der er isoleret fra omgivelserne, eller som er i forbindelse med vandløb med kun få fiskearter, kan fiskebestanden selv mange år efter dannelsen være langt fra ligevægt. Eksempelvis bestod fiskebestanden i Neberdzhai-reservoiret efter 8 år af bare fire arter med dominans af rudskalle og hundestejle (Goryainova m.fl. 1969). Vandløbene i oplandet er sommerudtørrende og er derfor ringe rekrutteringsområder for fisk. Det synes ivojvrigt at være karakteristisk, at arter af hundestejle er talrige i ferskvandssøer med en ringe bestand af andre fisk (Grindsted Engso i de første år, Alsønderup Enge 1989-90), hvor de kan udnytte det derved opståede fødeoverskud. Hundestejler kan måske derfor være en indikator på træghed i successionen i fiskebestanden, selvom også andre forhold som dårlige iltforhold, høj salinitet mv. kan favorisere disse meget miljøtolerante fisk.

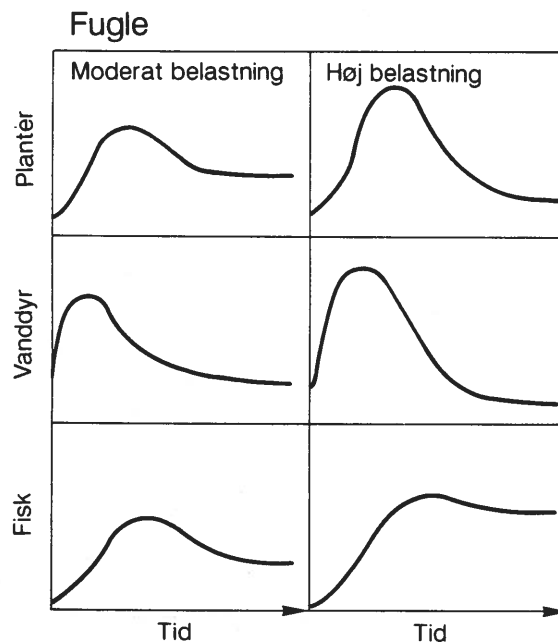
Det er ligeledes karakteristisk, at karpefiskene karudse og suder og

i flere udenlandske eksempler karpene ofte er talrige i de første år efter søernes dannelse (Cherry & Guthrie, 1975). Disse arter nyder godt af, at detrituspuljen er høj. De er endvidere meget tolerante overfor både dårlige iltforhold, som let optræder i den "heterotrofe fase" og overfor delvis udtørring. I både Alsønderup Enge og Ramsømagle Sø udgjorde karperne en stor del af den samlede fiskebiomasse, medens suder var af større betydning i Smørmose. I småsøer og de lavvandede søer med udbredt undervandsvegetation udgør disse fisk dog ofte en stor andel af fiskebiomassen i ligevægtssamfundet, som f.eks. i Utterslev Mose (Nielsen og Horsted, 1987) og Frederiksborg Slotssø (Jensen og Müller, 1991).

3.7 Fugle

I modsætning til flere af de andre organismegrupper vil udviklingen i fuglebestanden kun i begrænset omfang være spredningsbegrænset. Dette betyder, at fuglebestandens størrelse og sammensætning i den nye sø fra starten og også senere i successionsforløbet vil være et spørgsmål om gunstige vækst- og yngleforhold (Whitman, 1978). De fleste oplysninger om fuglebestanden i nye søer går da også på, at der meget hurtigt indfinder sig en række fuglearter (Whitman, 1978; Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen 1990). Fremgangen i antallet af fugle er også vist af Krahulec m.fl. (1987), der beretter om øget overvintringsmuligheder for mange rastende fugle (bla. 12.000 blichøns og 5.300 gråænder, svarende til henholdsvis 12 og 5 pr. hektar) på grund af de mange undervandsplanter allerede 1-2 år efter dannelsen af den 10 km² store Rozkos Reservoir, Tjekkioslovakiet.

Successionsmønstret indenfor de dyre- og plantegrupper, der direkte eller indirekte har betydning for fuglenes føde, betyder imidlertid, at der også i fuglebestanden kan forventes et vist udviklingsmønster i årene efter etableringen af en ny sø (fig. 3.12).



Figur 3.12: Fuglebestandens udvikling fordelt efter foretrukne fødeemner de første år efter etableringen af nye søer med hhv. moderat og høj næringsstofbelastning.

Første trin i ynglefuglebestandens udviklingsforløb vil være en tilgang af fugle, der lever af de invertebrater, som meget hurtigt indfinder sig. Typiske arter vil være skeand, gråstrubet og lille

lappedykker. Dernæst følger planteædende fugle knyttet til den ekspanderende undervandsvegetation. Dette vil typisk være blishøns og knopsvaner. De planteædende fugle vil nok indfinde sig noget før, der registreres en større fremgang i undervandsvegetations udbredelse. Dette hænger sammen med, at planterne i udbredelsesfasen kan holdes nede p.g.a. fuglenes græsning, dvs. der vil nok være en rimelig høj planteproduktion, men udbredelsen og dækningsgrad vil ikke nødvendigvis være stor. De planteædende fugle kan også være med til at begrænse de emergente makrofyters fremvækst (Krahulec m.fl., 1987). Endelig vil der i takt med, at fiskebestanden udvikles, blive basis for en fremgang af fiskeædende fugle, som f.eks. toppet lappedykker.

Alsønderup Enge er et veldokumenteret dansk eksempel på, hvorledes fuglebestanden har udviklet sig i en lavvandet retableret sø de første 3-4 år (Miljøstyrelsen/Skov- og Naturstyrelsen 1990; Quaade m.fl., 1991). Bestanden har her gennem de sidste 2-3 år været forholdsvis konstant, og der er ikke tegn på, at fuglebestanden skulle være for nedadgående. En reduceret bestand må dog, som også påpeget i Miljøstyrelsen/Skov- og Naturstyrelsen (1990), forventes i takt med, at invertebratfaunaen mindskes (Whitman, 1978).

Den senere udvikling i fuglebestanden vil i høj grad afhænge af søens eksterne belastning. Er belastningen moderat, vil den ovenfor skitserede udvikling kunne fortsætte, dog med en noget lavere bestandstæthed af især de invertebratædende fugle i takt med, at den organiske pulje i søbunden efterhånden omsættes. Er den eksterne næringsstofbelastning derimod høj, vil der efter en periode ske en markant nedgang i de planteædende fugle, og fugle, der lever af invertebrater knyttet til undervandsvegetation. Årsagen er, at primærproduktionen i højt belastede søer efterhånden fra at være domineret af undervandsplanter bliver domineret af planteplankton. Sammenhængen mellem udbredelsen af undervandsplanter og planteædende fugle er også påvist i Miljøstyrelsen (1991). Ved en ikke alt for høj belastning kan de fiskeædende fugle derimod nyde godt af, at mængden af fisk generelt stiger med stigende næringsstofftilførsel. Men hvis belastningen og dermed mængden af planteplankton bliver alt for høj, vil vandets dårlige sigtbarhed formentlig også virke hæmmende på de fiskeædende fugle, fordi de så ikke så let kan se byttet.

Udviklingen af fiskebestanden kan også indirekte påvirke fugleantallet, idet flere fiskearter konkurrerer med invertebratædende fugle om føden. Denne sammenhæng er bla. pointeret af Anderson (1986), der påpegede, at fiskene i næringsrige søer fødemæssigt kan udkonkurrere fuglene. De vekselvarme fisk har bla. fordel i at kunne tåle længere perioder uden føde eller ved at kunne overleve ved at æde detritus, mens fugle, som er varmblodede, har et højt energiforbrug og fødebehov også om vinteren.

3.8 Indgreb i den naturlige succession

En nydannet sø er et spændende økosystem, som i de fleste tilfælde bør gives frit løb i successionsprocessen. Der kan dog være

situationer, hvor man ønsker at gribe ind i forløbet.

Ønsker man for eksempel at optimere forholdene for fugle, kan en periodisk udtørring være en af plejeforanstaltningerne. Herved kan man fastlåse søen på et tidligt successionsstadium, som betinger gode forhold for fuglene. Tørlægning hvert 5-7 år synes i dette tilfælde at være hensigtsmæssigt (Whitman, 1978). Man kan dog næppe forvente, at der i løbet af f.eks. et års tørlægning kan nå at blive opbygget en lige så stor organisk pulje, som der var, da søen første gang blev dannet. Successionsforløbet efter en tørlægning må derfor forventes at blive mindre markant end første gang.

I andre tilfælde vil der måske være ønske/behov for at fremme successionsprocessen med henblik f.eks. på at undgå masseudvikling af dansemyg, og af ikter, der anvender snegle som mellemværter. Indgreb kan også komme på tale, hvis målsætningen er hurtigst mulig at opnå en balanceret fiskebestand med henblik f.eks. på kommerciel udnyttelse af fisk. Fiskebestandens sammensætning kan påvirkes ved opfiskning eller udsætning. Typisk vil antallet af småfisk kunne reduceres ved udsætning af store aborrer eller små og store gedder. Ved udsætning af disse fisk vil man samtidigt kunne reducere mængden af dansemyg og dermed en eventuel myggeplage og mængden af ikter, fordi snegleantallet formindskes. Også udsætning af undervandsplanter kan medvirke til til en hurtigere ligevægtsindstilling i fiskebestanden og økosystemet iøvrigt. Undersøgelser i Stigsholm Sø (Olofssen, upubl., Søndergaard m.fl., upubl.) og i Væng sø (Lauridsen m.fl., 1990) har vist, at fuglegræsning kan forsinke etableringen af undervandsplanter, men at dette kan afhjælpes ved at etablere refugier, hvor fuglene ikke har adgang (f.eks. bure af kyllingetråd).

Endeligt kan det også i meget lavvandede søer på længere sigt være nødvendig med plejeforanstaltninger overfor en ekspanderende rørskovsvegetation for at bevare det åbne vandspejl. Hornborgasjön i Sverige er et eksempel på denne problemstilling (Björk, 1988).

Det ligger dog uden for denne rapportes rammer at udarbejde detaljerede plejebeskrivelser, men det er et område, hvor der er behov for at øge vidensniveauet, så der i fremtiden kan gribes ind på en hensigtsmæssig måde.

4 Eksempler på udviklingsforløb i retablerede søer

Det følgende afsnit har til formål at give en række eksempler på udviklingsforløb samt den øjeblikkelige tilstand i retablerede søer. Definitionen af en retableret sø skal tages i bredeste forstand, idet der i flere tilfælde nærmere er tale om nye søer eller søer med en anden udformning, end der historisk set er belæg for.

Beskrivelsen af udviklingsforløbene tager udgangspunkt i en undersøgelse foretaget i 1990 i tre danske søer, som er dannet indenfor de sidste 3-8 år. De tre søer er Alsønderup Enge, dannet i 1986 (dog størstedelen tørlagt midlertidigt efteråret 1987), Ramsømagle Sø dannet omkring 1987 (dog i perioder mere eller mindre udtørret) og Smørmose dannet i 1982 (fig. 2.1). Undersøgelsen af de tre søer suppleres sidst i afsnittet med data og erfaringer fra andre danske og udenlandske undersøgelser.

Undersøgelsen af de tre retablerede søer omfattede en beskrivelse af vandkemi (kvælstof, fosfor, silicium, jern, suspenderet stof, pH, ledningsevne, farvetal og klorofyl *a*), planteplankton (bestemmelse og biovolumen), dyreplankton (bestemmelse og biomasse), fiskesammensætning (fiskeri med biologiske oversigtsgarn), undervandsplanter (artsliste og dækningsgrad langs transsektter) og fugle (tællinger).

Der blev foretaget ialt seks 6 prøvetagninger til vandkemi (marts-nov), fire prøvetagninger til plante- og dyreplankton (maj-sep), et oversigtsfiskeri (juli/august), en undervandsplantekaraktistik (juli/aug) samt en række fugletællinger (maj-sep).

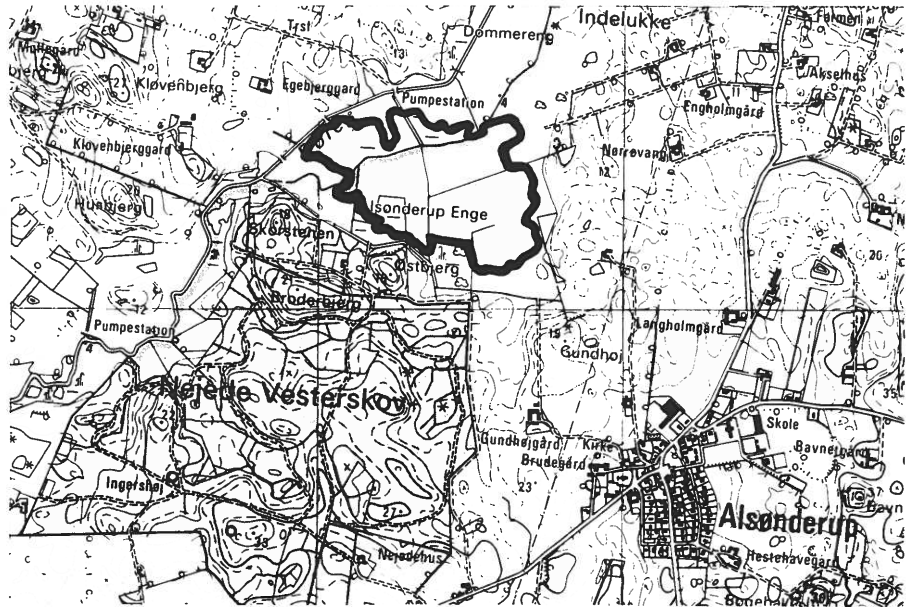
Vurderingerne i det følgende er således baseret på dette relativt spinkle datagrundlag samt på få data fra de tidligere år.

4.1 Alsønderup Enge

Beskrivelse

Alsønderup Enge ligger knap 10 km nordvest for Hillerød tæt ved Pøleåens udløb i Arresø (fig. 4.1.1). Søen er dannet i et tidligere engområde, der førhen blev afvandet ved bortpumpning af vand til Pøleåen. Området blev i 1987 udlagt som fuglereservat (se Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen, 1990).

Især på grund af forskellig pumpestrategi var vandstanden og dermed også søens udstrækning meget varierende i de første to år efter søens retablering. I 1987 varierede vandstanden således fra kote 3,8 m til tørlægning i efteråret ved kote 2,2 (Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen, 1990). Siden 1988 har man imidlertid tilstræbt en maksimal kote mellem 3,1 og 3,2 m. I 1989 varierede vandstanden således mellem kote 3,1 og 2,9, og i 1990 har vandstanden det meste af tiden ligget mellem kote 3,1 og 3,2, dog faldende til 2,9 i september. Den maksimale vandstand var i kote 3,7.

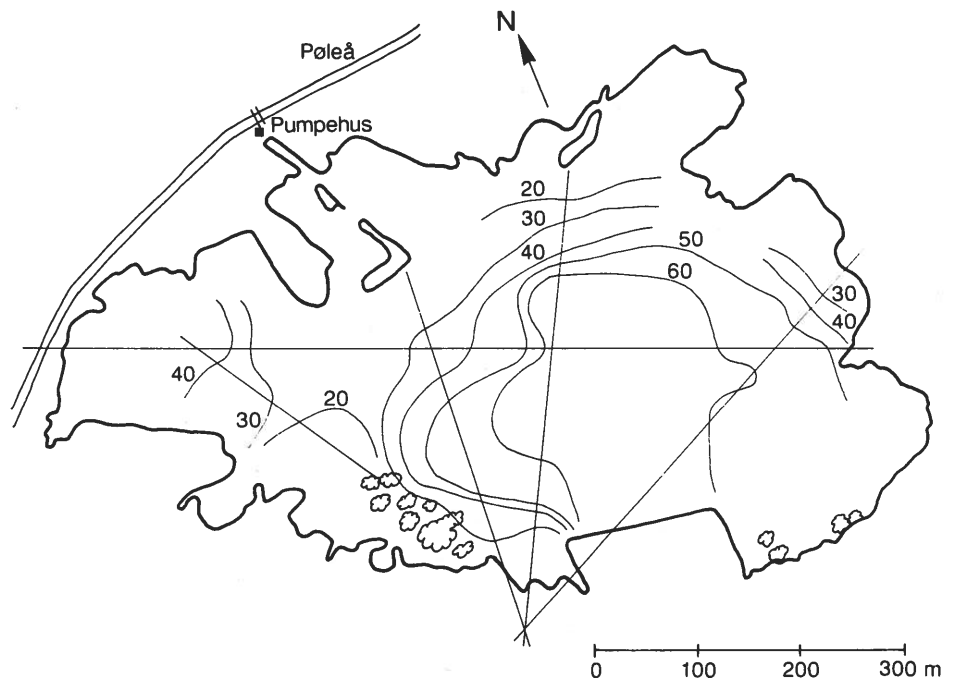


Figur 4.1.1: Alsønderup Enge. Målebordskort med angivet område af søen. Efter tilladelse nr. A-226/91 Kort- og Matrikelstyrelsen.

Søen har ikke noget egentlig tilløb, men der sker sikkert en indsivning fra grundvand og den nærliggende Pøleå, hvis vandspejl ligger ca. 1 meter over søens. Der er ikke noget afløb, bortset fra de perioder, hvor der er pumpet vand over i Pøleåen.

Den åbne vandflade af Alsønderup Enge udgjorde i april 1990 ca. 25 hektar. Denne udstrækning har holdt sig nogenlunde uændret i 1990, men er dog reduceret lidt i løbet af sommeren p.g.a. faldende vandstand. Dette gælder især områder i den vestlige del af søen.

Søen er lavvandet med en maksimaldybde på ca. 0,8 m ved en kote på omkring 3,0 ved dybdeopmålingen i juli/august 1990. Hovedparten af den centrale del af søen havde her en vanddybde mellem 0,3 og 0,6 meter (fig. 4.1.2). Rester af tidligere kanaler og tørvegrave betyder dog, at der enkelte steder er vanddybde på indtil 2 m.



Figur 4.1.2: Alsønderup Enge. Omtrentlig dybdekort (i cm) baseret på målinger langs transekter.

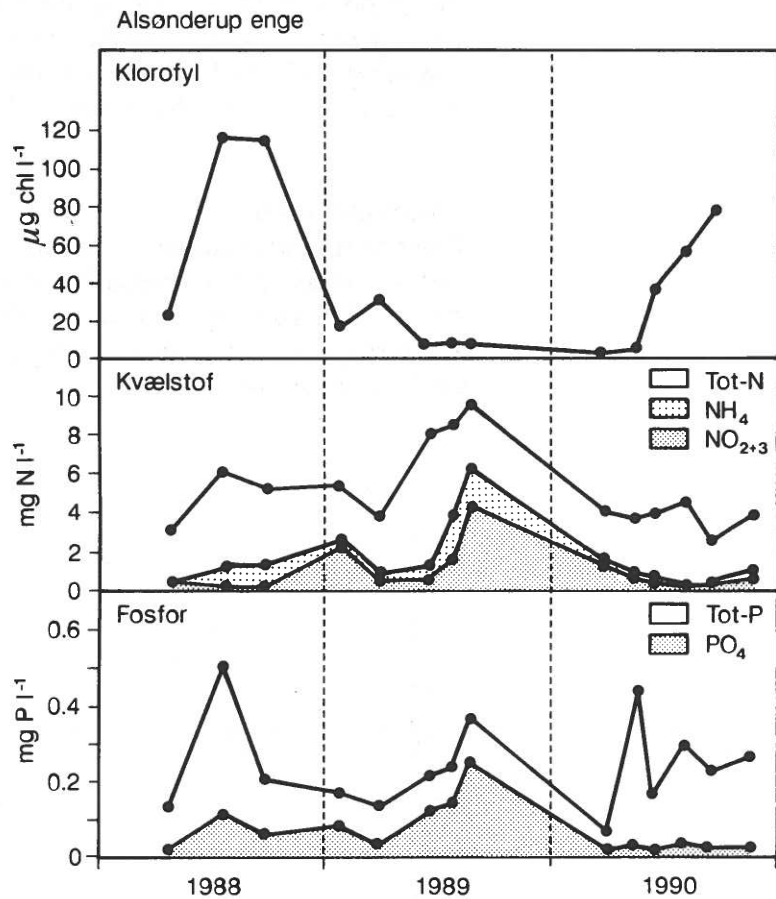
Ud fra 4 cm kort er det topografiske opland groft skønnet til 1 km² inkl. søarealet. Benyttes en afstrømningsværdi for Sjælland på 6 l

$s^{-1} km^{-2}$ og en arealkoefficient for opland med dyrket areal på $0,163 mg P l^{-1}$ (Kristensen m.fl., 1990) kan fosforbelastningen opgøres til $0,1 g P m^{-2}$ søverflade $år^{-1}$. Dette må antages at være en maksimumsværdi, fordi der i 1990 blev pumpet vand væk fra området, hvorfor grundvandsindsivningen formentlig har været lavere, end den man skulle forvente ud fra oplandsopgørelsen. Det er dog usikkert, i hvor høj grad der sker indsivning af næringsrigt vand fra Pøleåen.

Vandkemi

De følgende vandkemiske data baserer sig på analyser fra 1988 til og med 1990. Data fra 1988-89 er indsamlet af Frederiksborg amtskommune (Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen 1990). Prøverne er udtaget i pumpekanalen (1989/89) eller midt i søen (1990).

Næringsstofindholdet i søen har gennem denne 3 års periode generelt været forholdsvis højt (fig. 4.1.3). Allerede i 1988, der på trods af den kortvarige tørlægning i efteråret 1987, må betragtes som søens 2. vækstsæson, blev der målt totalfosforkoncentrationer mellem $0,14$ og $0,51 mg P l^{-1}$ og totalkvælstofkoncentrationer mellem $3,1$ og $6,1 mg N l^{-1}$.



Figur 4.1.3: Alsønderup Enge. Vandkemiske analyser fra 1988-1990. Data fra 1988-89 er efter Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen (1990).

Med forbehold for det beskedne antal analyser var der tendens til, at både fosfor og kvælstofindholdet var højest i sommerperioden. Dette gælder især for 1988 og 1989, og eftersom den eksterne næringsstof-tilførsel ikke har været højere på dette tidspunkt, må forøgelsen skyldes intern næringstoffrigivelse, der formentlig stammer fra nedbrydningen af organisk materiale på søbunden.

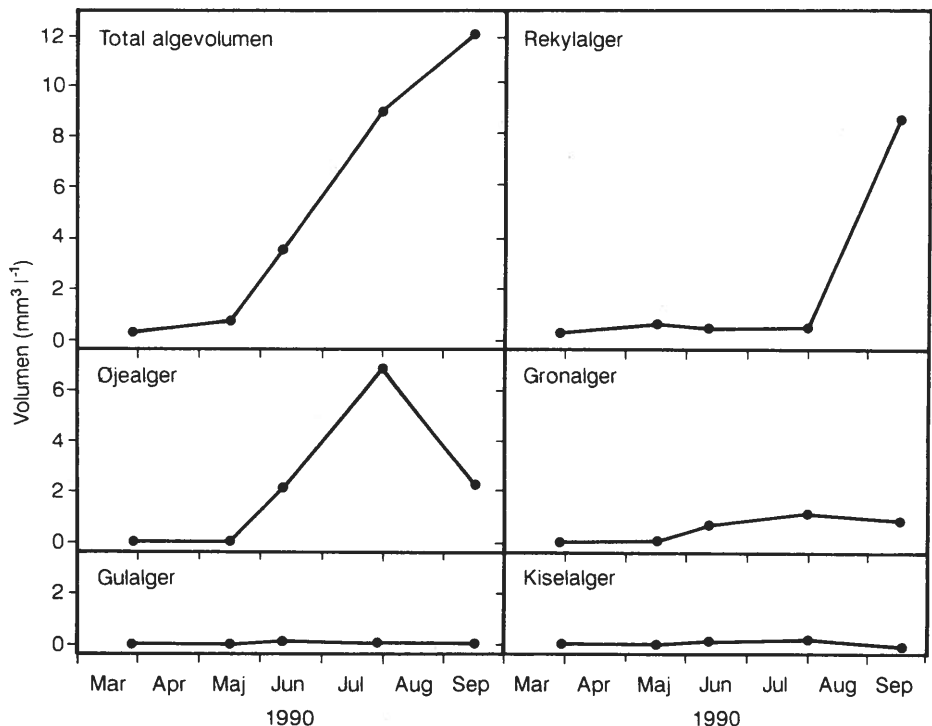
I 1990 har der været et noget lavere indhold af uorganisk kvælstof og fosfor, mens totalfosforindholdet synes uændret. Denne udvikling kan være et udtryk for, at makrofytoproduktionen og næringsstoffoptagelsen efterhånden øges og måske også, at puljen af letomsætteligt organisk materiale efterhånden mindskes, så den interne næringsstoffrigivelse også mindskes. Næringsstoffkoncentrationerne var i 1990 dog stadig høje nok til, at disse ikke har været begrænsende for væksten af planteplankton.

Klorofyl *a*-koncentrationen, der er et udtryk for planteplanktonbiomassen, har været meget varierende med høj sommerværdi i 1988 og 1990, men med lave koncentrationer i 1989. Eftersom planteplanktonet ikke har været næringsstoffbegrænset i perioden, skal denne udvikling formentlig ses i relation til græsningstryk fra dyreplankton. Der foreligger ingen informationer vedrørende dyreplanktonet i 1988 og 1989, men udviklingen kan måske skyldes, at det større dyreplankton i 1988 ikke havde nået at slå ordentlig an før i efteråret. I 1990 var klorofyl *a*-indholdet lavt indtil juni/juli, hvorefter den steg markant. Dette stemmer godt overens med, at mængden af dyreplankton og dermed græsning på planteplanktonet var høj i foråret og lav om sommeren (se nedenfor).

På grund af opløste humusstoffer, der frigives fra organisk materiale på bunden af søen, havde søvandet et forholdsvis højt farvetal (omkring 200 mg Pt l⁻¹) og en brunlig farve. Farvetallet var dog ikke højere end, at sigtdybden var til bunden hele sommeren.

Planteplankton

Planteplanktonbiomassen var lav det meste af sommeren, dog stigende i løbet af sommeren for at opnå en maksimal biomasse på 12 mm³ l⁻¹ i august (fig. 4.1.4). Samme forhold viser sig for klorofyl *a*-koncentrationen, der steg fra 6 µg l⁻¹ i maj til 37 µg l⁻¹ i juni og 79 µg l⁻¹ i september.



Figur 4.1.4: Alsønderup Enge. Planteplanktonbiomasse af betydende algeklasser.

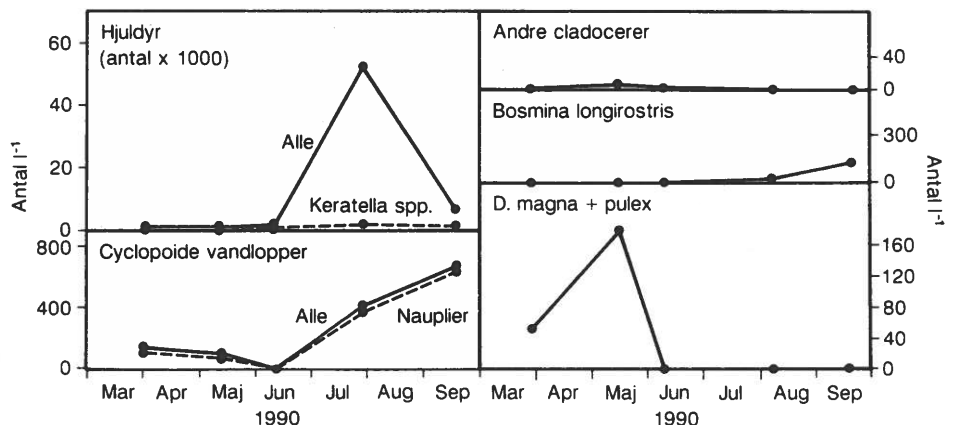
Algebiomassen var især i første halvdel af sommeren lav i forhold til den biomasse, man ser i søer med tilsvarende fosforkoncentration. Dette forhold skal ses i relation til mængden af dyreplankton, der på dette tidspunkt opnåede en betydelig biomasse og dermed filtreringskapacitet (se næste afsnit).

Dominerende var øjealger med forskellige arter af *Phacus*, *Euglena* og *Trachellomonas*, samt i september også rekylalger med *Cryptomonas reflexa* som dominerende (fig. 4.1.4). Eneste anden betydende algeklasse var grønalger, som især bestod af slægterne *Carteria* og *Pandorina*.

Typisk for planteplanktonets sammensætning i Alsønderup Enge var således flagellaterne, idet alle de ovenstående slægter er bevægelige ved hjælp af flageller. Mange flagellater henføres til opportunisterne blandt alger, dvs. arter som er tilpasset nye og omskiftelige forhold. Dette udtrykker således, at Alsønderup Enge stadigvæk synes inde i skiftende faser med hensyn til livsvilkår. Endvidere er mange af de registrerede algeslægter i stand til at leve mere eller mindre heterotroft, dvs. at de er i stand til at udnytte de opløste organiske forbindelser, der frigives i forbindelse med forrådnelsen af døde plantedele på bunden af søen.

Dyreplankton

Dyreplanktonet var karakteriseret ved store former i marts-maj og meget små former i juni-september (fig. 4.1.5). I foråret var de meget store dafnier, *Daphnia magna* og *D. pulex* således tilstede i et relativt stort antal (op til 180 indiv. l⁻¹). Disse arter, som kan blive 2-3 mm store, kan yde et stort græsningstryk på planteplanktonet, hvilket som nævnt tidligere forklarer det lave klorofylindhold i denne periode. Desuden er de i stand til helt eller delvist at udkonkurrere de små arter af cladocerer og hjuldyr. Snabedafnien *Bosmina longirostris* og hjuldyrene, som dominerede senere på sommeren, var da også kun tilstede i lavt antal i denne periode. *D. magna* og *D. pulex* forekommer især i søer med et ringe predationstryk fra fisk, idet de på grund af deres størrelse er særligt udsatte for at blive ædt af fisk. De to arter forsvandt næsten helt i juni-september, hvilket kan forklares ved at rekrutteringen af fisk, især skalle, i 1990 var god. Disse fisk begynder i juni at æde det større dyreplankton og herefter forekom især hjuldyr talrigt i planktonet. Overvejende arter af slægterne *Polyarthra*, *Anureopsis*, *Filinia* og *Keratella* dominerede i nævnte rækkefølge. Hjuldyrene er kun tilgængelige som føde for fiskeyngelen i de første uger af fiskenes liv.



Figur 4.1.5: Alsønderup Enge. Antal af betydende dyreplankton-grupper.

De små former af cladocerer (især *Bosmina longirostris*) forekom i lave tætheder i juni-september, hvilket også tyder på et højt predationstryk fra fisk. Vandlopperne var helt domineret af cyclopoide arter, hvis ungdomsstadier, nauplierne, var tilstede i stort antal i august og september. Derimod var antallet af copepoditter ("halvvoksne") og voksne lavt, hvilket igen må forklares ved predation fra fisk, da deres foretrukne føde, der udgøres af flagellater og hjuldyr, var tilstede i rigeligt mål og derfor næppe har været begrænsende. Tætheden af calanoide vandlopper var lav.

Undervandsplanter

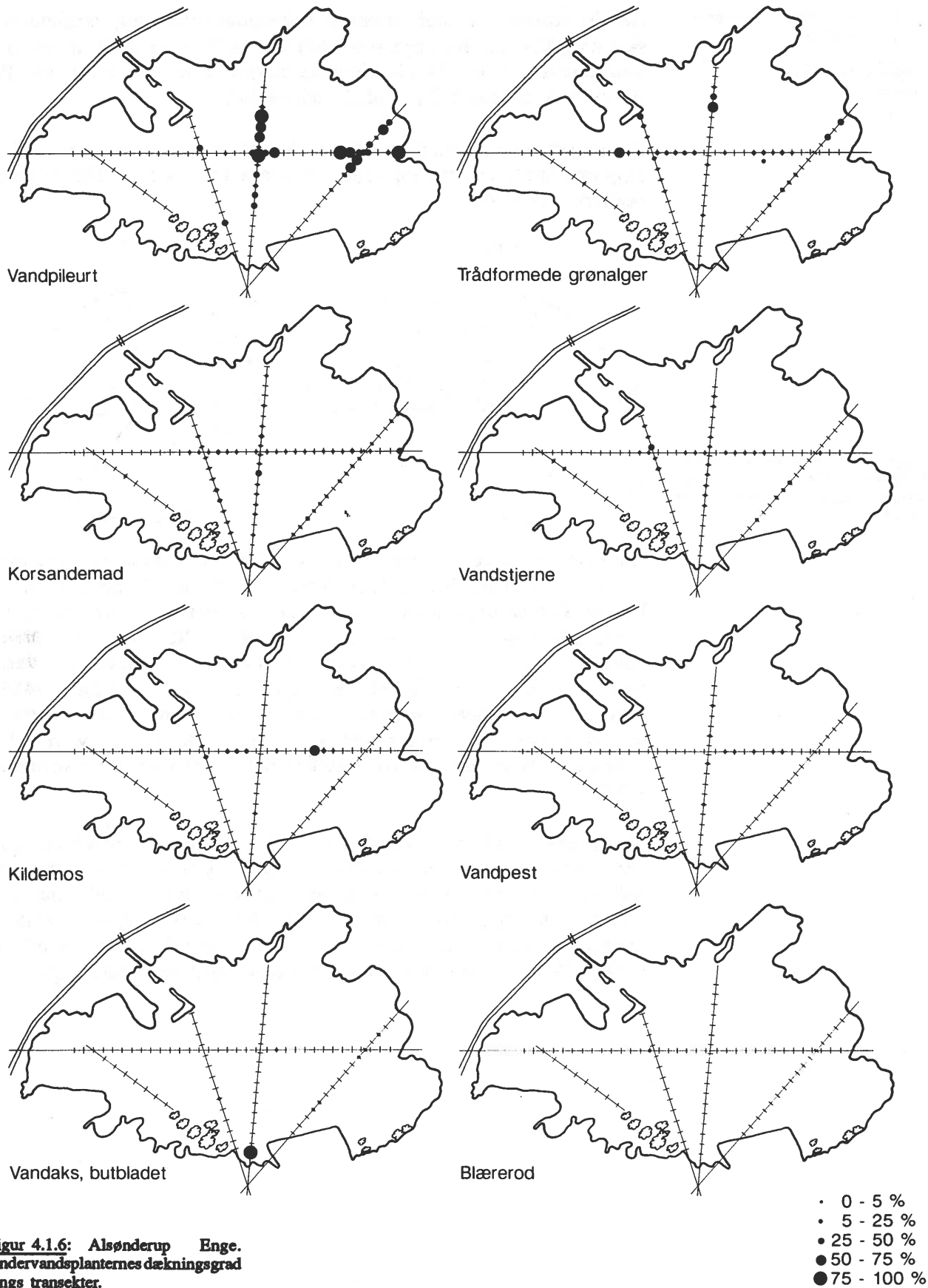
På de fem transsektorer udlagt til at repræsentere søen, blev der i alt registreret 9 arter af vandplanter (tabel 4.1.1). De fleste arter var koncentreret i de dybere områder af søen, evt. p.g.a. den varierende vandstand, der har forsinket og vanskeliggjort koloniseringen af de lavvandede og temporære udtørrede områder.

Tabel 4.1.1. Undervandsplanter, Alsønderup Enge, august 1990

vandpest
vandpileurt
kors andemad
slank blærerod
(fladfrugtet) vandstjerne
butbladet vandaks
alm. kildemos
paddeleg
trådformede grønalger

Vandpileurt var den mest udbredte, især i de midterste og østligste dele, hvor den voksede i store sammenhængende bestande (fig. 4.1.6). I disse områder var vandpileurt totalt dominerende og dækkede hele vandoverfladen. Herudover fandtes også korsandemad, vandstjerne og trådformede grønalger de fleste steder, men sjældent i en dækningsgrad, der oversteg 5-25%. Almindelig kildemos, vandpest og butbladet vandaks forekom i nogle af de dybe områder, men ikke i større mængder. Slank blærerod blev kun registreret på én lokalitet, og det samme gælder paddeleg, der blev fundet fasthæftet til en drivende gren.

I forhold til vegetationsundersøgelsen foretaget medio september 1989 (Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen 1990) er der sket en markant udvikling. I 1989 blev der således kun registreret en sparsom udviklet undervandsvegetation bestående af vandstjerne. Vandpileurt derimod fandtes allerede i 1988 og 1989 i store bevoksninger og dækkede henholdsvis 40-50% og ca. 15% af den åbne vandflade. Årsagen til vandpileurtens store dækningsgrad så tidligt som i 1988 er formentlig, at den som fugtigbundsplante allerede fandtes i dele af området før søens dannelse. Udviklingen fra 1989 til 1990 tyder på, at søen i øjeblikket er inde i en fase, hvor undervandsplanterne begynder at spille en større rolle. De mange planteædende fugle har måske været med til at begrænse denne udvikling indtil nu. Samtidigt kan rastende grågæs og sangsvaner dog også være med til at begrænse rørskovens vækst og dermed øge undervandsplanternes mulige arealudbredelse.



Figur 4.1.6: Alsønderup Enge.
 Undervandsplanternes dækningsgrad
 langs transekter.

Fisk

Fiskesammensætningen i Alsønderup Enge blev undersøgt ved opsætning af 6 biologiske oversigtsgarn natten over den 31.7 til 1.8. Garnene blev placeret, så de dækkede repræsentative områder af søen.

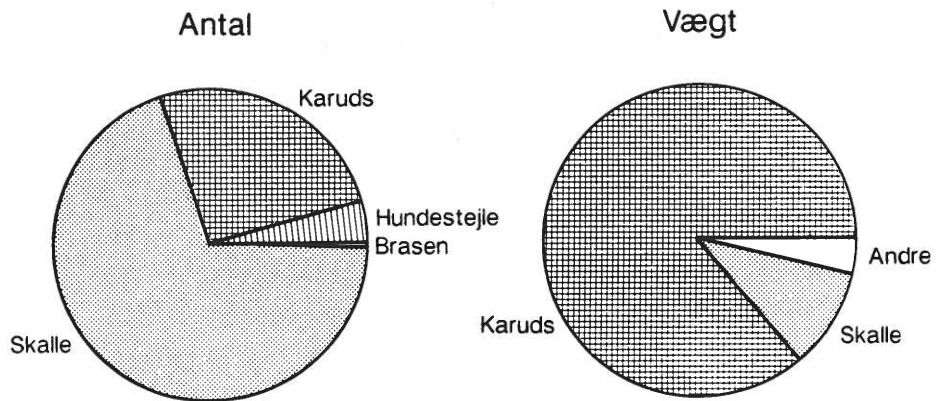
Tabel 4.1.2. Fisk, Alsønderup Enge, juli 1990.

nipigget hundestejle
karuds
skalle

Antalsmæssigt var den relative fiskesammensætning domineret af skalle og karuds, der udgjorde henholdsvis 70% og 26% af det totale fangstantal (fig. 4.1.7). Hundestejle udgjorde de resterende 4%. Brasen blev kun fanget i et enkelt eksemplar.

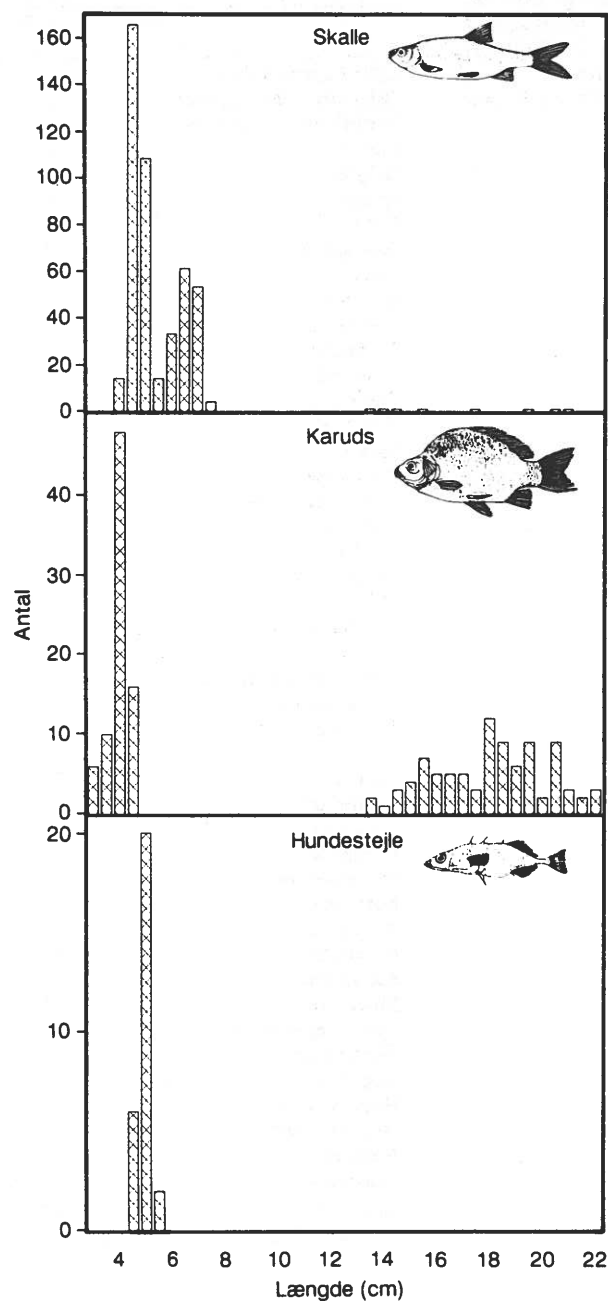
Biomassemæssigt dominerede karudserne imidlertid næsten totalt og udgjorde 86% af den samlede biomasse (fig. 4.1.7). Her udgjorde skallerne kun 10%.

Figur 4.1.7: Alsønderup Enge. Fiskesammensætning ved fangst med biologiske oversigtsgarn, antal og vægt.



Karudsernes store biomasseandel skyldes en bestand af forholdsvis mange store fisk, især i længderne fra 15 til 20 cm (fig. 4.1.8). Denne aldersgruppe udgøres enten af fisk, der er tilført udefra efter søens dannelse, for eksempel fra Pøleåen, eller fisk, der allerede fandtes i kanaler og tørvegrave, da søen blev dannet. Udover en bestand af 3-5 cm lange fisk, der består af yngel fra dette år (1990), blev der ikke fanget karudser mellem 5 og 13 cm længde. Dette tyder på, at ynglesuccessen blandt karudserne tidligere har været dårlig eller også, at karudserne først er kommet ind i søen efter sommeren 1989.

Skallernes beskedne biomasseandel på trods af antalsmæssig dominans skyldes, at bestanden altovervejende bestod af 4-7 cm lange fisk (fig. 4.1.8). Denne længdegruppe udgøres af fisk klækket i foråret 1989 (6-7 cm) og foråret 1990 (4,5-5cm). Begge disse aldersgrupper er formentlig vokset op i søen, svarende til at der allerede i 1988/89 har været en indvandring af kønsmodne skaller til søen.



Figur 4.1.8: Alsønderup Enge. Længdefrekvensfordeling af betydende fiskearter fanget med biologisk oversigtsgarn.

Fugle

Fuglebestandens udvikling i Alsønderup Enge før og efter søens dannelse (perioden 1984-1989) er udførligt beskrevet i Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen (1990), samt for 1990 i Quaade m.fl. (1991). Dette afsnit omhandler derfor kun de overordnede udviklingstendenser.

Fuglebestanden steg efter retableringen i 1986 markant både i antal individer og antal arter. Antallet af ynglende fuglearter steg således fra 8 i 1986 til 38 i 1989, mens antallet af ynglepar steg fra 20 til 220. Den største ændring fandt sted fra 1986 til 1987, dvs. umiddelbart efter søens etablering (tabel 4.1.3).

Tabel 4.1.3. Oversigt over det skønnede antal af ynglefugle på Alsønderup Enge 1984-90 (fra Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen, 1990 og Quaade m.fl. 1991).

	1984	1986	1987	1988	1989	1990
Lille Lappedykker			4	5	7-10	15-20
Gråstrubet lappedykker		3	18	15	25-32	25-28
Sorthalset lappedykker			6			3
Knopsvane		1		1	1	1
Grågås					2	2-3
Gråand	4	1	25	25	15-35	20-35
Gravand	3			5		
Atlingand		2	2	2	1	2-4
Krikand			3	2	2-4	2-4
Knarand				1	1	2-4
Skeand			5	10	10-12	2-10
Spidsand						1
Troldand				6	4-6	1-6
Taffeland				2	3-6	2-6
Tårnfalk				1	1	1
Fasan			10	10	10	10
Vandrikse		1	2	4	3-6	8
Plettet Rørvagtel			3	2	1	
Rørhøne			10	6	12-15	12-15
Blishøne		2	50	40	37-42	60
Strandskade			1			
Vibe	15	5	20	20	17-20	18-20
Ll. Præstekrave			2	2	2-3	2
Rødben			2	3	3-5	1
Dobbeltbekkasin		4	20	15	8	4-6
Almindelig ryle						0-1
Brushane			2		2-4	2-4
Gøg			4	4	4	2-4
Sanglærke		13	15	10	15	10
Landsvale			1	1	1	1
Gråkrage						2-3
Husskade				2	2	3
Gærdesmutte						2
Nattergal	1	3	3	1	4	2
Bynkefugl	5	5	6	10	15	10-15
Rørsanger		17	2	4	8	7-8
Kørsanger		5	2	15	15	10-15
Sivsanger		1	1		1	
Græshoppesanger		1			1	1
Tornsanger		3	7	8	12	9
Engpiber	10	4	15	1	9	1
Hvid Vipstjert			1	1	3	1
Gul Vipstjert					2	1-2
Bomlærke			2			
Gulspurv		3	3	5	7	5
Rørspurv		28	10	20	15	10-15

Især arter tilknyttet vådområder, herunder lappedykkere, svømmeænder og vadefugle steg i antal. Eksempelvis steg antallet af gråstrubet lappedykker fra 3 par i 1986 til 32 par i 1989.

I 1990 er den ynglende fuglebestand næsten uændret i forhold til 1988 og 1989 (tabel 4.1.3). Der har dog i forhold til 1989 været tale om en mindre stigning i antallet af lille lappedykker fra 7-10 til 15-20 og i antallet af blishøns fra ca. 40 til 60. Disse ændringer kan dog være klimatisk betingede. Fremgangen af lille lappedykker tyder på, at fødemulighederne, der især omfatter invertebrater, stadigvæk er gode, mens fremgangen i antallet af ynglende blishøns kan ses i relation til den forøgede udbredelse af undervandsvegetation. Lille lappedykker blev i 1990 endvidere iagttaget fouragerende på småfisk. Desuden er spidsand for første gang registreret som ynglende mens sorthalset lappedykker, der sidst blev registreret i 1987, nu er tilbage igen. Dobbeltbekkasin er den eneste art der har haft tilbagegang, en udvikling der er fortsat siden 1987.

Sammenfatning og perspektivering

Alsønderup Enge er lavvandet og præget af en stor og artsrig fuglebestand. Næringsstofindholdet i søen er højt p.g.a. en intern næringsstoffrigivelse, men planteplanktonmængden var i 1990 forholdsvis lav den første del af sommeren p.g.a. en stor græsningseffekt fra dyreplankton. Senere på sommeren forsvandt de store dyreplanktonarter p.g.a. en forøgelse i mængden af småfisk, især skalle og karuds, der æder dyreplankton. Vandplanterne synes godt på vej ind i søen. Den dominerende art er indtil videre vandpileurt, men en række submerse arter findes også over størstedelen af søen.

I de kommende år forventes en forsat udvikling i undervandsplanterne i retning af en større dækningsgrad og på lidt længere sigt også andre og flere arter. Fiskebestanden forventes ligeledes at ændre sig, her i retning af en mere jævn aldersfordeling i takt med at de unge årgange, som i øjeblikket dominerer, vokser op. Græsningstrykket på dyreplanktonet vil derfor ikke aftage. Såfremt den eksterne næringsstofbelastning ikke ændres, vil belastningen være så lav, at undervandsplanterne også fremover vil kunne dække store dele af søen. Dermed vil søen forblive forholdsvis klarvandet. Der er ikke noget, der tyder på, at fuglebestanden, der siden 1987 stort set har været uændret, skulle være på retur. På den anden side må man, på basis af erfaringer fra lignende projekter (se også afsnit 3), og som også konkluderet i Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen (1990), forvente en vis nedgang i fuglebestanden i takt med en nedgang i mængden af især invertebrater. Til gengæld vil en øget undervandsvegetation muliggøre en større bestand af plantelevende fugle. Den lave vanddybde overalt i søen betyder, at der på lidt længere sigt er risiko for, at større arealer gror til med rørskovsplanter og pilebuske.

4.2 Ramsømagle Sø

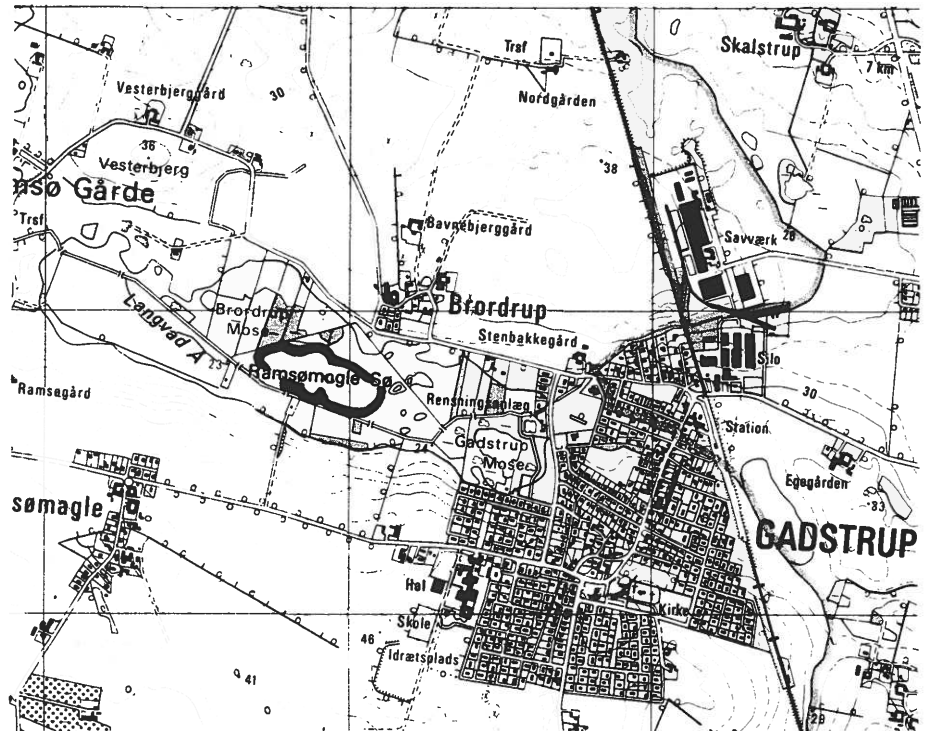
Beskrivelse

Ramsømagle Sø ligger i Ramsødalen ved Gadstrup knap 10 km syd for Roskilde (fig. 4.2.1). Fra gammel tid lå her Ramsø Sø, der dog blev afvandet i 1804 (Hovedstadsrådet 1987). Det vanddækkede område (Ramsømagle Sø), der i dag udgør en del af den tidligere Ramsø Sø, indgår i et fredningsforslag, der omfatter store arealer af Ramsødalen samt et forslag om retablering af en ca. 11 hektar stor sø (Hovedstadsrådet 1987).

Søen opstod i løbet af firserne, efter at afvandingen i løbet af halvfjerdsenerne var blevet stadig dårligere og den landbrugsmæssige udnyttelse af området var ekstensiveret. Fra ca. 1987 har søen været mere eller mindre permanent, omend med varierende størrelse p.g.a. lav vandstand i sommerperioder (Anders Nielsen, pers. medd). I løbet af prøvetagningsperioden fra marts til august 1990 faldt vandspejlet således med 21 cm.

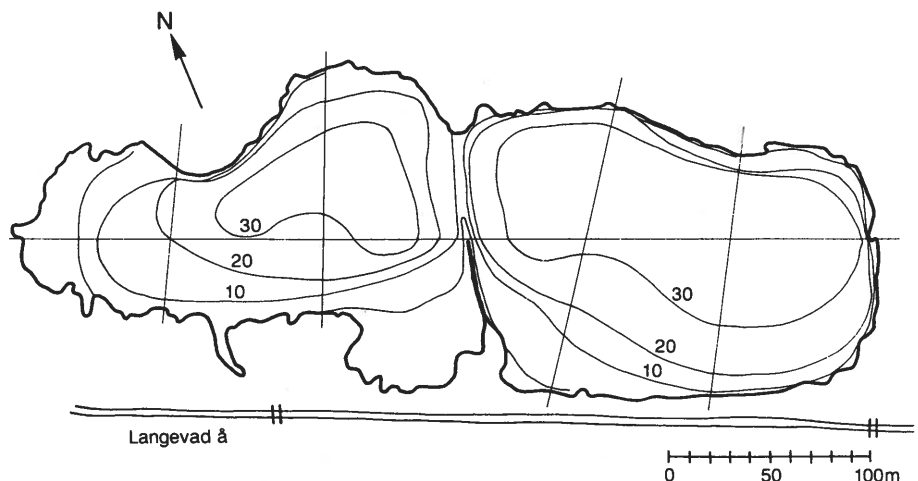
Der er ikke noget direkte tilløb til søen, men der kan evt. ske en vis indsivning, bl.a. fra Langvad å, der løber parallel med søen, kun adskilt af en 10-20 m jordbræmme. Ved høj vandstand sker der i øjeblikket afløb til Langevad å via et rør. Københavns Vand-

forsyning har en boring tæt ved søen.



Figur 4.2.1: Ramsømagle Sø. Målebordskort med angivet område af søen. Efter tilladelse nr. A-226/91 Kort- og Matrikelstyrelsen.

Søen er særdeles lavvandet. På prøvetagningstidspunktet d. 1. august oversteg vanddybden ingen steder 40 cm, og de fleste områder havde en vanddybde mellem 20 og 35 cm (fig. 4.2.2). Store dele af den sydlige vig (tættest ved nedkørslen) var mere eller mindre udtørret, og det samme gjaldt de vestlige dele af søen. Vandstanden faldt fra 75 cm (målt ved eget vandstandsbræt) d. 29.3. til 68 cm d. 17.5. og til 54 cm d. 31.7. Den 29.3. blev der målt en vandføring på 7,5 l/s i afløbet, men i den resterende måleperiode har der ikke været vand i afløbet.



Figur 4.2.2: Ramsømagle Sø. Omtrentlig dybdekort (i cm) baseret på transektermålinger.

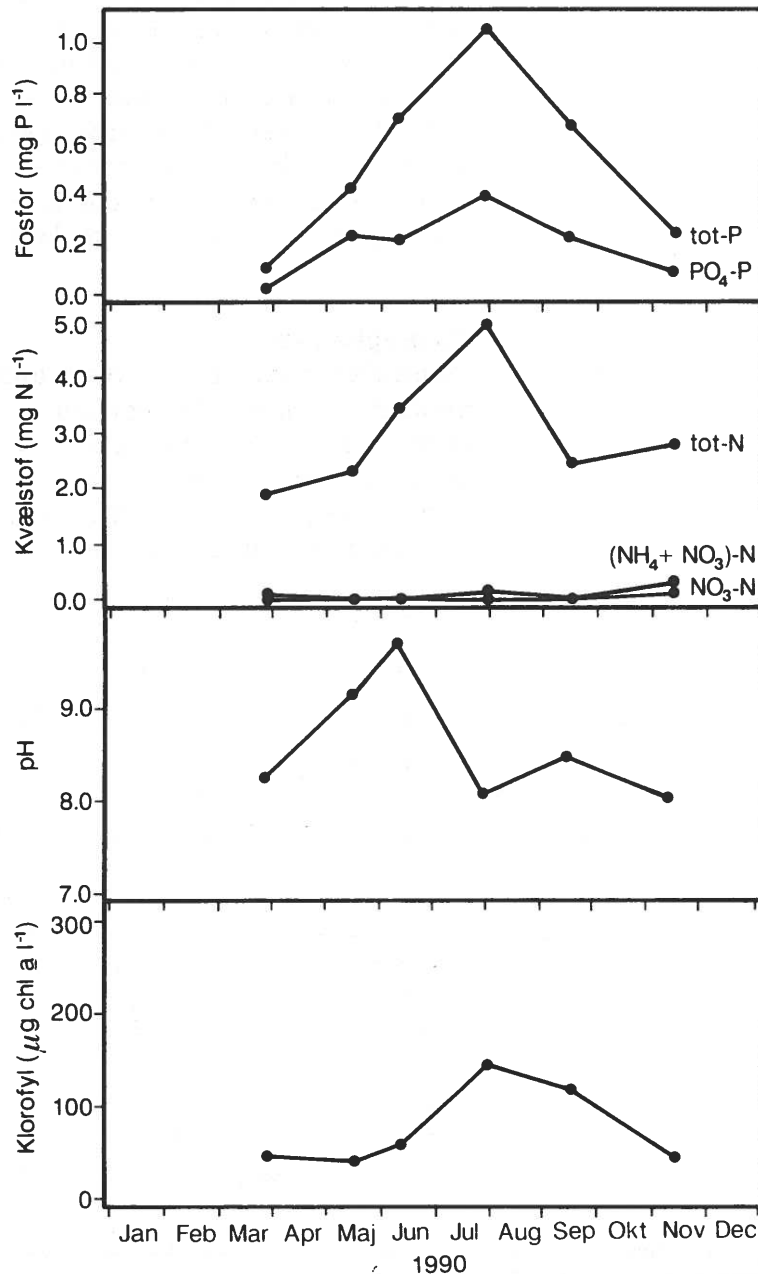
I april 1989 udgjorde de åbne vandflader omkring 4,6 hektar (opmålt på basis af flybilleder). Ved prøvetagningen og dybdemålingerne i slutningen af juli 1990 var vandstanden lavere, og vandfladen har formentlig maksimalt udgjort 4 hektar.

Ud fra 4 cm kort er det topografiske opland groft skønnet til 2 km² inkl. søarealet. Benyttes en afstrømningsværdi for Sjælland på 6 l s⁻¹ km⁻² og en arealkoefficient for områder med dyrkede arealer på

0,163 mg P l⁻¹ (Kristensen m.fl., 1990), kan fosforbelastningen opgøres til 0,3 g P m⁻² år⁻¹. Ud fra de få vandføringsmålinger kan vandføringen i 1990 groft opgøres til gennemsnitlig 1,8 l s⁻¹, dette svarer med ovennævnte arealkoefficient til en belastning på 0,2 g P m⁻² år⁻¹. Det må dog understreges, at begge værdier er bestemt med stor usikkerhed.

Vandkemi

Næringsstofindholdet i søen var højt gennem hele sommeren 1990 med maksimumkoncentrationer af totalfosfor på 1,1 mg P l⁻¹ og af totalkvælstof på 5,0 mg N l⁻¹ (fig. 4.2.3). Der var en tydelig sæsonmæssig variation med højeste værdier i juli. Eftersom søen ikke har haft nogen tilløb i denne periode, svarer denne stigning til en betydelig intern næringsstofbelastning. Den faldende vandstand betyder dog, at der er sket en vis opkoncentrering. En stor fosfordel findes som orthofosfat, så fosfor har ikke været begrænsende for planteplanktonproduktionen i søen.



Figur 4.2.3: Ramsømagle Sø. Vandkemiske analyser.

Derimod har indholdet af uorganisk kvælstof været lav det meste af perioden og kan have været begrænsende for planteplanktonproduktionen. Nitrat + nitrit-koncentrationen var under $0,01 \text{ mg N l}^{-1}$ og ammoniumkoncentrationen mellem $0,01$ og $0,15 \text{ mg N l}^{-1}$.

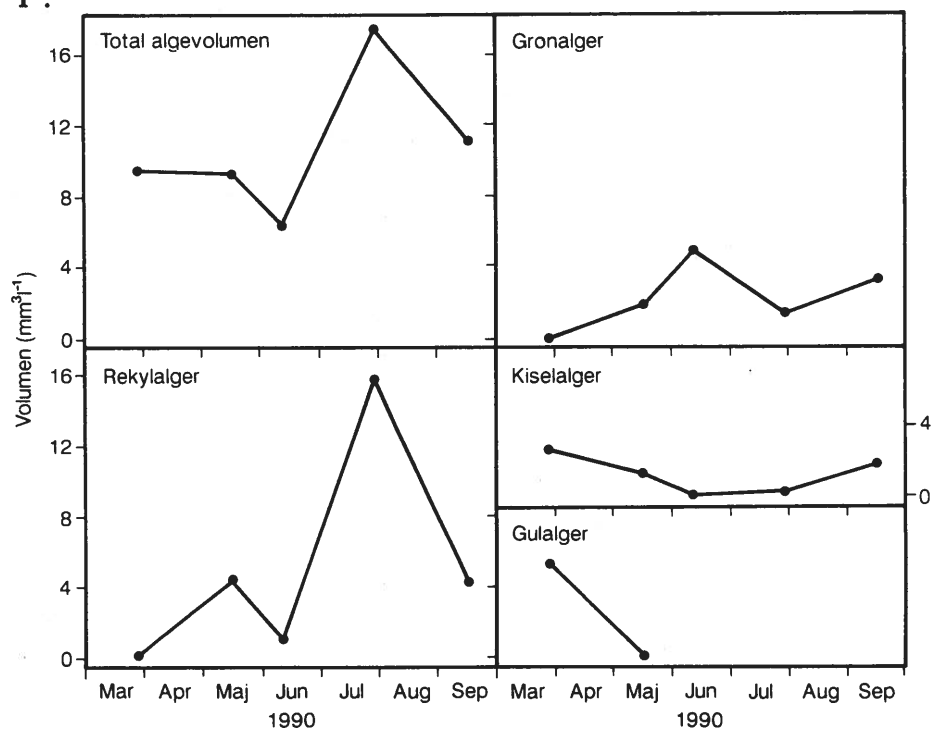
pH-værdien var høj, især i maj/juni med værdier mellem 9 og 10. Klorofyl *a*-indholdet opnåede imidlertid først maksimum sidst på sommeren, så de høje pH-værdier falder formentlig nærmere sammen med en stor fremvækst og primærproduktion af makrofyter først på sommeren end med høj vækst af planteplankton.

På trods af det høje klorofyl *a*-indhold med værdier op til $150 \mu\text{g l}^{-1}$ i sommerperioden og et højt farvetal p.g.a. opløste humusstoffer var sigtddybden p.g.a. den lave vanddybde dog hele tiden til bunden.

En enkel vandkemisk analyse fra d. 23. juni 1988 viste en totalfosforkoncentration på $0,48 \text{ mg P l}^{-1}$, og heraf udgjorde orthofosfat $0,45 \text{ mg P l}^{-1}$ (Roskilde amtskommun, upub.). Denne store andel, som orthofosfat udgjorde af fosforindholdet, tyder på, at der har været en stor intern belastning. Af total kvælstof med en værdi på $2,0 \text{ mg N l}^{-1}$ udgjorde uorganisk kvælstof derimod kun $0,03 \text{ mg N l}^{-1}$. Klorofyl *a*-koncentrationen blev målt til $33 \mu\text{g l}^{-1}$, mens pH blev målt til 9,2. Den relative lave planteplanktonbiomasse samtidigt med et højt pH tyder på, at der allerede i 1988 var en høj primærproduktion i søen, men at produktionen også dengang var baseret på makrofyter og ikke på planteplankton.

Planteplankton

Planteplanktonbiomassen var forholdsvis konstant gennem hele perioden fra marts til september (fig. 4.2.4). De få prøvetagninger betyder dog, at der godt kan have været større variation, som feks. tendensen til et typisk forsommerminimum først på sommeren ved prøvetagningen i juni. Største biomasse fandtes i juli/august ($18 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$). Dette var sammenfaldende med et klorofyl maksimum på $146 \mu\text{g l}^{-1}$.

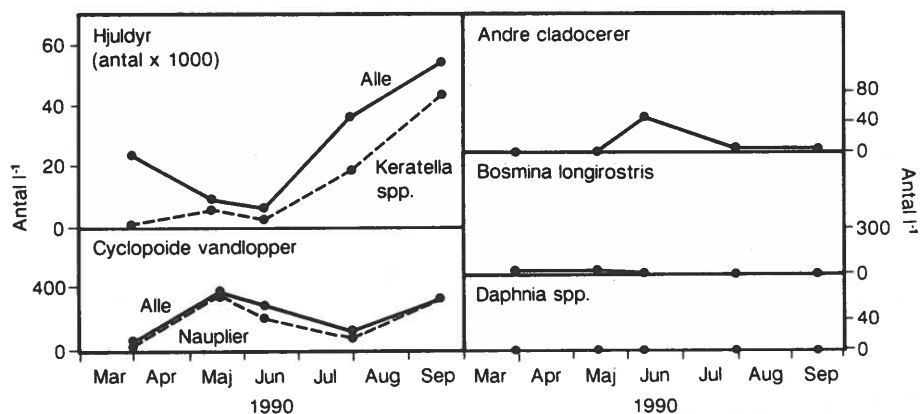


Figur 4.2.4: Ramsømagle Sø. Plantepilanktonbiomasse af betydende algeklasser.

Algesammensætningen i Ramsømagle Sø var ligesom i Alsønderup Enge domineret af flagellater. Domierende var rekyalger, dog med islet af grønalger, kiselalger, øjealger og gulalger. Rekyalgerne bestod især af *Cryptomanas reflexa*, der f.eks. udgjorde 16 ud af en total på $18 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ ved maksimumet i juli/august. Grønalgerne bestod af mange forskellige arter, men med dominans af *Pandorina*, *Chlamydomonas* (der begge er bevægelige ved hjælp af flageller) og *Scenedesmus*. Kiselalgerne bestod især af *Stephanodiscus*, øjealgerne af *Trachellomonas* og *Euglena* og gulalgerne af *Syncrypta*.

Dyreplankton

Dyreplanktonet var helt domineret af små arter. Antallet af cladocerer var overordentligt lav og domineret af arter, som er tilknyttet vegetationen (fig. 4.2.5). Dette peger dels på et stort predationstryk fra fisk og er dels et udtryk for søens veludviklede undervandsvegetation. Det samme gælder fordelingen af vandlopper. Disse bestod udelukkende af cyclopoide arter (*Eucyclops sp.* og *Mesocyclops leucarti*), og som i Alsønderup Enge var nauplierne tilstede i moderat høj tæthed, medens copepoditter og voksne, som er mere udsatte for predation fra fisk, forekom i lave tætheder. Hjuldyrene var helt dominerende og forekom i juli-september i overordentligt høje tætheder ($50.000 \text{ ind. l}^{-1}$). Blandt hjuldyrene var slægterne *Keratella*, *Anureopsis*, *Polyarthra*, *Synchaeta* og *Brachionus* antalsmæssigt dominerende.



Figur 4.2.5: Ramsømagle Sø. Antallet af betydende dyreplankton-grupper.

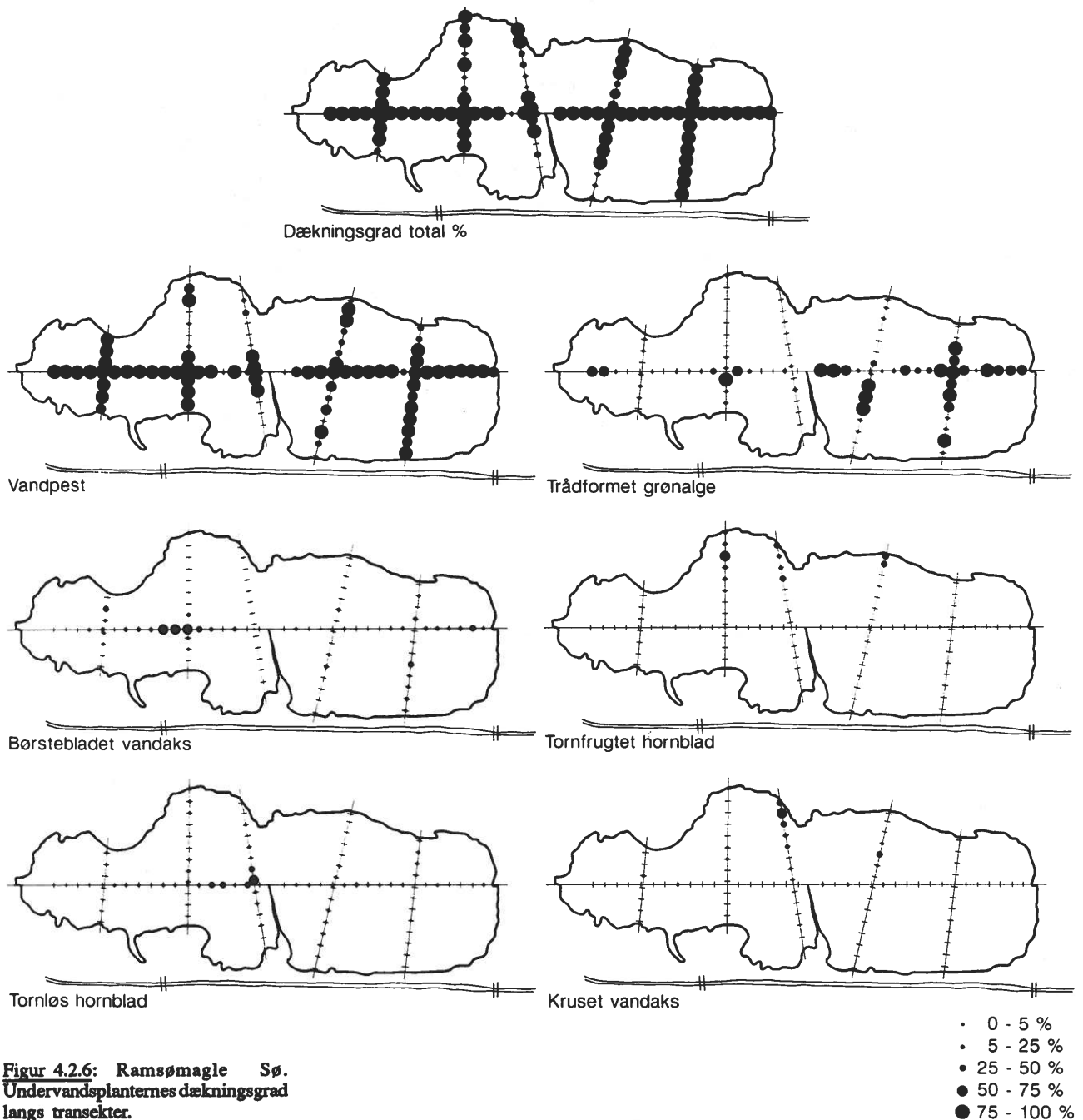
Tabel 4.2.1. Undervandsplanter, Ramsømagle Sø, august 1990.

vandpest
tomløs hornblad
tomfrugtet hornblad
børsteblandet vandaks
kruset vandaks
vandkrans
trådformede grønalger

Undervandsplanter

Undervandsplanterne var særdeles udbredte i Ramsømagle Sø, idet omkring 90% af bunden havde en plantedækningsgrad på 75-100%. Planter udfyldte på lavt vand mange steder hele vandsøjlen, og kun i det midterste nordlige område var der større åbne vandflader. Der blev registreret ialt 7 former for undervandsplanter (tabel 4.2.1).

Langt den almindeligste vandplante var vandpest, der stort set fandtes i hele søen og de fleste steder med en dækningsgrad på 75-100% (fig. 4.2.6). Selv på delvist udtørrede områder lå der lag af friske vandpest i muddret.



Figur 4.2.6: Ramsømagle Sø.
Undervandsplanternes dækningsgrad
langs transekter.

Næsthøypigst var børsteblandet vandaks, der især fandtes i de midterste områder af søen. Dækningsgraden var de fleste steder lav, men nåede i den vestlige del op på 50-75% dækningsgrad.

Tornløs hornblad fandtes i spredte forekomster på omkring halvdelen af søens areal. Største tæthed fandtes i de midterste områder, men dækningsgraden oversteg ingen steder 25-50%. Sammen med tornløs hornblad fandtes også tornfrugtet hornblad, men ikke i samme udstrækning og kun i de nordligste områder af søen.

Kruset vandaks forekom ligeledes især i de midterste, nordlige områder, hvor den opnåede en dækningsgrad på indtil 50-75%. Mange af planterne viste i øvrigt tegn på at have været under behandling af planteædere (fugle ?) og var temmeligt afgravede.

Vandkrans blev kun registreret på en position (østenden).

Udover de nævnte blomsterplanter var der i Ramsømagle Sø også betydelige mængder af de hurtigt voksende trådformede grønalger, formentlig især tilhørende slægten *Spirogyra*, men også forekomst af *Enteromorpha*. De trådformede grønalger fandtes i størstedelen af søen, dog ikke de nordlige, midterste områder. Dækningsgraden varierede meget, men især i den østlige del var der flere områder med 75-100% dækningsgrad.

Fisk

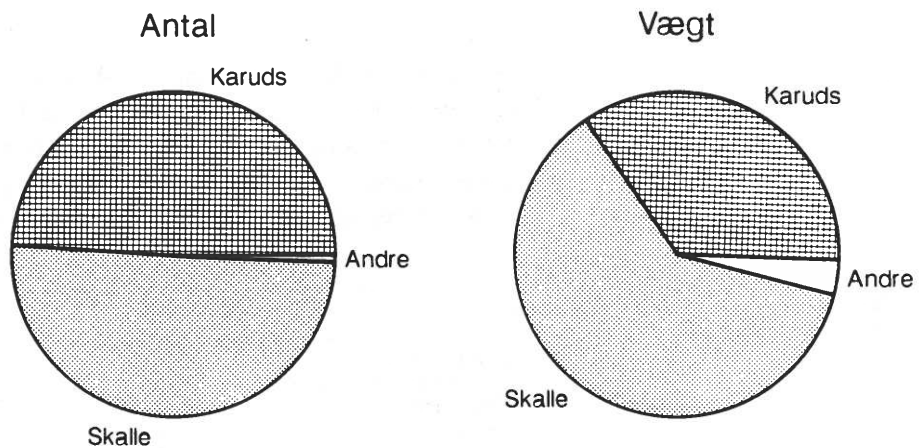
I Ramsømagle Sø blev der fisket med 3 biologiske oversigtsgarn, som blev sat op d. 30.7, og taget ind den følgende dag. De to af garnene har dog ikke stået den fulde periode, idet disse blev fundet inde i rørskoven.

Tabel 4.2.2. Fisk, Ramsømagle Sø, juli 1990.

hundestejle
karuds
skalle
sude
ål

Ialt blev der registreret 6 arter (tabel 4.2.2). Den relative fiske-sammensætning var antalsmæssigt domineret af skaller og karudser, der hver især udgjorde omkring 50% af bestanden (fig. 4.2.7).

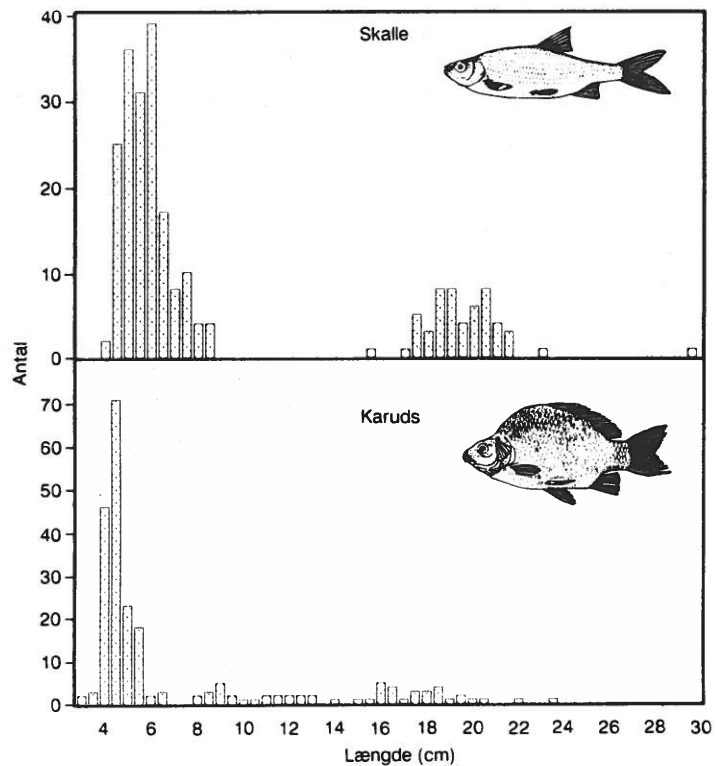
Biomasse-mæssigt udgjorde skallerne den største del med 61%, mens karudserne udgjorde 35% af den samlede fangst (fig.4.2.7). De resterende 4% bestod af en enkelt sude samt få aborrer og hundestejler.



Figur 4.2.7: Ramsømagle Sø. Fiskesammensætning ved fangst med biologiske oversigtsgarn, antal og vægt.

Længdefrekvensfordelingen viste, at skallebestanden bestod af en gruppe af overvejende 0- og 1-årige fisk med en længde mellem 4,5 og 8,0 cm, samt af nogle ældre fisk med en længde mellem 17 og 22 cm (fig. 4.2.8). Denne fordeling peger på, at der allerede i foråret 1989 og foråret 1988 har været ægklækning og således, at der på et tidligere tidspunkt er sket en indvandring af kønsmodne skaller.

Karudsernes længdefordeling var mere varieret med længder fra 3-23 cm. Der var dog en overvægt af 4-5,5 cm lange fisk, svarende til yngel fra 1990.



Figur 4.2.8: Ramsømagle Sø. Længdefrekvensfordeling af betydende fiskearter fanget med biologiske oversigtsgarn.

Fugle

Fuglebestandens udvikling i Ramsømagle Sø og den tætliggende Brørdrup Mose er vist i tabel 4.2.3 (fra Roskilde amtskommune, 1991). Udviklingen omfatter ynglefugle helt tilbage fra 1982, idet søen periodisk har bestået fra omkring 1980. Det er dog især siden 1987, at søen har været af mere permanent karakter.

Tabel 4.2.3. Ynglefugle i Ramsømagle Sø 1982-1990 (Roskilde amt, 1991).

Art/år	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Ll. lappedykker		1	1-2						
Gs. lappedykker	5(-10)	4	6	7	3	4	8	7	5
Knopsvane	1	1	2	1	1	1	1	2	2
Grågås	-	-	-	-	2	2		2	+
Gravand	1	2	2	2	1	-	5	3	2
Krikand	3		1		1	2-3	1-2	2-4	3
Gråand	+	+	+	+	+	5-10	+	+	+
Atlingand							1		
Skeand	6	1	1	3	3	3	1		13
Taffeland		1	4		1	1			-
Troldand			4	3	2	1			-
Rørhøg						1			
Vandrikse			1						
Gr. rørhøne	1	1		2		2	1-2		2
Blishøne	14	15	+	+	4	10	+	+	10
Strandskade			4				-	1	1
Lille Præstekrave					1	0-1		1	
Vibe	1		1	2	0-3	2-6	4	5	5
Dob. bekkasin				1					
Rødben					0-3	2	2		1-2
Mudderklire						0-1			
Sortterne			4						

Igennem perioden fra 1982-90 har antallet af ynglefugle været forholdsvis konstant, varierende fra 9 arter i 82-83 og 89 til 16 arter i 1987. De mest almindelige har været gråstrubet lappedykker, knopsvane og blishøne, der som de eneste er registreret som ynglende

alle år. Disse arter vidner om gode fødemuligheder indenfor invertebrater (gråstrubet lappedykker) samt undervandsplanter (blishøne og knopsvane). Blishønsene tilstedeværelse allerede i 1982 indikerer, at der allerede på dette tidspunkt har været undervandsvegetation i søen.

Artsantallet er dog ikke specielt højt. Således blev der i 1990 registreret 10 blishøns, hvilket er i den lavere ende af det, man normalt ser i en sø af denne størrelse (Miljøstyrelsen 1991).

Sammenfatning og perspektivering

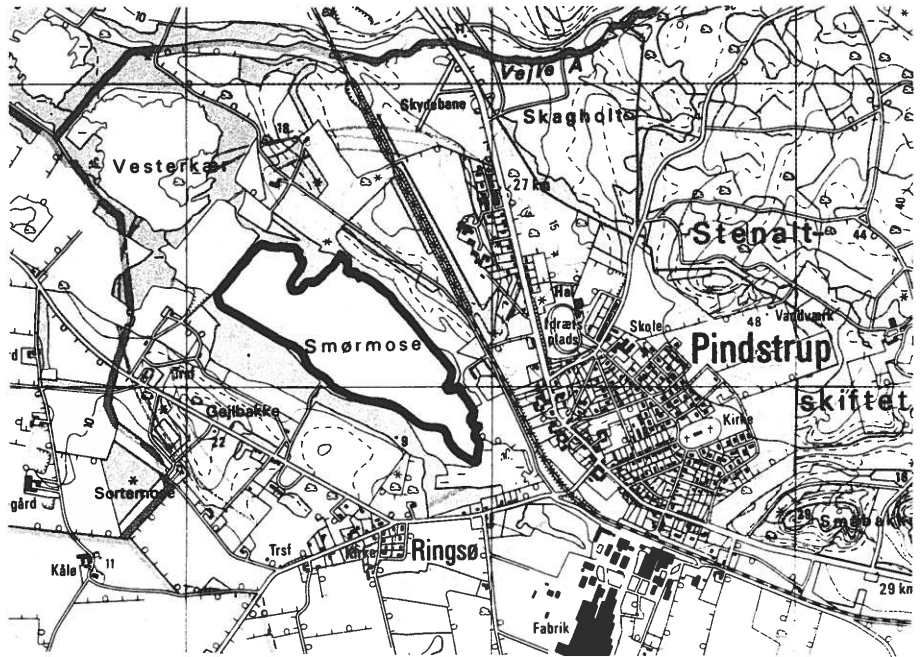
Ramsømagle Sø er karakteriseret ved en meget lav vanddybde og en særdeles udbredt undervandsvegetation, der domineres af vandpest. Fosforindholdet er højt p.g.a. en intern frigivelse fra bunden, mens indholdet af uorganisk kvælstof er lavt og kan have været begrænsende for planteplanktonproduktionen. Planteplanktonet domineres af flagellater tilpasset den udbredte undervandsvegetation og bundnære forhold. Dyreplanktonmængden er meget beskeden og består af små arter. Dette er et udtryk for en stor fiskebestand bestående af dyreplankton-ædende arter, her overvejende skalle og karuds. Især skallebestanden har en skæv aldersfordeling bestående af mange 0- og 1-årige samt nogle noget ældre fisk. De mange undervandsplanter og dertil knyttede invertebrater danner fødegrundlag for en rimelig fuglebestand af bla. blishøne, knopsvane og gråstrubet lappedykker.

I de kommende år vil undervandsvegetationen formentlig efterhånden i højere grad blive domineret af andre arter end vandpest. Videreudviklingen i fiskebestanden vil give en anden aldersfordeling, men den vil formentlig forsat være domineret af planktivore og bentivore fisk. Dermed vil dyreplanktonet heller ikke fremover spille nogen kontrollerende rolle overfor planteplanktonet. Planteplankton vil dog til stadighed skulle konkurrere om plads og lys med de mange undervandsplanter. Søens lille opland betyder, at den eksterne næringsstoffbelastning vil være beskeden. Tilsyneladende er Ramsømagle Sø dog den af de tre søer, der har den højeste eksterne belastning, og der vil være en risiko for, at den med tiden vil kunne skifte til en uklar sø uden bundplanter og med stor planteplanktonmængde. Fuglebestanden vil formentlig ikke ændres væsentligt med mindre bundplanterne forsvinder. Dog vil der nok på længere sigt ske en nedgang af de invertebratlevende arter. På grund af de meget lave vanddybder er der en betydelig risiko for, at rørskoven og evt. pilebevoksninger efterhånden vil dække store arealer af søen.

4.3 Smørmose

Beskrivelse

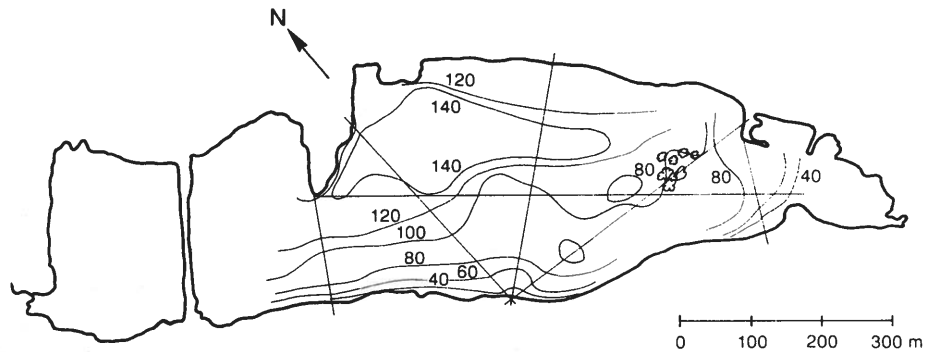
Smørmose ligger på Djursland tæt ved Pindstrup (fig. 4.3.1). Søen blev dannet i 1982, da man af økonomiske grunde valgte at stoppe for pumpen, der dræned området. Området blev indtil da benyttet til græsning. Jorden omkring Pindstrup har et højt tørveindhold.



Figur 4.3.1: Smørmose. Målebordskort med angivet område af søen. Efter tilladelse nr. A-226/91 Kort- og Matrikelstyrelsen.

Søen er næsten til alle sider omgivet af skov. Fra før området blev sat under vand, rager der flere steder stadigvæk rester af udgåede træer op over vandoverfladen.

Da pumpen blev stoppet, blev der dannet to søer, kun adskilt af en vej/dæmning (fig. 4.3.2). Den sydlige sø er langt den største med et areal på 24 hektar, og det er kun denne sø de følgende resultater beskriver.



Figur 4.3.2: Smørmose. Omtrentlig dybdekort (i cm) baseret på transektmålinger.

Søen er lavvandet med en maksimaldybde på 1,6 m. Størstedelen af søen har vanddybder mellem 0,8 og 1,6 m.

Der er ikke noget direkte tilløb til søen. Afløb sker gennem et rør under dæmningen til den nordlige sø, der via et lille vandløb har forbindelse til en tredje sø (Vestkær). Fra Vestkær står Smørmose i forbindelse med Vejle Å, der løber til Alling Å og ud i Randers Fjord. Vandføringen i afløbet blev målt til 10 og 8 l s⁻¹ i henholdsvis maj og juni. Resten af sommeren var vandføringen for lav til at kunne måles (mindre end 2 l s⁻¹). I december var vandføringen igen omkring 10 l s⁻¹. Den ringe sommervandføring betyder, at vandudskiftningen i søen sker meget langsomt. Vinter/forårvandføringen svarer til en hydraulisk opholdstid i søen på omkring 3/4 år, hvilket med den ringe sommervandføring betyder, at vandets middelopholdstid i søen nok er godt 1 år.

Den lave/manglende sommerafstrømning fra området betyder, at vandstanden kan falde i løbet af sommeren. I 1990 faldt vandstanden i søen således med 13 cm fra maj til august.

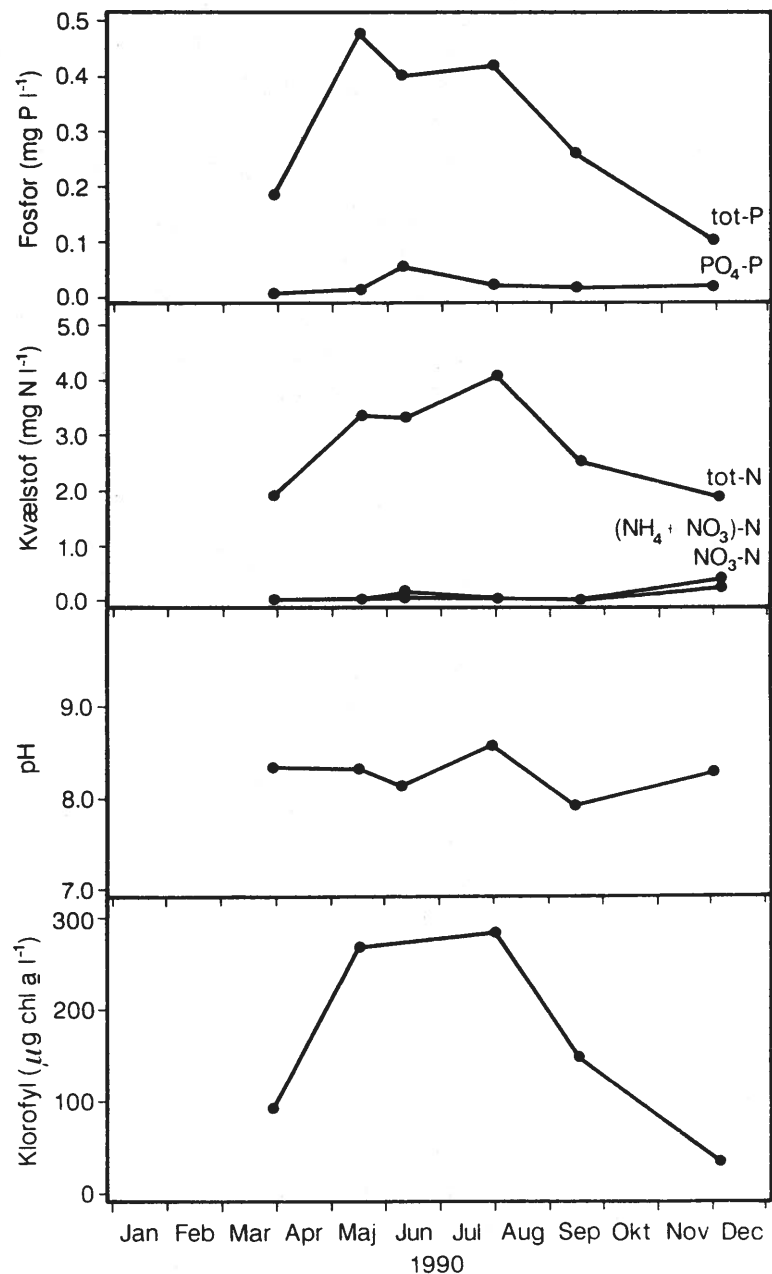
Ud fra 4 cm kort er det topografiske opland groft skønnet til 2 km² inkl. søarealet. Benyttes en afstrømningsværdi for Djursland på 8 l s⁻¹ km⁻² og en arealkoefficient for naturopland (området er hovedsageligt skov) på 0,055 mg P l⁻¹ (Kristensen m.fl., 1990) kan fosforbelastningen opgøres til 0,08 g P m⁻² år⁻¹. Ud fra de få vandføringsmålinger kan vandføringen i 1990 groft opgøres til gennemsnitlig 6 l s⁻¹, hvilket med ovennævnte arealkoefficient i stedet giver en belastning på 0,03 g P m⁻² år⁻¹.

Vandkemi

Næringsstofmæssigt adskiller Smørmose sig ikke meget fra Alsønderup Enge og Ramsømagle Sø. Totalfosforindholdet var højest i sommerperioden med værdier omkring 0,4 mg P l⁻¹ (fig. 4.3.3). De højere sommerværdier sammenholdt med søens langsomme vandudskiftning betyder, at der i Smørmose var en intern næringsstoffrigivelse, selv nu 8 år efter søens dannelse. Orthofosfatkoncentrationen var lavere end i de to øvrige søer og kan være begrænsende for planteplanktonproduktionen. Det meste af sommeren var orthofosfatkoncentrationen mellem 0,01 og 0,02 mg P l⁻¹. Også indholdet af uorganisk kvælstof var lavt, mellem 0,01 og 0,13 gennem hele sommeren, og kan ligeledes i perioder have været begrænsende.

På trods af, at næringsstofniveauet generelt ikke var højere end i de to andre søer, var klorofyl *a*-indholdet væsentligt højere, nemlig omkring 250 µg l⁻¹. Denne forskel tyder på, at planteplanktonet i Smørmose i mindre grad end i de to andre søer var begrænset af græssende dyreplankton.

Sigtdybden var lav gennem hele sommeren med værdier mellem 0,23 og 0,43 m. Dette betyder i relation til muligheden for udbredelsen af undervandsplanterne, at disse ved de nuværende lysforhold kun kan kolonisere søens helt lavvandede områder.



Figur 4.3.3: Smørmose. Vandkemiske analyser.

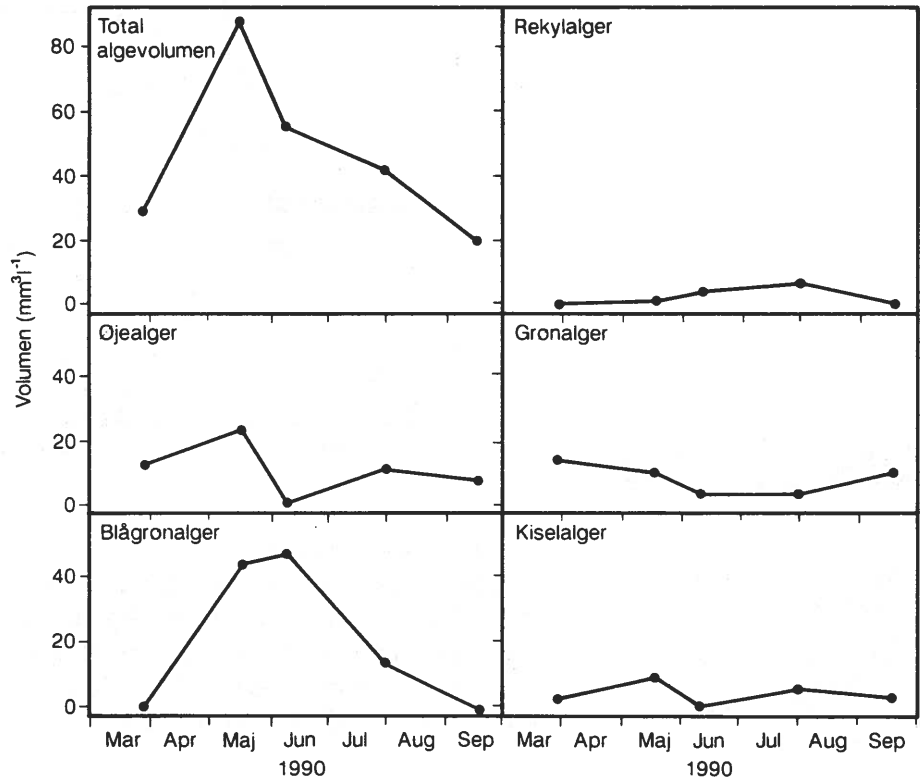
Planteplankton

Smørmose er den af de tre søer, der opnår langt den største biomasse af planteplankton. Maksimum på $90 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ blev målt allerede i maj (fig. 4.3.4). Biomassen faldt derefter jævnt i løbet af sommeren til omkring $15 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ i september.

Blågrønalgerne dominerede algebiomassen i maj og juni, hvor de udgjorde henholdsvis 50 og 85% af den totale biomasse. I juli var blågrønalgerens andel nede på 30%, og ved prøven i september var de helt væk. Den øvrige del af undersøgelsesperioden var algesammensætningen mere varierende med forekomst af øjealger, grønalger, kiselalger og rekylalger.

Blågrønalgerne bestod i maj og juni næsten udelukkende af *Anabaena spiroides*, der er en spiralsnoet koloni. I juli var derimod en art af slægten *Aphanothece* dominerende. Det er ikke muligt med det lange prøvetagningsinterval nærmere at vurdere den artsmæssige variation gennem sommeren. Blandt de øvrige algeklasser var især *Carteria*, *Scenedesmus* og *Chlamydomonas* blandt grønalgerne bety-

dende, *Cryptomonas reflexa* blandt rekylalgerne, *Synedra* og *Stephanodiscus* blandt kiselalgerne og *Trachellomonas volvicina* og *Phacus* blandt Øjealgerne.

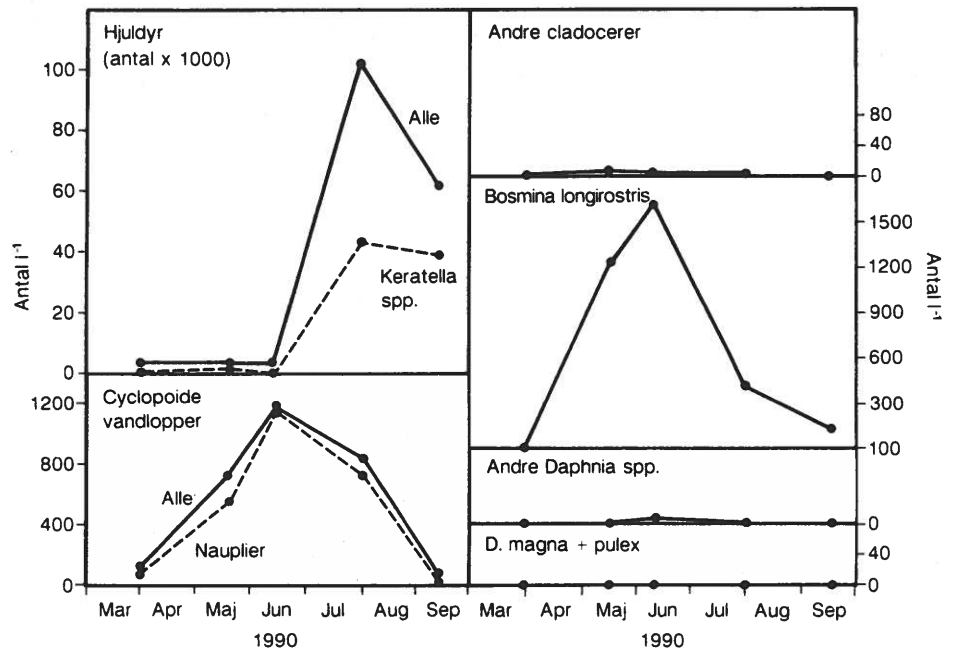


Figur 4.3.4: Smørmose. Planteplanktonbiomasse af betydende algeklasser.

Algesammensætningen i Smørmose adskilte sig fra de to andre søer især ved den mindre andel af flagellater. Samtidigt minder sammensætningen nærmere om den, man typisk finder i danske søer med en lignende næringsstofindhold, dvs. overvægt af blågrønalger og chlorococcale grønalger.

Dyreplankton

Dyreplanktonet var som i Ramsømagle Sø helt domineret af små former (fig. 4.3.5). Cladocererne var dog mere talrige og var helt domineret af snabeldafnien *Bosmina longirostris*, som forekom i tætheder på op til 1600 indiv. l⁻¹. Vandlopperne bestod udelukkende af cyclopoide former (*Cyclops vicinus* og *Mesocyclops leucarti*), men her var copepoditerne og de voksne mere talrige end i de to andre søer. Hjuldyrene var overordentligt talrige i søen og domineret af slægterne *Keratella*, *Trichocerca*, *Polyarthra*, *Brachionus* samt i perioder også af *Filinia* og *Pompholux*.



Figur 4.3.5: Smørmose. Antal af betydende dyreplanktongrupper.

Tabel 4.3.1. Undervandsplanter, Smørmose, august 1990.

kredsbladet vandranunkel
vandpest
børstebladet vandaks

Undervandsplanter

Undervandsvegetationen i Smørmose havde en yderst begrænset udbredelse og dækkede formentlig mindre end 1% af søens areal. Der blev kun registreret plantefund på lav vanddybde og især langs den sydvestlige bred (tabel 4.3.1). Maksimumsdybden med plantevækst blev målt til 36 cm ved fund af vandpest ved den nordvestlige bred.

Manglen på undervandsplanter skal ses i sammenhæng med vandets lave gennemsigtighed (se også afsnittet om vandkemi). Eftersom størstedelen af søen har vanddybder mellem 0,8 og 1,6 m, har koloniseringsmulighederne været ugunstige p.g.a. dårlige lysforhold over størstedelen af søbunden.

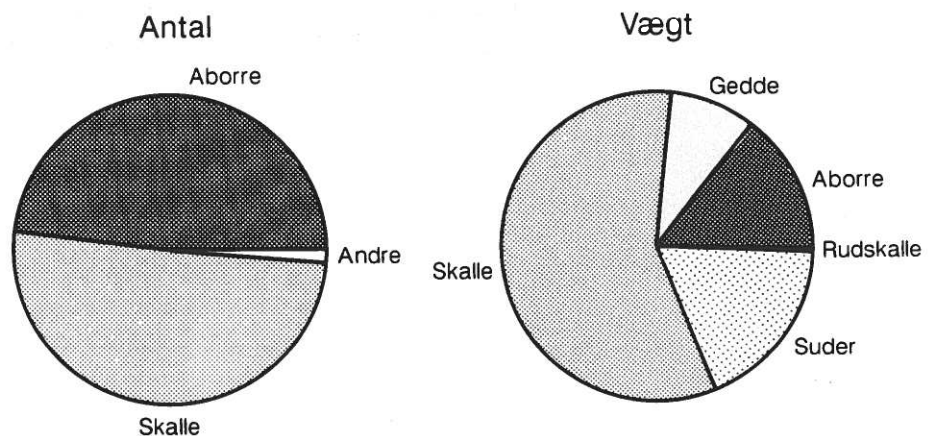
Tabel 4.3.2. Fisk, Smørmose, august 1990.

aborre
gedde
rudskalle
skalle
sude

Fisk

Fiskesammensætningen i Smørmose blev vurderet på baggrund af 6 biologiske oversigtsgarn udsat repræsentative steder i søen fra d. 2.8 til 3.8. Ialt blev der registreret 5 arter (tabel 4.3.2).

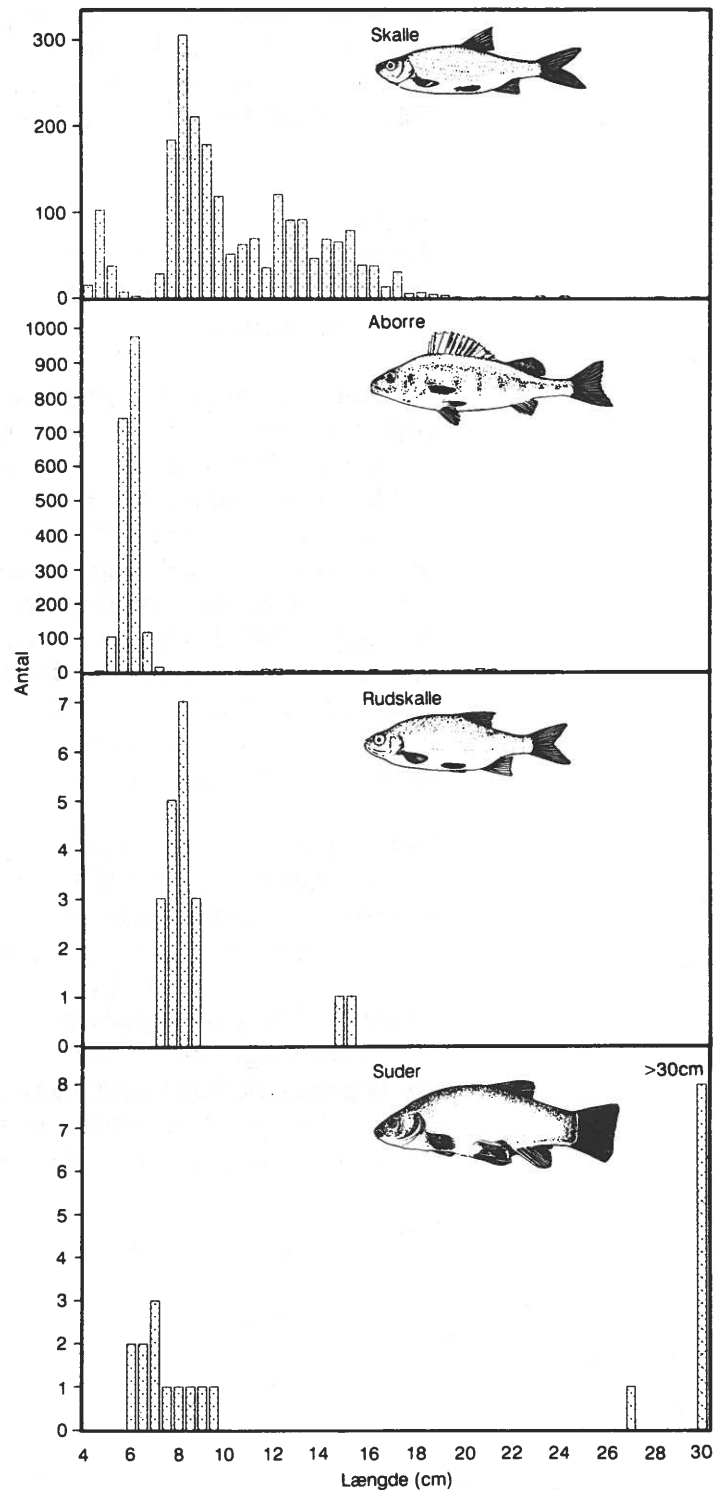
Antalsmæssigt dominerede skalle og aborre, der udgjorde henholdsvis 51 og 48% (fig. 4.3.6) af den samlede fangstantal. Den resterende del bestod af få gedder, rudskaller og suder.



Figur 4.3.6: Smørmose. Fiskesammensætningen ved fangst med biologiske oversigtsgarn. Antal og vægt.

Biomasse-mæssigt var sammensætningen noget mere varieret, idet de få, men store gedder og suder udgjorde henholdsvis 9 og 18% (fig. 4.3.6). Skallerne dominerede dog stadig med 58% af den samlede biomasse, mens aborrene kun udgjorde 15%.

Årsagen til aborrenes beskedne biomasseandel skyldes, at langt størstedelen var mellem 5 og 7 cm lange, mens der kun blev fanget få i størrelsesgruppen fra 10-20 cm (fig. 4.3.7). De små aborrrer var yngel fra 1990, der stadigvæk overvejende lever af dyreplankton. Først senere går aborren over til at blive rovædende.



Figur 4.3.7: Smørmose. Længdefrekvensfordeling af betydende fiskearter fanget ved biologisk oversigtsgarn. 7 gedder, heraf 5 større end 30 cm er ikke medtaget i figuren.

Skallebestanden var mere varieret m.h.t. længdefordeling, selvom skaller mindre end 7 cm kun var fåtalligt tilstede. Dette tyder på, at

1989- og 1990-årgangene har haft dårlige betingelser. Derimod var der et stort antal af 7-10 cm lange fisk, der formentlig bestod af skaller fra 1988.

De gode spredningsmuligheder fra søer nedstrøms Smørmose har formentlig betydet, at der ret hurtig efter søens etablering har indfundet sig en fiskebestand. Desuden var der i kanalen, der afvandede området, allerede en fiskebestand, da søen blev dannet, som har kunne sprede sig til søen. Dette har været med til hurtigt at skabe en sø i balance med de givne forhold, hvilket i dette tilfælde vil betyde en sø med dominans af skaller. Gode vækstforhold for skallerne de første år efter etableringen kan dog have været med til at skabe en forholdsvis stor bestand, som det nu er svært at komme af med igen. Dermed holdes søen i en tilstand domineret af dyreplanktonædende fisk, med få dyreplankton, men med meget planteplankton.

Fugle

Fuglebestanden i Smørmose blev optalt fire gange i perioden maj til september 1990. Tællingerne omfattede også den mindre sø nordvest for dæmningen.

Generelt var fuglebestanden meget sparsomt udviklet. I starten af yngleperioden blev der registreret nogle arter, men i løbet af sommeren blev dette antal reduceret til meget få arter. Mest fremtrædende var en hættemågekoloni i den østlige del af søen, hvor der i maj blev talt omkring 150 fugle, som tilsyneladende var i gang med redebygning. Yngleforsøget slog dog af ukendte årsager fejl, og kolonien var mere eller mindre forladt allerede i juni. I september blev der registreret 80 blichøns i den nordvestlige sø. Der er ikke lavet vegetationsundersøgelser i denne sø, men det store antal blichøns tyder på, at der her har været en betydelig undervandsvegetation. Lokale beboere har også her tidligere set en masseudvikling af planter, sandsynligvis hornblad.

Den manglende eller sparsomme forekomst af fugle, der lever af planter eller dyr knyttet til planter, er betinget af den ligeledes meget sparsomt udviklede undervandsvegetation. Derimod er det i betragtning af den tilsyneladende veludviklede fiskebestand bemærkelsesværdigt, at der ikke ses flere fiskeædende fugle. Årsagen til den lave bestand af toppet lappedykker skal måske i stedet relateres til den meget lave sigtddybde i søen, der kan vanskeliggøre fangsten af fisk. De begrænsede redebygningsmuligheder, idet rørskovvegetationen er dårlig udviklet i størstedelen af søen, kan ligeledes have været medvirkende til at begrænse bestandsstørrelsen.

Tabel 4.3.3. Antal vandfugle i Smørmose 1990.

art/dato	25.5.	20.6.	18.7.	11.9.*
Gravand	6	8		
Knopsvane	4		6	
Krikand	1			
Blishøne	12	4	80**	
Gråand	13	11	20	
Fiskehejre	1	4	1	
Toppet lappedykker	4	11		
Mudderklire	2			
Hættemåge	150	30	20	
Grønbenet rørhøne	1			
Stormmåge	2	1		

*) optalt fra fly

***) i den nordvestlige sø

Sammenfatning og perspektivering

Næringsstofindholdet i Smørmose er højt, tilsyneladende primært p.g.a. en intern næringsstofrigivelse fra bunden af søen. Det høje næringsstofniveau giver anledning til en høj planteplanktonbiomasse og dermed en meget lav sigtddybde (< 0,5 meter). Den biologiske struktur i øvrigt er præget af et lavt antal af større dyreplanktonarter. Dyreplanktonet er derfor ikke i stand til at yde et stort græsningstryk på planteplanktonet. Årsagen til det beskedne antal af større dyreplankton skal findes i en betydelig bestand af planktivore fisk, især skaller og små aborrer. Den lave sigtddybde betyder, at undervandsplanternes udbredelse er ubetydelig og begrænset til meget små områder på helt lavt vand. Fuglebestanden er ligeledes meget sparsom udviklet.

Der er ikke noget, der tyder på, at det høje eutrofieringsniveau i Smørmose vil ændres indenfor de nærmeste år. Næringsstofniveauet er stadigvæk højt og sigtddybden lav, selvom der er tegn på, at kvælstof efterhånden kan blive begrænsende for planteplanktonproduktionen. Den høje interne næringsstofbelastning, som er årsag til de høje koncentrationer i søen, bliver imidlertid kun langsomt mindsket p.g.a. vandets lange opholdstid i søen. Til gengæld betyder den tilsyneladende lave eksterne næringsstofbelastning, at søen på lang sigt vil opnå en bedre vandkvalitet, omend den vil være brunvandet p.g.a. de tørveprægede omgivelser.

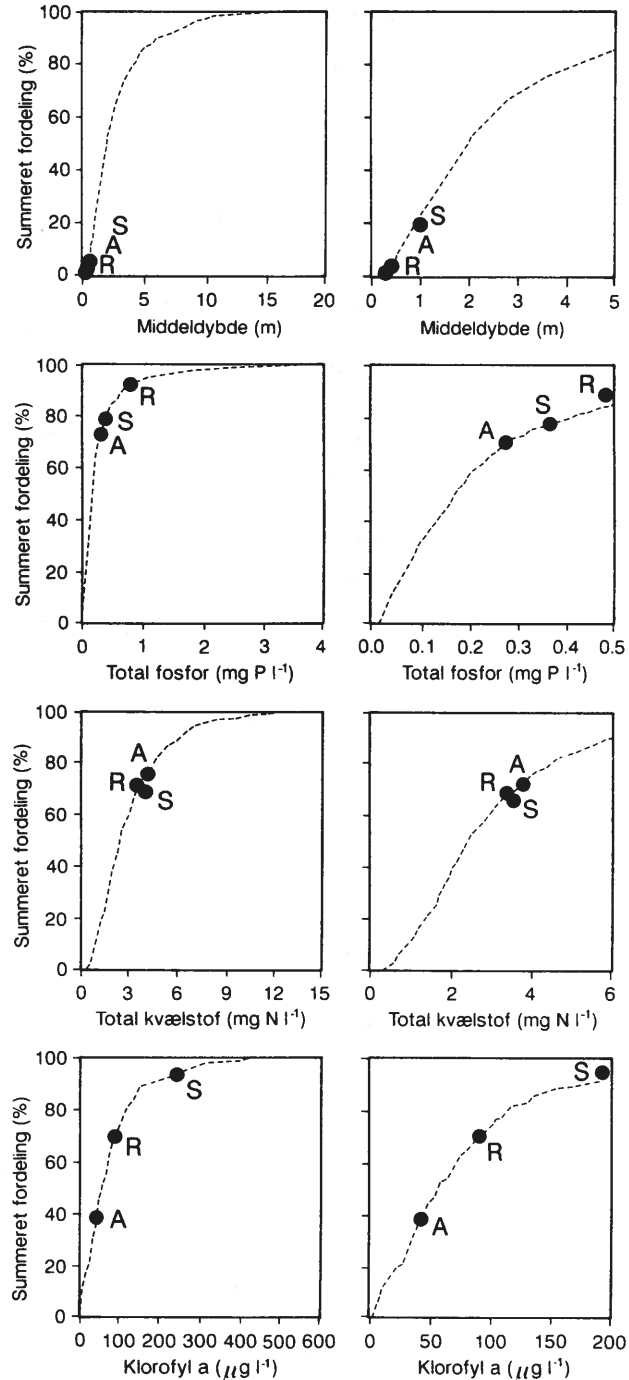
4.4 De tre søer i sammenligning med andre danske søer

Danmarks Miljøundersøgelser har opbygget en sødatabase, som inkluderer data fra op mod 500 søer. Det er derfor muligt at placere de tre søer i forhold til frekvensfordelingen af andre danske søer og at vurdere forskelle og lighedspunkter. I det følgende vil der blive foretaget en sådan vurdering for en række vandkemiske parametre samt fisk, dyreplankton, planteplankton og undervandsplanter.

Morfometri

Morfometrisk er de tre søer karakteriseret ved den lave vanddybde (fig. 4.4.1). Især Alsønderup Enge og i særdeleshed Ramsømagle Sø er meget lavvandede med en middelvanddybde på mindre end 0,5 m. Til sammenligning er middelvanddybden på 2,0 m, som medianværdi

for de danske søer. Den lave vanddybde betyder, at bunden i disse søer får relativ større betydning for de kemiske og biologiske processer, der foregår i vandfasen. Dette gælder også for undervandsplanterne, der her sjældent vil blive lysbegrænsende, på trods af relativt høje næringsstofkoncentrationer. Endvidere betyder lav vanddybde forøget risiko for ophvirvling af sediment samt øget risiko for hurtig tilvækst af rørskovsplanter og pilebuske.



Figur 4.4.1: Middeldybde samt niveauet af totalfosfor, totalkvælstof og klorofyl a i de tre retablerede søer i sammenligning med niveauet i danske søer generelt (fra Kristensen m.fl., 1990b). Højre figur viser et udsnit af venstre figur i større skala.

A Alsønderup Enge
R Ramsømagle Sø
S Smørum Sø

Vandkemi

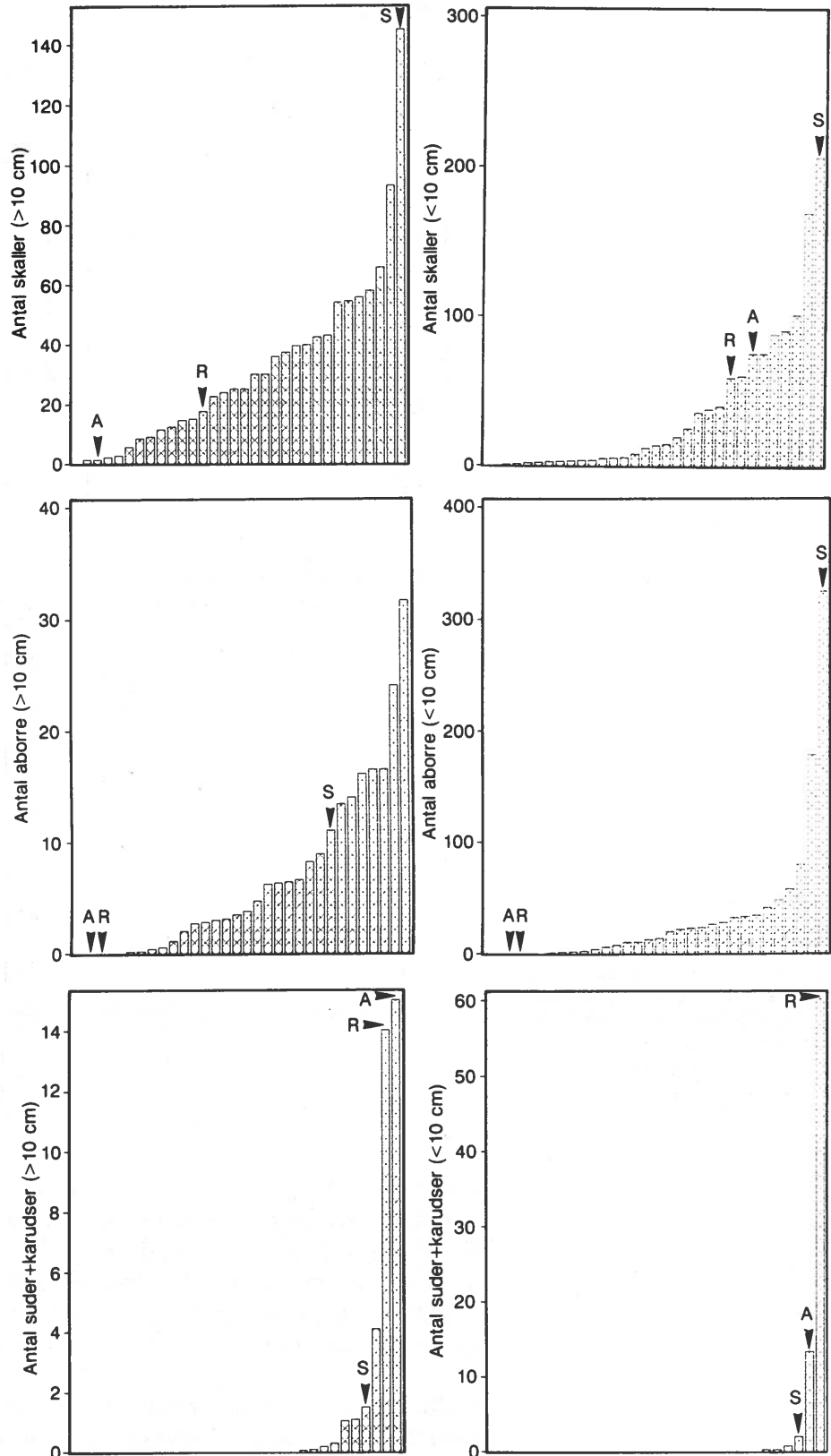
Næringsstofniveauet i de tre søer var meget højt. Således har kun 10-25% af de danske søer et fosforindhold og kun ca. 25% et kvælstofindhold om sommeren, som er større end niveauet i de tre retablerede søer (fig. 4.4.1).

Da den eksterne tilførsel var lav til alle tre søer i sammenligning med danske søer generelt, må de høje næringsstofniveauer skyldes en betydelig intern belastning, der som nævnt i det foregående,

formentlig især stammer fra mineraliseringen af den terrestriske vegetation.

Fisk

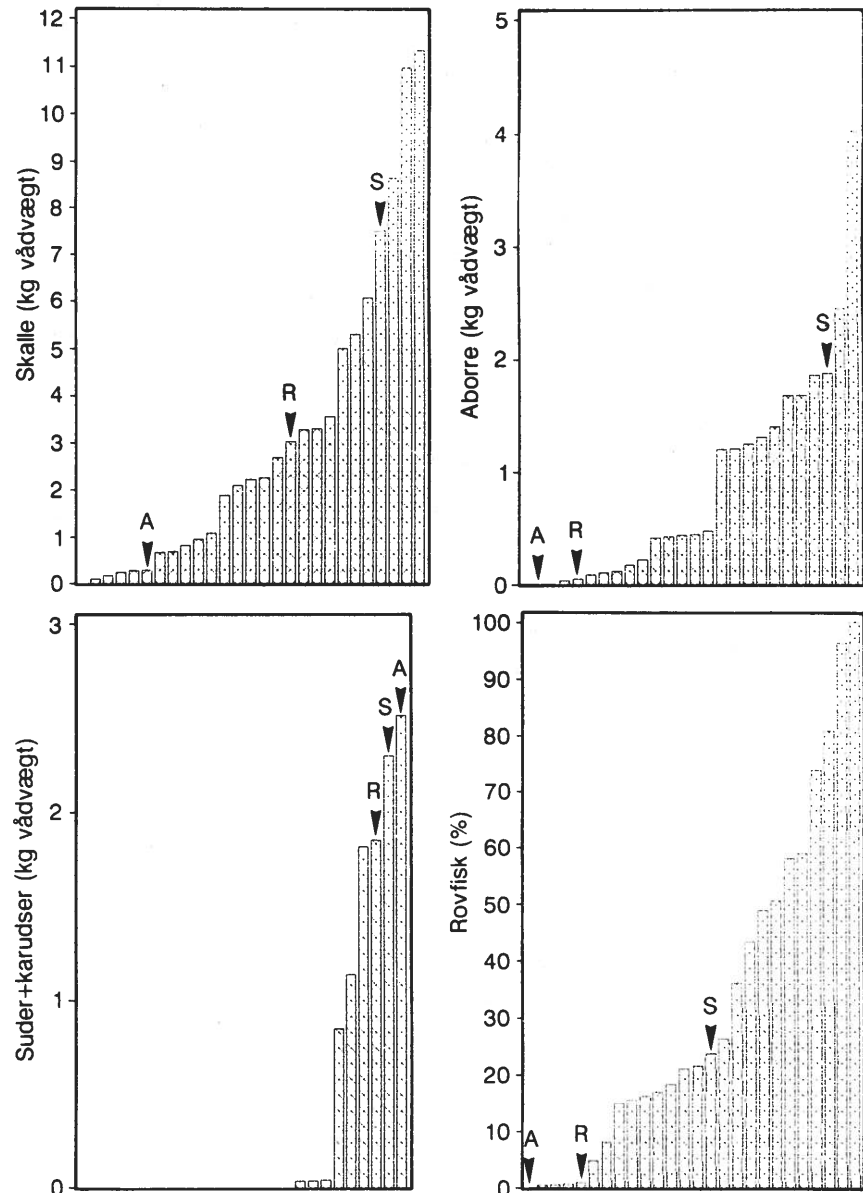
I forhold til andre danske søer var de tre søer karakteriseret ved en stor bestand af småfisk (< 10 cm), især skaller og karudser og i Smørmose også aborrrer (fig. 4.4.2).



Figur 4.4.2: Antal fisk fanget pr. net (CPUE) i de tre søer i sammenligning med resultater fra andre danske søer.

- A Alsønderup Enge
- R Ramsømagle Sø
- S Smørmose

De mange småfisk er en følge af, at de tre søer er i den "højproduktive fase" med stort fødeudbud, men for Ramsømagle Sø og Alsønderup Enge har det lave antal af store fisk begunstiget småfiskene. Blandt de større fisk (> 10 cm) var antallet af skaller således relativt lavt i de to søer, men til gengæld ekstremt stort i Smørmose. Karudser+suder forekom i meget høje tætheder i forhold til andre danske søer og var specielt talrige i Alsønderup Enge og Ramsømagle Sø, medens antallet af aborre i disse to søer var lavt og moderat højt i Smørmose. Den vægtmæssige fordeling af fiskene følger i hovedtrækkene antalsfordelingen af større fisk (fig. 4.4.2 og fig. 4.4.3).



Figur 4.4.3: Biomasse (vægten) af fisk pr. net (CPUE) i de tre søer i sammenligning med resultater fra 39 andre danske søer.

A Alsønderup Enge
R Ramsømagle Sø
S Smørmose

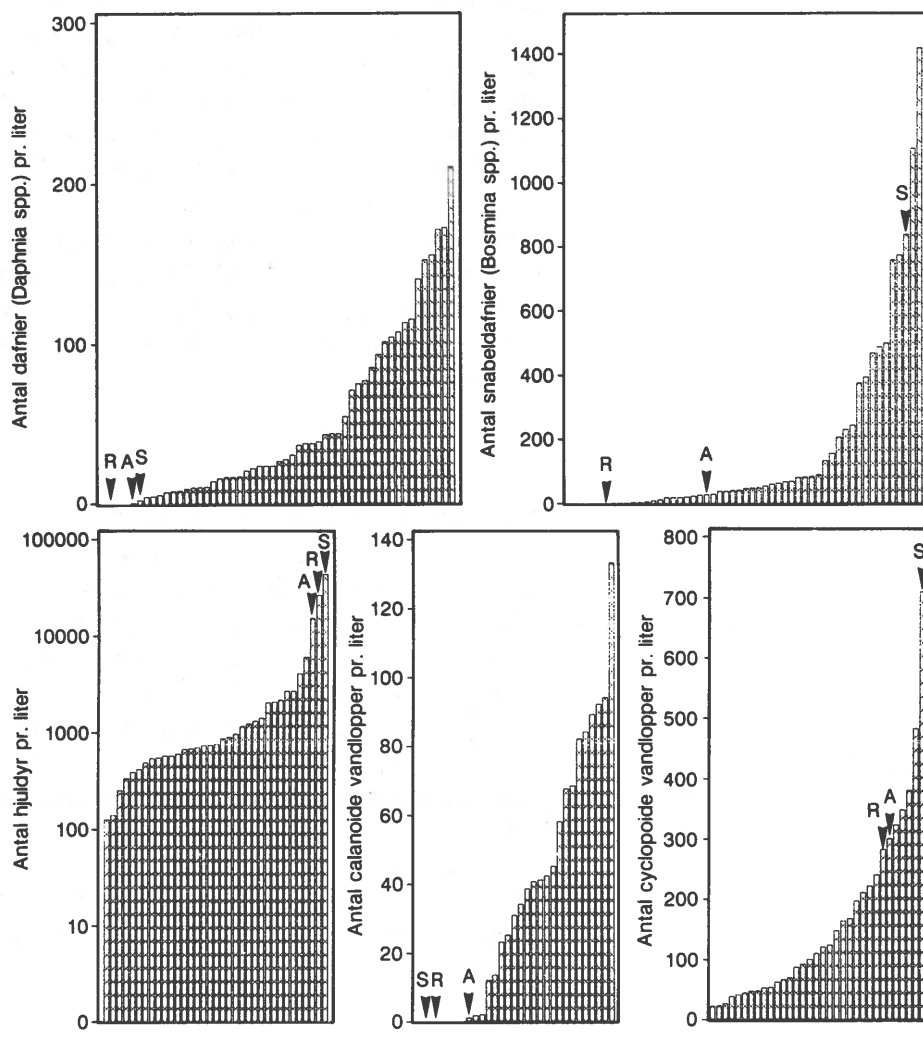
I de to yngste søer, Ramsømagle Sø og Alsønderup Enge, var aldersstrukturen af fiskene meget skæv, og mange årgange manglede helt. Disse søer var derfor meget langt fra ligevægtssamfundet. I Smørmose var der blandt de dominerende fisk en mere jævn aldersstruktur, dog med stor forskel i årgangsstyrken, hvorfor heller ikke denne sø kan siges at være i ligevægt nu 8 år efter dannelsen.

I alle tre søer var de dyreplankton- og bunddyrsædende fisk totalt dominerende, medens rovfiskene kun var fåtallige og derfor ikke

evnede at regulere byttefiskene i nævneværdig grad. Den store bestand af småfisk betyder samtidigt, at fiskenes muligheder for at reducere bestanden af dyreplankton var overordentlig stor i sammenligning med forholdene i andre danske søer.

Dyreplankton

I forhold til planktonet i 53 danske søer var de tre søer karakteriseret ved meget lave tætheder af store dafnier hørende til slægten *Daphnia*, og relativt lave tætheder af små dafnier (eksemplificeret i fig. 4.4.4 ved snabedafnien, *Bosmina spp.*). I Smørmose var antallet af snabedafnier dog relativt højt (fig. 4.4.4), og i Alsønderup Enge blev det lave antal store og små dafnier først konstateret i juni, netop som årets fiskeyngel normalt begynder at spise dafnier. Dafnie-sammensætningen i de tre søer tyder på et højt predationstryk fra fisk, der er rekrutteret inden for de seneste år og i Alsønderup Enge i foråret 1990. Denne vurdering støttes også af fiskebestandsopgørelserne.



Figur 4.4.4: Antallet af forskellige dyreplanktonslægter/-grupper i de 3 søer i sammenligning med resultater fra op til 50 andre danske søer. For Alsønderup Enge er kun perioden 1/6-1/10 medtaget.

- A Alsønderup Enge
- R Ramsømagle Sø
- S Smørmose

I alle tre søer var antallet af hjuldyr ekstremt højt i forhold til andre danske søer, hvilket kan forklares dels ved, at tætheden af de større filtratorer (f.eks. *Daphnia* og *Bosmina*) var relativt lav og dels ved, at søerne har et højt detritusindhold, der stammer fra nedbrydningen af den terrestriske vegetation.

Blandt vandlopperne var der kun få individer tilhørende den calanoide gruppe (svævende vandlopper), hvilket er typisk for meget lavvandede søer og søer med et højt predationstryk fra fisk. Antallet af cyclopoide vandlopper, som bedre end de calanoide vandlopper formår at undgå predation fra fisk, var derimod højt i Alsønderup Enge og Ramsømagle Sø og meget højt i Smørmose. De høje tætheder skyldes sikkert gode fødebetingelser. Disse vandlopper er omnivore, dvs., at de lever af lidt af hvert, men har i ungdomsstadierne forkærlighed for flagellater og i de ældre stadier flagellater og hjuldyr (Hansen og Jeppesen, submitted), og netop disse to grupper var tilstede i høje tætheder.

Planteplankton

I de to af søerne var planteplanktonet domineret af flagellater; i Alsønderup Enge især af øjealger og i september også rekylager og i Ramsømagle Sø især af rekylalger. I begge søer var algebiomassen lav set i relation til det høje næringsstofniveau (fig. 4.4.1), hvilket ofte ses i søer med udbredt undervandsvegetation og søer med højt græsningstryk på planteplanktonet (Fott m.fl., 1980; Jeppesen m.fl., 1989; Balls m.fl., 1990). I Smørmose derimod var algebiomassen høj, og højere end man skulle forvente ud fra næringsstofniveauet (fig. 4.4.1). Således havde kun 8% af de danske søer et højere klorofyl *a*-niveau om sommeren end Smørmose, medens ca. 25% havde et større fosfor- og kvælstofindhold. Det højere klorofylniveau kan måske forklares ved den ekstremt høje tæthed af dyreplanktonædende fisk, der har mindsket mængden af større dyreplankton i særlig grad og dermed græsningstrykket på planteplanktonet. Arts sammensætningen med dominans af blågrønalger, svarer derimod godt til forholdene i andre danske søer med samme næringsstofniveau.

Undervandsplanter

På trods af et højt næringsstofniveau var der undervandsplanter på selv de største dybder i både Ramsømagle Sø og Alsønderup Enge og i Ramsømagle Sø var planterne endda udbredt over det meste af søen. Dette afviger fra forholdene i en række lidt dybere danske søer, hvor undervandsplanterne helt forsvandt, når fosforkoncentrationen oversteg 150-200 $\mu\text{g P l}^{-1}$. For Ramsømagle Sø's vedkommende stemmer det imidlertid godt med andre iagttagelser af, at små meget lavvandede søer (< 3 hektar) kan have udbredt undervandsvegetation og høj sigtdybde selv ved meget høje fosforniveauer (Jeppesen m.fl., 1989 og 1990). I Alsønderup Enge var det relativt lave klorofylindhold i forsommeren og den lave vanddybde nok årsagen til, at undervandsvegetationen har kunnet etableres, selvom den i hovedparten af søen ikke nåede op på en høj dækningsgrad.

4.5 Udviklingen i andre danske søer

Tange sø

Tange sø blev dannet i 1921 ved opstemning af Gudenåen. Søen har et areal på 550 hektar og en maksimumdybde på 9 m. Otterstrøm (1924 og 1925) foretog i 1924 en undersøgelse af den biologiske struktur i søen med særlig vægt på fiskene. Denne undersøgelse er

siden fulgt op af DF&H i 1960-61 (DF&H, 1961).

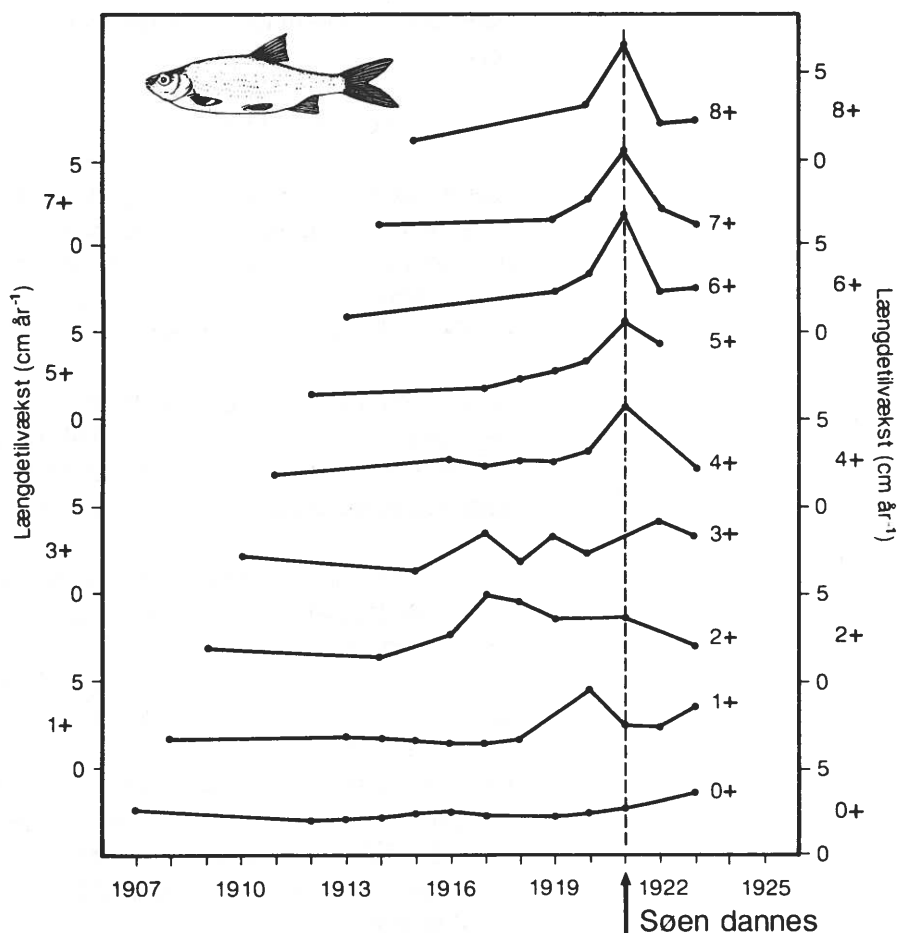
Undersøgelsen i 1924

Ved undersøgelsen i 1924 havde bredvegetationen ikke udviklet sig i hovedsøen i væsentlig grad. Derimod havde undervandsvegetationen etableret sig i store dele af søen, uden at vegetationsdækket var særligt tæt. De to arter, som især dominerede, var vandpest og hjertebladet vandaks. Desuden forekom arterne glinsende vandaks, børstebladet vandaks samt tusindblad.

Det større plankton (formentlig udtaget med planktonnet) bestod i maj af kiselalger (*Asterionella el. Tarbellaria*) og *Melosira*, samt enkelte vandlopper og rovdafnien *Leptodora*, medens der i september var en "stor mængde plantevæv" bestående især af *Melosira* og blågrønalgen *Aphanizomenon*. Sidstnævnte dannede vandblomst. Dyreplanktonmængden var derimod lav.

Makroinvertebraterne var talrige i såvel vegetation som bund. Bunddyrene bestod mest af dansemyggelarver, ærtemuslinger og børsteorme.

Blandt de potentielle rovfisk var især geddebestanden stor med overvægt af unge fisk. 3-årige gedder (årgang 1921) udgjorde alene 35% af alle fangede gedder. Aborrebestanden var moderat høj og bestod overvejende af fisk rekrutteret i 1921 og 1922, medens skallebestanden var "god", hovedsageligt bestående af gamle fisk (23-27 cm). Skallebestandens vækst blev bestemt ved skælanalyse (fig. 4.5.1).



Figur 4.5.1: Den årlige tilvækst for forskellige årgange af skalle (0+ til 8+) i Tange Sø i perioden 1907-1924. Tilvæksten er bestemt ud fra skælanalyser på fisk fanget i 1923. 0+ = årets yngel, 1+ er et-årige fisk osv. (fra Otterstrøm, 1930-31).

Bortset fra de tre yngste årgange var tilvæksten i 1921 ekstraordinær

stor i sammenligning med væksten i både årene før og efter 1921. Ungfiskene derimod synes at få gradvist bedre vækstbetingelser i de efterfølgende år. Den høje væksthastighed i 1921 af skaller, som var ældre end 2 år, skyldes formentlig en høj produktion af makroinvertebrater, som er en vigtig og foretrukken ernæringskilde for disse fisk. I de efterfølgende år må denne produktion derfor være reduceret markant, hvilket er en naturlig udvikling i unge søer, som dog nok i dette tilfælde er forstærket af en høj udvaskning af organisk stof og næringstoffer (p.g.a. en hurtig vandudskiftning i søen) og en høj rekruttering af fisk i 1921, hvorved konkurrencen om føde er skærpet i de efterfølgende år. De helt små skaller lever især af dyreplankton, hvis tæthed i 1924 var ringe. Det forklarer måske hvorfor, de unge fisk ikke havde specielt høj væksthastighed i 1921.

Karudse, som var talrig i de tre undersøgte retablerede søer, blev ikke fundet ved fiskeundersøgelsen i 1924. Derimod var der mange små flire (især fra 1921) og få individer af brasen, hork, hundestejle, knude, ørred, smelt, heltling, grundling, elritse, rudskalle, løje og ål.

Undersøgelsen i 1960-61

Ved undersøgelsen i 1960-61 (DF&H,1961) var bundforholdene som i 1924 præget af, at man ikke før opstemningen sørgede for at rydde arealet for gamle huse, sten, træer og pæle. Der var nu udviklet en normal rørsump langs bredderne, som især bestod af tagrør, smalbladet dunhammer, brudelys, pindsvineknop, kogleaks, skeblad og sødgræs. Rørsumpen var nogle steder bred og uigennemtrængelig. Bundgrøden var veludviklet de fleste steder i søen. Den bestod af forskellige arter af vandaks (især glinsende-, hjertebladet- og kruset vandaks). Flydebladsplanterne var vandpileurt, gul åkande og nøkke-rose.

Det større planteplankton bestod i juli især af blågrønalgen *Microcystis aeruginosa* og kiselagen *Melosira granulata*, men også andre blågrønalger, og kiselalger samt grønalger forekom talrigt. Som i 1924 var mængden af dyreplankton ringe og bestod af små arter af dafnier (*Daphnia cucullata*, *Bosmina longirostris* og *Chydeus sphaericus*). Der var kun få vandlopper tilhørende både den calanoide og cyclopoide gruppe.

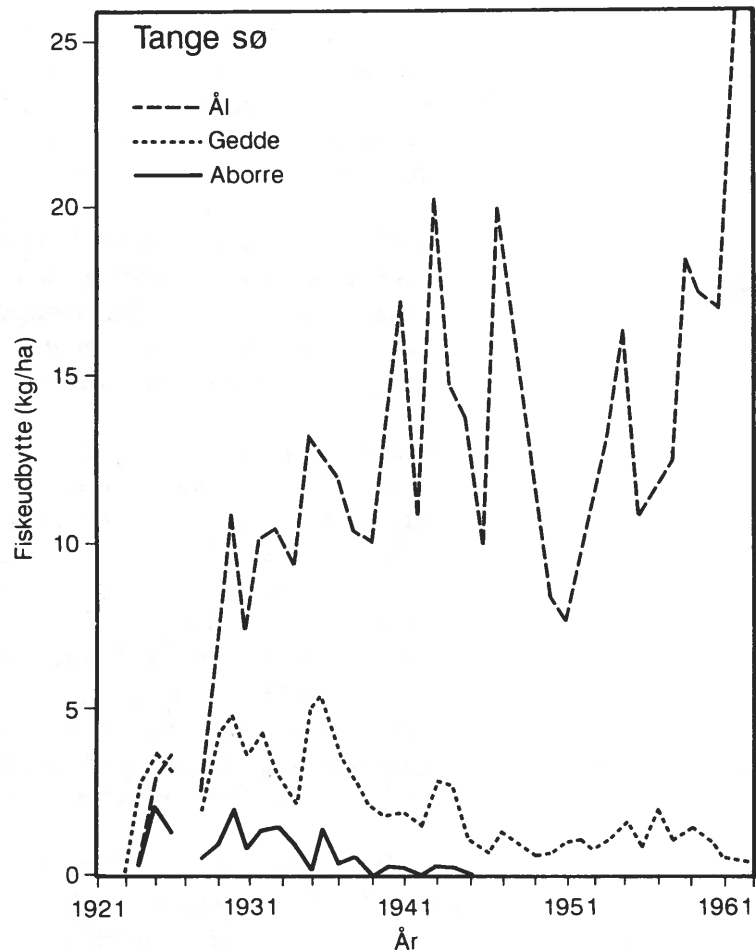
Bunddyrsamfundet var karakteriseret ved at være temmelig artsfattigt men individrigt. Som i 1924 bestod faunaen især af børsteorme, dansemyg og mittelarver, medens ærtemuslingen synes at være gået tilbage i antal.

Fiskebestanden var domineret af skalle og aborre. Skallebestanden blev betegnet som god omend rigelig, medens aborrebestanden totalt var domineret af meget små fisk ("tusindbrødresamfund"). I modsætning til forholdene i 1924 var geddebestanden både individfattig og helt domineret af store fisk med ringe vækst. Ålebestanden synes derimod øget markant, og Tange sø betegnes nu som et godt ålevand. Sandart træffes nu i søen. Individantallet var relativt lavt, men fiskene var i god kondition. Brasenbestanden var fortsat lav, og flire var gået tilbage. En række af de arter, der blev fundet i 1924, blev ikke fanget i 1960-61. Det gælder laks, heltling, løje, rudskalle, og hundestejle.

Samlet vurdering

Resultaterne fra 1924 peger således på, at der i søens første år har været en overordentlig stor produktion af makroinvertebrater i søen og en stor rekruttering af især aborre, gedde og flire. Specielt har geddebestanden haft gode betingelser. Produktionen er klinget hurtigt af, og det samme er rekrutteringen af fisk. Det hurtige fald i produktionen af makroinvertebrater og dermed i fiskenes vækst (fig. 4.5.1) kan måske forklares dels ved en relativ stor rekruttering af fisk (stort predationstryk på invertebraterne), som er muliggjort ved indvandring fra Gudenåen og dels ved, at søen har et hurtigt vandskifte (få dages opholdstid), hvorfor de frigjorte næringstoffer og dermed også produktionsgrundlaget hurtigt er blevet skyllet ud af søen.

Bedømt ud fra fangststatistikker (fig. 4.5.2) synes fiskebestanden at have stabiliseret sig efter 5-10 år, hvorefter der gradvist er sket en forringelse af vilkårene for gedde og aborre, hvilket formentlig kan tilskrives en øget eutrofiering. Dette understøttes af en faldende sigtdybde (fra 100-140 cm i september 1924 til 60-80 cm i juli 1960) (DF&H, 1961).



Figur 4.5.2: Årlige fangster ved kommercielt fiskeri i Tange Sø i perioden 1924-1961 (fra DF&H, 1961).

Desuden viser resultaterne, at bundplanterne har været i stand til at kolonisere store områder af søen i løbet af de tre første år, med vandpest og hjertebladet vandaks som dominerende kolonister. Frem til 1960-61 er antallet af vandaksarter øget fra 3 til 5, ligesom de emergente planter nu optræder. Vandpest, som dominerede i 1924, var uden betydning i 1960. Endelig var rørsumpen i 1960 fuldt udviklet.

Tange Sø-historien viser også, at resterne af træer, pæle o. lign.

fortsat kan være tilstede selv 40 år efter en sø's dannelse og her være til stor gene for bl.a. fiskeriet.

Grindsted Engsø

Grindsted Engsø blev etableret i 1971-72 i et tidligere engområde i Grindsted Ådal. Søen er 30 hektar med en middeldybde på 1,55 m og en maksimumsdybde på 2,45 m (Cowiconsult, 1988). Søen tilføres det samlede afløb fra Grindsted Product's "blå system", som består af kølevand samt lettere forurenede afløbsvand. Endvidere modtager søen vand fra Grindsted å via en pumpestation (315 l s^{-1}). Vandet forlader søen via et overløbsbygværk.

I sommeren 1973 foretog DF&H en undersøgelse af søen, herunder et prøvofiskeri med kasteruser og sættegarn. Derudover foretog DF&H en supplerende besigtigelse i 1974 og 1975. En mere detaljeret undersøgelse af søen foreligger fra 1986-87 (Cowiconsult, 1988), hvor også udviklingen i en række kemiske parametre i perioden 1972-87 er beskrevet. Der er også foretaget undersøgelser af fuglebestanden hen gennem perioden (Ormis consult, 1987a,b).

I de første år efter søens dannelse var bunden dækket af undervandsplanter, især vandpest, men også tomfrøet hornblad og akstusindblad. Ved undersøgelsen i 1986-87 (dvs. 14 år efter dannelsen) var vegetationen imidlertid forsvundet. Kun trådalgen *Spirogyra* forekom spredt på søbunden i foråret.

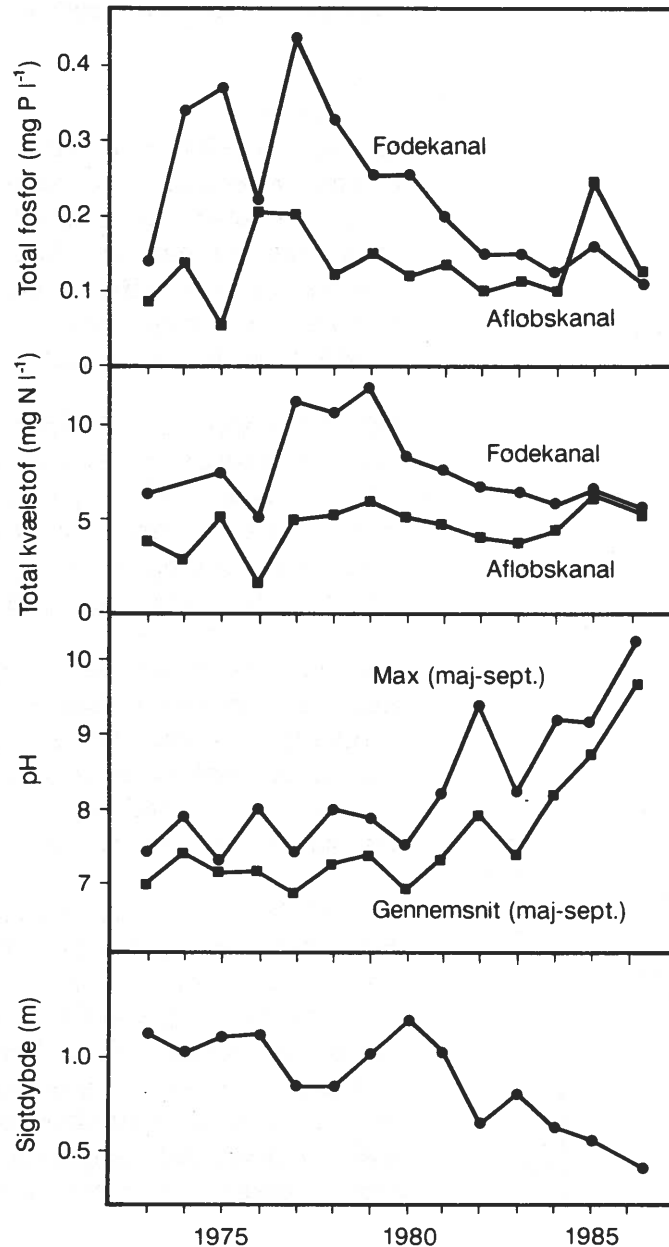
Rørsumpen var i 1986-87 fortsat svagt udviklet og begrænset til de mere beskyttede områder af bredzonen. Den bestod især af dyndpadderokke, vandpilurt, alm. sumpstrå, næbstar og et enkelt sted høj sødgræs. Desuden forekom der spredte bevoksninger af bredbladet dunhammer. Tagrør blev derimod næsten kun fundet i afløbskanalen.

Fuglebestanden er fulgt løbende i perioden 1975-86. I begyndelsen af perioden har søen været regelmæssigt besøgt af svømmeænder (gråand og pibeand), dykænder (troland, taffeland og hvinand), samt af blishøne og knopsvane. Hen gennem perioden skete der en markant tilbagegang i de planteædende fugle (knopsvane og blishøne), og knopsvanen var helt forsvundet fra søen i 1979 (dog enkelte observationer i 1986), hvilket tyder på, at undervandsvegetationen er forsvundet omkring 1980. Også troland viste en markant tilbagegang i perioden, medens gråanden gik frem. I 1986 og måske også før var der en stor bestand af hættemåger om sommeren, medens sølvmåger optrådte talrigt i efteråret.

I 1973, dvs. året efter søens dannelse, var fiskebestanden totalt domineret af 3-pigget hundestejle og ål med et ringe islæt af regnbueørred og gedde. Karpefisk (f.eks. skalle, brasen, suder og karuds) og aborre blev ikke konstateret på dette tidspunkt. De tilstedeværende fisk udviste god kondition, hvilket tyder på en høj produktion af fødeorganismer. I overensstemmelse hermed blev der iagttaget en stor tæthed af invertebrater i vegetationen og bundprøver indeholdt store mængder dansemyggelarver i både 1973, 74 og 75 (DF&H, 1975).

I årene efter søens dannelse blev der udsat 75 gedder (1974), 300 stk. 1 kg's bækørred (1974) og 900 suder (1975) og i begyndelsen

af 80'erne yderligere 500 kg skaller og 1800 kg brasen. Disse udsætninger har haft indflydelse på successionen. I 1986 fandtes en pæn bestand af store gedder, aborrer, suder og ål, medens de yngre årgange af disse fisk helt manglede eller forekom fåtalligt (aborre). Ørrederne var ligeledes forsvundet. I stedet dominerede brasen og især små skaller (94% af individantallet og 65% af biomassen). Der er således sket en udvikling fra et hundestejle-gedde-ål-samfund over et aborre-gedde-suder-ål-samfund til et brasen-skalle-samfund.



Figur 4.5.3: Udviklingen i koncentrationen af totalfosfor og totalkvælstof i Grindsted Engssø's tilløb og afløb, samt klorofylindholdet og sigtddyden i søen i perioden 1972-1986. Bemærk især ændringen i sigtdybde og klorofyl efter 1980 (fra Cowiconsult, 1988).

Tilbagegangen i undervandsplantesamfundet og skiftet i fiskebestanden peger på en øget eutrofiering. Dette er sket på trods af et stadigt fald i totalfosfor og totalkvælstof i tilløbsvandet (fig. 4.5.3). Udviklingen i sigtdybde og pH peger på, at forandringen især er sket efter 1980, altså samtidig med udsætningerne af skalle og brasen. Også knopsvanens forsvinden efter 1979 peger på en markant forandring på dette tidspunkt. Udsætningerne af skalle og brasen har derfor nok fremskyndet den naturlige udvikling mod en uklar sø uden undervandsplanter og med mange skidtfisk, samt få individer af det større dyreplankton og meget planteplankton. Fremskyndet -

fordi ligevægtssamfundet for en sø med den aktuelle fosfor- og kvælstofbelastning er en uklar sø med meget planteplankton og mange skidtfisk.

Resultaterne viser dog, at søen i de første 8 år i vid udstrækning har kunnet "neutralisere" den høje næringstofbelastning formentlig især fordi stigningen i skalle og brasenbestanden har kunnet holdes nede i det rovfisk-undervandsplante dominerede samfund. Resultaterne viser imidlertid også, at "bufferkapaciteten" hurtigt kan overskrides ved udsætninger af skidtfisk.

Gravlev sø

Gravlev sø beliggende ved Rebild i Himmerland er et af de retableringsprojekter under forberedelse, hvor der allerede er dannet en sø af en vis udstrækning, fordi man ikke længere pumper så meget vand væk fra området. Søen varierer i størrelse og har gennem firserne været vandfyldt om vinteren i større eller mindre grad. Området blev sidst dyrket i sommeren 1988, men siden vinteren 1988/89 har der permanent været en åben vandflade.

Retableringsprojektet for søen indeholder forskellige forslag, hvor det planlagte søareal varierer mellem 20 og 90 hektar (Hedeselskabet 1990). I januar 1990 udgjorde det frie vandspejl omkring 10 hektar med en største vanddybde på ca. 0,9 m. Store dele om af søen havde ved besigtigelsen i august 1990 en vanddybde mellem 0,6 og 0,8 m og formentlig stadig en udstrækning på omkring 10 hektar.

Ved engangsprøven taget midt i søen i august viste næringsstoffanalysen forholdsvis høje koncentrationer (tabel 4.5.2), dog ikke af uorganisk kvælstof, der ser ud til at være begrænsende for planteplanktonet i øjeblikket. Klorofyl *a*-indholdet var forholdsvis højt, men dog ikke højere end at sigtddybden var til bunden over hele søen. Der var tegn på vandblomst af blågrønalger (*Aphanizomenon*).

Tabel 4.5.2. Vandkemi (mg l⁻¹),
Gravlev sø, august 1990.

ammonium	0,028
total kvælstof	3,20
nitrit+nitrat	0,00
fosfat	0,109
total fosfor	0,312
silikat	1,23
total jern	0,82
suspenderet stof	8,3
pH	8,56
klorofyl <i>a</i>	0,100
farvetal	142

På trods af, at der kun er gået to vækstsæsoner siden området sidst blev dyrket, er der allerede sket en betydelig indvandring af undervandsplanter. Ved besigtigelsen i august blev der registreret følgende arter: børsteblandet vandaks, korsandemad, kransnålsalger, krybende vandkrans, akstusindblad, almindelig andemad og vandranunkel. Børsteblandet vandaks og korsandemad var de hyppigste og dækkede over store områder 50-100% af bunden. Flere steder voksede børsteblandet vandaks fra bunden og helt op til vandoverfladen. Kransnålsalger optrådte i tætte bestande på lavt vand bl.a. på vestsiden.

Kløkkerholm Møllesø

Kløkkerholm Møllesø, der ligger ved Kløkkerholm i Nordjylland, blev etableret i 1979 ved opstemning af Kløkkerholm Møllebæk. Den havde da været tørlagt siden 1915. Søen er på omkring 10 hektar, lavvandet med maksimumsdybde på 2,4 m (Jensen m. fl. 1987).

Allerede kort tid efter søens retablering blev der registreret en betydelig fremvækst af vandpest. Fra 1982 og 1983 er der rapporteret om masseforekomst af vandpest, men også med forekomst af akstusindblad, tornfrøet homblad og korsandemad (Wiss 1983). For at skabe flere åbne vandflader og bedre fiskemuligheder blev

der i 1985 udsat 63 græskarper. De følgende år blev grødevæksten reduceret, men vandpest og lidt tornfrøet hornblad var stadig tilstede i 1987 (Jensen m. fl., 1987). Ved besigtigelsen i 1990 blev der ikke noget fundet nogen former for undervandsplanter.

Tabel 4.5.3. Vandkemi (mg l⁻¹), Klokkeholm Møllesø, august 1990.

ammonium	0,007
total kvælstof	1,79
nitrit+nitrat	0,06
fosfat	0,008
total fosfor	0,188
silikat	5,60
total jern	0,44
suspenderet stof	21,0
pH	8,81
klorofyl a	0,191
farvetal	211

Ved prøvetagningen i august 1990 var der forholdsvis høje nærings-saltkoncentrationer og højt klorofyl a-indhold (tabel 4.5.3). Sigtdybden blev målt til 0,4 meter. Lokale beboere berettede om, at der gennem hele sommeren havde været uklart vand. Fra 1983 er der målt sigtdybder på 1,5-2,0 m og koncentrationer af totalfosfor på 0,08-0,09 mg P l⁻¹ (Wiss, 1983).

Regnvandsbassiner langs motorvejen Vejle-Horsens

Selvom regnvandsbassiner/søer langs motorveje ikke kan siges at være omfattet af begrebet retablerede søer, må man forvente, at den biologiske udvikling i disse søer på en del områder vil ligne den, der finder sted i de retablerede søer. I de følgende omtales derfor resultaterne af besigtigelsen af 4 nyetablerede motorvejssøer langs motorvejen mellem Vejle og Hedensted.

Søerne varierer i størrelse fra ca. 150 til 2.800 m² og er alle dannet/færdiggjort i perioden forår-efterår 1989, dvs. søerne har haft 1-2 vækstsæsoner. Vandet, som tilføres søerne, er vejvand, som vil indeholde diverse spildprodukter herfra. Dog har der på grund af den milde vinter endnu ikke været tale om vejsalt. Vanddybden var de fleste steder mellem 0,3 og 0,5 meter, dog dybere for sø nr. 120,5 (se tabel 4.5.1). Sigtdybden var i alle søer til bunden.

Tabel 4.5.1. Målinger fra motorvejssøer, november 1990.

sø-nr.*	115,1	115,9	119,5	120,5
areal, m ²	1.500	170	150	2.800
tot-P, mg P l ⁻¹	0,032	0,018	0,053	0,027
PO ₄ -P, mg P l ⁻¹	0,014	0,010	0,025	0,003
tot-N, mg N l ⁻¹	4,05	1,35	2,25	1,35
NO ₃ -N, mg N l ⁻¹	3,67	0,99	2,00	0,89
pH	8,4	8,3	8,1	9,3
submerse pl. [^]	vp,sv,ka,tg	sv	tg	vp,tg,kv
dækningsgrad, %	10	<1	<1	100
dom. dyrepl.	-	-	-	hjuldyr

*) i følge Vejdirektoratets foreløbige katastrofeplan af 29.5.90 over regnvandsbassiner, sø nr. 119,5 er dog ikke afsat.

^) vp=vandpest, kv=kruset vandaks, sv=svømmende vandaks, ka=kransnålsalge, tg=trådformede grønnealger.

Generelt havde søerne ved prøvetagningen forholdsvis højt indhold af uorganisk kvælstof, men lavt indhold af fosfor.

I alle 4 søer havde vandplanterne indfundet sig. I de to mindste søer var udbredelsen meget ringe, men i de to største søer var der betydelig forekomst af vandpest, der dækkede henholdsvis 10 og 100% af vandoverfladen (tabel 4.5.1). De øvrige vandplanter udgjorde kun en ubetydelig del.

Af større vanddyr blev der fundet en del bugsvømmere i de fleste søer. I den store sø nr. 120,5 var der en stor bestand af hundestejler, som har kunnet vandre ind i søen fra et tilstødende vandløb via sø-

afløbet.

Antallet af dyreplankton i søerne var lavt og bestod udelukkende af små hjuldyr. Planteplanktonet var sparsomt, men især repræsenteret ved grønalger, kiselalger og rekylalger.

Øvrige danske "små søer"

"Skovsgård" Sø, Langeland

Denne sø er beliggende på Skovsgård gods på østsiden af Langeland ved Hennemved (se Danmarks Naturfredningsforening 1990). Søen er dannet ved opstemning og hævning af vandspejl på ca. 1 meter i et område, der tidligere blev benyttet til græsningsarealer for kreaturer. Søarealet udgør ca. 5 hektar med et opland på omkring 1000 hektar. Tilløb til søen sker fra et lille vandløb samt fra dræn. Maksimaldybde i søen er omkring 0,9 meter (ekskl. grøfter).

Søen blev dannet i foråret 1987, og allerede i sommeren 1987 groede søen helt til i manna-sødgræs, så den åbne vandflade forsvandt. I løbet af den efterfølgende vinter blev der igen helt åben vandspejl, og dette har holdt sig siden (frem til sommeren 1990). Efterhånden er der sket en vis indvandring langs bredden af bl.a. iris, dunhammer og pil. Allerede den første sommer var der 6-7 ynglende arter af andefugle, bl.a. krikand. Dette antal har været stabilt eller svagt stigende siden.

Sø på Ulvshale, Møn

Denne sø blev gravet i foråret 1990 på Ulvshale på Møn. Søen er på godt 1 hektar, lavvandet med en maksimal vanddybde på 2 m og saltholdig med en salinitet på omkring 8 promille.

Allerede i sommeren 1990 blev der registreret en indvandring af havgræs og vandranunkel (J.S. Andersen, pers. medd.). Søen har været klarvandet. Der blev registreret et større antal hundestejler i søen.

Aller Møllesø

Aller Møllesø ved Christiansfeld i Sønderjylland blev retableret i 1988 (Miljønyt, 1990). Søen er på 1,3 hektar. Vandets opholdstid er på kun 6 døgn (nedsat til 1 døgn i 1990).

Allerede i 1988 var der spredte bevoksninger af vandpest, som i 1990 udviklede sig til kraftige bevoksninger (Sønderjyllands amt, upubl.).

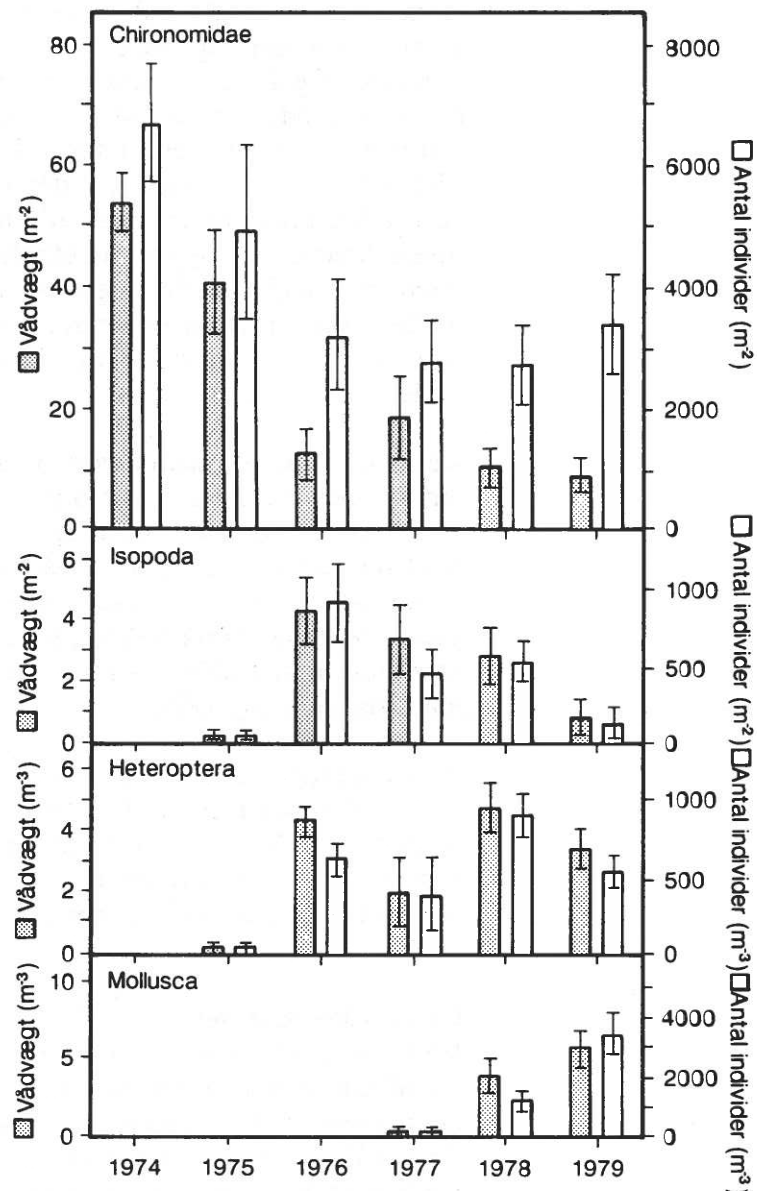
I 1989 var der en kraftig algevækst i søen med et sommerindhold af klorofyl *a* på 120-250 µg l⁻¹. Formentlig p.g.a. det hurtige vandskifte var klorofyl *a*-indholdet i 1990 lavt (4-13 µg l⁻¹) det meste af sommeren (Sønderjyllands amt, upubl.).

4.6 Udenlandske eksempler på etablering af søer

Naturgenopretning ved genskabelse af tørlagte søer er et forholdsvist nyt begreb, også internationalt set, og mængden af tilgængelig data indenfor området er derfor begrænset. Til gengæld eksisterer der en del data vedrørende etablering af reservoirer og andre kunstige søer, hvoraf en del refereres i det følgende.

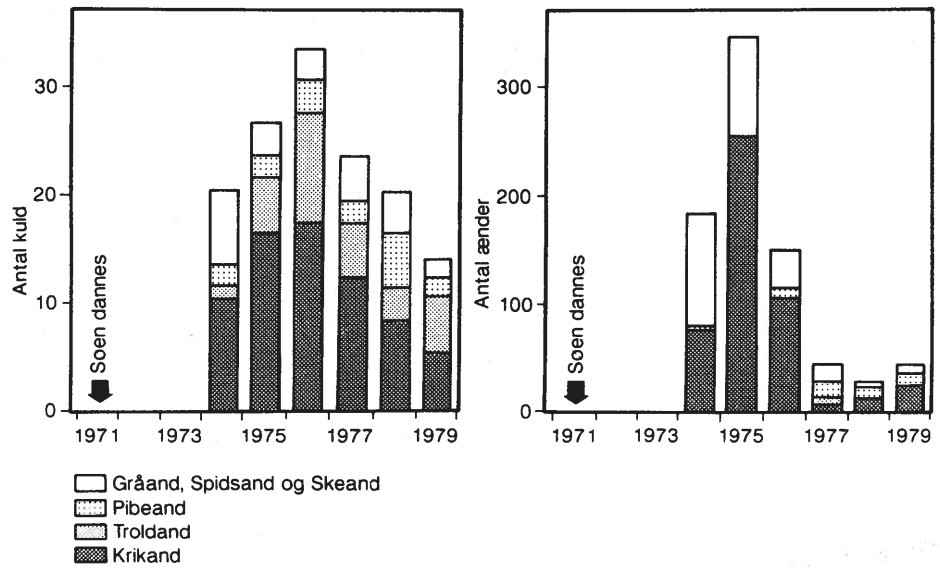
Veittijärvi, Sverige

Veittijärvi, der ligger i nordøst-Sverige, blev dannet i 1971 ved oversvømmelsen af et star-tilgroet engområde (Danell & Sjöberg, 1982). Området havde årligt været periodisk oversvømmet siden tørlægningen i 1930. Søen, som dækker et areal på omkring 35 hektar og har en gennemsnitsdybde på omkring 0,4 meter, blev dannet for forbedre andefuglenes livsvilkår. Søens nordlige beliggenhed med isdække fra starten af november til midt i maj betyder, at artssammensætningen og udbredelsesmønstret vil være noget anderledes end i Danmark. Således vil den normale bundfrysning forhindre overlevelse af fisk og begrænse udbredelsen af visse plantearter.



Figur 4.6.1: Biomasse og antal af de mest talrige makroinvertebrater i Veittijärvi søen i Sverige, 3-8 år efter etableringen i 1971 (fra Danell og Sjöberg, 1982).

Udviklingen i søen m.h.t. vandkemi, vegetation, bunddyr og fugle blev fulgt i perioden 1974-79 (Danell & Sjöberg, 1982). Dele af disse resultater er samlet i figur 4.6.1 og 4.6.2.



Figur 4.6.2: Antallet af vandfuglekuld i juni-juli (a) og antallet af forskellige vandfuglearter i august (b) i Veittijärvi søen, 3-8 år efter dannelsen (fra Danell og Sjöberg, 1982).

Antallet af ynglende andefugle, der hovedsagelig bestod af krikand, gråand, spidsand og skeand, toppede i 1976, dvs. 5 år efter søens dannelse (fig.4.6.2). Denne top var sammenfaldende med et maksimum i antallet af makroinvertebrater, der udgør et vigtigt fødeelement for andefuglene i søen (Danell & Sjöberg 1982). Danell & Sjöberg (1982) ræsonnerer, at den langsomt ekspanderende emergente vegetation efterhånden igen vil forøge antallet af bentiske makroinvertebrater, der udgør andefuglenes fødegrundlag, men at søens indhold af nedbrydeligt organisk materiale, der danner grundlag for de bentiske makroinvertebrater, aldrig vil blive så højt igen, som lige efter søens dannelse og dermed heller ikke antallet af andefugle.

De dominerende makroinvertebrater i Veittijärvi var dansemygglarver, men biomassen var dog faldende i perioden 1974 til 1979. Vandbænkebidder, der også er knyttet til detritusomsætningen, blev først registreret i 1975, og opnåede maksimumtæthed i 1976, hvilket formentlig skyldes, at denne art har vanskeligere spredningsbetingelser (kan ikke flyve!). Snegle og muslinger, der ligeledes har ringe spredningsmuligheder som voksne, indfandt sig først i søen i henholdsvis 1977 og 1979.

Dominerende undervandsplante i søen var spinkel vandaks, der først blev registreret i 1976. Fra 1976 til 1979 dækkede denne art henholdsvis 4, 15, 33 og 14% af søarealet. De emergente makrofyter bestod i 1974 udelukkende af 3 star-arter, mens der i 1979 blev registreret ni arter bl.a. dyndpadderok, vandspir og fredløs.

Canadiske småsøer

Whitman (1978) sammenlignede i 1972 og 73 en serie af nydannede canadiske søer af forskellig alder og størrelse med henblik på bl.a. at vurdere alderseffekten på fuglebestanden. Søerne ligger nær Sacksville i New Brunswick og var på undersøgelsestidspunktet mellem et halvt og syv år gamle. Middelvanddybden i søerne var

omkring 0,5 meter.

Undersøgelsen viste bl.a., at næringsstofniveauet i søerne var højest de første år, men faldt igen 3-4 år efter etableringen. Dette tilskrives frigivelsen fra den oversvømmede vegetation. Samtidigt var der en tendens til, at jordens næringsstofindhold steg efter sødannelsen, svarende til, at nogle af de opløste næringssalte i vandet efterhånden bindes i sedimentet.

Den tilstedeværende terrestriske vegetation forsvandt hurtigt efter sødannelsen, dog således at fugtighedstolerante arter forblev længere i området. Arter af star og dunhammer indfandt sig allerede det første år.

Makroinvertebraterne indfandt sig ligeledes allerede det første år efter etableringen. De første grupper var dansemyggelarver, vandkalve, bugsvømmere, stikmyg og snegle, der forøgedes kraftigt i antal og nåede maksimumsantal allerede indenfor det første år. I de 1-4 år gamle søer var der størst individantal indenfor hvirvlere og snegle, mens copepoder og muslingekrebs optrådte hyppigt i de ældre søer.

Med hensyn til søalderens indflydelse på vandfuglene konkluderer Whitman (1978) bl.a., at:

- 1) arts- og antalmæssigt er invertebratfaunaen i høj grad bestemt af mængden af tilgængelig organisk materiale. Det organiske materiale kan enten bestå af vegetationen, der blev sat under vand eller den nyudviklede vegetation af vandplanter. Eftersom invertebrater samtidigt spiller en vigtig rolle som føde dyr for vandfugle, vil livsgrundlaget derfor både for planteædende og invertebratædende fugle afspejle plantesuccessionen i den nye sø.
- 2) optimale betingelser for vandfugle er perioden, fra søen er mellem 1,5 og 4 år gammel. Hvis man ønsker at bevare optimale forhold for fugle, anbefales det at tørlægge/sænke vandstanden hvert 4. til 7. år, for derved igen at starte plante- og invertebratsuccessionen, der skaber de bedste betingelser.

Goczalkowice Dam Reservoir, Polen

Krzycanek m. fl. (1986) summerer en omfattende undersøgelse af udviklingen i vandkemi, makrofytsamfund, planteplanktonsamfund, dyreplanktonsamfund og det bentiske samfund i Goczalkowice Dam Reservoir de første 28 år efter dens dannelse i 1955. M.h.t. detaljeringsgrad, indhold og den imponerende lange tidsserie hører denne undersøgelse uden tvivl til blandt de internationalt bedste beskrivelser af udviklingen i en nydannet sø. Desuden har en række forfattere med større detaljeringsgrad beskrevet, hvordan de enkelte kemiske og biologiske forhold udvikler sig (se Ekol. Polska 34,3: 307-577). Den nære beliggenhed betyder endvidere, at udviklingen artsmæssigt i vid udstrækning kan overføres på danske forhold.

Søen blev dannet ved opstemningen af floden Vistula og dækker et areal på 32 km² ved højeste vandstand. Middeldybden varierer med vandstanden mellem 2,5 og 4,2 meter.

På baggrund af udviklingen i de biologiske samfund inddelte Krzycanek m. fl. (1986) den overordnede succession i 5 stadier:

1. stadie: fra 0-3 måneder, samfund tilknyttet vandløb og landjorden forsvinder.

2. stadie: fra 3-4 måneder, de første søorganismer indfinder sig

3. stadie: fra 0,5-5 år, ustabile kemiske og biologiske forhold

4. stadie: fra 5-15 år, de endelige biologiske samfund dannes, mens antallet og produktionen af de enkelte organismer mindskes.

5. stadie: fra 15- , øget produktivitet indenfor de enkelte samfund, hvilket dog formentlig skyldes en øget næringsstofbelastning.

Udviklingen i de enkelte biologiske samfund blev inddelt i en række faser. Således indeles makrofytudviklingen i 3 faser: perioden fra 1956-59 med en markant øget udbredelse af især vandpest (med masseudvikling i 1957), vand-pileurt og almindelig blærerod; fra 1959-1972 hvor vandpest og blærerod næsten forsvandt, mens arter af vandaks (glinsende, kruset, hjertebladet) spredte sig; og siden 1973 en fortsat udvikling af vandaksarter, især hjertebladet vandaks.

Bundfaunaens udvikling blev inddelt i fem faser: det første år (1955), hvor tørbundsarter og vandløbsfauna hurtigt forsvandt, mens enkelte "søarter", som feks. bugsvømmere indfandt sig; perioden 1956-1959 hvor en fauna tilknyttet omsætning af dødt organisk materiale opformeredes voldsomt, især *Chironomidae*; fra 1960-1963, hvor børsteorme og senere snegle og småmuslinger som *Pisidium* blev hyppigere; fra 1964-1973 med faldende antal og biomasse af bunddyr; og perioden 1973-1982 hvor bunddyrsantallet igen var stigende, især *Chironomidae*.

Bortset fra det første år, hvor der først udviklede sig vandblomst af blågrønalger (*Ahanizomenon flos aqua*) og senere masseudvikling af *Synura uvella* (gulalge), var planteplanktonet meget varierende i årene efter søens dannelse. Dyreplanktonet var det første år domineret af hobe af cladocerer (*Polyphemus pediculus*, *Daphnia longispina* og *Bosmina longirostris*). De følgende år var hjuldyrene antalsmæssigt dominerende. I 1957 opnåede *Keratella cochlearis* således et maksimum på 21.000 l⁻¹. Årene 1961-62 (dvs. 6.-7. år) opnåede dyreplanktonet den kvantitative største udvikling. Herefter faldt antallet af især arter tilhørende slægten *Brachionus*, hvilket tolkes som starten på en biologisk mere stabil periode i søen.

Rozkos Reservoir, Tjekkoslaviet

Krahulec m.fl. (1987) har fulgt vegetationsudviklingen de første 12 år efter dannelsen af Rozkos reservoir i Tjekkoslaviet. Søen dækker et areal på omkring 10 km² med maksimaldybde på 16 meter og en middeldybde på 7,6 meter. Makrofytudviklingen fulgte et mønster, som minder om det, der er kendt fra andre central-Europæiske reservoirer. De første år efter søens dannelse var karakteriseret ved en hurtig udvikling i submerse og flyde-bladsmakrofyter. Især vandpest, almindelig blærerod og arter af andemad udvikledes hurtigt (tabel 4.6.1). Efter 5 år ændredes udbredelsesmønstret i retning af større udbredelse af liden vandaks, børstebladet vandaks og tornfrøet hornblad, medens pionerplanterne gik tilbage. Den høje makrofyt-produktion efter sødannelsen blev efterfulgt af en kraftig udvikling i mængden af snegle (*Planorbis*,

Lymnaea og *Physa*).

Udviklingen af den emergente makrofytvegetation blev mængdemæssigt domineret af bredbladet dunhammer og rørgræs. Disse to arter hører begge til blandt kolonisterne, dvs. planter som konkurrencemæssigt hurtigt er i stand til koloniserer nye områder. Tagrør, spredte sig derimod langsomt og blev først dominerende senere, hvor den til gengæld ofte udkonkurrerede dunhammer bl.a. fordi, den er mere tolerant overfor vandstandssvingninger. Rørskovdannelsen af især tagrør blev desuden i starten begrænset af planteædende fugle.

Tabel 4.6.1. Udbredelsen af den submerse makrofytsuccession i Rozkos reservoiret efter dannelsen i 1971. —: perioder med kraftig udvikling, - - -: periode med artens tilstedeværelse (efter Krahulec m.fl. 1987).

art/år	1971	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
butbladet vandaks	—											
andemad	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
vandpest	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
alm. blærerod	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
liden vandaks	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
børstebladet vandaks	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
tornfrøet hornblad	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
aks-tusindblad	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
høst vandstjerne	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
glinsende vandaks	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
vand-pileurt	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
kruset vandaks	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
vandkrans	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Krahulec m.fl. (1987) konkluderer, at successionsmønstret sandsynligvis blev påvirket af de højere næringsstofkoncentrationer, som blev frigjort i forbindelse med nedbrydningen af organisk materiale. Især tillægges frigivelsen af fosfor stor betydning. Endelig tillægges en stor dyreplanktontæthed p.g.a. lavt antal af dyreplanktonædende fisk en positiv betydning for undervandsplanternes dybdeudbredelse, idet vandets højere gennemsigthed tillader undervandsplanterne at nå ud på større dybder.

Laurel Creek Reservoir, Canada

Laurel Creek Reservoir blev dannet i april 1967 og makroinvertebratudviklingen blev fulgt i detaljer i den efterfølgende vækstsæson (Paterson & Fernando 1969). Søen har et areal på 65 hektar med en maksimal vanddybde på 3,6 meter og en middelvanddybde på 0,9 meter.

Den overordnede udvikling var som følger:

- terrestriske arter, dvs. arter tilknyttet landjord, som allerede fandtes, da søen blev dannet forsvandt i løbet af de første 2-3 måneder.
- obligate rheophile arter, dvs. arter, som kun lever i vandløb og fandtes fra søen dannelse, forsvandt mere eller mindre i løbet af de første 3-4 måneder.
- fakultative rheophile arter, dvs. arter foretrækker at leve i vandløb, men som kan leve i søer, steg markant i antal gennem hele sommeren.
- limnophile arter, dvs. arter som normalt findes i søer, begyndte at indfinde sig efter 1 måned og steg kraftigt i antal fra 2. til 4. måned.

Den første limnophile fauna som indfandt sig var chironomider, især *Chironomus attenuatus*, *C. nervosus*, *C. abortivus*, og *Glyptotendipes barbipes* der i juli gennemsnitlig fandtes i et antal på 15.000 m².

På grundlag af prøvetagning på forskellige dybder og med forskellig substrat konkluderer Paterson & Fernando (1969), at antallet af invertebrater mindskes med stigende vanddybde, og at tidligere græsområder kan forventes at oppebære større invertebratfauna end ryddede skovområder, eller hvor jordlagets øverste indhold af organisk stof er skrællet væk.

Kyrkosjärvi reservoir, Finland

Dette reservoir er på 6,4 km² og har en middeldybde på 2,5 m. Det ligger i et nåleskovsområde på tørvebund og blev dannet i 1981 ved en opstemning af et vandløb. Udviklingen i plantesamfundet blev fulgt i en 5 års periode (Koskenniemi, 1987).

I det første år forekom der masseudvikling af trådalger på lavt vand, hvilket i de efterfølgende 2 år blev fulgt op af en begyndende vækst af enkelt pindsvineknop og småfrugtet vandstjerne, som blev tilført søen fra opstrøms beliggende vandløb. Desuden forekom blærerod, forskellige vandaksarter (især svømmende vandaks) og vandspir. I de efterfølgende år skete der så en kraftig udvikling af mossen *Drapanocladus* og en videreudvikling af pindsvineknop og svømmende vandaks, medens vandstjerne gik stærkt tilbage, formentlig fordi vigtige næringstoffer blev immobiliseret af humusstoffer, som løbende blev frigjort fra tørv.

Rørsumpen begyndte langsomt at udvikles efter 2 år, men først for alvor 5 år efter dannelsen, og den bestod især af smalbladet dunhammer og dynd-padderokke. Karakteristisk træk i udviklingen var dannelsen af flydende tørv, som optrådte i en fritsvømmende og fasthæftet form ca. 3 år efter dannelsen.

5 Overvågningsprogrammer for retablerede søer

Der kan være flere og indbyrdes forskellige grunde til at iværksætte et overvågningsprogram for retablerede søer. Hensigten kan være

- at følge den generelle udvikling i miljøtilstanden med henblik på løbende at vurdere om målsætningen for området er opfyldt,
- at tilvejebringe mere viden om successionsforløb og styrende faktorer herfor,
- at tilvejebringe baggrundsinformationer med henblik på at identificere behovet for og omfanget af en aktiv pleje af området, så målsætningen for søen kan opfyldes (vandstandsregulering, regulering af fiskebestand og udplantning/pleje af vegetationen).

Omfanget af et overvågningsprogram skal naturligvis afpasses efter formålet, men i det følgende er der alligevel søgt opstillet to generelle programmer: et minimumsprogram, som kan gennemføres uden adgang til laboratorium og et udvidet program, som kræver laboratoriefaciliteter, og som tænkes anvendt for søer, for hvilke man ønsker en mere detaljeret beskrivelse af udviklingsforløbet. Det sidste program følger i nogen grad Overvågningsprogrammet, som er opstillet for søerne, der undersøges i medfør af Vandmiljøplanen (Kristensen m.fl. 1990c). Det er dog suppleret med et program til overvågning af udviklingen i fuglebestanden, i undervandsvegetationen og i mængden af invertebrater i vegetationen.

5.1 Minimumsprogram

Minimumsprogrammet består af:

- en karakteristik af fiskebestanden,
- en beskrivelse af undervandsvegetationens udbredelse og sammensætning,
- en beskrivelse af bredvegetationens sammensætning og arealudbredelse,
- en semi-kvantitativ opgørelse af de makroinvertebrater (større hvivelløse dyr) i vegetationen og i søbunden,
- en opgørelse af ynglende og rastende fugle.

Fugletællingerne gennemføres i maj-juni og oktober-november, medens alle andre undersøgelser gennemføres i august, og helst på samme tid i hvert undersøgelsesår.

Fiskebestandens sammensætning og mængde

Fiskebestandens sammensætning og relative fordeling bestemmes med biologiske oversigtsgarn (monofil nylon), bestående af 14 stk. 3 m lange sektioner med varierende maskevidder mellem 6,25 og 75 mm. (se Mortensen m.fl., 1991). Antallet af net afpasses efter søens størrelse, som angivet i tabel 5.1.

Der anvendes flydende garn. Nettene udsættes, således at de repræsenterer den relative fordeling mellem områder med og uden undervandsplanter, og det må også tilstræbes, at såvel randområder som områder midt i søen er repræsenterede. Nettene udsættes sidst på eftermiddagen og tages op igen næste morgen. Fangsterne opdeles på arter og inddeles i to størrelsesklasser (<10cm, eller >=10cm)

Tabel 5.1. Antal oversigtsgarn ved forskellige søstørrelser.

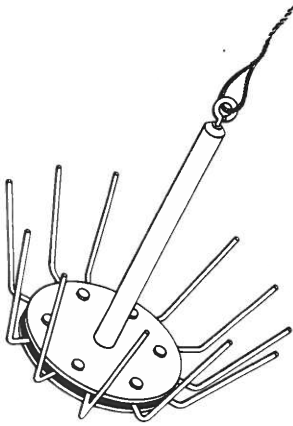
størrelse (ha)	antal net
<10	3
10-50	4
50-100	5
>100	6

målt fra snuden til roden af halefinden (forklængden). Den samlede vægt af fiskene i hver af disse størrelsesklasser opgøres for hver art.

Resultaterne opgøres i fangst pr. net ved at tage gennemsnit af fangsterne i de 3-6 net. Dette kaldes også CPUE (Catch pr. unit effort). Fangsterne kan yderligere opdeles pr. maskevidde, og der kan herved tages højde for netselektivitet. For nærmere oplysninger herom og mere generelt om fiskeundersøgelser i søer henvises til Mortensen m.fl. (1991).

Ressourcer:

Afhængig af fisketætheden. Normalt vil 3 mand kunne oparbejde ca. 4-6 net pr. dag.



Figur 5.1: "Olsen-rive".

Undervandsvegetationens udbredelse

Undervandsvegetationens udbredelse bestemmes på minimum 3 transekter i søer under 10 hektar, og dette antal øges gradvist, som beskrevet i afsnittet om fisk til minimum 6 transekter i søer >100 hektar. Transekterne lægges fra land til midten af søen. Med passende mellemrum (f.eks. 2-5 m) registreres artssammensætningen, og desuden bestemmes vegetationens dækningsgrad inddelt i følgende fem kategorier 0-5, 5-25, 25-50, 50-75, 75-100%. Bestemmelsen foretages, hvor det er muligt med vandkikkert, ellers benyttes en såkaldt "Olsen-rive" (fig. 5.1). Med sidstnævnte teknik må dækningsgraden skønnes groft ud fra mængden af planter på riven. Om muligt måles også vegetationens højde.

Ressourcer:

0,5-1 mand-dag.

Bredvegetationens udbredelse

Bredvegetationens udbredelse og sammensætning vurderes som minimum i forlængelse af transekterne anvendt til undervandsplantebeskrivelsen. Dækningsgraden for de enkelte arter noteres med passende mellemrum (1-5 m) efter samme principper som undervandsplanter. Bredvegetationens maksimale vanddybde noteres, ligesom den totale arealudbredelse i søen estimeres (evt. på basis af flybilleder).

Mængden af makroinvertebrater i vegetation og bund

Prøvetagningen foretages efter, at vegetationsanalysen er gennemført. Der udlægges som minimum to transekter fra land til midten af søen. Det ene transekt lægges i et område med udbredt undervandsvegetation. Hvis et sådant område ikke findes udlægges transektet i stedet i et område med spredt vegetation eller et uden vegetation. Det andet transekt lægges i et område uden eller med sparsom vegetation, eller hvis et sådant ikke findes placeres også det andet transekt i tæt vegetation. På transekter i vegetationen foretages en ketching på et område, der svarer 1,5m x ketcherens bredde. Der ketches 4 gange frem og tilbage på det samme område, og fangsten overføres til en spand af passende størrelse, hvorefter dyrene konserveres i alkohol. Proceduren gentages for hver 10 m på hele tran-

sektet. For hvert område (eller evt. på en puljet prøve fra alle områder) opdeles dyrene nu på hovedgrupper (f.eks. dansemyg, døgnfluer, vårfluer, vandkalve, bugsvømmere osv.), og som minimum inddeles de i følgende antalskategorier: 1-5, 5-10, 10-50, 50-100, 100-500, >500). Ketcherens dimensioner samt hvor mange områder, der indgår i dette tal, noteres. Dette muliggør en sammenligning med andre undersøgelser.

På transekter i områder uden vegetation foretages der med stangketcher en ketching af de øverste 5-10 cm af sedimentet på en 0,5m strækning (1 gang og kun i en retning), og efter sigtning overføres prøven til en spand og konserveres. Proceduren gentages for hver 10 m. Optælling og beregning foretages som beskrevet ovenfor for prøver fra vegetationen. Det vil dog her være ønskeligt med en lidt finere opdeling af dansemyg og andre bunddyr. En sådan kan foretages f.eks. ved hjælp af bestemmelsesværket Dall m.fl. (1986). Husk også her at notere antallet af områder, der indgår i hver antalsopgørelse og ketcherens dimensioner.

Ressourcer:

0,5-1 mand-dag

Fuglebestandens sammensætning og mængde

Fugletællinger udføres som minimum to gange årligt i hhv. maj-juni, hvor der specielt fokuseres på forekomsten af ynglende fugle og en gang i efteråret (oktober-november), hvor der sigtes på optælling af rastende fugle. Tællingerne foretages med teleskop (20-25x forstørrelse) og helst fra observationstårn. Observationspunktet placeres, således at så meget af søen som muligt er synlig. Evt. anvendes supplerende observationspunkter. Observationspunkterne skal være de samme fra år til år. Tænk ved placeringen over hvor en evt. kommende rørsump vil udvikle sig og vanskeliggøre tællingerne.

På hver observationsdag optælles antallet af alle arter på søoverfladen og ved bredden. I juni optælles desuden antal unger (uanset alder) af hver art, og hvor det er muligt også antallet af familier, samt antallet af knopsvanereder.

For mere detaljerede oplysninger henvises til Miljøstyrelsen (1991).

Ressourcer:

ca. 1-2 mand-dage

5.2 Udvidet program

Fysisk-kemiske parametre

Disse bør som minimum omfatte følgende parametre:

Totalfosfor, orthofosfat, totalkvælstof, ammonium, nitrit+nitrat, klorofyl a, sigtddybde.

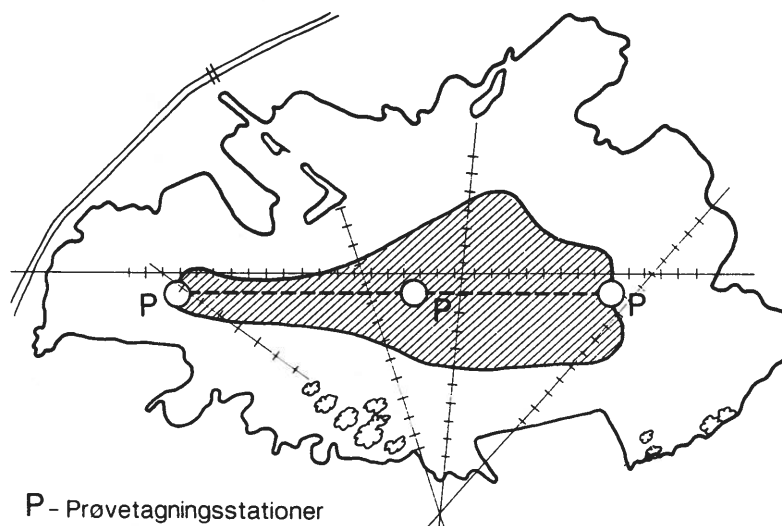
Det vil imidlertid også være ønskeligt at supplere med farvetal,

suspenderet stof, pH og alkalinitet, idet disse variable er gode indikatorer på udviklingsprocessen.

Målingerne bør som minimum gennemføres 2 gange i vinterhalvåret (f.eks i december og februar) og 1 gang pr. måned om sommeren (maj til og med september). Ved mere intensive undersøgelser bør prøvetagnings-frekvensen øges. I normalprogrammet for søer foretages der således målingerne med 14 dages interval fra 1. april til 1. december og herefter en gang pr. måned til 1. april, ialt 19 prøver (Kristensen m.fl., 1990c).

Planktonundersøgelser

Planktonundersøgelserne bør omfatte en kvantitativ opgørelse af dyre- og planteplanktonet. Der udtages prøver med vandhenter på tre stationer i den centrale del af søen. Stationerne lægges på en linie trukket fra periferien af dette område gennem centrum til den anden periferi og således, at liniens længde bliver størst mulig (fig. 5.2). To stationer lægges i liniens endepunkter, medens det sidste lægges ca. i søens midte. På midterstationen udtages to prøver - en til planteplankton og en til dyreplankton.



Figur 5.2: Eksempel på udlægning af stationer til planktonundersøgelser. Der udtages prøver til planteplankton på den midterste station og til dyreplankton på alle tre stationer (se tekst).

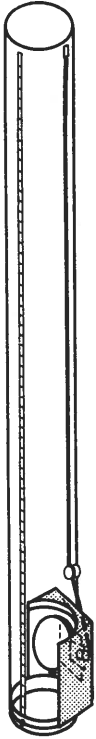
Vertikalprøverne puljes (dog adskilles plante- og dyreplanktonprøverne). Herefter udtages der fra den ene spand og under kraftig omrøring (ikke ensrettet omrøring) 100 ml vand, som påføres en 100 ml brun medicinflaske med skruelåg og indlæg, og der tilsættes 1 ml lugol. Vandet fra den anden spand filtreres gennem et 20 µm filter, og materialet på filteret overføres til en 100 ml brun medicinflaske med skruelåg og indlæg, og der tilsættes 4 ml lugol.

På de to andre stationer udtages kun prøver til dyreplankton (en pr. station) efter samme retningslinier som for midterstationen. Prøverne fra de tre stationer kan evt. puljes inden filtreringen.

Tabel 5.2. Prøvetagning af plankton.

dybde	antal prøver
<2 m	2
2-4 m	3
4-8 m	4
8-15 m	5
>15 m	prøver for hver 3. m

I lavvandede søer med udbredt undervandsvegetation kan prøverne mest hensigtsmæssigt udtages med en søjlevandhenter (fig. 5.3). Vandhenteren nedsænkes i vandet fra overflade til bund, hvorefter vandet i søjlen indesluttet ved at aktivere et faldlem i bunden af vandhenteren. Vandsøjleens højde aflæses, således at volumet kan opgøres. I dybe søer benyttes en hjerteklapvandhenter, og prøvetagningen af dyre- og planteplankton foretages som angivet i tabel 5.2.



Figur 5.3: Søjlevandhenter til prøvetagning af søvand til dyre- og planteplanktonbestemmelser.

Prøverne udtages med ækvidistant afstand ned gennem vandsøjlen. Første prøve udtages altid i 0,5 m's dybde og sidste prøve 0,5 m over bunden. Hvis søen har en middeldybde på mere end 3 m, udtages planteplanktonprøverne dog efter lidt andre retningslinier. Der henvises til Olrik (1991).

Planktonet bestemmes så vidt det er muligt til slægt eller art. Der foretages herefter en optælling af det større dyreplankton i stereomikroskop og omvendt mikroskop efter retningslinier i Hansen m.fl. (1991) og af planteplanktonet i omvendt mikroskop efter retningslinier i Olrik (1991). Planteplanktonets volumen og dyreplanktonets biomasse bestemmes herefter (se de samme to kilder).

Målingerne bør som minimum gennemføres 1 gang pr. måned om sommeren (maj til og med september). Ved mere intensive undersøgelser bør prøvetagningsfrekvensen øges. I normalprogrammet for søer foretages der således målinger med 14 dages interval fra 1. april til 1. december og herefter en gang pr. måned til 1. april, ialt 19 prøver.

Ressourcer:

1 mand-dag pr. sæt (dyreplankton + planteplankton).

6 Referencer

- Andersson, G., 1986: Fågel eller fisk i Skånes sjöar? Skånes Natur 73: 167-176.
- Balls, H., B. Moss & K. Irvine, 1989: The loss of submerged plants with eutrophication I. Experimental design, water chemistry, aquatic plant and phytoplankton biomass in experiments carried out in ponds in the Norfolk Broadland. Freshw. Biol. 22: 71-87.
- Bochenski, Z., 1986: Development and structure of the Goczalkowice reservoir ecosystem XVI. birds. Ekol. pol. 34: 523-535.
- Björk, S., 1988: Redevelopment of Lake Ecosystems - A case-study Approach. Ambio 17,2: 90-98.
- Campbell P.G., B. Bobee, A. Caille, M.J. Demalsy, P. Demalsy, J.L. Sasseville & S.A. Visser, 1975: Pre-impoundment site preparation: a study on the effects of topsoil stripping on reservoir water quality. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 1768-1777.
- Cherry, D.S. & R.K. Guthrie, 1975: Significance of detritus or detritus-associated Invertebrates to fish production in a new impoundment. J. fish. Res. Board Can. 32: 1799-1804.
- COWIconsult, 1988: Engsøens forureningstilstand og fremtidsmuligheder. Rapport til Grindsted kommune.
- Czarnowski, M., Maczek, W., Pilarski, J., 1986. Development and structure of the Goczalkowice reservoir ecosystem XI. effect of par energy on the plant photosynthetic production. Ekol. pol. 34: 447-455.
- Dall, P.C., T.M. Iversen, J. Kirkegaard, C. Lindegaard & J. Thorup, 1986: En oversigt over danske ferskvandsinvertebrater til brug ved bedømmelse af forureningen i søer og vandløb. 201 pp.
- Danell K. & K. Sjöberg, 1982: Successional patterns of plants, invertebrates and ducks in a man-made lake. Journal of Applied Ecology 19: 395-409.
- Danmarks Naturfredningsforening, 1990: Den genskabte sø. Natur og Miljø 4/90: 22.
- Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser, 1974: Brev til Grindsted kommune, april 1974. Grindsted Engsø. Fiskeridriften.
- Danmarks Fiskeri og Havundersøgelser, 1975: Brev til Grindsted kommune, november 1975. Grindsted Engsø.
- Fott, J., L. Pechar & M. Prazakova, 1980: Fish as a factor controlling water quality in ponds. In: J. Barica & L. Mur (Eds.): Hypertrophic Ecosystems. Developm. Hydrobiol. 2, Dr. W. Junk Publ., The Hague, pp. 255-261.

Goryainova L.I., O.V. Karpichova, L.N. Kopyteva, L.P. Kostyuchenko, L.D. Lysin, N.Yu. Milovidova & A.N. Pangina, 1969: The Beberdzhai Reservoir during its first eight years. *Hydrobiol. Journal.* vol 5(6): 45-50.

Grimard Y. & H.G. Jones, 1982: Trophic Upsurge in New Reservoirs: A Model for Total Phosphorus Concentrations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1473-1483.

Hansen, A.M, E. Jeppesen, S. Bosselmann, P. Andersen, 1991: Overvågningsprogram: Zooplanktonundersøgelser i søer - Metoder. Rapport til Miljøstyrelsen.

Hansen, A.-M. & E. Jeppesen, submitted: Effect of high pH on zooplankton and nutrients in fish-free enclosures. *Archiv für Hydrobiologie.*

Hedeselskabet, 1990: Gravlev Sø. 55 sider + bilag.

Holcik J., 1977: Changes in Fish Community of Klicava Reservoir with Particular Reference to Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*), 1957-72. *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 1734-1747.

Hovedstadsrådet, 1987: Ramsødalen 1987. 154 pp.

Iversen, J., 1929: Studien über die pH-Verhältnisse dänischer Gewässer und ihren Einfluss auf die Hydrophyten-Vegetation. *Bol. Tidsk.* 40: 277-311.

Jackson T.A. & R.E. Hecky, 1980: Depression of Primary Productivity by humic matter in lake and reservoir waters of the Boreal Forest zone. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 2300-2317.

Jensen, H.J. & J.P. Müller, 1990: Fiskebestandens udvikling i Frederiksborg Slotssø efter en fiskemanipulation. Rapport til Miljøstyrelsen, 48 pp.

Jensen V. U., G. I. Johansen, P. Petersen og I. Buch, 1987: Græskarper i søer til grødebekæmpelse. Miljøteknikererapport fra Frederikshavn Tekniske Skole. 51 pp. + bilag.

Jeppesen, E., J.P. Jensen, P. Kristensen, M. Søndergaard, E. Mortensen, O. Sortkjær, A.-M. Hansen & J. Windolf, 1989: Bundplanters betydning for miljøkvaliteten i søer. *Vand & Miljø* 8: 345-349.

Jeppesen, E., J.P. Jensen, P. Kristensen, M. Søndergaard, E. Mortensen, O. Sortkjær & K. Olrik, 1990: Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions. *Hydrobiologia* 200/201: 219-227.

Jeppesen, E., P. Kristensen, M. Søndergaard & J.P. Jensen (submitted): Recovery resilience following a reduction in external phosphorus loading of shallow, eutrophic Danish lakes: duration, governing factors and methods for overcoming resilience. *Mem. Ist. Ital. Idrob.*

Koskenniemi, E., 1987: Development of floating peat and macrophyte vegetation in a newly created, polyhumic reservoir, Western Finland. *Aqua fennica* 17: 165-174.

Kuflikowski, T., 1986: Development and structure of the Goczalkowice reservoir ecosystem X. macrophytes. *Ekol. pol.* 34: 429-445.

Krahulec F., J. Leps & O. Rauch, 1987: Vegetation succession on a new lowland reservoir. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 27: 83-93.

Kristensen, P., J.P. Jensen og E. Jeppesen, 1990a: Slutrapport for NPo-forskningsprojekt C9: Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-projekt 4.5. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen; 120 pp.

Kristensen, P., B. Kronvang, E. Jeppesen, P. Græsbøll, M. Erlandsen, Aa. Rebsdorf, A. Bruhn og M. Søndergaard, 1990b: Ferske vandområder - vandløb, kilder og søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 130 pp. + bilag 10 pp. Faglig rapport fra DMU nr. 5.

Kristensen, P., M. Søndergård, E. Jeppesen, E. Mortensen og Å. Rebsdorf, 1990c: Overvågningsprogram - Prøvetagning og analysemetoder i søer. Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser.

Krzanowski, W., 1986: Development and structure of the Goczalkowice reservoir ecosystem IX. zooplankton. *Ekol. pol.* 34: 415-428.

Krzyzanek, E., 1986: Development and structure of the Goczalkowice reservoir ecosystem XIV. zoobenthos. *Ekol. pol.* 34: 491-513.

Krzysanek E., H. Kasza, W. Krzanowski, T. Kuflikowski & G. Pajak, 1986: Succession of communities in the Goczalkowice Dam Reservoir in the period 1955-1983. *Arch. Hydrobiol.* 106, 1: 21-43.

Lauridsen, T., F.Ø. Andersen & E. Jeppesen, 1990: Retablering af bundplanter i Væng Sø. *Vand & Miljø* 5: 159-163.

Mathiesen, H., 1969: Søernes planter. Danmarks Natur bind 5. De ferske vande. Politikens Forlag. 237-280.

McLachlan A.J., 1974: The Development of chironomid communities in a new temperate impoundment. *Ent. Tidsskr.* 95, suppl.: 162-171.

Miljøstyrelsen, 1991: Vandfugle og søers miljøtilstand. Rapport fra Ornisconsult.

Morduchai-Boltovskoi F.D., 1961: Die entwicklung der bodenfauna in den Stauseen der Wolga. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 14: 647-651.

Miljønyt, 1990: Naturgenopretning af Aller Møllesø. Nyhedsblad nr. 1 fra Samfundsteknik.

- Miljøministeriet/Skov- og Naturstyrelsen, 1990: Alsønderup Enge 1986-89, 53 pp.
- Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Muller, M. Timmermann, 1991: Retningslinier for standardiseret forsøgsfiskeri i søer og en beskrivelse af fiskeredskaber og metoder. - Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Ferskvandsøkologi og Fiskeøkologisk Laboratorium, 27 pp.
- Nielsen, T.G. & S.J. Horsted, 1987: Fiskebestanden i Utterslev Mose 1985. Flora og Fauna 93: 67-73.
- Olrik K., 1991: Phytoplanktonbedømmelse - del 1: Metoder. Rapport til Miljøstyrelsen.
- Ornis consult, 1987a: Fugleundersøgelser ved Grindsted Engso. Rapport til Grindsted kommune.
- Ornis consult, 1987b: Notat om Grindsted Engso, ynglefugle status 1987. Notat til Grindsted kommune.
- Ostrofsky, M.L., 1978: Trophic changes in reservoirs; an hypothesis using phosphorus budget models. Int. Revue. ges. Hydrobiol. 63, 4: 481-499.
- Ostrofsky, M.L. & H.C. Duthie, 1980: Trophic upsurge and the relationship between phytoplankton biomass and productivity in Smallwood Reservoir, Canada. Can. J. Bot. 58: 1174-1180.
- Otterstrøm, C. V., 1924: Tange sø. Rapport til Gudenåcentralens Kraftstation, 37 sider.
- Otterstrøm, C. V., 1930-31: De danske skallearter (*Leuciscus rutilus* L., *L. grislagine* L., *L. idus* L. og *L. erythrophthalmus* L.) Vidensk. Medd. fra Dansk naturh. Foren. 90: 1-311.
- Paterson, C.G. & C.H. Fernando, 1969: The macro-invertebrate colonization of a small reservoir in Eastern Canada. Verh. Internat. Verein. Limnol. 17: 126-136.
- Patriarche, M.H. and R.S. Campbell, 1957: The development of the fish population in a new flood-control reservoir in Missouri, 1948 to 1954. Trans. amer. Fish. Soc. 57: 240-258.
- Quaade, P., A. Nielsen & B. Furbo, 1991: Rapport om fuglelivet ved Alsønderup Enge 1990.
- Rodhe, W., 1964: Effects of impoundment on water chemistry and plankton in Lake Ransaren (Swedish Lappland). Verh. Internat. Verein. Limnol. 15: 437-443.
- Roskilde amtskommune, 1991: Ramsødalen 1990, fugleovervågning og forvaltningsbehov. Rapport udarbejdet af Ornis consult.
- Runnström, S., 1953: Changes in fish production in impounded lakes. Verh. Int. ver. Limnol., 12: 176-182.

Starmach, J., 1986: Development and structure of the Goczalkowice reservoir ecosystem XV. Ichthyofauna. *Ekol. pol.*, 34: 515-521.

Szilagyi, F., L. Somlyody, S. Herodek & V. Istanowics, 1990: The Kis-Balaton reservoir system as a mean of controlling eutrophication of Lake Balaton, Hungary. In Jørgensen & Löffler (eds.): *Guidelines of Lake Management 3*: 127-151.

Weisner, S.E.B., 1987: The relation between wave exposure and distribution of emergent vegetation in a eutrophic lake. *Freshwat. Biol.* 18: 537-544.

Weisner, S.E.B., 1990: Patterns in water depth penetration of emergent vegetation in eutrophic temperate lakes. In Weisner (ed.): *Emergent vegetation in eutrophic lakes*: 67-83. Lund University, Sverige.

Whitman, W. R., 1978: Impoundments for waterfowl. *Canadian Wildlife Service Occasional Paper Number 22*.

Wilson, R.S., M.A. Sleight, R.R.A. Maxwell, G. Mance & R.A. Milne, 1975: Physical and chemical aspects of Chew Valley and Blagdon Lakes, two eutrophic reservoirs in North Somerset, England. *Freshwat. Biol.* 5: 357-377.

Wiss T., 1983: Klokkeholm Møllesø. Miljøteknikererapport fra Frederikshavn Tekniske Skole. 28 sider + bilag.

Danmarks Miljøundersøgelser (DMU)

Direktion

Sekretariat

Forsknings- og Udviklingssekretariat

Thoravej 8, 2400 København NV
 Tlf.: 31 19 77 44. Telefax: 38 33 26 44

Afdeling for Ferskvandsøkologi

Lysbrogade 52, 8600 Silkeborg
 Tlf.: 89 20 14 00 Telefax: 89 20 14 14

Afdeling for Flora- og Faunaøkologi

Grenåvej 12, Kalø, 8410 Rønne
 Tlf.: 89 20 14 00. Telefax: 89 20 15 14

Afdeling for Forureningskilder og Luftforurening

Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde
 Tlf.: 46 30 12 00. Telefax: 46 30 11 14

Afdeling for Havmiljø og Mikrobiologi

Jægersborg Allé 1B, 2920 Charlottenlund
 Tlf.: 31 61 14 00. Telefax: 31 61 09 06

Afdeling for Miljøkemi

Mørkhøj Bygade 26 H, 2869 Søborg
 Tlf.: 31 69 70 88. Telefax: 31 69 88 07

Afdeling for Systemanalyse

Thoravej 8, 2400 København NV
 Tlf.: 31 19 77 44. Telefax: 38 33 26 44

Afdeling for Terrestrisk Økologi

Vejlsøvej 11, bygn. J., 8600 Silkeborg
 Tlf.: 86 81 60 99. Telefax: 86 81 49 90

Publikationer:

DMU udgiver: faglige rapporter, tekniske anvisninger, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, Danish Review of Game Biology samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 31 19 77 44, lok. 54.