

Langesø 1997

Løbenr.: 18 1998

Eksemplar nr.: 2/4



Fyns Amt

Handwritten text at the bottom left corner, possibly a signature or date.

Langesø 1997

Titel: Langesø 1997. VANDMILJØovervågning

Udgiver: Fyns Amt
Natur- og Vandmiljøafdelingen
Ørbækvej 100
5220 Odense SØ

Telefon 65 56 10 00
Telefax 65 56 15 05

Udgivelsesår: Maj 1998

Forfatter: Tom Rugaard

Grafik: Lene Hildebrandt
Tom Rugaard
Morten Kruse

Teknisk assistance: Hans Brendstrup
Jørgen Grønnemose
Lene Hildebrandt
Birgit Jacobsen
Morten Kruse
Anne Mette Petersen

Forside: Mimi Fuglsang

Kortmateriale: Copyright Kort- og Matrikelstyrelsen 1992/KD.86.1023

ISBN 87-7343-345-4

Tryk: Fyns Amt

Oplag: 150

Indholdsfortegnelse

Side

Forord	5
Indledning	7
1. Sammenfatning og konklusion	9
2. Søen og dens opland	13
3. Meteorologiske og hydrologiske forhold	17
4. Vand- og næringsstofftilførsel	21
4.1 Total tilførsel	21
4.2 Kilder til den kulturbetingede kvælstof- og fosforafstrømning ...	23
4.3 Udvikling i afstrømningen til søen 1989-1997	23
4.4 Vurdering af belastningen fra de enkelte tilløb til søen	24
4.5 Muligheder for at nedbringe belastningen	25
5. Vand- og stofbalance	29
6. Miljøtilstand 1997	33
6.1 Fysisk-kemiske forhold i søvand	33
6.2 Plante- og dyreplankton	35
7. Samlet vurdering af miljøtilstanden	39
7.1 Sammenhæng mellem næringsstofbelastning og miljøtilstand ...	39
7.2 Hidtidig udvikling i miljøtilstanden	41
7.3 Fremtidig udvikling i miljøtilstanden	42
8. Referencer	45
Bilag 1 Anvendt metodik	49
Bilag 2 Arealanvendelse, jordbundsforhold m.v. i søens opland	59
Bilag 3 Tilførsel af vand, kvælstof og fosfor fordelt på kilder på årsbasis 1989-97	60
Bilag 4 Vandbalance på månedsbasis for 1997. År, sommer, og vinter 1989-97	61
Bilag 5 Stofbalance på månedsbasis for 1997. År, sommer-, og vinter 1989-97	62
Bilag 6 Stofbalance på årsbasis 1989-97	63
Bilag 7 Månedlig nettoudveksling af total-kvælstof via interne processer, 1997	64
Bilag 8 Månedlig nettoudveksling af total-fosfor via interne processer, 1997	65
Bilag 9 Fysisk-kemiske parametre: Sommer-, års- og vintergennemsnit 1981-97	66
Bilag 10 Plante- og dyreplankton samt andre biologisk forhold, 1989-97 ..	69
Bilag 11 Morfometriske data	71
Bilag 12 Oversigt over øvrige undersøgelser i søen	72

Forord

I foråret 1987 vedtog Folketinget en handlingsplan (Vandmiljøplanen), der skal nedbringe næringsstofbelastningen af det danske vandmiljø.

Målet med Vandmiljøplanen er at reducere den samlede kvælstofudledning til overfladevand og grundvand med 50% fra 290.000 til 145.000 tons pr. år og fosforudledningen med 80% fra 15.000 til 3.000 tons pr. år.

Vandmiljøplanen indebar bl.a. øget spildevandsrensning for kommuner og industri samt krav til jordbruget med henblik på at mindske tilførslerne af næringsstoffer til vandmiljøet.

I februar 1998 indgik Regeringen en aftale om Vandmiljøplan II. Vandmiljøplan II søger gennem vedtagelse af en række supplerende virkemidler at sikre opnåelse af reduktionsmålene i Vandmiljøplanen fra 1987 om en 50% reduktion af kvælstofudvaskningen fra landbruget.

Samtidig med Vandmiljøplanen blev der fra 1989 iværksat en øget overvågning af vandmiljøet med det formål at følge effekten af Vandmiljøplanen. Overvågningen omfatter alle de forskellige led i vandkredsløbet. Amterne er ansvarlige for gennemførelse af overvågningsaktiviteterne, der omfatter følgende områder: Grundvand, vandløb, søer, særlige landovervågningsoplande, punktkilder (kommunale og industrielle spildevandsudledninger) samt kystnære havområder.

Amterne udarbejder årligt rapporter over resultater af disse overvågningsopgaver. Tilsvarende udarbejder Danmarks Miljøundersøgelser rapporter over tilstanden i de åbne havområder og om stoftilførsler via nedbør/nedfald.

Rapporterne danner baggrund for landsdækkende oversigter, som udarbejdes af Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser. Endelig sammenfatter Miljøstyrelsen de landsdækkende oversigter til en årlig redegørelse.

Inden for Overvågningsprogrammet gennemføres hvert år en temarapportering. I år er temaet "Åbne kyst- og havområder", og i den sammenhæng foreligger temarapporten:

- Kystvande 1997 (ISBN 87-7343-351-9)
Tema: Åbne kyst- og havområder.

Fyns Amts samlede rapportering af vandmiljøovervågningen i 1997 omfatter, ud over ovennævnte, følgende rapporter:

- Landovervågning 1997 (ISBN 87-7343-350-0)
- Punktkilder 1997 (ISBN 87-7343-346-2)
- Grundvand 1997 (ISBN 87-7343-344-6)
- Atmosfærisk nedfald 1997 (ISBN 87-7343-343-8)
- Langesø 1997 (ISBN 87-7343-345-4)
- Arreskov Sø 1997 (ISBN 87-7343-349-7)
- Søholm Sø 1997 (ISBN 87-7343-347-0)

- Fiskebestanden i Arreskov Sø (ISBN 87-7343-341-1)
- Fyns Vandmiljø 1976-1996/97 (ISBN 87-7343-352-7)

I Lillebæltregionen foretages overvågningen af de åbne kystvande af Vejle, Sønderjyllands og Fyns amter i fællesskab. Resultaterne af denne overvågning afreporteres i en fælles rapport "Vandmiljø-overvågning, maj 1998, Lillebælt 1997", der udgives af Lillebæltsamarbejdet (ISBN 87-7486-331-2).

Rapporten Fyns Vandmiljø 1976-1996/97 påregnes at udkomme ultimo 1998.

I tilknytning til vandløbsrapporteringen udarbejdes en teknisk rapport: "Vandløb. Analyse af udviklingen i kvælstofafstrømningen 1979/80-1997/98, august 1998".

Indledning

Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er gennemført i perioden 1989-1997 i ialt 37 danske søer, herunder tre søer i Fyns Amt. Formålet med denne overvågning har været at belyse, om Vandmiljøplanens forureningsbegrænsende foranstaltninger har resulteret i en generel forbedring af miljøtilstanden i danske søer. De pågældende søer er udvalgt, så de repræsenterer områder med forskellig grad af arealudnyttelse og forskellige kilder til næringsstofftilførsel. I programmet indgår desuden såvel dybe som lavvandede søer.

Denne rapport om Langesø er den sidste under det "gamle" overvågningsprogram. Det hidtidige overvågningsprogram er blevet revideret og fornyet, og fra 1. januar 1998 starter det nye overvågningsprogram ("Nationalt program for overvågning af det danske vandmiljø 1998-2003" også kaldet "NOVA 2003").

Langesø indgår ikke i den fremtidig nationale overvågning af de danske søer. Fyns Amt vil dog stadigvæk løbende overvåge søen, idet den vil indgå i den regionale søovervågning.

I denne rapport beskrives resultaterne af den overvågning, som Fyns Amt har udført i Langesø. Der er her tale om en såkaldt "normalrapportering", hvor der er lagt vægt på en ret kortfattet beskrivelse af undersøgelsesresultater fra 1997, samt en vurdering af de generelle udviklingstendenser i søens miljøtilstand, siden overvågningen blev sat i gang. Endvidere omfatter rapporten et forslag til forbedring af miljøtilstanden i søen.

Der henvises iøvrigt til amtets tidligere rapporter om Langesø (se oversigt herover i bilag 12), samt beskrivelsen af de benyttede undersøgelses- og beregningsmetoder i bilag 1.

Nøgletal for miljøtilstanden i Langesø

Tabel 1.1

Nøggleparametre til beskrivelse af miljøtilstanden i Langesø, 1997, samt vurdering af udviklingen for visse parametre. Hvor udviklingen er vurderet ved statistisk test for lineær regression, angiver 0 at der ikke er sket en signifikant ændring. +/-, ++/--, +++/-- angiver signifikante stigninger/fald på hhv. 10%, 5% og 1% signifikansniveau.

Langesø	1997		Udvikling
	År	Sommer	Sommer
Opholdstid (år)	0,9	1,9	
Kvælstofbelastning, tons	6,9		
Kvælstofbelastning (mg pr. m ² pr. dag)	110		
Total indløbskoncentration (mg/l)	8,9		
Kvælstofretention (mg pr. m ² pr. dag)	63		
Kvælstofretention, %	58		
Fosforbelastning, tons/år	0,11		
Fosforbelastning (mg pr. m ² pr. dag)	1,70		
Total indløbskoncentration (mg/l)	0,14		
Fosforretention (mg pr. m ² pr. dag)	-0,11		
Fosforretention, %	-6		
Sigtedybde, m	1,61	1,00	0
Klorofyl, µg/l	56	70	0
Suspenderet stof, mg/l	9,6	12,9	0
Total kvælstof, mg/l	3,21	2,31	0
Uorganisk kvælstof, mg/l	1,91	0,86	0
Total fosfor, mg/l	0,212	0,191	0
Opløst fosfat-fosfor, mg/l	0,094	0,060	0
pH	8,4	8,7	0
Planteplankton biomasse, mm ³ /l		17,2	0
% blågrønalger		45	
% kiselalger		4	
% grønalger		6	
% furealger		45	
Dyreplankton biomasse, mm ³ /l		5,79	0
% cladocerer		36	
% vandlopper		53	
% hjuldyr		8	
% <i>Daphnia</i> af cladocerer		78	
Middellængde af cladocerer (mm)		0,609	0
Potentiel græsning (µgC/l ⁻¹ dag ⁻¹)		323	
% af planteplanktonbiomasse		16	0
% af planteplanktonbiomasse < 50 µ		217	---

1. Sammenfatning og konklusion

Langesø, som er en af Fyns mindre søer (kun 17,1 ha), ligger omgivet af skov i en af istidens tunneldale. Da søen ligger orienteret øst-vest og samtidig er ret lavvandet (middeldybde 3,1 m), omrøres dens vandmasse let af vinden. Søen har fra naturens hånd været en naturligt næringsrig skovsø med klart vand og udbredt undervandsvegetation (rankegrøde).

I søens opland anvendes i dag ca. 70% af arealerne til bebyggelse og landbrugs-mæssigt formål, mens resten består af skov- og naturområder. Jordbunden i landbrugsområderne er typisk for Fyns Amt, dvs. hovedsagelig sandblandet ler og lerblandet sand.

I oplandet til søen findes ingen større bysamfund, men der udledes spildevand fra spredt bebyggelse. Tætheden af denne bebyggelse er noget lavere end for Fyns Amt som helhed.

Der findes i dag meget store mængder fosfor ophobet i søbunden. Dette skyldes ikke blot den nuværende tilførsel, men navnlig tidligere rigelige tilførsler af fosfor, sandsynligvis i form af ajle, møddingsvand og spildevand. Langesø Slot med tilhørende landbrug skønnes herved at have været en betydende kilde.

Målsætning

Søen er i Regionplan 1993-2005 målsat som "fiskevand til lyst-og/eller erhvervsfiskeeri". Dette indebærer bl.a., at søen bør have en gennemsigtighed (sigtdybde) på mindst 1,5-2,0 m, et rigt planteplankton uden masseopblomstringer af enkelte algegrupper, en udviklet undervandsvegetation (rankegrøde) og en alsidig og rig smådyrsfauna. Endelig skal fiskebestanden have en sund alders- og artsfordeling med balance mellem fredfisk (skaller, brasen m.fl.) og rovfisk (gedder og store aborrer).

Denne målsætning er ikke opfyldt i dag.

Udvikling i miljøtilstand

I dag er søens vand uklart på grund af omfattende planktonalgevækst, undervandsvegetationen har formodentlig stort set været forsvundet i mange år og næringsindholdet i søen er meget højt. Miljøtilstanden i Langesø kan generelt karakteriseres som dårlig, og der er perioden 1989-1997 ikke sket væsentlige forbedringer i denne (se tabel 1.1).

Årsmiddelkoncentrationen af kvælstof i søen var 3,21 mg/l i 1997. Kvælstofindholdet i har alle årene 1989-1997 været høj og ikke ændret sig væsentligt. Kvælstofindholdet afspejler i høj grad tilførslerne af kvælstof, således at variationen i indholdet i søen hen over året svinger i takt med de tilførte mængder.

Årsmiddelkoncentrationen af fosfor i søvandet var ligeledes meget høj i 1997 (0,21 mg/l). Fosforkoncentrationen har alle årene været meget høj, men der har dog været en tendens til et niveaufald i koncentrationen efter 1990. Faldet i årsmiddelkoncentrationen af fosfor i søen hænger sammen med, at koncentrationen af fosfor i tilløbene er faldet.

Imidlertid er det høje fosforindhold i søvandet ikke alene en følge af den udefra kommende tilførsel af fosfor, men er i høj grad også betinget af de betydelige mængder ophobet fosfor, som fra søbunden frigives til søvandet om sommeren.

Biologisk struktur

Sigtedybden i søen er relativ lille og varierer meget hen over sommeren. Som middel for sommerperioden 1997 var den 1,00 m. Sigtedybden har ikke ændret sig signifikant siden 1989, men hvis data før 1988 medtages, kan der påvises en svag omvendt signifikant stigning.

I næsten alle år har der i søen været masseopblomstringer af blågrønalger, som i år enkelte også er forekommet sammen med furealger - bl.a. i 1997. Kun i 1989 og 1992 dominerede grønalger. Imidlertid er mængden af grønalger er faldet signifikant siden 1989.

Græsningstrykket på alger $< 50 \mu\text{m}$ i sommerperioden er steget signifikant siden 1989. Dette er dog ikke udtryk for en mere effektiv kontrol med planteplanktonet i overvågningsperioden, idet der ikke er sket nogen ændring i græsningstrykket for den totale algemængde.

Når dyreplanktonet ikke spiller en større rolle som regulator af algemængden, er årsagen bl.a. at dyreplanktonet midt på sommeren holdes nede af ynglen af søens dominerende fisk: brasen, skaller og små aborrer. Fiskenes kraftige bortspisning af dyreplanktonet har bl.a. resulteret i, at store dyreplanktonarter, som er særlig gode til at nedgræsse planktonalger, kun forekommer periodevis (f.eks. når der forekommer fiskedød.). Desuden er visse alger ret "uspiselige". Dels kan algerne være for store til at spise, dels er visse alger giftige over for dyreplanktonet (især blågrønalger).

I 1997 forekom store mængder blågrønalger og furealger, hvor netop furealgerne hører til blandt store alger, som dyreplanktonet ikke kan spise.

Søens biologiske struktur er dog præget af "økologisk ubalance" med stærkt svingende algemængde og i visse år endda fiskedød, fremkaldt af iltmangel, svovlbrinte, ammoniak eller gifte produceret af blågrønalger (f.eks. i 1990). I sommeren 1997 var der således indikationer på fiskedød i søen. Dette viste sig ved en markant stigning i mængden af store dafnier sidst på året.

Kvælstof- og fosforbelastning

Tilførslen af kvælstof og fosfor fra søens opland er i dag relativ stor. Hovedparten af kvælstof- (84 %) og fosfortilførslen (73 %) er en kulturbetinget afstrømning fra oplandet. Kvælstoffet stammer næsten udelukkende fra landbrugsarealer, mens tilførslen af fosfor dels skyldes spildevand fra den spredte bebyggelse, dels afstrømning fra landbrugsarealerne. Den relative fordeling mellem belastningskilderne er ikke kendt.

Indløbskoncentrationen af fosfor til søen var 0,14 mg/l i 1997. Indløbskoncentrationen af fosfor er i løbet af 1989-1992 blevet halveret og har herefter været nogenlunde konstant. Årsagen til faldet i perioden 1989-1992 er ikke endeligt klarlagt. Sandsynlig medvirkende hertil er en generel reduktion i fosforindholdet i danske vaske- og rengøringsmidler på ca. 46 % siden 1989.

Kvælstofkoncentrationen i tilløbene til Langesø var 8,9 mg/l i 1997 og ligger generelt over, hvad man normalt ser i andre landbrugsbelastede vandløb. Der er ikke sket nogen ændring i kvælstofkoncentrationen i overvågningsperioden.

Stofomsætning i søen

I perioden 1989-96 er der årligt i gennemsnit fjernet 51 % af det tilførte kvælstof, bl.a. ved frigivelse til atmosfæren (denitrifikation). I 1997 blev der fjernet 58 % af den tilførte kvælstof.

I 1997 blev der afgivet 6 kg fosfor fra søen. Normalt sker der en tilbageholdelse af fosfor. For perioden 1989-96 var der således i gennemsnit en årlig tilbageholdelse på 12 %.

Muligheder for forbedring af søtilstanden

En bedring af tilstanden i Langesø vil først og fremmest kræve, at belastningen af fosfor og kvælstof til søen bliver bragt ned. For fosfors vedkommende skal den nedbringes til et niveau, svarende til mindst 25-50 % reduktion af den kulturbetingede fosforafstrømning under normale afstrømningsforhold.

I Fyns Amts Regionplan er der generelt lagt op til en forbedret spildevandsrensning i oplande til søer der ikke opfylder kvalitetsmålsætningen. Regionplanen anbefaler for disse oplande, at spildevandsløsningerne bør gennemføres inden udgangen af år 2000.

Midlerne til at opnå en tilstrækkelig god miljøtilstand i Langesø ved formindskelse af kvælstof- og fosfortilførslerne er således bl.a.:

- * Forbedret rensning af spildevandet fra den spredte bebyggelse, f. eks. ved nedsivning eller biologisk rensning med fosforfjernelse..
- * Initiativer til begrænsning af næringsstofftilførslen som følge af jordbrugsdrift

I Søndersø Kommunes reviderede spildevandsplan 1995-1999 fremgår, at der skal gennemføres en forbedret spildevandsrensning fra enkeltejendommene i oplandet til Langesø. Det må således forventes, at der i de kommende år vil ske en betydelig reduktion i fosforbelastningen fra spildevand til søen.

Med henblik på yderligere at nedbringe belastningen, kan man undersøge mulighederne for at lade det største tilløb til Langesø (Travkov Afløbet) løbe gennem et kunstigt anlagt vådområde, hvormed en del af fosforen kan udfældes før det når Langesø.

Imidlertid vil søens tilstand ikke afgørende forbedres uden at den interne fosforbelastning af søen samtidig nedsættes betydeligt. Ved at regulere søens stigning i forhold til søens fosforindhold og afstrømningen til søen, vil det være muligt at øge fraførslen af fosfor med 10-20 % årligt og dermed med tiden reducere den interne belastning.

Søens biologiske struktur skal eventuelt endvidere genoprettes ved hjælp af biomanipulation (f.eks. opfiskning af skidtfisk og udsætning af rovfisk). Herved kan tidspunktet for en forbedring af søens tilstand fremskyndes.



Figur 2.1
 Oversigtskort over oplandet til Langesø med angivelse af
 overvågningsstationer i tilløb og afløb. Endvidere er
 deloplande indtegnet.

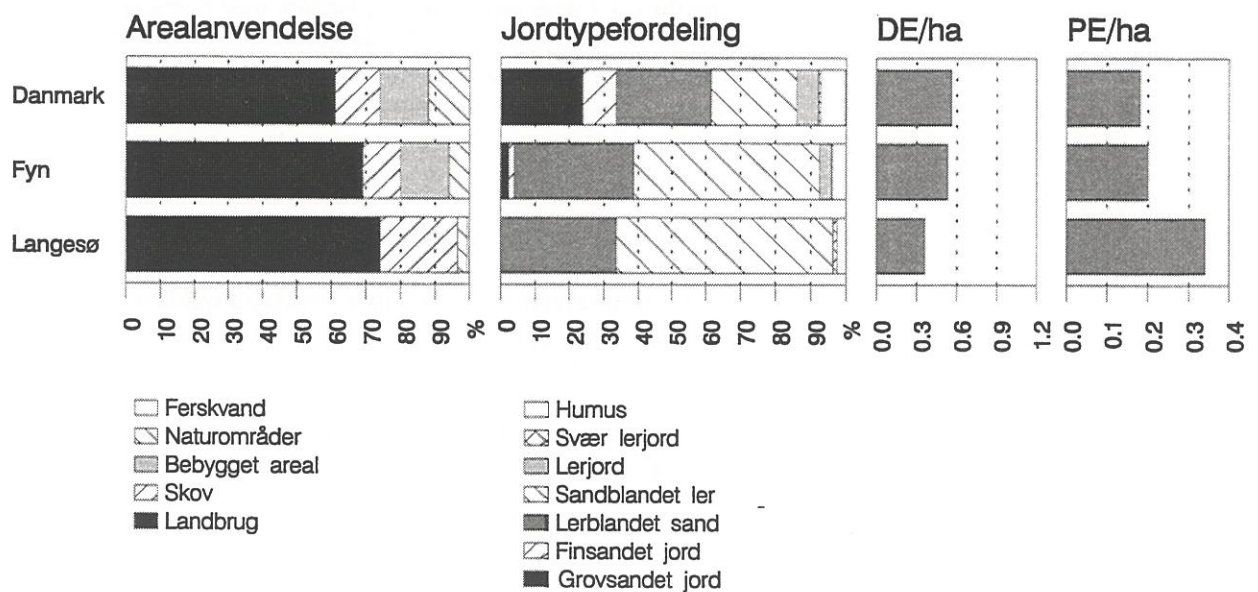
2. Søen og dens opland

I dette afsnit foretages en kortfattet beskrivelse af Langesø og dens opland. Disse forhold er mere detaljeret beskrevet i tidligere udarbejdede rapporter om Langesø (Fyns Amt, 1990, 1991, 1995 og 1996).

Langesø ligger i den vestligste og dybeste del af en tunneldal, som udgør en del af et velafgrænset tunneldalstrøg, der strækker sig fra egnen omkring Langesø og mod sydøst til Odense.

Tunneldalen, som blev dannet under sidste istid, gennemløbes af Stavis Å, hvortil søen har sit afløb. Ved afløbet er søen stemmet op, således at vandstanden i søen reguleres ved afløbet. Der er ikke fastsat noget flodemål (dvs. en højeste tilladelig vandstand) i forbindelse med driften af stemmeværket. Ved opstemningen er søens vandspejl hævet ca. 1,5 m. Formålet med opstemningen, der sandsynligvis er fra før 1870, har efter alt at dømme været ålekistefiskeri. Dette fiskeri praktiseres stadigvæk.

Oplandet (figur 2.1 og 2.2) til søen er 561 ha stort og er stærkt kuperet med en jordbund af hovedsageligt sandblandet ler og lerblandet sand. Oplandet består især af landbrugsarealer (ca. 74 %), men har en for Fyn relativt lille husdyrtæthed. Egentlige byområder og renseanlæg findes ikke i oplandet. Der er registreret ca. 69 ejendomme i oplandet i 1997 og tætheden af den spredte bebyggelse er forholdsvis stor sammenlignet med Fyn som helhed. Spildevand fra den spredtliggende bebyggelse udledes (med få undtagelser) til søen, enten direkte eller via vandløb og dræn. Af Søndersø Kommunes spildevandsplan 1995-1999 fremgår, at der skulle ske en forbedret spildevandsrensning fra enkeltejendommene i 1997. Dette er endnu ikke gennemført.



Figur 2.2
Arealanvendelse, jordtypefordeling, husdyrtæthed og befolkningstæthed i oplandet til Langesø, Fyn og Danmark, 1997.

Der findes to hovedafstrømningsoplande til Langesø: Travnskov Afløbets opland (tilløb 1) og Kapelbækkens opland (tilløb 3). Restoplandet fordeler sig tæt omkring søen og udgør kun 11 % af det samlede opland (59 ha).

Oplandet til **Travnskov Afløbet** er meget kuperet og udgør 75 % (424 ha) af det samlede opland. Det består overvejende af landbrugsarealer med en husdyrtæthed noget under gennemsnittet for Fyn. Desuden anvendes en del af arealerne til pyntegrønt og juletræer. Tætheden af den spredte bebyggelse uden kloakering er relativ høj.

Kapelbækkens opland er noget kuperet og udgør kun 14 % (78 ha) af det samlede opland. Lidt over halvdelen af arealet udgøres af landbrugsjorder, næsten resten er dækket af skov. En del af dette skovareal er mere intensivt dyrket (pyntegrønt/juletræer). Husdyrtætheden i oplandet er lav.

Overfladeareal	17,1
Middeldybde, m	3,1
Maksimumsdybde, m	4,5
Vandvolumen, m ³	531.000
Kystlinjelængde, km	2,85

Tabel 2.1
Fysiske forhold i Langesø.

Langesø er en lille og relativt lavvandet sø (figur 2.3 og tabel 2.1). Søens vandvolumen er relativt stort i forhold til overfladearealet, idet de undersøiske skrænter nærmest bredden er relativt stejle. Kyststrækningen er endvidere relativt simpel uden større vige og indskæringer.

Søen er hovedsagelig omgivet af skovklædte skrænter. Alligevel er den via sin beliggenhed i vestlig-østlig retning påvirket af de fremherskende vestlige vinde, hvorved vandmassen relativt hyppigt omrøres. Der kan dog i forbindelse med længerevarende perioder med varmt og stille vejr forekomme en temperaturlagdeling af vandmasserne.

Langesø er i Regionplan 1993-2005 målsat som "Fiskevand til lyst- og/eller erhvervsfiskeri". Da Langesø formodentlig fra naturens hånd er en næringsrig sø, har Fyns Amt vurderet, at søen for at opfylde målsætningen bør have en sigtddybde på mindst 1,5-2 m, et artsrigt planteplankton med dominans af "rentvandskræven-
de" alger, et veludviklet bælte af rankegrøde og en artsrig smådyrfauna (Fyns Amt, 1990). Derudover bør fiskefaunaen have en naturlig alders- og artsfordeling med balance mellem fredfisk og rovfisk.

Søens miljøtilstand

Målsætningen for søens anvendelse er på nuværende tidspunkt ikke opfyldt. Årsagen hertil er efter al sandsynlighed, at der gennem mange år er sket en væsentlig tilførsel af plantenæringsstoffer dels via spildevand fra spredt bebyggelse, dels ved afstrømning fra dyrkede marker og landbrugsejendommenes møddinger og lignende i oplandet.

Oplysninger om den tidligere udvikling i Langesø er forholdsvis fåtallige. Palæolimnologiske undersøgelser foretaget i søen i 1992/93 har vist, at der var en forholdsvis høj fosforkoncentration i søvandet midt i 1800tallet (ca. 140 µg/l), og at den var stigende ind i næste århundrede for først at stagnere efter 1950'erne, til det niveau søen har i dag. (Anderson & Odgaard, 1994). Det har også været muligt at påvise, at der tidligere var en varieret undervandsvegetation (Bent Odgaard, GEUS, pers. komm.), samt at fiskebestanden ved århundredeskiftet var domineret af skidtfisk (Jensen m.fl., 1996).

De første konkrete oplysninger fra søen stammer fra 1927, hvor der blev foretaget en orienterende fiskeundersøgelse i søen. Fiskebestanden var dengang, som nu, domineret af brasen, skaller og småaborrer. Endvidere blev der konstateret en rig undervandsvegetation (Otterstrøm, 1927).

Det er dog klart, at der efter 1927 er sket en forringelse i søens miljøtilstand med bl.a. en kraftig tilbagegang i undervandsvegetationen, som i perioder muligvis har været helt forsvundet. Det har dog ikke været muligt med sikkerhed at fastslå,

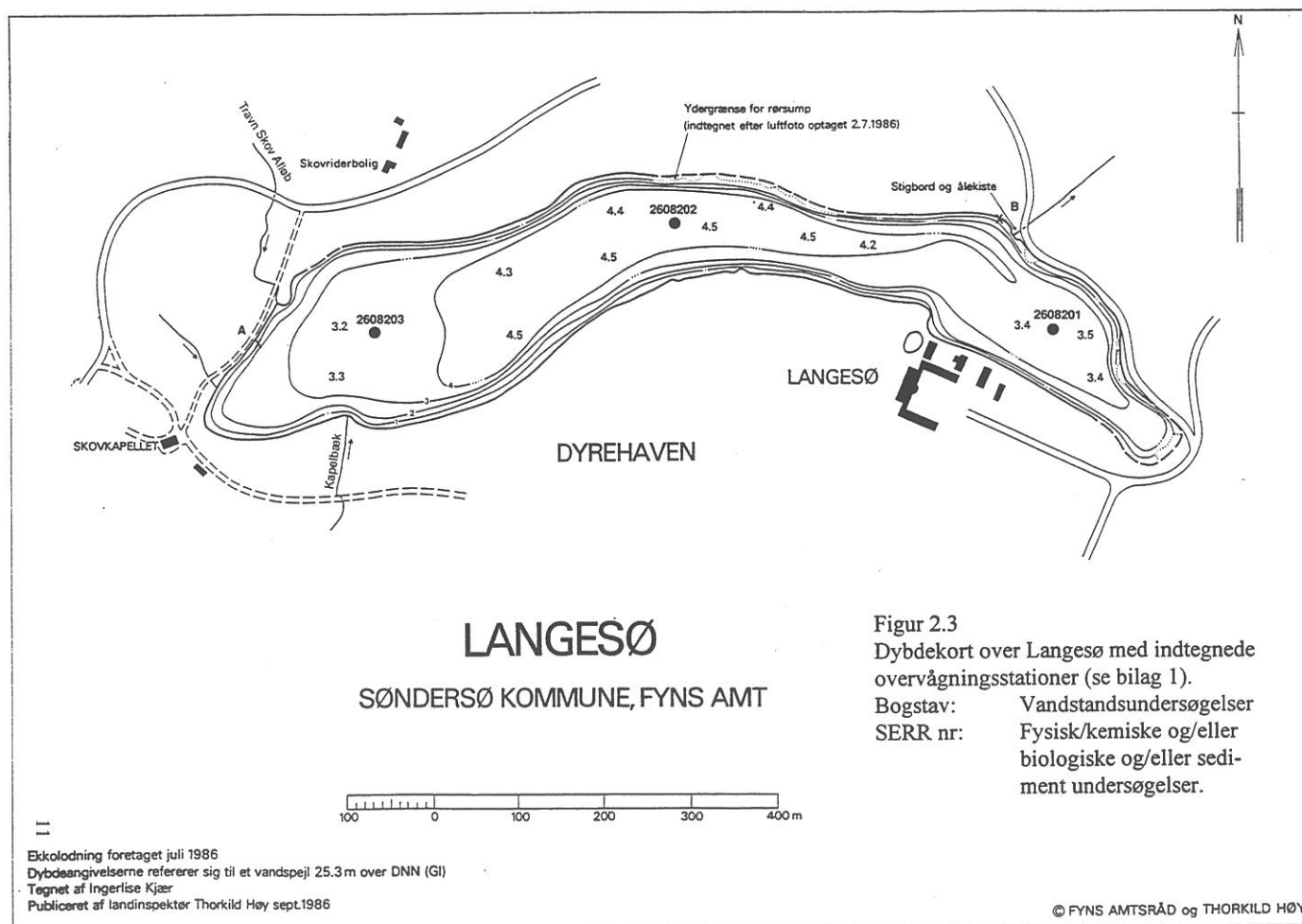
hvornår søen har fået det dårligere, og om denne ændring er sket gradvist eller over kort tid.

Undersøgelserne i 1989-1997 har vist, at der stadig er en meget stor tilførsel af plantenæringsstofferne kvælstof og fosfor til søen fra dens opland. Hertil skal lægges en stor såkaldt intern tilførsel af især fosfor, som bliver frigivet fra søbunden i sommerperioden. Denne betydelige interne belastning skyldes de store mængder fosfor, der gennem mange år er ophobet i søbunden.

Langesø har om sommeren uklart vand (gennemsnitlig sigtddybe 0,8-1,2 m i 1989-1997). Det uklare vand skyldes store mængder planktonalger. Hyppigt optræder store mængder blågrønaler, som giver særligt uklart vand.

På grund af det uklare vand har søen formodentlig været uden væsentlig undervandsvegetation i mange år. Desuden findes der en smal, usammenhængende rørsump langs størstedelen af søens bred. Kun i den relativt lavvandede, østlige ende af søen findes en større sammenhængende rørsump.

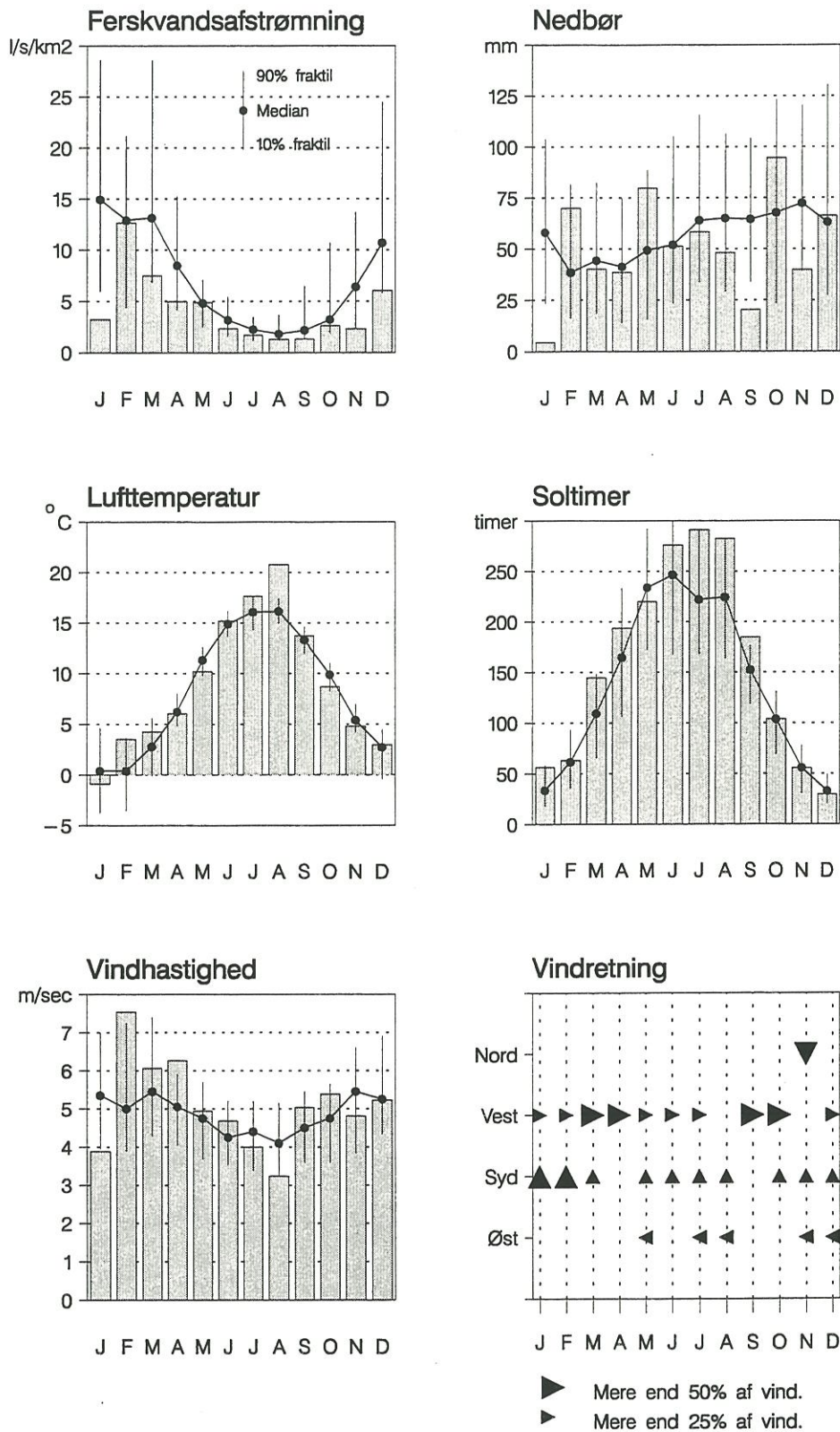
Langesø har således en generelt dårlig miljøtilstand. Det er samtidig usandsynligt, at denne tilstand uden ganske særlige initiativer vil forbedres afgørende i de kommende år.



Figur 3.1

Vejret i Fyns Amt 1997. På månedsbasis vises nedbør, middeltemperatur, soltimetallet samt den gennemsnitlige vindhastighed. Referencelinjre angiver månedsmedianer, 10%- og 90% fraktiler for perioden 1961-1990, bortset fra ferskvandsafstrømningen som kun dækker perioden 1976-1994. Baseret på data fra DMI og Fyns Amt.

Vejret 1997



3. Meteorologiske og hydrologiske forhold

Vejret i 1997 var mere tørt og varmt end normalt. På månedsbasis forekom der tillige et par rekorder. Således var januar den tørreste måned, der nogensinde er registreret med en nedbør på kun 4,5 mm nedbør, efterfulgt af januar 1996. August var den varmeste måned der nogensinde er målt i Danmark med en månedsmiddeltemperatur på 20,8 grader Celsius.

Nedbør

Der falder normalt mest nedbør på Midtfyn og mindst ved kysten. Afhængig af hvor på Fyn man befinder sig, varierer normalnedbøren således mellem ca. 600 mm og ca 800 mm. Normalnedbøren for hele Fyns Amt er 741 mm.

Årsnedbøren i Fyns Amt var 612 mm i 1997, hvilket er 17% under normalen.

Ser man på nedbørens fordeling hen over året i 1997, ses store afvigelser fra normalen (figur 3.1). Således faldt der en rekord lav nedbørsmængde i januar og usædvanlig lidt nedbør i september. Bortset fra februar, maj og oktober var nedbøren i 1997 omkring eller under normalnedbøren.

Ferskvandsafstrømning

Ferskvandsafstrømningen følger i høj grad nedbøren, undtagen i sommermånederne, hvor størstedelen af nedbøren optages i planter eller fordamper. Omtrent halvdelen af årets ferskvandsafstrømning finder normalt sted i perioden januar til marts.

Normalafstrømningen af ferskvand i de fynske vandløb er 255 mm/år svarende til 8.1 l/sek/km² og udgør gennemsnitligt ca 35% af årsnedbøren på Fyn.

Afstrømningen i 1997 var på 4,2 l/sek/km², hvilket er 48% under normalen. At afstrømningen i 1997 lå så langt under normalafstrømningen skyldes dels den ekstremt tørre januar måned, dels de foregående to års tørke, som har medført, at en stor del af overskudsnedbøren i 1997 sandsynligvis er gået til genopbygning af grundvandsmagasinerne.

Ferskvandsafstrømningen i 1997 kan karakteriseres ved, at alle måneder havde en ferskvandsafstrømning under normalen (figur 3.1). Specielt var ferskvandsafstrømningen i januar og november langt under normalen.

Lufttemperatur

Lufttemperaturen er af betydning for søens opvarmning og dermed for de biologiske og kemiske processer.

Normaltemperaturen på Fyn er på årsbasis 8,3 grader celsius. 1997 var forholdsvis varm med en årsmiddeltemperatur på 8,9 grader celsius.

Specielt var sommermånederne juli og august varme, og i august blev der målt en månedsmiddeltemperatur på 20,8 grader celsius, hvilket er den varmeste der nogensinde er registreret.

I perioden 1988-1997 har årsmiddeltemperaturen alle årene bortset fra 1993 og 1996 været over normaltemperaturen (figur 3.2).

Soltimer

Solindstrålingen har betydning for søens opvarmning og for plantevæksten, herunder væksten af planktonalger i søen.

I et normalår skinner solen 1637 timer på Fyn. I 1997 var antallet af soltimer 16% større end normalt, hvilket først og fremmest skyldes at juni, juli og august var usædvanlig solrige. Bortset fra maj havde årets øvrige måneder et soltimetal tæt på eller over normalen.

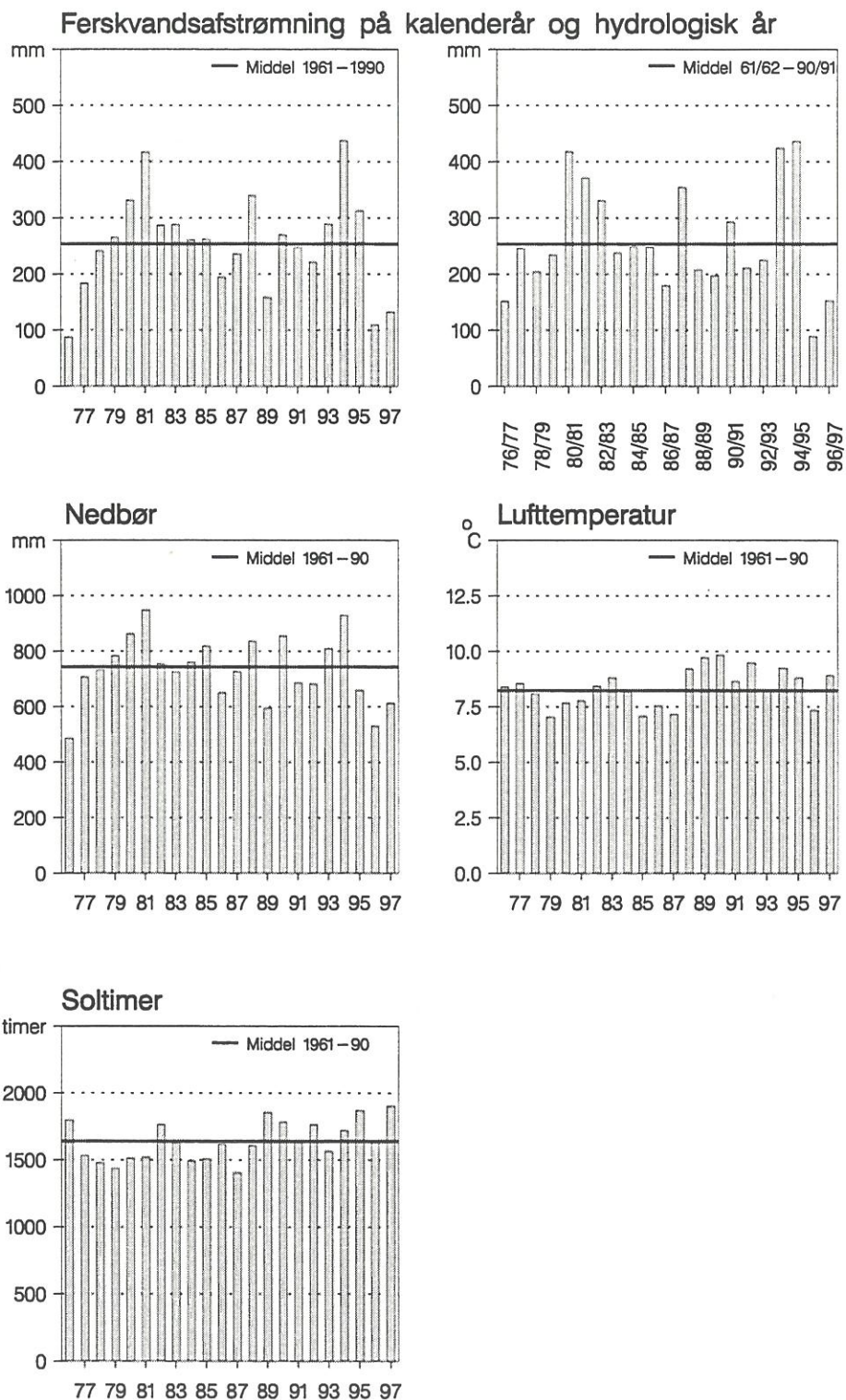
Vindforhold

Vinden påvirker opblandingen af vandmasserne i en sø og har blandt andet betydning for, hvor dybt et eventuelt springlag dannes/nedbrydes. Dermed har vinden også betydning for udveksling af næringsstoffer mellem bundvand/sediment og de mere overfladenære vandmasser. Vinden spiller endvidere en rolle ved gasudveksling mellem vandet og atmosfæren.

1997 var relativ vindrig og vindhastigheden var som gennemsnit over normalen. Specielt var februar og april usædvanlig vindrige (figur 3.1). Januar havde usædvanlig lidt vind, også i de meget varme og solrige sommer måneder juli og august var vinden svag.

Figur 3.2.

Den gennemsnitlige ferskvandsafstrømning på henholdsvis et kalenderår og hydrologisk år samt årsmiddel af nedbør, temperatur, og soltimer for Fyns Amt i perioden 1976 - 1997. Meteorologiske data er baseret på målestationer udvalgt af DMI.



4. Vand- og næringsstofftilførsel

4.1 Total tilførsel

Den totale tilførsel af kvælstof og fosfor til Langesø i 1997 var på ca. 6.900 kg kvælstof og ca. 110 kg fosfor. Dette var en væsentlig lavere tilførsel af både kvælstof og fosfor end i perioden 1989-1995, men af samme størrelse som i 1996. Som gennemsnit for 1989-1996 var der en årlig tilførsel på 14.100 kg kvælstof og 280 kg fosfor. Figur 4.1.1 viser, hvordan kilderne til denne tilførsel fordeler sig. I bilag 3 er kvælstof- og fosfortilførslen i årene 1989-97 angivet, dels på årsbasis, dels i sommerperioden.

Langt den største kilde til næringsstofbelastning af søen er **afstrømningen fra oplandet til søen**. Denne udgøres dels af en kulturbetinget bidrag, dels af et naturligt bidrag. På årsbasis udgør belastningen af kvælstof og fosfor herfra over 90 % af søens samlede belastning. Bidraget fra atmosfærisk deposition, fugle og løvfald på søen er således mindre betydende.

Det skal dog understreges, at der er meget stor usikkerhed på beregningen af fosforafstrømningen. Forsøg med intensive målinger af stofafstrømningen i mindre vandløb har vist, at fosforafstrømningen er meget usikkert bestemt med den anvendte metode, hvor der udtages 26 stikprøver pr. år. Fosforafstrømningen bliver typisk underestimeret. I gennemsnit for 13 mindre vandløb blev fosforafstrømningen i 1997 således underestimeret med 67 % (Danmarks Miljøundersøgelser, 1998). De aktuelle værdier for fosforafstrømningen skal derfor tages med et vist forbehold. Kvælstofafstrømningen er derimod mere sikkert bestemt med den nuværende metode.

Afstrømningen fra det åbne land udgøres af en kulturbetinget afstrømning, der skyldes dels landbrug, dels spildevand fra den spredte bebyggelse. Kvælstof- og fosfortilførslen fra det åbne land udgjorde som gennemsnit i perioden 1989-1997 henholdsvis 82 % og 71 % af den samlede tilførsel.

Den naturlige afstrømning af kvælstof og fosfor, det såkaldte **naturligt basisbidrag** udgjorde i samme periode henholdsvis 16 % og 26 % af den totale tilførsel til søen.

Arealafstrømningen af både kvælstof og fosfor fra oplandet til Langesø er betydeligt højere end gennemsnittet for Fyn som helhed (figur 4.1.2), hvilket kan forklares ved, at der i oplandet henholdsvis er et forholdsmæssigt større andel af landbrugsarealer og et relativt større befolkningstæthed end for Fyn som helhed.

Den **atmosfæriske deposition** af kvælstof og fosfor udgjorde i 1989-1997 henholdsvis 3 % og 2 % af de samlede tilførsler til søen. Hovedparten af den atmosfæriske kvælstofdeposition er kulturbetinget, idet den stammer fra forbrænding i industri og motorer samt ammoniakfordampning fra landbruget. Tilsvarende antages ca. halvdelen af fosfordepositionen at være kulturbetinget.

Den atmosfæriske deposition kan dog i sommerperioden udgøre en væsentlig del af den samlede belastning, og vil i sommermåneder med lav afstrømning være den største kilde til kvælstofbelastningen.

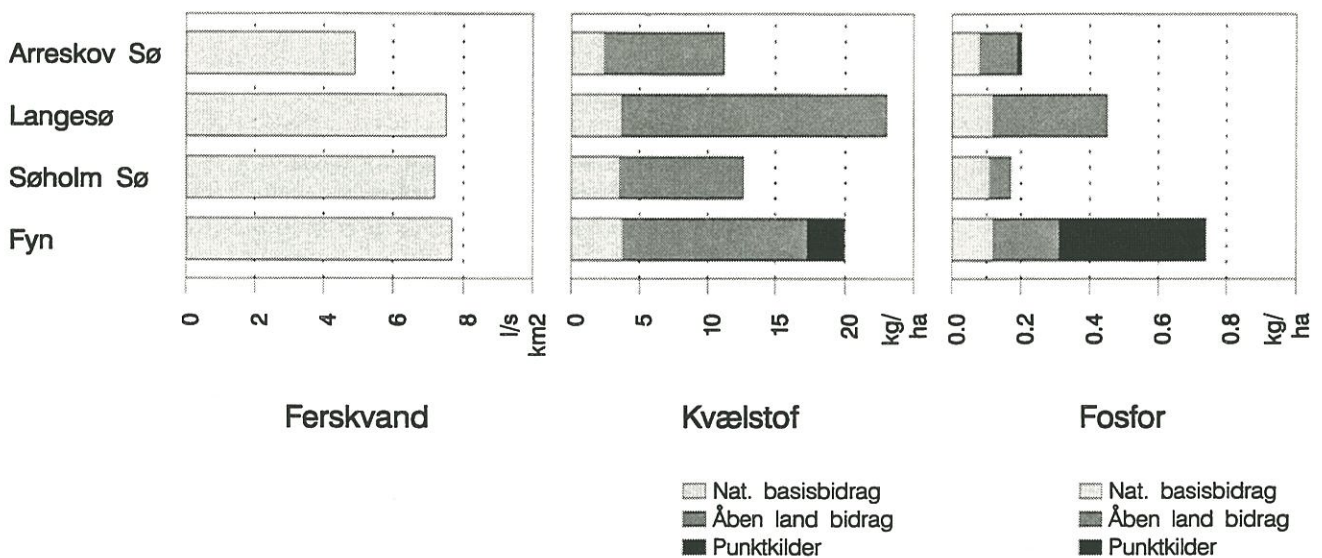
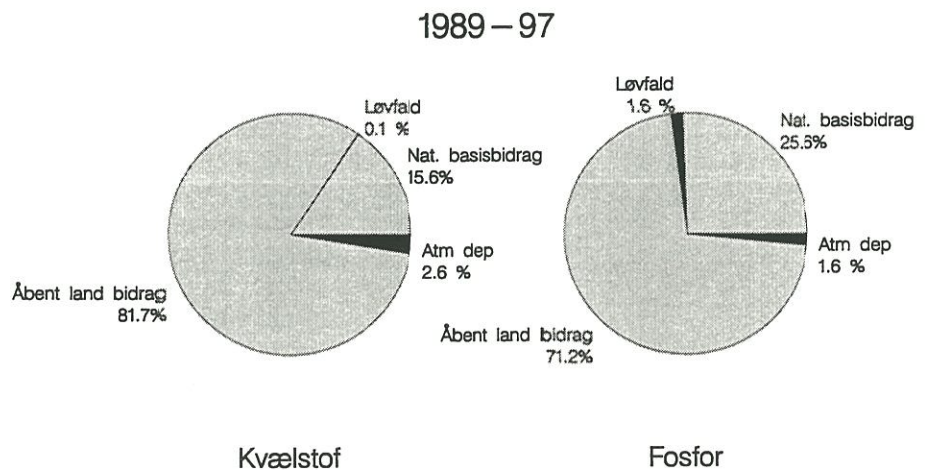
Kun 4-10 % af den samlede årlige kvælstofbelastning og 13-25 % af fosforbelastningen af søen sker i sommerperioden.

På baggrund af vandbalancebetragtninger for Langesø vurderes det, at den direkte **grundvandstilførsel** er ringe. Der er derfor ikke regnet med nogen stoftilførsel via grundvand direkte til søen.

Langesø tilføres næringsstoffer i forbindelse med **løvfald**. Selvom søen er omkranset af skov, er belastningen fra løvfald dog forholdsvis beskedent.

I perioden indtil 1993 skete desuden opfodring af ca. 600 **ænder** årligt i Langesø med henblik på jagt. Fodringen svarede til ændernes foderbehov, men ændernes affaldsprodukter skal medregnes i den samlede tilførsel til søen. Tilførslen af kvælstof og fosfor herfra udgjorde førhen 4-5 % af den samlede belastning.

Figur 4.1.1
Kilder til kvælstof- og fosforafstrømningen til Langesø i perioden 1989-1997. I opgørelsen er ikke medtaget bidrag fra ænder, da udsætningen er ophørt.



Figur 4.1.2
Den gennemsnitlige arealafstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor fra forskellige oplande fordelt på punktkilder i perioden 1989-1997.

4.2 Kilder til den kulturbetingede kvælstof- og fosforafstrømning

Kvælstof	840 kg N/år
Fosfor	190 kg P/år

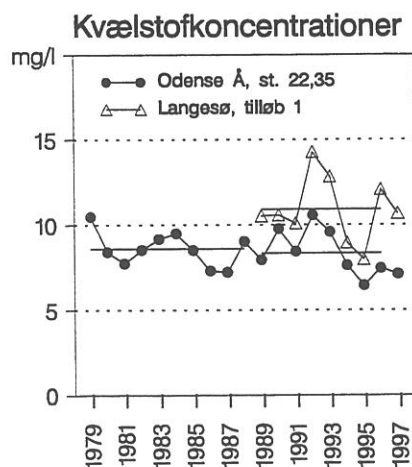
Tabel 4.2.1

Den potentielle spildevandsbelastning fra spredt bebyggelse i oplandet til Langesø baseret på normal fra Miljøstyrelsen.

Hovedparten af **kvælstofafstrømningen** (82 %) skyldes et kulturbetinget bidrag fra det åbne land, primært afstrømning fra landbrugsarealer. Kvælstofudledningen fra den spredte bebyggelse er ubetydelig sammenholdt med, hvad der afstrømmer fra landbrugsarealer, men udledningen fra spildevandet kan alligevel have en meget negativ effekt i de små vandløb på grund af det store indhold af ammoniak og organisk stof.

Hovedparten af **fosforafstrømningen** (71 %) skyldes ligeledes et kulturbetinget bidrag fra det åbne land samt afstrømning fra landbrugsarealer. En opgørelse af den potentielle spildevandsbelastning fra den spredte bebyggelse i oplandet til Langesø fremgår af tabel 4.2.1. Den potentielle spildevandsbelastning omfatter spildevandsproduktionen for ejendomme med afledning til sø, vandløb eller dræn uden korrektion for evt. rensning. På grund af manglende viden om rensegrader ved udledning fra den spredte bebyggelse, kan den aktuelle belastning ikke beregnes. Det kan således ikke afgøres, hvor stor en del af fosfortilførelsen fra det åbne land til søen, der stammer fra den spredte bebyggelse og hvor stor en del, der stammer fra dyrkningsjorden. Der er dog ingen tvivl om, at fosforudledningen både fra den spredte bebyggelse og fra dyrkningsjorden er væsentlige kilder til belastning af Langesø.

4.3 Udvikling i afstrømningen til søen 1989-1997



Figur 4.3.1

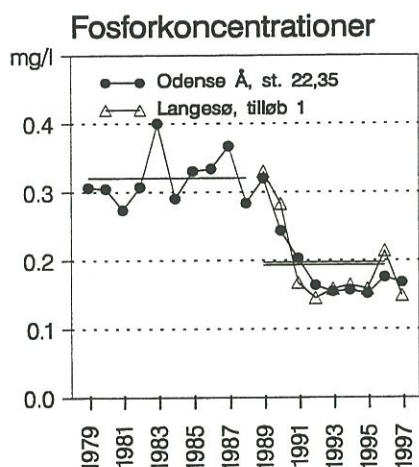
Vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer i Odense Å, 1979-1997 og tilløb 1 til Langesø i 1989-1997. Middelværdier for perioden 1979-1988 (kun Odense Å) og 1989-1996 er ligeledes vist.

Den mængde kvælstof og fosfor, der strømmer til søen fra oplandet, er bl.a. afhængig af **ferskvandsafstrømningen**. Denne var meget lav i 1997, og lå på årsbasis 53 % under gennemsnittet for perioden 1989-1996. I sommerperioden (1.5.-30.9.) lå afstrømningen 33 % under gennemsnittet for perioden. Kun i 1996 var afstrømningen tilsvarende lav for både året som helhed og i sommerperioden.

Kvælstofafstrømningen til søen i 1997 var som følge af den lille ferskvandsafstrømningen meget lav. Set på årsbasis, lå kvælstofafstrømningen 52 % under gennemsnittet for den forudgående otteårs-periode. I sommerperioden var kvælstofafstrømningen tilsvarende 52 % under gennemsnittet for perioden 1989-1996.

Der ses ingen udvikling i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration i tilløbene til Langesø i perioden 1989-1997 (figur 4.3.1 og 4.4.1).

Den vandføringsvægtede koncentration af kvælstof i tilløb 1 til Langesø i 1997 var af samme størrelse som gennemsnittet for 1989-1996 (figur 4.3.1). Den tidlige udvikling har omtrent samme forløb som i Odense Å, men koncentrationen er noget højere i tilløbet til Langesø, formentlig som følge af en større andel af landbrugsarealer i oplandet til tilløb 1 (Travn Skov afløbet) sammenlignet med Odense Å.



Figur 4.3.2
Vandføringsvægtede fosforkoncentrationer vist for Odense Å 1979-1997 og tilløb 1 til Langesø. Middelværdier for perioden 1979-1988 (kun Odense Å) og 1989-1996 er ligeledes vist.

Fosforafstrømningen i 1997 var ligeledes meget lav og omtrent lige så lavt som i 1996, hvor den hidtil mindste afstrømning blev målt. Afstrømningen var i 1997 63 % og 50 % under gennemsnittet for perioden 1989-1996 henholdsvis på årsbasis og i sommerperioden (1.5.-30.9.). Et fald i fosforkoncentrationen i tilløb 1 til Langesø skete i 1989-1992, og dette mønster genfindes i Odense Å (figur 4.3.2). Faldet kan sandsynligvis forklares ved, at befolkningen i større omfang er gået over til at anvende rengøringsmidler med lavt eller intet fosforindhold. Efter 1992 er der ikke sket større ændringer i fosforkoncentrationen.

4.4 Vurdering af belastningen fra de enkelte tilløb til søen

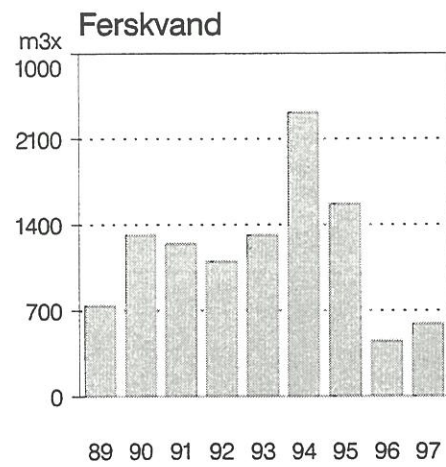
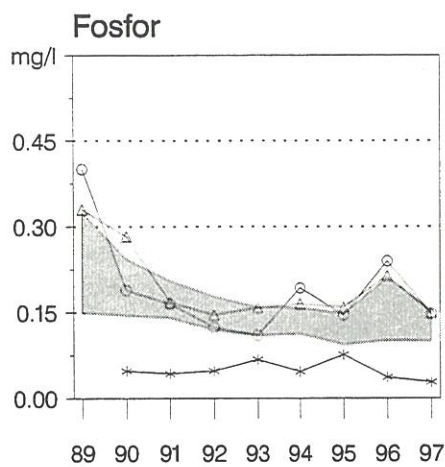
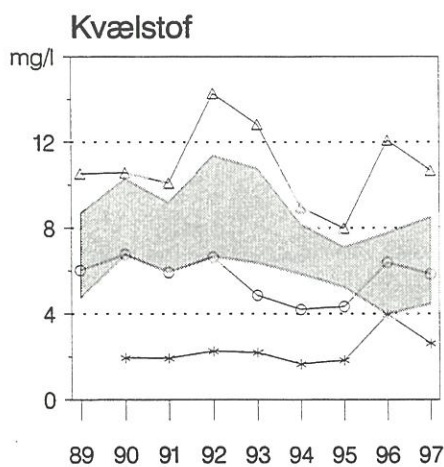
Årsmiddelkoncentrationen af kvælstof og fosfor i **Travnskov Afløbet (tilløb 1)** udviste i perioden 1989-1997 stort set samme variationsmønster som i andre fynske vandløb (figur 4.4.1). Dog var niveauet af kvælstof væsentligt højere i Travnskov Afløbet.

Travnskov Afløbet anses for at være meget belastet af jordbrugsdriften i oplandet samt spildevandsudledning fra spredte bebyggelse.

Kvælstofkoncentrationen i **Kapelbækken (tilløb 3)** ligger generelt lavere eller på samme niveau som de øvrige fynske vandløb i perioden 1990-1997.

Den vandføringsvægtede fosforkoncentration (figur 4.4.1 og 4.4.2) er stort set af samme størrelsesorden som i andre fynske vandløb. I sommerperioden er Kapelbækken ofte udtørret. Derfor vil nedbørshændelser efter en længerevarende tør periode medføre forhøjede koncentrationer. Da oplandet til Kapelbækken er noget kuperet øges risikoen for overfladisk afstrømning. Da bækkenes åbne strækning endvidere gennemløber skovarealer med meget stejle vandløbsbrinker, medfører dette yderligere risiko for brinkerrosion med forøget fosforafstrømning til følge.

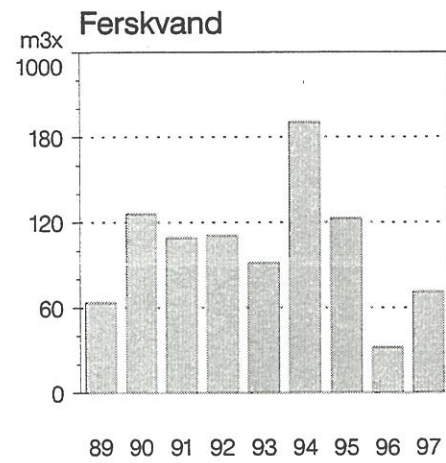
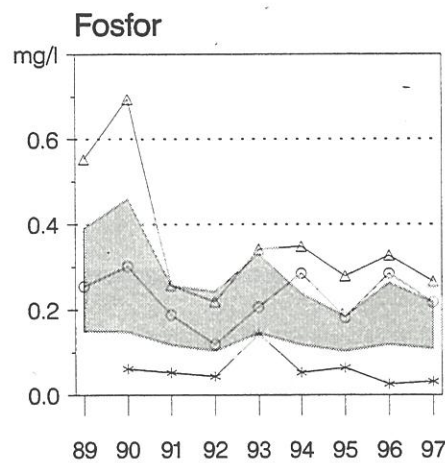
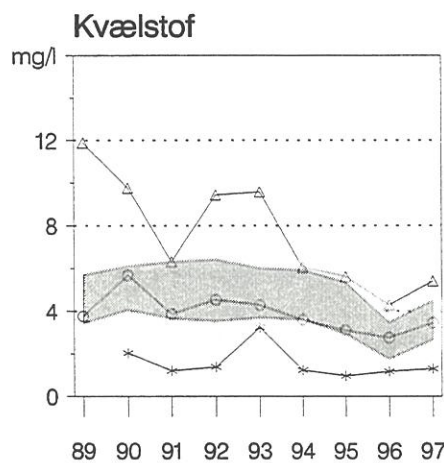
Kapelbækken anses for at være noget belastet af jordbrugsdriften i oplandet samt af spildevandsudledning fra den spredte bebyggelse.



— Naturvandløb, Holstenshuus
 ▲—▲ Tilløb 1
 ○—○ Tilløb 3

Figur 4.4.1

Vandføringsvægtede årsmiddelkoncentrationer af kvælstof og fosfor i hovedtilløbene til Langesø og naturvandløbet Holstenshuus 1989-1997. Naturvandløbet afstrømmer ikke til søen. 25-75%-s-fraktiler for fynske vandløb er vist som bånd. Endvidere er vist ferskvandsafstrømningen via hovedtilløbene til søen 1989-1997.



— Naturvandløb, Holstenshuus
 ▲—▲ Tilløb 1
 ○—○ Tilløb 3

Figur 4.4.2

Vandføringsvægtede sommermiddelkoncentrationer af kvælstof og fosfor i hovedtilløbene til Langesø og naturvandløbet Holstenshuus 1989-1997. Naturvandløbet afstrømmer ikke til søen. 25-75%-s-fraktiler for fynske vandløb er vist som bånd. Endvidere er vist ferskvandsafstrømningen via hovedtilløbene til søen 1989-1997.

4.5 Muligheder for at nedbringe belastningen

Hvis tilstanden i Langesø skal forbedres og recipientkvalitetsplanens målsætning for søen opfyldes, er det nødvendigt med en reduktion i næringsstoffilførslerne til søen.

Der kan peges på følgende muligheder for en reduktion af belastningen:

- Bedre rensning af spildevandet fra den spredte bebyggelse.
- Initiativer til begrænsning af næringsstoffabene som følge af jordbrugsdrift.

Forbedret spildevandsrensning ved spredte bebyggelser

I forbindelse med revideringen af den eksisterende spildevandsbekendtgørelse (bekendtgørelsen af 14. maj 1997) har Miljøstyrelsen fremsat nye retningslinier for regionplanlægning og spildevandsplanlægning for så vidt angår spildevandsplanlægning i det åbne land. Af retningslinierne fremgår, at der af amternes regionplan skal fremgå i hvilke delområder, der skal gennemføres en forbedret spildevandsrensning i det åbne land. Samtidig stilles der i krav til, at de kommunale spildevandsplaner skal indeholde konkrete planer for spildevandsrensning i det åbne land.

I Fyns Amts Regionplan er der generelt lagt op til en forbedret spildevandsrensning i oplandet til søer der ikke opfylder kvalitetsmålsætningen. Regionplanen anbefaler for disse oplande, at spildevandsløsningerne bør gennemføres inden udgangen af år 2000.

Begrænsning af udledningen af forurenende stoffer til søer fra spredt bebyggelse kan eksempelvis ske ved etablering af nedsivningsanlæg, biologiske renseanlæg med fosforfjernelse eller ved at afskære spildevandet til kommunale renseanlæg.

I Sønderø Kommunes spildevandsplan 1995-1999 fremgår, at der skal ske en forbedret spildevandsrensning fra enkeltejendommene i oplandet til Langesø i 1997. Gennemførelsen af spildevandsrensningen forventes at medføre en betydelig reduktion af tilførslen af fosfor til Langesø.

Initiativer til begrænsning af næringsstoffabene fra dyrkningsjorden

De foranstaltninger, der er iværksat med henblik på opfyldelse af Vandmiljøplanens mål for reduktion af udledning af næringsstoffer, forventes ad åre generelt for Fyn at reducere kvælstofafstrømningen (Fyns Amt, 1997), mens der ikke umiddelbart forventes en reduktion i fosforafstrømningen fra landbrugsarealer som følge af disse foranstaltninger. Der er dog ingen garanti for at disse foranstaltninger også vil slå igennem eller være tilstrækkelige når man ser på de lokale recipienter. Generelle miljøtiltag i jordbruget kan således ikke forhindre, at der i oplandet til Langesø sker en forøgelse af dyreholdet, hvilket andet lige vil betyde at udvaskningen forøges.

Ud over generelle foranstaltninger til nedsættelse af gødningsmængderne der udbringes på markerne, kan der i relation til Langesø bl.a. peges på følgende muligheder for begrænsning af næringsstoffabene fra dyrkningsjorden:

- Permanent braklægning og ekstensiveret landbrugsdrift specielt langs vandløb i søoplandet, målrettet mod følgende miljøbeskyttelsesforanstaltninger:

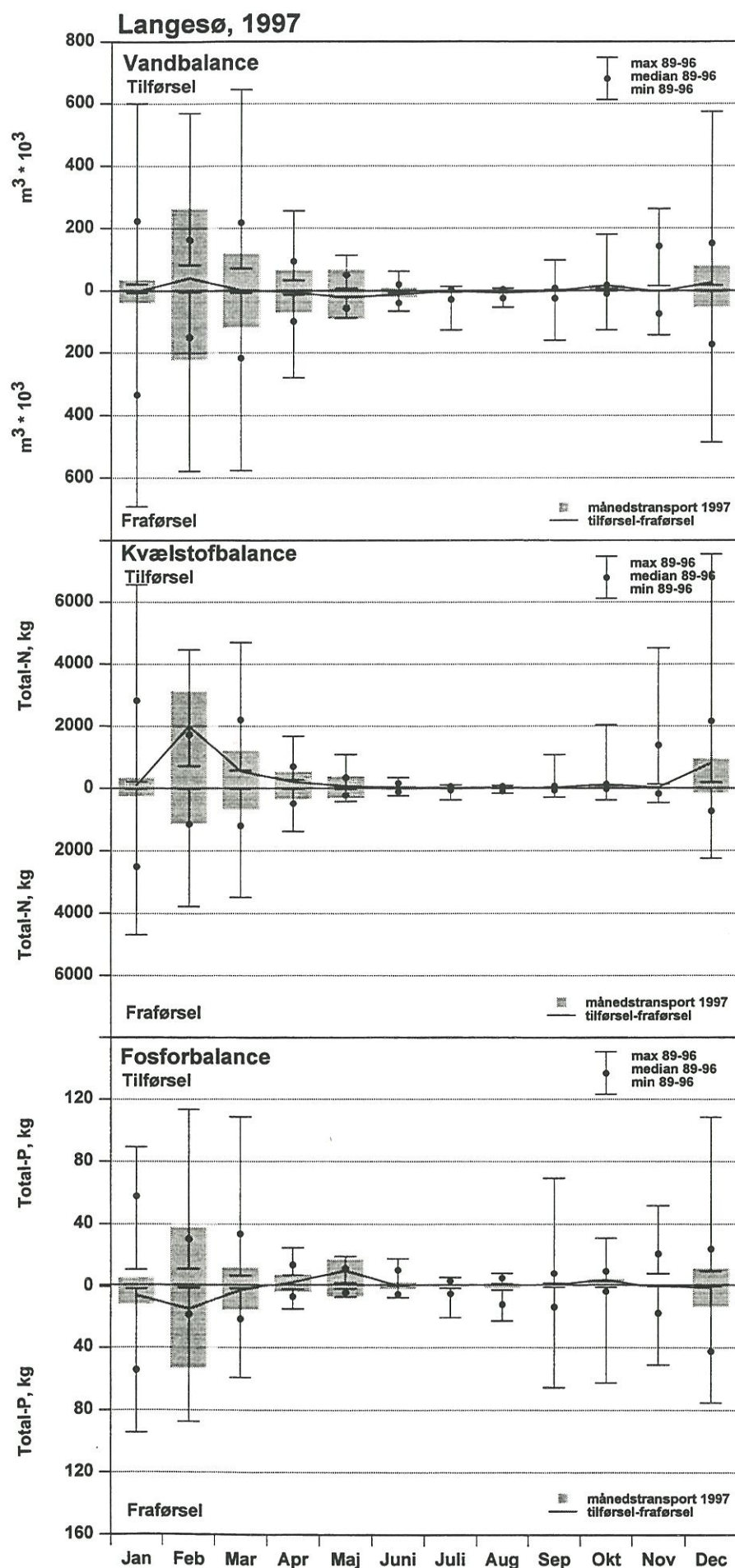
- * Genetablering af våde enge, samt vådområder med henblik på omsætning/tilbageholdelse af næringsstoffer, der afstrømmer fra intensivt dyrkede landbrugsområder.

- * Etablering af permanent plantedækkede bræmmer langs vandløb og vådområder, med henblik på tilbageholdelse af fosfor, der ved jorderosion afstrømmer overfladisk fra dyrkede arealer.
- Udførelse af miljøvenlig vandløbsvedligeholdelse eller evt. helt ophør af vedligeholdelse på udvalgte strækninger, med henblik på at nedsætte materialetransport i vandløbene og forøge selvrensningsevnen.

Gennemførte og planlagte miljøforanstaltninger som et led i EU's landbrugsreform vil måske ad åre bidrage til reduktion i kvælstof og fosfortabene fra landbrugsjorden. Disse foranstaltninger omfatter frivillige tilskudsordninger til miljøvenlige jordbrugsforanstaltninger, hvor der pt. er afsat midler til miljøaftaler for ca. 5% af landbrugsarealet i Danmark. Disse tilskudsordninger, som amterne fra 1996 har overtaget administrationen af, omfatter bl.a. generelt tilskud til reduceret gødningsforbrug og tilskud til udlæg af rajgræs i kornafgrøder. I særligt følsomme landbrugsområder kan desuden opnås tilskud til bl.a. 20-årig udtagning af agerjord, f.eks. langs søer og vandløb, samt omlægning af dræn med henblik på kvælstofomsætning i våde enge.

Det skal bemærkes, at en del af oplandet til Langesø er udpeget som særligt miljøfølsomt område, hvilket giver særlige muligheder for EU-tilskud til miljøvenlig landbrugsdrift (jf. ovenstående).

Figur 5.1
 Tilførsel og fraførsel af vand,
 total-kvælstof og total-fosfor for
 Langesø på månedsbasis, 1997.
 Samtidig er vist median-, maksimum-
 og minimumværdier i perioden
 1989-1997.



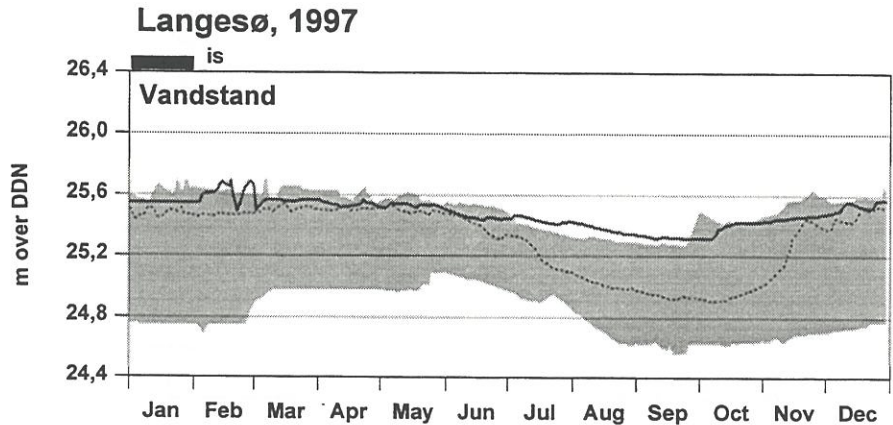
5 Vand- og stofbalance

Vandstand

Vandstanden i Langesø var ved årets begyndelse omkring 25,50 m over DNN (figur 5.2). I hele 1997 blev vandstanden holdt meget høj og var i sensommeren højere end hvad der tidligere er målt. De tidligere år blev stigningsbordet normalt bundtrukket i løbet af sommeren for at sikre vandgennemstrømning i ålekisten, hvorved vandstanden falder i søen 60-80 cm.

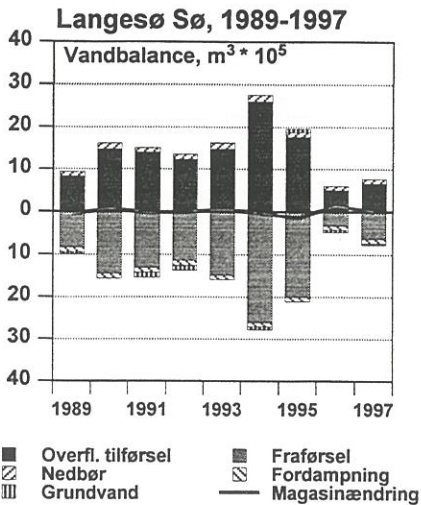
— 1997
 median
 ■ variationsinterval, 1989-1996

Figur 5.2
 Vandstand i Langesø, 1997, målt i meter over "Dansk Normal Nul". Samtidig er vist medianværdien og variationsintervallet for målingerne i perioden 1989-96.



I enkelte år har vandstanden i søen været sænket særligt meget, enten når stigningsbordet har været trukket i forbindelse med store afstrømninger, og det efterfølgende bliver glemt at sætte det i igen, eller i forbindelse med reparation af stemmeværket.

I 1996 skete fejlagtige tolkninger af vandstandsaflysningerne efter marts måned, som følge af bl.a., at der var is på søen i månederne forud. Således blev vandstanden efter marts måned i 1996 vurderet 0,5 m for lavt. Dette har haft betydning for den beregnede massebalance i 1996, men ikke for de væsentligste konklusioner af resultaterne i 1996.



Figur 5.3
 Vandbalance for Langesø, 1989-1997.

Vandbalance

Vandbalanceligningen udtrykker, at der er balance mellem den vandmængde, der strømmer til søen, og den vandmængde, der strømmer fra søen:

$$Q_{\text{overflade}} + \text{nedbør} + \text{grundvand} = Q_{\text{afløb}} + \text{fordampning} + \text{magasinændring}.$$

$Q_{\text{overflade}}$ betegner den samlede overfladiske vandtilførsel til søen fra oplandet, og $Q_{\text{afløb}}$ angiver den samlede fraførsel af vand via søens afløb.

Den overfladiske afstrømning til søen i hele 1997 var meget lille og udgjorde knap 50 % af den gennemsnitlige afstrømningen i 1989-1996 (fig. 5.3). Især var afstrømningen i januar, marts og april samt det meste af efterårsmånederne meget lave (fig. 5.1). Den meget lave afstrømning i 1997 skyldtes naturligvis, at nedbørsmængden især i januar, september og oktober var meget lille. Som følge heraf var afstrømningen fra søen tilsvarende lille. I sommerperioden var fordampningen omtrent 2 gange så stor som nedbøren.

Nedbøren og fordampningen kan i sommerperioden overstige henholdsvis tilstrømningen til- og afstrømningen fra søen og således være de væsentligste styrende faktorer for vandbalancen. I sommermånederne vil der sædvanligvis ikke være afløb fra søen uden den sænkning af søens vandspejl, som finder sted ved regulering af stemmeværket i søen.

Det beregnede grundvandsbidrag (som var negativt) ligger indenfor måleusikkerheden for den samlede beregning af vandtransporten. Det antages derfor, at der ikke var nogen grundvandstilførsel af betydning i 1997.

Vandets opholdstid i søen

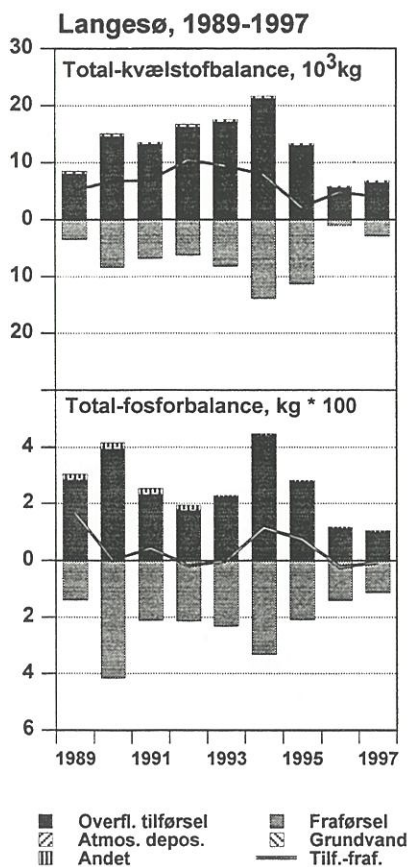
Opholdstiden for vandet i Langesø (beregnet ud fra fraførslen af vand) var 0,9 år i 1997 (tabel 5.1). Dette er en forholdsvis lang opholdstid, men i god overensstemmelse med de nedbørsmængder, som faldt i 1997. Kun i 1996 var opholdstiden længere. Opholdstiden var ca. en halv gang længere for året som helhed i forhold til gennemsnittet for perioden 1989-1996, men omtrent af samme længde som i sommerperioden.

I 1989-1996 var opholdstiden 0,2-1,6 år og følger de årlige variationer i nedbør og afstrømning. I et hydrologisk set normalt år, svarende til de gennemsnitlige forhold i perioden 1976 - 1995, vil vandets opholdstid i Langesø være tæt på 0,4 år.

Tabel 5.1
Oversigt over opholdstider beregnet ud fra fraførsel af vand i Langesø, 1989-97.

Opholdstid ud fra fraførsel (år):				
	År (1.1-31.12)	Sommer (1.5-30.9)	Vinter (1.12-31.3)	Maks. måned
1989	0,7	1,2	0,5 *	3,8
1990	0,4	1,3	0,2	1,7
1991	0,4	1,2	0,2	4,5
1992	0,5	1,2	0,3	5,0
1993	0,4	2,4	0,2	6,7
1994	0,2	0,6	0,1	2,7
1995	0,3	0,7	0,1	15
1996	1,6	5,7	6,9	17
1997	0,9	1,9	0,4	64
1989-96	0,6	1,8	0,99	13

* I 1989 er vinteropholdstiden beregnet for perioden 1.1. - 31.3.



Figur 5.4
Stofbalance på årsbasis for Langesø, 1989-1997.

Stofbalance

Stofbalancen er opgjort for næringsstofferne fosfor og kvælstof, som har betydning for planteplanktonets vækst. Ved stofbalance forstås forskellen mellem tilførsel og fraførsel af stoffet (figur 5.3 og 5.4). En mere detaljeret opgørelse af stofbalancerne findes i bilagene 5 og 6.

Kvælstof

Den samlede belastning af Langesø med total-kvælstof i 1997 var 6856 kg. Dette er ca. 50 % af gennemsnittet i perioden 1989-1996. I 1989 og 1996 var tilførslen også meget lille (hhv. 8535 og 5891 kg, figur 5.4). Mere end 60 % af kvælstoftilførslen skete i månederne februar og marts i 1997, hvor ferskvandsafstrømningen samtidig var stor (figur 5.3). Hyppigst sker hovedparten af afstrømningen i første halvdel af et år.

Den vandføringsvægtede indløbskoncentrationen var som middel 8,9 mg/l i 1997, hvilket er lidt under gennemsnittet for perioden 1989-1996 (9,4 mg/l).

Forskellen mellem den tilførte og fraførte mængde kvælstof betegnes kvælstoftabet i søen. Dette skyldes omsætning eller ophobning af kvælstof i søen. Tabet af kvælstof var 3976 kg i 1997, hvilket svarer til, at 58 % af den tilførte kvælstof blev tilbageholdt i søen. For hele perioden 1989-96 er der beregnet et kvælstoftab på 51% af de tilførte mængder. Når der bliver korrigeret for ændringer i kvælstofindholdet i søvandet var nettotabet for kvælstof imidlertid 79 %. Indholdet af kvælstof i søvandet faldt således med 1412 kg hen over året. Denne ændring skyldes et stort fald i kvælstofindholdet i søvandet sidst på året. Sandsynligvis som følge af en relativ mindre kvælstofafstrømningen sidst i 1997 sammenlignet med tidligere år.

Som følge af kvælstoftabet i søen var den gennemsnitlige kvælstofkoncentrationen i afløbet fra søen ca. halvdelen af koncentrationen, som løber til søen.

Fosfor

Den samlede belastning af Langesø med fosfor i 1997 var 106 kg. Dette er det hidtil lavest målte. I perioden 1989-96 var fosfortilførslen 118-447 kg med et gennemsnit på 281 kg (figur 5.4). Hovedparten af fosfortilførslen til søen skete i årets 4 første måneder (figur 5.3).

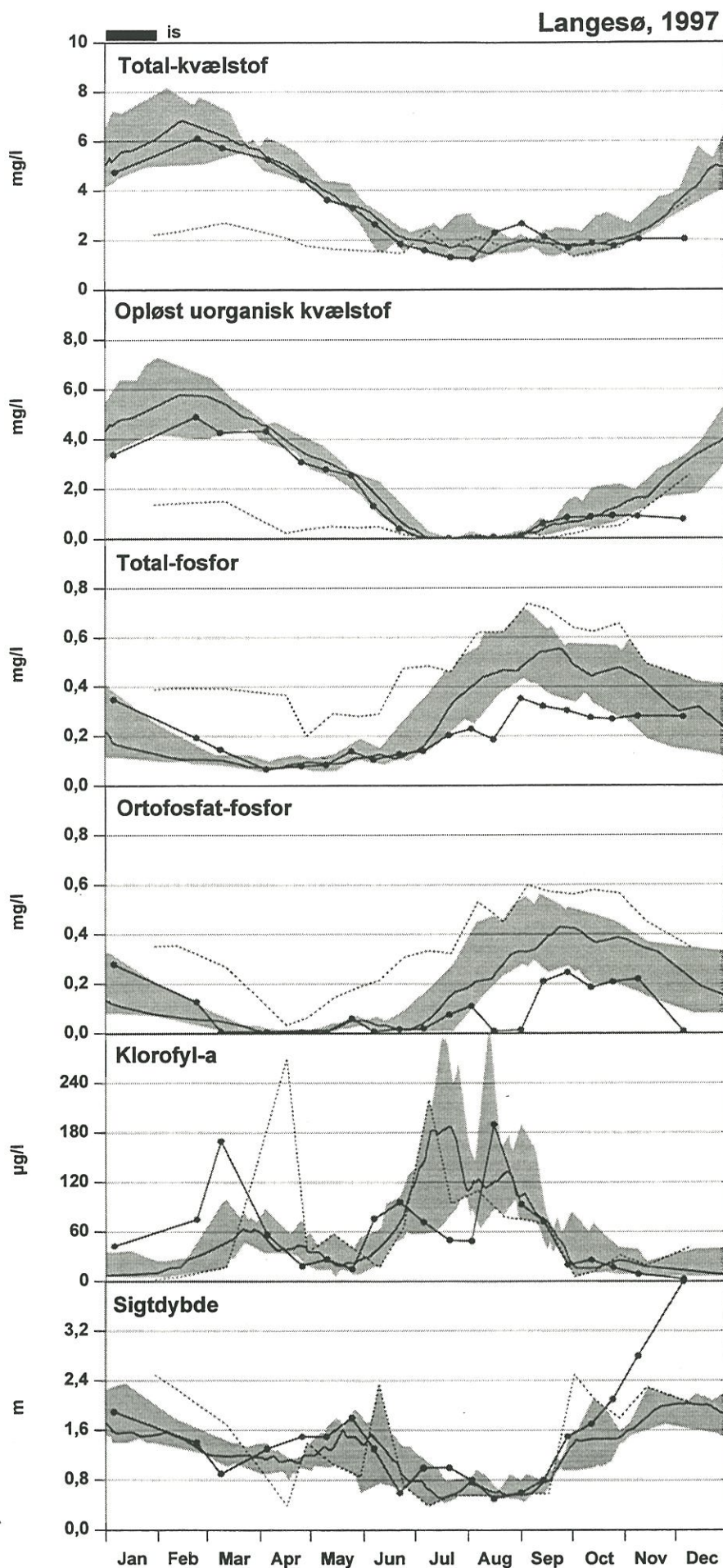
Den vandføringsvægtede indløbskoncentrationen var som middel 0,14 mg/l i 1997, hvilket er lige så lavt som i 1992 og 1993. Som gennemsnit for 1991-1996, var indløbskoncentrationen 0,19 mg/l.

Der blev ført 6 kg mere fra søen, end der blev tilført. I de fleste af årene 1989-1996, er der blevet tilbageholdt fosfor i søen. Samlet for hele perioden 1989-97 er der tilbageholdt ca. 356 kg fosfor i søen svarende til 15 % af tilførslen. Korrigeret for ændringer af fosforindholdet i søvandet var der et samlet fosfortab på 44 kg i 1997. Der var således et fald på 50 kg i indholdet af fosfor i søvandet hen over året.

Koncentration af fosfor i afløbet var højere end indløbskoncentrationen i årets sidste måneder, hvor fosforkoncentrationen i søvandet var forøget som følge af en stor frigivelse af fosfor fra søbunden til søvandet.

Figur 6.1.1
 Overfladevandets indhold af total-kvælstof, opløst uorganisk kvælstof, total-fosfor, ortofosfat-fosfor, klorofyl-a samt sigtddyben i Langesø, 1997. Samtidig er vist værdierne for 1996, samt medianværdien og variationsintervallet for målingerne i perioden 1989-96. Variationsintervallet omfatter de beregnede dagsværdier for de enkelte år. Dog er den største og mindste dagsværdi ikke medtaget, for at udjævne enkelte ekstreme udsving.

..... 1996
 — median, 1989-1996
 ■ variationsinterval, 1989-1996
 ● 1997



6 Miljøtilstand 1997

6.1 Fysisk-kemiske forhold i søvand

Resultaterne af de fysisk-kemiske målinger i søens overfladevand i 1997 fremgår af figurerne 6.1.1 og 6.1.2. For alle år, hvorfra der foreligger målinger, er de beregnede sommer-, vinter- og årsmiddelværdier samt fraktiler af udvalgte parametre vist i bilag 9.1-9.3.

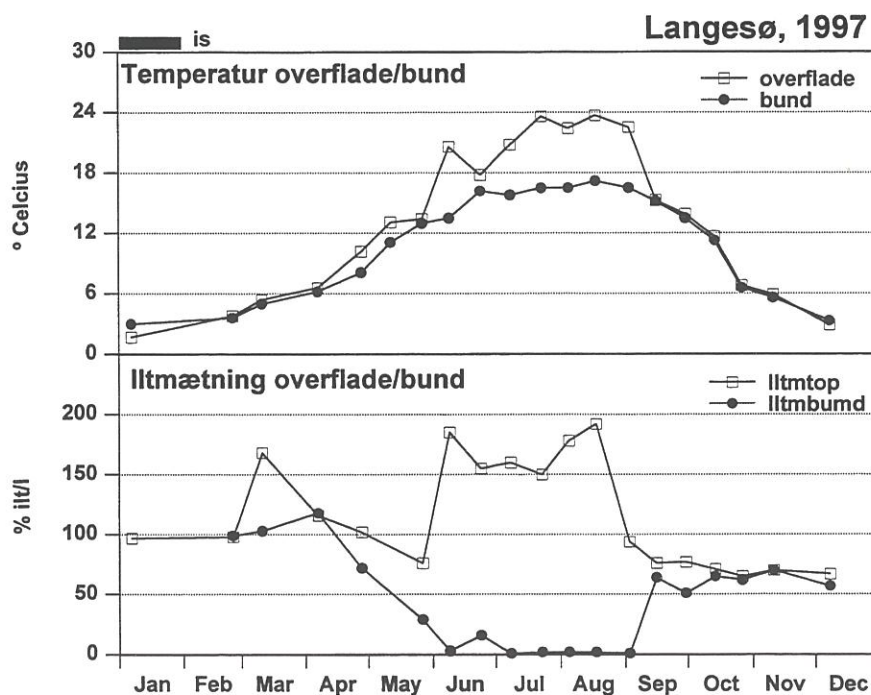
Vandtemperatur

Søen var islagt fra slutningen af december 1996 til begyndelsen af februar 1997. Sø vandet var temmelig køligt til midten af marts ($<5^{\circ}\text{C}$). Fra sidst i april opvarmedes vandet hurtigt og nåede årets højeste temperatur i midten af august ($23,7^{\circ}\text{C}$).

Iltforhold

Iltindholdet i hele vandprofilet var relativt højt fra begyndelsen året til sidst i april. Som følge af en stor algeproduktion var overfladevandet overmættet med ilt i næsten hele sommeren. Nedbrydningen af den store algeproduktion medførte, at iltindholdet nær søbunden var lavt i hele sommerperioden. Fisk kan ikke leve i vand med et iltindhold under $2\text{ mg O}_2/\text{l}$. Så lavt et iltindhold forekom i bundvandet (i perioder fra kun ca. 2 m under vandoverfladen) fra sidst i maj til begyndelsen af september. De ringe iltforhold kan muligvis have medført fiskedød i søen i 1997.

Figur 6.1.2
Temperatur og iltmætning nær vandoverfladen (dybde: 0,20 m) og lige over bunden i Langesø, 1997.



Kvælstof

Indholdet af kvælstof i søen i første halvdel af 1997 afspejler afstrømningen af kvælstof til søen i vinterhalvåret 1996/97, idet kvælstofindholdet i Langesø er stærkt relateret til kvælstofafstrømningen (Fyns Amt, 1994).

Indholdet af total-kvælstof var i 1997, ligesom årene før 1996, højt i begyndelsen af året ($4-6\text{ mg/l}$). I 1996 afveg kvælstofindholdet i begyndelsen af året ved at være usædvanligt lavt. Variationen i kvælstofindeholdet i 1997 fulgte stort set samme

forløb som i perioden før 1996. Sidst på året i 1997 faldt kvælstofindholdet under "normalområdet", antagelig på grund af den meget lave kvælstofafstrømning i november.

Middel for total-kvælstof for året som helhed og i sommerperioden i 1997 var henholdsvis 3,2 mg/l og 2,3 mg/l og af samme størrelse som i perioden 1981-1995. Indholdet af opløst uorganisk kvælstof i 1997 var derimod generelt lidt lavere end i perioden 1981-1995. I 1996 var indholdet af opløst uorganisk kvælstof både i året som helhed og i sommerperioden betydeligt lavere.

I juli-september var koncentrationen så lav, at kvælstof kan have været begrænsende for algevæksten i perioder i disse måneder.

Fosfor

I begyndelsen af 1997 var indholdet af fosfor højt, men lå stort set indenfor "normalområdet" for perioden 1989-1996. Koncentrationen af fosfor faldt til et minimum sidst i april. Herefter steg den som følge af frigivelse af fosfor fra søbunden, men var generelt lavere end i de foregående år i sommerperioden. Fosforkoncentrationen var som gennemsnit i sommerperioden i 1997 også det hidtil laveste (191 $\mu\text{g/l}$). Gennemsnittet for hele 1997 var 212 $\mu\text{g/l}$ og ikke væsentligt forskelligt fra de foregående år. Fosforkoncentrationen nåede et maksimum på 352 $\mu\text{g/l}$ i begyndelsen af september i 1997. Dette er den hidtil lavest målte maksimumsværdi for et år.

Koncentrationen af opløst uorganisk fosfor var ligeledes generelt lavere i sommerperioden i 1997, i forhold til hvad der tidligere er blevet målt i overvågningsperioden. Koncentration af opløst fosfor var dog kun i kortere perioder så lav, at den kunne være begrænsende for algevæksten. Års- og sommergennemsnittet var henholdsvis 94 og 60 $\mu\text{g/l}$. Dette er med undtagelse af årsmidlen for 1994, de hidtil laveste værdier. Det maksimale indhold af opløst uorganisk fosfor i 1997 var 281 $\mu\text{g/l}$ og ligeledes det hidtil lavest målte.

Det relative lavere indhold af fosfor i søen i 1997 skyldes sandsynligvis flere faktorer. Således kan den højere vandstand, der var i sommeren 1997 have bevirket, at fosforholdigt bundvand i ringere omfang end tidligere opblandede sig med de øverste vandlag. Herudover var tilførslen af fosfor fra august til december væsentligt mindre end i de foregående år i samme periode.

Fosforindholdet i Langesø er dog stadigvæk meget højt.

Klorofyl

Indholdet af klorofyl var højt i begyndelsen af året og et stort algemaksimum forekom allerede i marts (170 $\mu\text{g/l}$). Et så stort klorofylmaksimum i marts eller tidligere på året er ikke før målt. Sidst på året var klorofylindholdet forholdsvis lavt. Årets maksimum forekom midt i august (190 $\mu\text{g/l}$). Klorofylindholdet var som sommermiddel 70 $\mu\text{g/l}$. Dette er lidt lavere end i de øvrige år i overvågningsperioden (71-135 $\mu\text{g/l}$).

Sigt dybde

Med et gennemsnit for sommerperioden på 1,00 m var sigt dybden på niveau med værdierne i perioden 1992-1995 (0,90-1,16m). Medianen for sommerperioden var 0,94 m. Gennem det meste af sommeren var sigt dybden større end 75 cm. De mindste sigt dybder blev målt til 0,50 m i midten af august, hvor algebiomassen

var størst. I begyndelsen af november til december blev der målt de hidtil største sigtddybder (2,75-3,95m). Dette skyldes især, at algebiomassen var betydeligt lavere på dette tidspunkt af året end i de foregående år. Sigtddybden følger i øvrigt nøje mængden af planteplankton i søen.

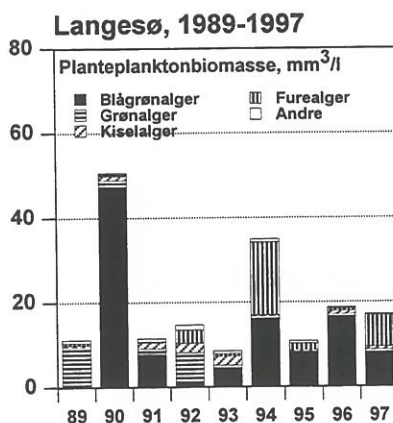
6.2 Plante- og dyreplankton

Planteplankton

Biomasse, årstidsvariation og artssammensætning

Der blev i alt registreret 91 arter/slægter i planteplanktonet i Langesø i 1997, hvilket er af samme størrelse som i 1991-1995 (91-109 arter), men højere end i 1989-1990 og 1996 (72-85 arter). Langt de fleste arter/grupper i Langesø er karakteristiske for næringsrige danske søer. Der blev i 1997 registreret 12 arter/slægter, som tilhører algegrupper, der har deres hovedudbredelse i "rentvandede" søer. Samme antal "rentvandsarter" blev fundet i 1996, men for begge år er dette noget lavere end i 1989-1995 (14-16 arter/slægter).

Planteplanktonets biomasse var som gennemsnit for sommerperioden 17,2 mm³/l i 1997. Dette er forholdsvist højt og af samme størrelse som i 1996. Kun i 1990 og 1994 var der en betydelig større biomasse (figur 6.2.1). Biomassen varierede fra minimum 1,7 mm³/l i juni til et maksimum på 55,1 mm³/l midt i juni i sommerperioden i 1997 (figur 6.2.2).



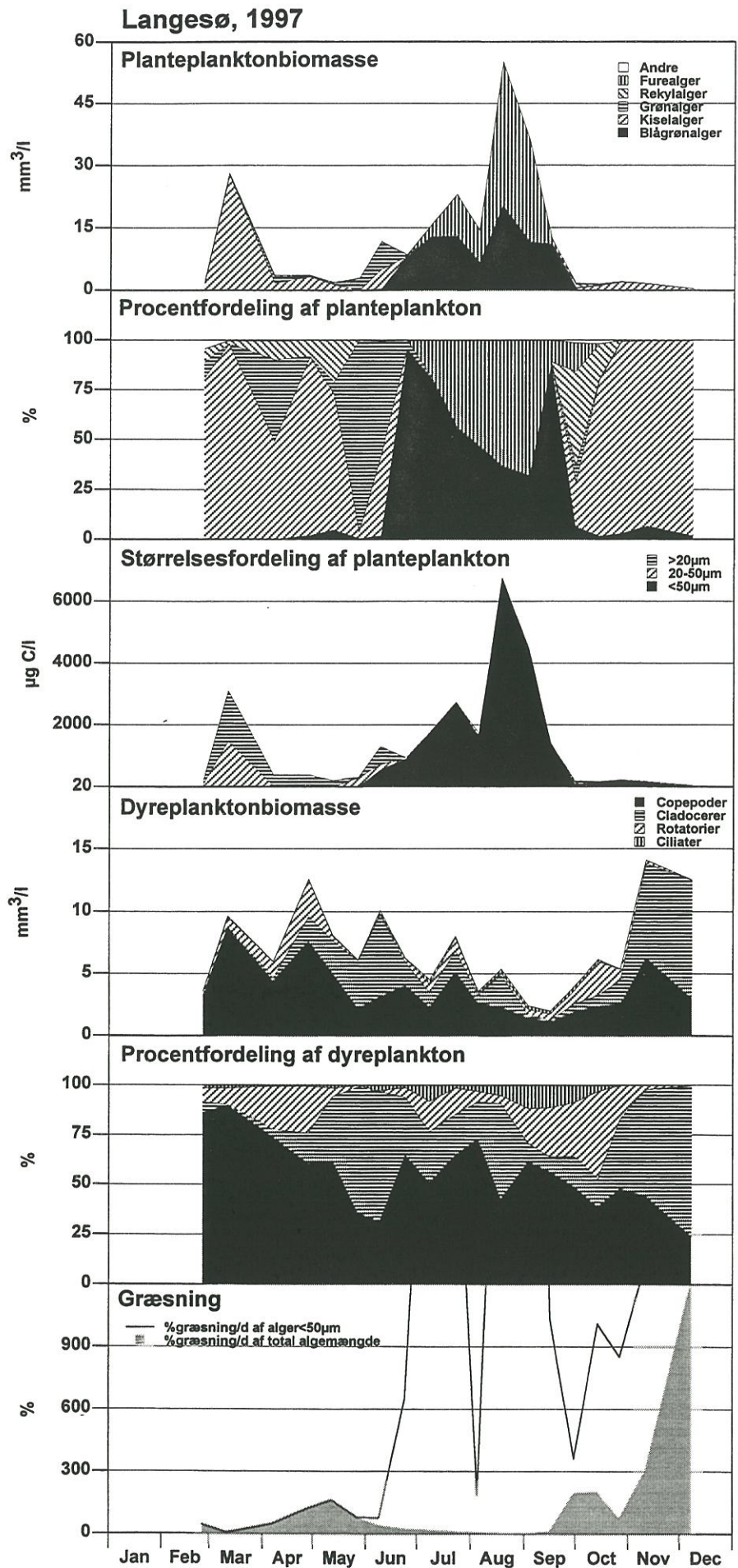
Figur 6.2.1
Gennemsnitlig biomasse og procentvis sammensætning af planteplankton i Langesø i sommerperioden 1. maj- 30. september, 1989-1997.

Der var et stort forårsmaksimum (28,2 mm³/l) midt i marts. Fra marts til midt i maj var hovedparten af planteplanktonet domineret af små centriske kisel alger og *Stephanodiscus neoastraea* (68-98 %). Fra sidst i maj til begyndelsen af juni var det især grønalgler (57-96%), som var dominerende. Blandt grønalglerne var det *Pandorina morum* og især *Coelastrum microporum*. Herefter steg biomassen, og to mindre sommermaksima forekom henholdsvis i juni og sidst i juli. Efter et mindre fald i biomassen steg den igen og toppede med årets største maksimum midt i august (55,1 mm³/l). Umiddelbart efter dette maksimum skete et totalt sammenbrud i planteplanktonet og biomassen faldt til et meget lavt niveau, som varede resten af året ud.

Blågrønalgler og furealger dominerede alle tre maksima med 95-100 % af den samlede biomasse i sommerperioden (figur 6.2.2). De kvantitativt mest betydende blågrønalgler var *Aphanizomenon flexuosum/yezoense* umiddelbart før og efter maksimumet i august og *Anabaena flos-aquae* i selve maksimumet. Blågrønalglerne udgjorde 32-87 % af den samlede biomasse i denne periode. De kvantitativt mest betydende furealger var *Ceratium rhomvoldes*, som bl.a. udgjorde mere end 60 % af den totale biomasse under maksimumet i august. Furealgerne udgjorde 44-68 % af biomassen i perioden juli-september. Sidst på året dominerede kiselalger med *Aulacoseria granulata* var. *angutissima*, som den vigtigste art.

Blågrønalgler har domineret planteplanktonet i Langesø i næsten alle årene i perioden 1989-1997 (figur 6.2.1). Foruden i 1997 var *Aphanizomenon flexuosum/yezoense* og *Plankthothrix agardhii* sammen med furealgen *Ceratium rhomvoldes* også de mest betydende arter i 1994.

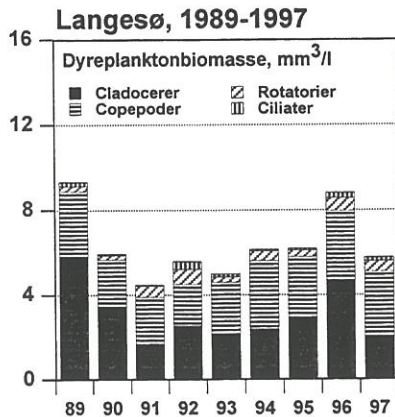
Figur 6.2.2
 Volumenbiomasse, procentvis
 sammensætning af planteplankton
 og dyreplankton, samt
 størrelsesfordeling af
 planteplankton og % græsning af
 alger i Langesø, 1997.



Dyreplankton

Biomasse, årstidsvariation og artssammensætning

Dyreplanktonets biomasse var som gennemsnit for sommerperioden $5,8 \text{ mm}^3/\text{l}$ i 1997. Dette er af samme størrelse som i 1990-1995 ($4,5\text{-}6,2 \text{ mm}^3/\text{l}$). I 1989 og 1996 var biomassen betydeligt større (henholdsvis $9,3$ og $8,8 \text{ mm}^3/\text{l}$, figur 6.2.3). Biomassen i sommerperioden 1997 varierede fra minimum $2,0 \text{ mm}^3/\text{l}$ midt i september til et maksimum på $10,1 \text{ mm}^3/\text{l}$ sidst i begyndelsen af juni (figur 6.2.2).



Figur 6.2.3
Gennemsnitlig biomasse og procentvis sammensætning af dyreplankton i Langesø i sommerperioden 1. maj- 30. september, 1989-1997.

Dyreplanktonbiomassen havde adskillige toppe i 1997 (fig.6.2.3). Den første top i efteråret forekom i begyndelsen af marts ($9,7 \text{ mm}^3/\text{l}$). Dette maksimum faldt sammen med forårsmaksimummet af planteplankton, som var domineret af kiselalger. Den efterfølgende top, som var forårets største, forekom i begyndelsen af april ($12,6 \text{ mm}^3/\text{l}$). Herefter blev de efterfølgende toppe mindre, og biomassen af dyreplanktonet faldt generelt samtidig med at der skete en opblomstring af blågrønalger. Først efter planteplanktonets sammenbrud sidst på året steg dyreplanktonets biomasse igen, hvor også årets største maksimum ($14,1 \text{ mm}^3/\text{l}$) indtraf midt i november.

Copepoderne var de mest dominerede i næsten hele året og udgjorde 53 % af den gennemsnitlige biomasse i sommerperioden. Cladocerer, som udgjorde 36 % af biomassen i sommerperioden dominerede i fra sidst i maj til begyndelsen af juni og november-december måneder. Af andre betydende grupper var rotatorier i henholdsvis april og september-oktober måneder, de udgjorde 8 % af biomassen i sommerperioden. Ciliater havde ingen større betydning gennem hele året og udgjorde kun 3 % af biomassen i sommerperioden.

De kvantitativt mest betydende arter af cladocerer var *Daphnia galeata*, *D. hyalina* og *D. cucullata*. De udgjorde sammenlagt ca. 70 % af cladocerbiomassen i sommerperioden. *D. galeata*, som omtrent var forsvundet i perioden 1991-1994, har været i betydelig fremgang siden 1995 og var den mest betydende cladocer i sommerperioden i 1997. Sidst på året var de dominerende cladocerer *D. cucullata* og især *D. hyalina*. De mest betydende copepoder var *Eudiaptomus graciloides* og calanoide copepoder. *E. graciloides* har alle årene været blandt de mest betydende copepoder. Blandt rotatorierne var *Asplanchna priodonta* den mest betydende.

Dyreplanktonet består af arter, som er typiske for relativt næringsrige søer. Dog findes copepoden *Eudiaptomus graciloides* typisk i mindre næringsrige, relativt dybe søer.

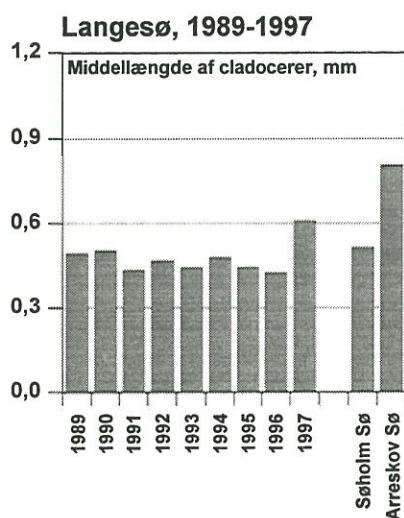
Dyreplanktonets græsning

Udenlandske og danske undersøgelser har vist, at rotatorier og krebsdyr i dyreplanktonet er afhængige af, at fødepartiklerne i søvandet har en passende størrelse. Generelt synes partikler mindre end $50 \mu\text{m}$ således at være de bedste fødeemner for dyreplanktonet som helhed (se f.eks. Bosselmann og Riemann, 1986; Hansen m.fl., 1992).

I det meste af 1997 bestod planteplanktonet af store former ($> 50 \mu\text{m}$). Dyreplanktonet havde derfor kun begrænset indflydelse på mængden af planteplankton på årsbasis, og kunne formentlig kun effektivt nedgræsse mængden af planteplankton i forårs- og efterårsperioden, hvor de mindre planktonformer dominerede. I midtsommeren var græsningstrykket på planteplankton $< 50 \mu\text{m}$ meget stort, som

"tommelfingerregel" gælder, at dyreplanktonet er i stand til at regulere algemængden, når dyrene dagligt spiser mere end 50 % af planteplanktonbiomassen i søvandet. Imidlertid var der på dette tidspunkt næsten ingen små planteplanktonformer, idet planteplanktonet næsten udelukkende bestod af store blågrønalger.

Fra sidst i juni til midt i september dominerede store planktonformer (mere end 95 % af den samlede biomasse). Græsningen havde derfor antagelig kun lidt indflydelse på den samlede algemængde i denne periode. Imidlertid steg dyreplanktonbiomassen kraftigt efter det betydelige fald af den samlede planteplanktonbiomasse i september. Det kunne således godt tyde på, at dyreplanktonet kunne leve af henfald af blågrønalger og furealger.



Figur 6.2.4
Middellængde af cladocerer i Langesø i sommerperioden, 1989-1997, samt i Søholm Sø og Arreskov Sø, 1997.

Prædation

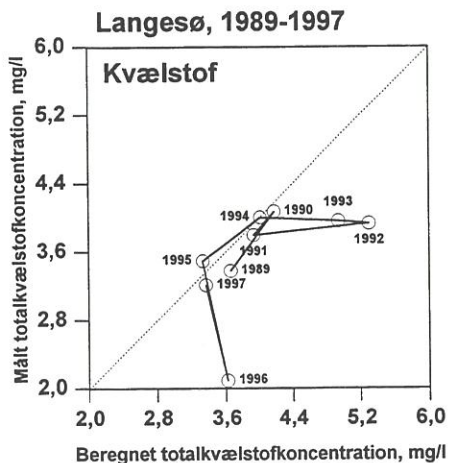
Fisk, som lever af dyreplankton, spiser fortrinsvis de større former af cladocerer og calanoide copepoder i søvandet. I søer, hvor fiskenes prædation på dyreplanktonet er stor, vil mindre dyreplanktonformer derfor typisk blive dominerende. Tilsvarende findes længerevarende dominans af store dafnier kun, hvis fiskenes prædation er meget lille.

På figur 6.2.4 er vist middellængden af cladocernerne i perioden 1989-97. Middellængden var betydeligt større i Langesø i 1997, end hvad der har været tilfældet i tidligere år og større end i Søholm Sø. I Arreskov Sø findes de største cladocerer.

Det kunne således tyde på at den planktonspisende fiskebestand var relativ lille i Langesø i 1997. Dette kan skyldes dels ringe gydesucces, således at bestanden af årsynglen var lille i 1997, dels at fiskebestanden er blevet reduceret, som følge af de dårlige miljøforhold i søen. En markant stigning i mængden af cladocerer (især store dafnier) sidst på året (figur 6.2.2), kunne således tyde på, at der havde været fiskedød i søen i løbet af sommeren.

7. Samlet vurdering af miljøtilstand

7.1 Sammenhæng mellem næringsstofbelastning og miljøtilstand



Figur 7.1.1
Sammenhæng mellem beregnet og målt sommermiddel af kvælstof i Langesø, 1989-1997.

Modelberegninger

Der er for søer udviklet en række simple modeller, som beskriver sammenhængen mellem den årlige tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor til søerne og den koncentration af disse stoffer, som findes i søvandet.

Modellerne kan bruges som et redskab til at vurdere, hvordan en sø vil ændre sig, såfremt belastningen med kvælstof og fosfor ændres, f.eks. i forbindelse med afskæring af spildevand fra søen eller rensning af spildevandet før udledning til søen.

Kvælstofmodeller

Den model, som i dag er den bedst egnede til at beskrive kvælstofindholdet i Langesø, har følgende udseende (Jensen m.fl., 1994):

$$(N)_{sø} = 0,23 * (N)_{ind} * Tw^{-0,27} * z^{0,27},$$

hvor $(N)_{sø}$ er søens årsmiddelkoncentration, $(N)_{ind}$ er den vandføringsvægtede koncentrationen af total kvælstof i tilløbsvandet, Tw er vandets opholdstid i søen (år) og z er søens middeldybde (m).

Modellen er anvendt på resultaterne fra Langesø til beregning af den forventede middelmiddelkoncentration af total-kvælstof i søvandet i hvert af årene 1989-1997. Som $(N)_{ind}$ er benyttet den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration beregnet ud fra den samlede tilførsel af total-kvælstof delt med ferskvandsafstrømningen. Vandets opholdstid, Tw , i søen er beregnet på basis af afstrømningen fra søen via dens afløb.

Som vist i figur 7.1.1 er der, med undtagelse af årene 1992-1993 og 1996, god overensstemmelse mellem den beregnede årsmiddelkoncentration af kvælstof og den målte i 1989-1997.

Den dårlige overensstemmelse i 1992, 1993 og 1996 hænger sammen med, at der i disse år forekom store kvælstofafstrømninger i slutningen af året.

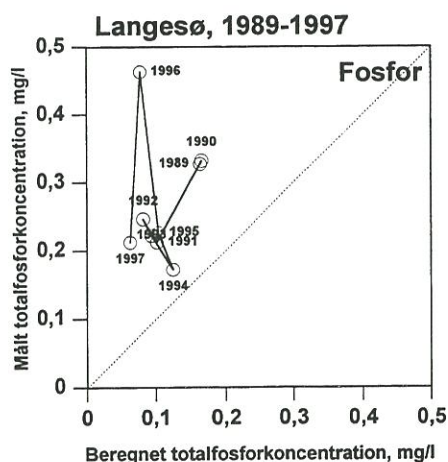
Fosformodeller

Sammenhængen mellem tilførslen af fosfor til søen og søvandets fosforindhold kan, ligesom for kvælstofs vedkommende, beskrives ved anvendelse af forskellige modeller. Disse modeller bygger typisk på den antagelse, at der er proportionalitet mellem fosforindholdet i søvandet og tilløbsvandets fosforindhold, idet dog en vis del af det tilførte fosfor tilbageholdes i søbunden. Der findes et stort antal sådanne udenlandske fosformodeller, hvoraf nedenstående model har vist sig bedst egnet til at beskrive forholdene i relativt lavvandede søer ($z < 3,5m$) med forholdsvis kort opholdstid ($Tw < 0,55$) (Kristensen, Jensen & Jeppesen, 1990):

$$(P)_{sø} = (P)_{ind} * (1 - R_p),$$

hvor $R_p = 5,3 / (5,3 + (L_p / (P)_{ind}))$ (Canfield og Bachmann, 1981).

$(P)_{sø}$ og $(P)_{ind}$ angiver årsmiddelkoncentrationen af total-fosfor i henholdsvis



Figur 7.1.2
Sammenhæng mellem beregnet og målt sommermiddel af fosfor i Langesø, 1989-1997.

sø vandet og i tilløbsvandet, R_p er fosforretentionskoefficienten (et udtryk for, hvor meget tilført fosfor, der tilbageholdes i søen) og L_p er den årlige fosforbelastning pr. søareal (g/m^2).

Modellen er anvendt på resultaterne fra Langesø til beregning af den forventede middelkoncentration af total-fosfor i sø vandet i hvert af årene 1989-1997. Som $(P)_{\text{ind}}$ er benyttet den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total-fosfor i tilløbsvandet.

Som vist i figur 7.1.2 er middelkoncentrationerne af total-fosfor i sø vandet ud fra de foretagne målinger i samtlige otte år væsentligt højere end forventet (27-83 % over) og afviger mest i 1996. Modellen giver således en dårlig beskrivelse af sammenhængen mellem fosforkoncentrationerne i sø vandet og indløbsvandet.

Denne dårlige sammenhæng skyldes, at der i Langesø ud over den udefra kommende belastning også sker en væsentlig frigivelse af fosfor fra sø sedimentet til sø vandet. For samtlige år har denne interne belastning udgjort en betragtelig del af den samlede belastning til søen.

Modellen antyder således, at fosforkoncentrationen i søen kun ville være ca. halvt så stor, hvis der ikke var nogen intern belastning. Modellen er således et vigtigt redskab, når søens fremtidige tilstand skal vurderes ud fra forhold, hvor den interne belastning er betydeligt mindre.

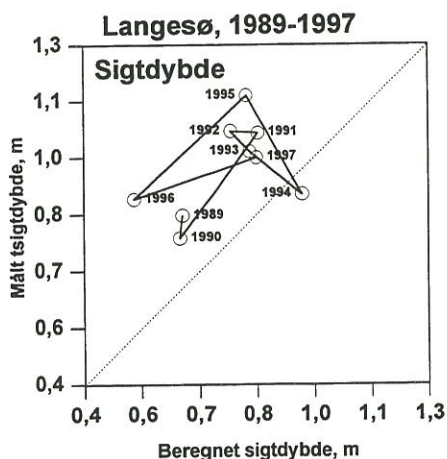
Sigtdybdemodeller

Til vurdering af, hvor klart sø vandet vil være ved et givet fosforindhold, er der af Kristensen, Jensen & Jeppesen (1990) opstillet følgende sammenhæng mellem sø vandets indhold af fosfor og sommersigt dybden:

$$\text{Sigt dybde (m)} = 0,25 (P)_{\text{sp}}^{-0,61} z^{0,25},$$

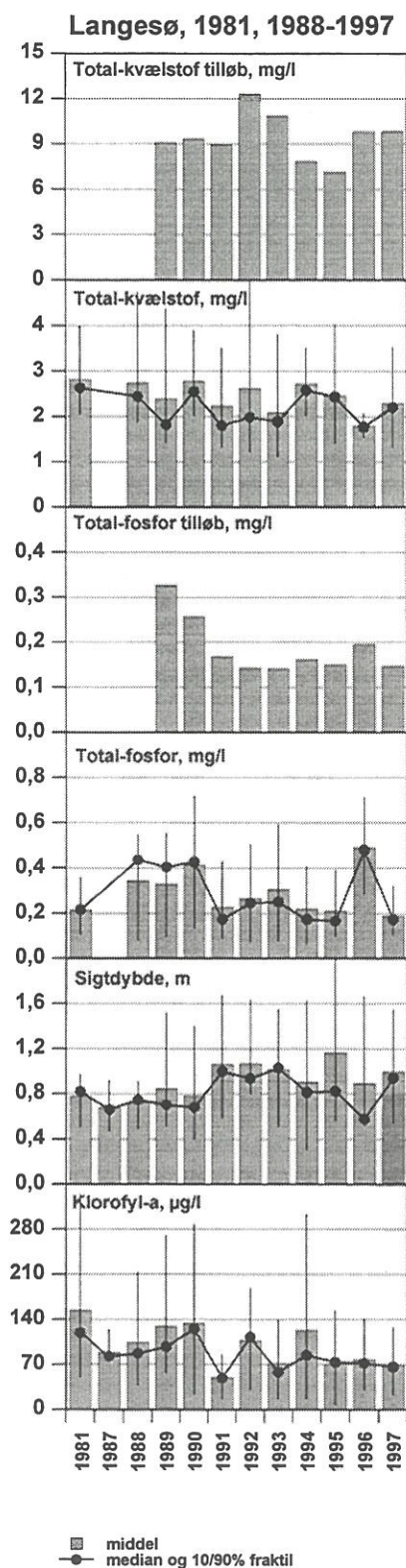
hvor $(P)_{\text{sp}}$ er sø vandets årsmiddelkoncentration af total-fosfor (mg/l) og z søens middeldybde (m). Sigtdybde modellen er opstillet for de 37 danske nationale overvågningssøer i 1989-1990. Denne model er anvendt på Langesø (figur 7.1.3). Som det ses af figuren beregner modellen en generelt lavere sigtdybde end der målt. Kun i 1994 var der nogenlunde overensstemmelse mellem den målte og den beregnede sigtdybde, hvor den interne belastning af fosfor var lavere end i de øvrige år. Årsagen hertil er dels, at Langesø er i en økologisk ubalance, hvor der sker pludselig sammenbrud af algebestanden med kortvarige klarvandsperioder til følge, dels at modellen er dårlig til at forudsige sigtdyber ved meget høje fosforværdier som dem i Langesø. Modellen må således forventes at passe bedre ved lavere fosforindhold i sø vandet.

Selvom sigtdybde modellen således kun relativt dårligt har været i stand til at forudsige middelsigt dybden i 1989-1997, vil det formodentlig alligevel være rimeligt at anvende modellen til en vurdering af mulighederne for at forbedre søens miljøtilstand.



Figur 7.1.3
Sammenhæng mellem beregnet og målt sommermiddel af sigtdybde i Langesø, 1989-1997.

7.2 Hidtidig udvikling i miljøtilstanden



Figur 7.2.1
 Middelt og median værdier, samt 10% og 90% fraktiler for angivne parametre i sommerperioden i Langesø, 1981 og 1987-1997.

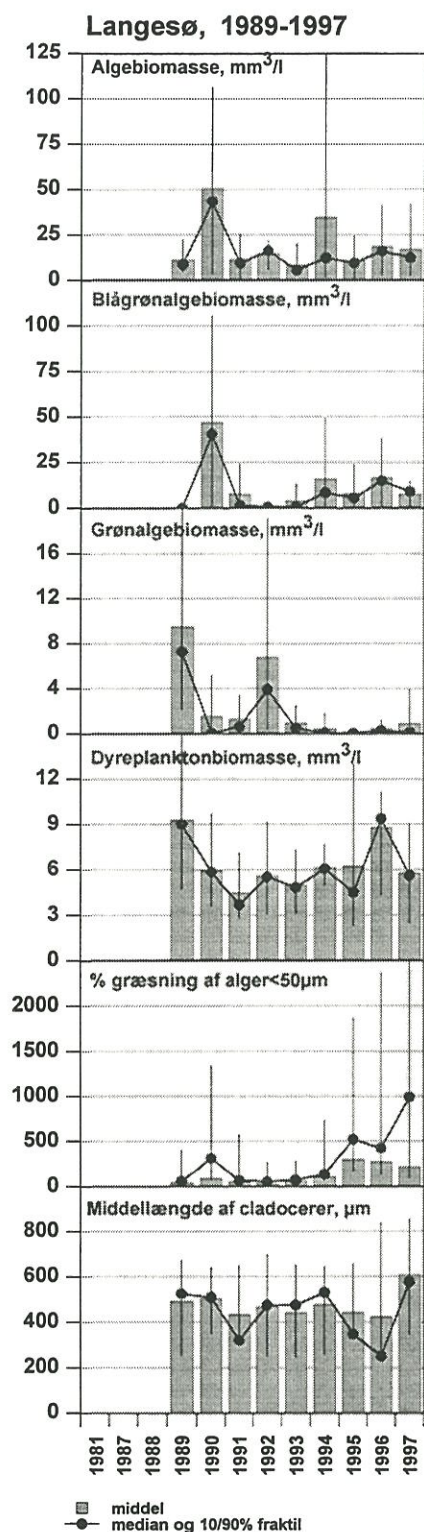
Langesø har gennem mange år har været en meget næringsrig sø, men tilbage i 1927 var miljøtilstanden bedre, bl.a. var der en udbredt undervandsvegetation i søen (se afsnit 2). Efter 1927 er der sket en forringelse i søens miljøtilstand med bl.a. en kraftig tilbagegang i undervandsvegetationen, som nu er forsvundet. I løbet af 1989-1997, hvor der er udført intensive undersøgelser i søen, er der ikke konstateret nogen afgørende forbedringer i søen.

Udviklingen i en række fysiske-kemiske og biologiske forhold er vist i figurerne 7.2.1 og 7.2.2. Der er endvidere foretaget en vurdering af, om der i 1989-1997 er sket signifikante ændringer i de fysisk-kemiske og biologiske forhold i søen. Vurderingen er foretaget på grundlag af en lineær regression af middelt- og medianværdierne. Nulhypotesen er, at ændringer gennem perioden skyldes tilfældigheder. Er sandsynligheden herfor 0,10 eller derover, accepteres nulhypotesen. Er sandsynligheden under 0,10 forkastes nulhypotesen, og ændringen gennem perioden anses for statistisk sikker (signifikant). Det relativt høje signifikans-niveau er valgt, fordi tidsserien er relativ kort. Der vil derfor ofte kun være tale om **udviklingstendenser**.

Indikator for miljøtilstand	Tendens for middelt/median	r ²	P
Kvælstof indløbskoncentration	0	0,05	0,56
Total-kvælstof	0/0	0,16/0,02	0,28/0,70
Opløst uorg. kvælstof	0/0	0,21/0,18	0,22/0,25
Fosfor indløbskoncentration	--	0,46	0,05
Total-fosfor	0/0	0,03/0,08	0,64/0,46
Ortofosfat-fosfor	0/0	0,02/0,00	0,72/0,91
Sigtdybde	0/0	0,14/0,01	0,32/0,82
Klorofyl-a	0/0	0,26/0,22	0,16/0,20
Planteplanktonbiomasse (vol.)	0/0	0,03/0,08	0,66/0,45
Blågrønalgbiomasse (vol.)	0/0	0,02/0,01	0,71/0,82
Grønalgbiomasse (vol.)	-/-	0,40/0,36	0,07/0,09
Dyreplanktonbiomasse (vol.)	0/0	0,00/0,00	0,91/0,96
Daphnia-biomasse (vol.)	0/0	0,03/0,01	0,65/0,78
Græsningstryk, < 50 µm (%)	+++ / ++	0,65/0,54	0,01/0,02
Græsningstryk, total	0/0	0,03/0,01	0,68/0,82
Cladocerlængde	0/0	0,04/0,03	0,59/0,64

Tabel 7.2.1

Oversigt over fundne udviklingstendenser i Langesø i sommerperioden, 1989-1997 (testet på middelt- og medianværdier). Korrelationskoefficienten r² og P-værdien af t-test for korrelationskoefficienten er angivet. +/-, +/--, +++/-/- angiver signifikante stigninger /fald på hhv. 10, 5 og 1% signifikansniveau. 0 eller () angiver henholdsvis ingen eller en P-værdi kun lidt over signifikansgrænsen. En høj r² angiver, at der er en nær sammenhæng mellem miljøindikatoren og tiden. Indløbskoncentrationen af total-kvælstof og total-fosfor er beregnet som den vandføringsvægtede årsmiddeltkoncentration. Græsningstrykket er beregnet dels som middelt af den potentielle græsning delt med algermængden (i kulstof) i sommerperioden (efter Windolf m.fl., 1993), dels som tidsvægtet median af den daglige græsning.



Figur 7.2.2
 Middelværdier og median værdier, samt 10% og 90% fraktiler for angivne parametre i sommerperioden i Langesø, 1989-1997.

Kvælstof har ikke vist nogen tegn på ændringer, hverken i indløbskoncentrationen eller i søvandet i overvågningsperioden. Imidlertid viser der sig et signifikant omend beskedent fald i søvandets kvælstofindhold, såfremt data før 1989 medtages.

Middelværdien af indløbskoncentration af **total-fosfor** synes derimod at være faldet til et signifikant lavere niveau i løbet af 1989-1997. Der er især sket et fald i fosforkoncentrationen efter 1990. Dette skyldes, som tidligere nævnt, en forøget anvendelse af fosfatfattige husholdningsmidler. Fosforkoncentration i søvandet udviser derimod ikke nogen signifikant ændring. Dette skyldes den meget store værdi i 1996. Det formodes derfor, at der alligevel er sket en generel ændring i søens fosforindhold sammenfaldende med faldet i indløbskoncentrationen efter 1990. Den ekstraordinære høje værdi i 1996 må tillægges de meget særlige afstrømningsforhold, som forekom dette år (se Fyns Amt, 1997).

Der er en tendens til at **sigtdybden** er blevet større efter 1990, sammenfaldende med at fosforindholdet i søen er faldet. For perioden 1989-1997 som helhed kan der dog ikke påvises nogen signifikante ændringer. Derimod er der sket et signifikant stigning i sigtdybden, såfremt data før 1989 medtages.

Der er ikke sket signifikante ændringer i hverken **klorofylindholdet** eller **planteplanktonbiomassen** i 1989-1997. Derimod er der sket et signifikant fald i klorofylindholdet, når data fra tiden før 1989 medtages. Ligeledes er der sket et signifikant fald i mængden af **grønalger**, men kun i perioden 1989-1997, da der ikke findes tidligere data.. Dette kan muligvis forklare faldet i klorofylindholdet, da grønalger har et generelt større klorofylindhold end andre algegrupper. **Blågrønalger** har næsten alle årene været meget talrige, og der er ingen tendenser til generelle ændringer.

Græsningstrykket af mindre planteplanktonformer (< 50 µm) er steget signifikant i perioden. Dette stemmer godt overens med, at mængden af mindre planteplanktonformer er aftaget signifikant (5 % niveau, ikke vist) (se bilag 10.2), og skal ikke tages til udtryk for en mere effektiv kontrol med planteplanktonet i løbet af overvågningsperioden. Der er således ikke sket nogen ændring af græsningstrykket for den totale algemængde.

Biomassen af **dyreplanktonet** har med undtagelse af enkelte år været ret konstant og udviser således ingen signifikante ændringer. Ligeledes kan der ikke påvises nogen signifikante ændringer i biomassen af *Dafnia*-arter samt **cladocerlængden**.

7.3 Fremtidig udvikling i miljøtilstanden

Hvis målsætningen i Regionplan 1993-2005 for Langesø skal opfyldes, indebærer det, at middelsigtdybden i sommerperioden bliver mindst 1,5-2,0 m, og at søen ligesom tidligere i dette århundrede igen får veludviklede bevoksninger af rankegrøde, samt at der ikke forekommer massive opblomstringer af enkelte algegrupper. Endelig skal fiskebestanden have en "sund" arts- og alderssammensætning, med balance mellem fredfisk (skaller, brasen m.fl.) og rovfisk (gedder og store aborrer).

Dette kræver først og fremmest, at søvandets fosforindhold reduceres væsentligt, således at fosfor i højere grad end nu bliver begrænsende for planteplanktonets vækst, og at kvælstofindholdet samtidig yderligere reduceres for at få en mere varieret algesammensætning.

Søvandets store indhold af fosfor styres dels af fosforfrigivelsen fra søbunden i sommerperioden, dels af den eksterne belastning. For at nedsætte sidstnævnte, skal den kulturbetingede belastning af fosfor, som i dag udgør over 70 % af den samlede eksterne fosforbelastning, reduceres betydeligt.

Modelberegninger

Den fremtidige sigtddybe i søvandet kan beregnes ved anvendelse af sigtddybdemodellen, som er omtalt i afsnit 7.1. Anvendes sigtddybdemodellen således sammen med fosformodellen (afsnit 7.1), og den **gennemsnitlige** belastningsværdi for 1991-1997, kan det herefter beregnes, hvor stor sigtddybden kan forventes at blive, såfremt søens eksterne belastning reduceres.

Disse beregninger forudsætter en normal ferskvandsafstrømning til søen, svarende til gennemsnittet for 1989-1997. Det skal endvidere fremhæves, at **beregningerne forudsætter, at den interne fosforbelastning er nået ned på et meget lavt niveau**, hvilket ikke er tilfældet i dag.

Tabel 7.3.1

Beregnet fremtidig sigtddybe i Langesø ved det nuværende belastningsniveau og ved forskellige grader af reduktion af belastningen fra det åbne land (dvs. spildevand fra spredt bebyggelse og kulturbetinget afstrømning fra dyrkede arealer) i hele oplandet samt omregnet til kun at omfatte reduktion i oplandet til Travn Skov afløbet.

Belastning	Reduktion Travn Skov afl., %	Pind mg/l	Psø mg/l	Sigtddybe m
Status 1997 (målt)	-	0,15	0,21	1,00
Middel 1991-1997	-	0,16	0,10	1,37
25 % reduktion	33	0,13	0,08	1,54
50 % reduktion	66	0,11	0,06	1,78
75 % reduktion	99	0,08	0,05	2,14
Naturlig belastning	-	0,05	0,03	2,81

Beregningerne viser, at den ønskede sommermiddelsigtddybe i søen (1,5-2,0 m) kun kan opnås, såfremt fosforbelastningen af søen via overfladisk afstrømning reduceres med mindst 25-50 %, svarende til en reduktion på 39-77 kg under normale afstrømningsforhold.

Der skal således ske betydelige reduktioner i belastningen fra både den spredte bebyggelse og de dyrkede arealer.

Muligheder for nedsættelse af belastningen fra den spredte bebyggelse og fra de dyrkede arealer

Ifølge Søndersø Kommunes reviderede spildevandsplan 1995-1999 skal der gennemføres en forbedret spildevandsrensning fra enkeltejendommene i oplandet til Langesø. Det er således forventet, at der i de kommende år vil ske en betydelig reduktion i fosforbelastningen til søen.

Den forbedrede spildevandsrensning i oplandet vil imidlertid ikke medvirke til at begrænse tilførslen af fosfor fra de dyrkede arealer. Det vil derfor muligvis være nødvendigt at foretage en supplerende metode til at nedsætte belastning fra Travn Skov afløbet til søen. Ved at lade tilløbet løbe gennem et ca. 2,5 ha kunstigt anlagt vådområde før Langesø (for-sø) skønnes det, at belastningen fra Travnskov Afløbet vil kunne reduceres yderligere (se Fyns Amt, 1996).

Selvom den interne belastning i søen er stor, er det vigtigt, at den eksterne fosforbelastning reduceres mest muligt. Nedbringelsen af den eksterne belastning

vil således medvirke til, at der frigives ekstra meget fosfor fra søbunden til søvandet.

Muligheder for indgreb i selve søen

Det er vigtigt at så meget af det fosfor som er ophobet i søbunden, og frigives til søvandet, fjernes. Dette kan ske ved at skylle det ud gennem afløbet. En sådan udskylning kan fremmes ved, at der foretages regulering af søens stigning i forhold til søvandets fosforindhold og afstrømningen til søen.

Fosforindholdet i Langesø stiger som regel jævnt i løbet af året til et maksimum i august/september måneder. Derfor vil det være hensigtsmæssigt, at vandstanden holdes på et højt niveau til midt i august. Således vil der kunne skylles mest muligt fosfor ud, når stigningen først trækkes på dette tidspunkt. Vandstanden bør så holdes lav i september og oktober. Afstrømningen til søen på dette tidspunkt har normalt et lavere fosforindhold end i selve søen, og vil således medvirke til, at fosforindholdet i søen sænkes ved gennemskylning. Efter oktober reguleres stigningen således, at vandstanden stiger til normal vandstandshøjde sidst i december.

Selvom det måtte lykkes at reducere såvel den eksterne som den interne belastning af søen væsentligt, er det ikke sikkert, at søen automatisk får det ønskede klare vand med relativt få planktonalger. Dette skyldes, at den nuværende sammensætning af fisk i søen betyder, at der er en overvægt af fisk, som spiser dyreplankton (brasen, skaller og små aborrer). Når fiskene bortspiser dyreplanktonet, vil de ikke i væsentlig omfang kunne holde algerne nede ved græsning. Planteplanktonet vil derfor have mulighed for en betydelig vækst. Det medfører uklart vand, som forhindrer en undervandsvegetation i at etablere sig.

Dette kan betyde, at der også må iværksættes en biomanipulation ved opfiskning af en betydelig del af Langesø's brasen- og skalle- og bestand, suppleret med udsætning af rovfiskeyngel (gedde), før en endelig bedring af søens tilstand vil kunne ses.

8. Referencer

- Anderson, N.J. og B.V. Odgaard, 1994:** Recent palaeolimnology of three shallow Danish lakes. *Hydrobiologia* 275/276: 411-422.
- Bosselmann, S. & B. Riemann, 1986:** Zooplankton. I Riemann, B. & M. Søndergaard (eds.): Carbon cycling in eutrophic, temperate lakes. Elsevier Sci. Publ. B.V.: 198-236.
- Canfield, D.E. & R.W. Bachmann:** Prediction of total phosphorous concentrations, chlorophyll a and secchi depth in natural and artificial lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 414-423.
- Dall, P.C., C. Lindegaard & J. Kirkegaard, 1983:** Søernes littoralfauna afspejler eutfieringsgraden. *Stads- og Havneingeniøren* 2/1983: 43-48.
- Danmarks Miljøundersøgelser, 1996:** Dyrkningspraksis og arealanvendelse. Rapport af en dataindsamling i 46 dyrkede typeoplande under Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Notat, 9 s. + bilag.
- Danmarks Miljøundersøgelser, 1998:** Notat om fosforafstrømning i 1997. Brev fra Danmarks Miljøundersøgelser, april 1998.
- Danmarks Miljøundersøgelser, 1998b:** Notat om afstrømning i naturoplande. Brev fra Danmarks Miljøundersøgelser, marts 1998.
- Ferskvandsbiologisk Laboratorium, 1977:** Limnologisk metodik. Akademisk Forlag, 172 s.
- Fyns Amt, 1990:** Langesø, 1989. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Vand/miljøafdelingen, 51 s.
- Fyns Amt, 1991:** Langesø, 1990. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Vand/miljøafdelingen, 85 s.
- Fyns Amt, 1994:** Langesø, 1993. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, 109 s.
- Fyns Amt, 1994b:** Regionplan 1993-2005. Fyns Amt, 194 s. + bilag.
- Fyns Amt, 1995:** Langesø, 1994. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, 117 s.
- Fyns Amt, 1996 (Rugaard, T. & J. Gelsbjerg):** Langesø, 1995. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, 114 s.
- Fyns Amt, 1997 (Hansen, K. S., T. Rugaard, A. Sode, L. Bisschop-Larsen og P. Wiberg-Larsen):** Søer 1996. VANDMILJØovervågning. Tema:Ferskvand. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, 159 s.
- Fyns Amt, 1997b (Wiberg-Larsen, P., S.E. Pedersen, N.H. Tornbjerg, A. Sode, K. Muus & M. Wehrs):** De fynske vandløb 1996. VANDMILJØovervågning. Tema:Ferskvand. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, xx s.
- Fyns Amt, 1998 :** Vandløb 1997. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, xx s..

Fyns Amt, 1998b (Bendixen, I., J.H. Jeppesen & A. Krüger): Atmosfærisk nedfald 1997. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Miljø- og Arealafdelingen, xx s.

Hansen, A.-M. & F. Ø. Andersen, 1997: Regulering af planteplanktonets vækst. Vand & Jord 4: 82-84 + 72.

Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann & P. Andersen, 1992: Zooplankton i søer - metoder og artsliste. Miljøprojekt nr. 205, Miljøstyrelsen, 114 s.

Håkanson, L., 1981: A manual of lake morphometry. - Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 78 s.

Jensen, H.S. & F.Ø. Andersen, 1990: Fosforbelastning i lavvandede eutrofe søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C4, Miljøstyrelsen, 94 s.

Jensen, J.P., E. Jeppesen, J. Bøgestrand, A.R. Petersen, M. Søndergaard, J. Windolf & L. Sortkjær, 1994: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Ferske vandområder - søer. Faglig rapport fra DMU nr. 121, Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, 93 s.

Jensen, J.P., T. Lauridsen, M. Søndergaard, E. Jeppesen, E. Agerbo & L. Sortkjær, 1996: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1995. Ferske vandområder - søer. - Faglig rapport fra DMU nr. 176, Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, 96 s.

Kristensen, P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, E. Mortensen & Aa. Rebsdorf, 1990: Overvågningsprogram. Prøvetagning og analysemetoder i søer. - Danmarks Miljøundersøgelser, 32 s.

Kristensen, P., J.P. Jensen & E. Jeppesen, 1990: Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C9, Miljøstyrelsen, 120 s.

Kronvang, B. & A.J. Bruhn, 1990: Metoder til bestemmelse af stoftransport i vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Ferskvandsøkologi, 22 s.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1990: Langesø 1989, Phyto- og zooplankton. Notat til Fyns Amt, 11 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1991: Langesø 1990, Plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt, 12 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1992: Langesø 1991, Plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt, 13 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1993: Langesø 1992, Plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt, 13 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1994: Langesø 1993, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt, 13 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1995: Langesø 1994, Plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt, 15 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1996: Langesø 1995, Plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt, 15 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1997: Langesø 1996, Plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt, 17 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1998: Langesø 1997, Plante- og dyreplankton. Notat til Fyns Amt, 17 s. + bilag.

Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1988: Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand. Særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder. - Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium 1988, teknisk rapport nr. 21, 59 s.

Mohr-Markmann, Fiskebiologisk Rådgivning, 1992: Fiskebestanden i Langesø, 1989. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, 93 s.

Mohr-Markmann, Fiskebiologisk Rådgivning, 1995: Fiskebestanden i Langesø, 1994. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, 93 s.

Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller & M. Timmermann, 1990: Fiskeundersøgelser i søer: Overvågningsprogram. Undersøgelsesprogram, fiskeredskaber og metoder. - Danmarks Miljøundersøgelser, teknisk anvisning nr. 3, 60 s.

Olesen, J.E., H.E. Mikkelsen & E. Friis, 1991: Meteorologiske målemetoder i jordbrugs- og miljøforskningen. Tidsskrift for Planteavl's specialserie, beretning nr. 2112, 94 s.

Olrik, K., 1991: Planteplankton - metoder. Miljøprojekt nr. 187. Miljøstyrelsen, 108 s.

Otterstrøm, C.V., 1927: Notat om Langesø, 12.-15. oktober 1927. -Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, 14 s.

Skov, H., T. Ellermann, O. Hertel, O.H. Manscher & L.M. Frohn, 1996: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Atmosfærisk deposition af kvælstof. Faglig rapport fra DMU nr. 173, Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, bilagsrapport, 282 s.

Szczepanski, A., 1965: Deciduous leaves as a source of organic matter in lakes. - Bulletin de L'académic Polanaise des Sciences (Série des Sciences Biologiques) 13, s. 215-217.

Vollenweider, R.A., 1976: Advances in defining critical loading levels for phosphorous in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33: 53-83.

Bilag 1

Metodik anvendt ved undersøgelser af Langesø og dens opland

Meteorologi

Nedbør

Til beskrivelse af nedbørsforholdene ved Langesø er benyttet en af Danmarks Meteorologiske Instituts (DMI) nedbørsmålere beliggende i Sasserød/Væde (DMI-stationsnummer 28160).

Nedbørstal anvendt i rapporten er korrigerede data. Korrektionen, som er udført efter retningslinjer fra DMI (Olesen m.fl., 1991), kompenserer for, at den nedbør som aflæses i en nedbørsmåler aldrig helt svarer til den nedbør, der falder på jordoverfladen.

Nedbørsmålerne er af DMI opstillet på standardiseret vis i en højde af 1,5 m over jorden. En nedbørsmåler, der er opstillet i denne højde, vil imidlertid påvirke den omgivende luftstrøm, hvorved nedbørspartiklerne afbøjes. Dermed "fanger" måleren kun en del af nedbøren. Denne fejl benævnes den aerodynamiske fejl eller vindeffekten.

Derudover vil en mindre del af den nedbør, som rent faktisk rammer nedbørsmålerens opsamlingsstragt og målekande, ikke blive målt. Dette skyldes dels overfladeadhæsion, dels fordampning. Dette tab kaldes wetting-tabet.

Standardkorrektion for vindeffekt og wetting-tab for stationer med moderate læforhold (dvs. 80-90% af samtlige stationer) er på årsbasis 16%.

Normalværdier er beregnet på baggrund af data for perioden 1961-1990.

Fordampning

Til brug for vandbalancen er benyttet den potentielle fordampning fra Årslev (DMI-stationsnummer 28280) beregnet af Statens Planteavlsvforsøg ved hjælp af Makink's ligning. For at danne den aktuelle fordampning fra den fri overflade, er de modtagne data multipliceret med faktoren 1,10, efter anbefaling fra Harald Mikkelsen, Statens Planteavlsvforsøg.

Ferskvandsafstrømning

Normalafstrømningen (1961-1990) til Langesø er beregnet ved at sammenholde afstrømningstidsserien til søen (1989-1993) med nærmeste målestation, hvor der foreligger en lang afstrømningstidsserie, i dette tilfælde Stavis Å ved Stavis Bro, hvor der er foretaget målinger siden 1977. (Afstrømningerne fra Stavis Å er desuden sammenholdt med afstrømningsmålinger i Odense Å ved Nr. Broby for at generere en tidsserie for perioden 1961-1990).

På baggrund af målinger i perioden 1989-1993 er det beregnet, at forholdet mellem afstrømningen i Stavis Å og afstrømningen til Langesø er 1:1,14.

Normalafstrømningen i Stavis Å er beregnet til $7,88 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. På baggrund heraf er normalafstrømningen til Langesø beregnet til $9,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.

På baggrund af Fyns Amts enkeltmålinger af vandføring i søtilløb og -afløb og en samtidig kontinuerlig registrering af vandstanden, har Hedeselskabet beregnet døgnmiddelvandføringen på de faste stationer i oplandet til Langesø.

Normalværdier er beregnet på baggrund af data for perioden 1961-1990. For Fyn som helhed er dog anvendt data for perioden 1976-1997.

Lufttemperatur

Til beskrivelse af lufttemperaturen på Fyn, er beregnet et månedsmiddel af målinger ved henholdsvis Rudkøbing (DMI-st.nr. 28590) og Beldringe Lufthavn (DMI st.nr. 06120).

Normalværdier er beregnet på baggrund af data for perioden 1961-1990.

Soltimer

Oplysninger om antallet af soltimer er indhentet fra Årslev (DMI st.nr. 28280).

Normalværdier er beregnet på baggrund af data for perioden 1961-1990.

Vindforhold

Oplysninger om vindforhold er indhentet fra klimastationen i Beldringe Lufthavn (DMI st.nr. 06120). Her måles vindhastigheden i 10 m's højde ialt 8 gange daglig.

Normalværdier er beregnet på baggrund af data for perioden 1961-1990.

Morfometri

Søens dybdeforhold er i 1986 kortlagt af landinspektør Thorkild Høy ved hjælp af ekkolodning. Beregning af søens kystlinje, areal og volumen er foretaget af Fyns Amt ved anvendelse af planimeter (se Håkanson, 1981).

Oplandsbeskrivelse

Søens afstrømningsopland og deloplande til søens hovedtilløb er afgrænset af Hedeselskabet i 1990 på baggrund af Geodætisk Instituts højdekurvekort i målestoksforholdet 1:25.000 samt oplysninger om dræninger i området.

Arealanvendelsen er fundet på baggrund af CORINE (opgjort af Statens Planteavlsvforsøg, Afdeling for Arealanvendelse, Foulum) samt Fyns Amts naturtyperegistrering §3. De anvendte CORINE-data er primært fremkommet ved hjælp af satellitbilleder og opgørelsen kan henføres til 1990 ± 2 år og har et detaljeringsniveau på 25 ha.

Jordtypefordelingen i landbrugsområderne er opgjort på baggrund af data fra Landbrugsministeriets Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Vejle. Disse oplysninger stammer fra 1977-78, og angiver kun de dominerende jordtyper i dybden 0-20 cm.

Tætheden af den spredte bebyggelse i oplandet til søerne er baseret på oplysninger om den faktiske forekomst af spredtliggende ejendomme. Det er herefter antaget, at der fra hver ejendom i gennemsnit udledes spildevand fra 2,8 person-ækvivalenter.

Den potentielle spildevandsbelastning er beregnet ved hjælp af Miljøstyrelsens normtal for indhold af kvælstof og fosfor i husspildevand: 1 personækvivalent (PE) = 4,4 kg N/år og 1,0 kg P/år.

For Fyns Amt er antallet af personer bosat udenfor kloakopland i 1997 opgjort af Miljøstyrelsen til 69.560. Fyns areal (minus byer og vådområder) er ifølge Afdelingen for Arealdata og Kortlægning på 323.506 hektar, hvilket giver befolkningstæthed i det åbne land på 0,22 PE/ha.

For Danmark som helhed har Miljøstyrelsen i 1995 opgjort antallet af personer bosat i den spredtliggende bebyggelse til 732.000. Danmarks areal (minus byer og vådområder) er ifølge Afdelingen for Arealdata og Kortlægning på 4.000.628 hektar, hvilket giver en befolkningstæthed i det åbne land på 0,18 PE/ha.

Oplysninger om husdyrhold i oplandet er indhentet hos Det Centrale Husdyr Register (CHR), som fører tilsyn med antallet af husdyr hos de enkelte husdyrejere. Ved opgørelsen af husdyrtætheden i oplandet til søerne er antallet af dyreenheder opgjort pr. ha. søopland.

Arealet brugt til beregning af husdyrtætheden for Danmark og Fyn er det totale areal minus byer og vådområder. Antal dyreenheder stammer fra Danmarks Statistiks Landbrugstælling 1996, dog er antal dyreenheder korrigeret med standardtal fra Danmarks Miljøundersøgelser (1996).

Fyn havde i 1997 189.488 dyreenheder og et areal (minus byer og vådområder) på 323.506 hektar, hvilket giver en husdyrtæthed på 0,59 DE/ha.

Danmark havde 2.444.437 dyreenheder og et areal (minus byer og vådområder) på 4.000.628 hektar, hvilket giver en husdyrtæthed på 0,61 DE/ha.

Stofafstrømning

Fyns Amt har siden 1989 foretaget fysisk-kemiske målinger i tilløbene til og afløbet fra Langesø. Stationering, analyseomfang og undersøgelsehyppighed fremgår af figur 1.2 og tabel 1.1 og 1.2. For fysisk-kemiske undersøgelser 1989-1996 henvises til tidligere års rapporter (se bilag 11).

Tabel 1.1
Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser i tilløb til og afløb fra Langesø 1997.

Sted	Vandløbsnavn	Stationsnummer SERR-nr.	Undersøgsaktivitet		Undersøgelsehyppighed		Analyseprogram
			Q/H-st.	Vandkemist.	Vandføringsmåling	Vandkemiprøve	
Tilløb 1	Travnskov Afløbet	2607211	+	+	26/år	52/år	VTYPI+total- Fe/VSØII 1)
Tilløb 3	Kapelbæk	2607230	-	+	26/år	26/år	VTYPI+total- Fe-BI ₅
Afløb	Langesø Afløb	2607240	+	+	26/år	26/år	VSØ I

Tabel 1.2

Oversigt over vandkemiske undersøgelser i tilløb til og afløb fra Langesø 1997. Analyserne er udført af MLK Fyn I/S, Odense.

Analysevariabel	Analyseforskrift	Programtype	
		VTYP I	VSØ I
pH (20°C)	DS 287	+	+
Suspenderet stof=tørstof (part.)	DS 207	+	
BI ₅ (foreliggende)	EU Forsl. STD 92	+	
Total-N	DS 221	+	+
(NH ₃ +NH ₄)-N (F)	DS 224	+	
(NO ₂ +NO ₃)-N (F)	DS 223	+	
Total-P	DS 292	+	+
PO ₄ -P (=orto-P) (F)	DS 291	+	+
Total-Fe	DS 219	+	+

Bemærkninger:

(F) Analyse på filtreret prøve (GF/C).

Næringsstofafstrømningen til målestationerne er beregnet ved C-lineærinterpolationsmetoden. Denne er detaljeret beskrevet af Kronvang og Bruhn (1990).

Målingerne af næringsstofafstrømningen til søen dækker ialt ca. 89% af søens samlede oplandsareal.

Ferskvandsafstrømningen fra den resterende del af oplandet, det såkaldte umålte opland, er derpå beregnet under antagelse af, at arealafstrømningen er ens i det målte og det umålte opland.

Næringsstofafstrømningen fra det umålte opland beregnes ved at benytte værdier bestemt fra det målte opland.

Det skal bemærkes, at der i 1993 har været problemer med at afstemme vandbalancen for søen, idet den beregnede ferskvandstilførsel til søen har været 28% større end fraførslen. På baggrund af målte ferskvandsafstrømninger i Lunde Å, Stavis Å, Ryds Å og Odense Å ved Kratholm er det vurderet, at ferskvandsafstrømningen til Langesø i 1993 er overestimeret med 24% (72% i januar). Dette forhold er der taget højde for i de viste vandbalancer, idet vandtilførslen de 3 første måneder af 1993 er kraftigt reduceret.

I tilløb 3 omfatter analyseprogrammet kun total-kvælstof og total-fosfor. Beregning af henholdsvis nitrit-nitrat- kvælstof og ortofosfat-fosfor andelen er gjort ud fra kendskab af fordelingen i tilløb 1.

Stofafstrømningens naturlige basisbidrag

Ved basisbidrag forstås den næringsstofafstrømning fra oplandet til søen, som ville forekomme, såfremt oplandet ikke var berørt af menneskelig aktivitet, det vil sige henlå som naturområde.

Beregningen af basisbidraget for henholdsvis kvælstof og fosfor er foretaget ved anvendelse af medianen af den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration for 7 danske vandløb (Danmarks Miljøundersøgelser, 1998b), der afvander fortrinsvis ugødskede skov-/naturområder.

Basisbidraget er herefter beregnet ved at gange denne "årsmediankoncentration" af kvælstof og fosfor med ferskvandsafstrømningen til søerne.

Atmosfærisk deposition

Fyns Amt har tre stationer til måling af atmosfærisk deposition; Årslev, Oure og Højestene Løb. De to førstnævnte er landstationer, mens den sidste er en kyststation. Til beregning af den atmosfæriske deposition på søoverfladerne er anvendt data fra landstationerne (Fyns Amt, 1997b).

Den atmosfæriske deposition opsamles ved hjælp af en bulksamler. Den tragtformede opsamler er placeret i 1,5 m's højde, og er forbundet til en nedgravet opsamlingsflaske.

Ved anvendelse af en bulksamler er det primært de atmosfæriske forbindelser, der tilføres med nedbøren, som opsamles. I tørvejrperioder opsamles endvidere større partikler og i mindre omfang gasser. Denne form for afsætning (deposition) af forureningskomponenterne benævnes våddeposition.

Til beregning af våddepositionerne anvendes desuden nedbørsdata fra DMI's målestationer i Årslev og Gudbjerg. De anvendte nedbørsdata er ikke korrigeret for vindpåvirkning, hvorfor de faktiske nedbørsmængder er noget højere (se afsnittet vedrørende nedbør).

Til beregning af tørdepositionen af kvælstof er anvendt en middeltørdeposition 1989-95 angivet i (Skov m.fl., 1996) på 8 kg/ha/år.

For fosfor eksisterer der ingen opgørelse over tørdepositionens størrelse, men den er antagelig minimal og sættes derfor lig 0 (Fyns Amt, 1998b).

Grundvand

Der antages at være ubetydelig grundvandstilførsel til Langesø.

Spildevand

Der udledes ikke spildevand direkte til Langesø.

Øvrige belastningskilder

Der blev indtil 1993 opfodret ca. 600 ænder årligt i Langesø. Opfodringen fandt sted med henblik på jagt. Fodringen var af en sådan størrelse, at den stort set dækkede ændernes foderbehov. Den del af ændernes affaldsprodukter, som tilførtes søen, skal derfor medregnes til den samlede stoftilførsel til søen.

Belastningen af Langesø via andefodring kan på baggrund af oplysninger fra Jesper Madsen, Miljøministeriets Vildtforvaltning, beregnes til henholdsvis 26 kg totalkvælstof/år og 11 kg total-fosfor/år. Med udgangspunkt i fosfor svarer denne belastning til 8 PE (personækvivalenter).

Endelig tilføres Langesø kvælstof og fosfor i forbindelse med løvfald. Dette bidrag kan ud fra Szczepanski (1965) opgøres til 11 kg total-kvælstof og 1,5 kg total-fosfor pr. år.

Undersøgellesprogram for Langesø

Fysisk-kemiske forhold i søvandet

Fyns Amt har siden 1989 årligt udført fysisk-kemiske undersøgelser, samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i søvandet i Langesø.

I tidligere år er der ikke foretaget undersøgelser hvert år og analyseprogrammet har varieret fra år til år. Stationering og beskrivelse af analyseomfang vil derfor kun omfatte perioden efter 1989. Disse fremgår dels af figur 1.2 dels af tabellerne 1.3-1.5.

Undersøgelserne er foretaget med en hyppighed på 19-20 gange/år på 1 station. Der er ved hjælp af en Limnos-vandhenter udtaget delprøver i overfladelaget, d.v.s. i 0,2 m, sigtdybde og 2*sigtdybde (før marts 1992 blev der dog anvendt en hjerteklapvandhenter). Delprøverne er herefter blandet til én prøve (betegnes blandingsprøve). Disse prøver er analyseret efter programtype SØ1 (jf. tabel 1.4). Prøvetagning er i øvrigt foretaget som foreskrevet af Kristensen m.fl. (1990).

Plankton

Der er i 1989-1997 foretaget undersøgelser af søens plante- og dyreplankton. Undersøgelserne er foretaget med en hyppighed på 19-20 gange/år.

Prøver af planteplanktonet er udtaget af Fyns Amt på samme station og ved samme metode som anvendt ved de vandkemiske undersøgelser. Under omrøring er 100 ml af blandingsprøven overført til glasflaske, hvorefter prøven er tilsat lugol (konservering).

Prøver af dyreplanktonet er indsamlet ved hjælp af hjerteklapvandhenter på i alt 3 stationer i søen (figur 1.2 og tabel 1.3). På den enkelte station er udtaget delprøver i forskellige dybder som foreskrevet i Kristensen, m.fl. (1990).

Samtlige delprøver er blandet til én prøve (blandingsprøve). Under omrøring af blandingsprøven er herefter udtaget 4,5 til filtrering i felten (maskevidde på filter 90 µm). Filterresten er overført til en 100 ml glasflaske og tilsat lugol. Derudover er udtaget 0,9 af blandingsprøven til sedimentation. Hertil er ligeledes tilsat lugol, og det bundfældede materiale er efter 48 timers henstand overført til en 100 ml glasflaske og atter tilsat lugol. Endvidere er der ved lodret og vandret træk med et planktonnet gennem søvandet udtaget prøver af såvel plante- som dyreplankton (netmaskevidde henholdsvis 20 og 140 µm).

Bearbejdningen af de indsamlede planktonprøver er foretaget af Miljøbiologisk Laboratorium, Humlebæk. (Miljøbiologisk Laboratorium, 1990-1997). Bearbejdningen af prøverne er i øvrigt foretaget som foreskrevet i Olrik (1991) og Hansen m.fl. (1992).

Sediment

Fyns Amt har i december 1990 og november 1995 udtaget prøver af søsedimentet på samme stationer som anvendt ved indsamling af dyreplanktonprøverne (tabel 1.3). Der er på hver station ved hjælp af kajakrør (areal 21,4 cm²) udtaget mindst 3 sedimentsøjler af en længde på om muligt 70 cm. Sedimentsøjlerne blev i 1990 opskåret i følgende delprøver (dybdeintervaller): 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm, 20-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm. I 1995 anvendtes dybdeintervallerne: 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm og 30-50 cm (hvis muligt). Sediment fra de samme dybdeintervaller fra de 3 søjler er blandet sammen til én prøve.

Prøverne er analyseret efter programtype SØ3 (jf. tabel 1.5).

Bundvegetation

Fyns Amt har i september 1988 gennemført en orienterende vegetationsundersøgelse i søen. Langs hele søbredden er der fra søsiden foretaget en registrering af sammensætning af og dybdegrænser for evt. tilstedeværende rørsump, flydebladszone og rankegrøde (undervandsvegetation). Undervandsvegetationen er forsøgt lokaliseret ved hjælp af vandkikkert, planterive og ved undersøgelse af opskyllet plantemateriale. Der blev ikke fundet undervandsvegetation i 1988.

I sommeren 1994 er der foretaget en fornyet eftersøgning af evt. undervandsvegetation, idet der nær søens afløb i 1993 blev fundet opskyllede plantedele fra undervandsvegetation. Der blev imidlertid ikke fundet nogen vegetation.

Smådyrfauna

Smådyrfauna på søens barbund og i bredzonen er undersøgt hvert år i perioden 1989-1994. I 1995 og 1996 er kun bundfaunaen undersøgt. Der er ikke undersøgt bundfauna i 1997. Bundfaunaen er indsamlet ved hjælp af kajakbundhenter i april-maj, medens bredfaunaen er indsamlet på stembund i april-maj og i oktober (se metode i Dall m.fl., 1983).

Fiskefauna

I Langesø er der foretaget fiskeundersøgelser i 1989 og 1994 (Mohr-Markmann, 1992 og 1995). Undersøgelserne i Langesø er foretaget af Mohr-Markmann, Fiskebiologisk Rådgivning.

Undersøgelserne er foretaget efter retningslinierne i Mortensen m.fl. (1990).

Fuglefauna

Der er foretaget kortlægningsoptælling af ynglefugle i 1990, 1991 og 1995. Søen har en god overskuelighed, og med 3-6 optællinger per år er der et godt grundlag for vurdering af ynglebestandene. En nærmere beskrivelse af fuglefaunaen findes i Fyns Amt (1997).

Beregning af fysisk/kemiske og biologisk parametre

Tidsvægtede middelværdier er for fysiske-kemiske parametre inkl. klorofyl beregnet som middelværdien af beregnede dagsværdier (metode 1). Dagsværdierne er beregnet ud fra linær interpolation mellem to målte værdier.

For plante- og dyreplankton er den tidsvægtede middelværdi beregnet ud fra følgende ligning (metode 2):

$$\Sigma((T_j - T_{j-1}) * (X_j + X_{j-1})/2)/\text{antal dage ialt, hvor}$$

$$\begin{aligned} T_j - T_{j-1} &= \text{antal dage mellem to prøvetagninger} \\ X_j + X_{j-1} &= \text{værdi mellem de to prøvetagningsdage} \\ \text{Antal dage} &= \text{antal dage mellem første og sidste prøvetagningsdag} \end{aligned}$$

Hvis første og/eller sidste prøvetagningsdag ikke er den samme i den periode, der ønskes beregnet for, beregnes den dagsaktuelle værdi ved linær interpolation mellem to prøvetagninger henholdsvis før og efter den ønskede dato. De to beregningsmetoder giver omtrent samme resultat. De forskellige beregningsmetoder er anvendt dels for direkte at kunne sammenligne med data modtaget fra konsulent

(metode 2), dels bedre at kunne sammenligne middelværdien med medianværdien (metode 1). *Median- og fraktilværdier* er beregnet ud fra fra beregnede dagsværdier som beskrevet ovenfor. Såfremt fraktilværdien falder mellem to dagsværdier, beregnes den som gennemsnittet af den nærmeste øvre og nedre dagsværdi.

Frigivelse af næringsstoffer fra sedimentet er beregnet ud fra følgende formel:

$$(N_{i_j} - N_{u_i}) - (N_j - N_i), \text{ hvor}$$

$N_{i_j} - N_{u_i} =$ Forskellen mellem den totale tilførsel og fraførsel af næringsstoffet (typisk total fosfor og total kvælstof) mellem to datoer.

$N_j - N_i =$ Forskellen i næringsstofpuljen i søvandet mellem de to datoer.

Frigivelsen kan antage både positive og negative værdier. Ved negative værdier er der tale om en egentlige sedimentation af næringsstoffer fra søvandet til sedimentet. For kvælstofs vedkommende kan dette også tabes fra søvandet til luften ved denitrifikation.

Antalsvægtet middellængde af cladocerer er beregnet efter følgende formel:

$$\frac{\sum(N_i * L_i)}{\sum N_i}, \text{ hvor}$$

$N_i =$ antal individer af en art for en prøvetagningsdag

$L_i =$ middellængden af en art for en prøvetagningsdag

Dyreplanktonets fødeoptagelse (*potentielle græsning*) er beregnet på baggrund af et skønnet forhold mellem den daglige fødeoptagelse og biomassen af dyrene. Ved beregningen er antaget, at ciliater, rotatorier, cladocerer og copepoder spiser henholdsvis 5, 2, 1 og 0,5 gange deres egen biomasse pr. dag. Ved opgørelsen er der samtidig udeladt arter, som ikke eller kun i meget ringe omfang lever af planteplankton. Den angivne fødeoptagelse omfatter således primært fødeoptagelse i form af græsning. Heraf kan beregnes *græsningstrykket*, som er den potentielle græsning delt med algebiomassen (i kulstof).

Tidsvægtet median af græsningstryk er beregnet ud fra beregnede daglige græsningstryk. *Middel af græsningstryk* er beregnet som den tidsvægtede middel af den potentielle græsning delt med den tidsvægtede algebiomasse (i kulstof) (Kristensen m.fl., 1991). Disse beregninger udjævner ekstreme værdier inden for et års måleserie, hvorved der bliver større sammenlignelighed af data årene imellem.

Tabel 1.3
Oversigt over prøvetagningsstationer i
Langesø.

Langesø SERR-nr.	Undersøgelingsprogram
260 8202	Feltmålinger, vandkemi, klorofyl, planteplankton, dyreplankton og sedimentkemi
260 8201	Dyreplankton, sedimentkemi
260 8203	Dyreplankton, sedimentkemi

Tabel 1.4

Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i vandfase i Langesø. Programtype SØ1 er benyttet på overfladevand, SØ2 for øvrige prøver.

Feltmålinger:

Vandstand
Sigt dybde
Total vanddybde

Lufttemperatur
Vandtemperatur (profil)

Lys (profil)²⁾
O₂ (profil)

Målinger i Natur- og Vandmiljøafdelingens laboratorium:

Analysevariable	Analyseforskrift	Programtype	
		Sø 1	Sø 2
Ledningsevne	DS 288	+	+
pH (20°C)	DS 287	+	+
Total alkalinitet	LM ¹⁾	+	+
Total-CO ₂	LM ¹⁾	+	+
O ₂ (Winkler)	LM ¹⁾	+	+
Tørstof (part.)	DS 207	+	
Glødetab (part.)	DS 207	+	
Klorofyl-a	DS 2201	+	
Primærproduktion (planteplankton) ²⁾	DS 293	+	

Målinger ved MLK Fyn I/S:

Analysevariable	Analyseforskrift	Programtype	
		Sø 1	Sø 2
COD (part.)	DS 217 ³⁾	+	
Total-N	DS 221 ³⁾	+	+
(NH ₃ +NH ₄)-N (F)	DS 224	+	+
(NO ₂ +NO ₃)-N (F)	DS 223	+	+
Total-P	DS 292	+	+
PO ₄ -P = Orto-P (F)	DS 291	+	+
Silikat-Si	MFL ³⁾	+	

Bemærkninger:

- 1) Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium (1977).
 - 2) Kun 1989-1991.
 - 3) Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (1988).
- Sø 1. Udføres på blandingsprøve fra 0,2 m sigt dybde og 2 x sigt dybde.
Sø 2 Udføres på vandprøve under springlag.

Tabel 1.5
Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser
i sediment i Langesø, Fyns Amt.

Målinger ved MLK Fyn I/S:

Analysevariabel	Analyseforskrift	Programtype Sø 3
Tørstof	DS 204	+
Glødetab	DS 204	+
Total-Fe	DSD 263	+
Total-Ca	DS 259	+
Total-N	DS 242	+
Total-P	DS 291 ¹⁾	+
Ads.-P	MFL ²⁾	+
Fe-P	MFL ²⁾	+
Ca-P	MFL ²⁾	+

Bemærkninger:

- 1) Efter kogning af glødet sediment i 10% HC1.
- 2) Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (1988).

Bilag 2

Oplandet til Langesø

Areal, arealanvendelse, jordbundsforhold, husdyrhold og spredt bebyggelse i de enkelte deloplande til søen. Med hensyn til opgørelsesmetoden henvises til bilag 1.

Tabel 2.1

Areal af deloplande til Langesø, spredt bebyggelse og husdyrhold i de enkelte deloplande til Langesø, samt søens samlede opland.

Opland	Areal		Spredt bebyggelse		Dyrehold	
	Ha	%	PE	PE/ha	DE	DE/ha
Tilløb 1	424	75	154	0,36	198	0,47
Tilløb 3	78	14	17	0,22	2,6	0,03
Umålt opland	59	11	22	0,38	0	0,00
Ialt	561	100	193	0,34	201	0,36

Tabel 2.2

Arealanvendelse i de enkelte deloplande til Langesø, samt i søens samlede opland.

Opland	Arealanvendelse (%)					Ialt
	Dyrket	Bebygg.	Skov	Natur	Ferskv.	
Tilløb 1	82	0	14	3	1	100
Tilløb 3	53	0	45	2	<1	100
Umålt opland	39	0	61	0	0	100
Ialt	74	0	23	3	<1	100

Tabel 2.3

Jordtyper i landbrugsområderne i de enkelte oplande til Langesø samt søens samlede opland.

	FK1	FK2	FK3	FK4	FK5	FK6	FK7	FK8	Ialt
Tilløb 1	-	-	33%	62%	<1%	1%	3%	-	100%
Tilløb 3	-	-	-	100%	-	-	-	-	100%
Umålt opland	-	-	100%	-	-	-	-	-	100%
Opland ialt	-	-	34%	63%	<1%	1%	2%	--	100%

FK1: Grovsandet jord

FK2: Finsandet jord

FK3: Lerblan det sand

FK4: Sandblandet ler

FK5: Lerjord

FK6: Svær lerjord

FK7: Humus

FK8: Speciel jordtype

Bilag 3

Kildeopsplitning af den totale eksterne belastning til Langesø i perioden 1989-1997. Beregningsmetoder fremgår af bilag 1.

Tabel 2.
Kildeopsplitning af den totale eksterne belastning Langesø på års- og sommerbasis i perioden 1989-1997.

Langesø Årsværdier	1989 kg	1990 kg	1991 kg	1992 kg	1993 kg	1994 kg	1995 kg	1996 kg	1997 kg
Kvælstof:									
Nat. basisafstrømning	1332	2366	2098	2353	2362	4159	2466	557	929
Åbent land afstrømning ¹⁾	6770	12330	11144	13984	14852	17185	10642	5064	5609
Total afstrømning	8102	14696	13242	16337	17214	21344	13108	5621	6538
Fugle	26	26	26	26	0	0	0	0	0
Løv	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Atmosfærisk deposition	396	420	326	366	376	385	309	259	307
Kvælstof i alt	8535	15154	13605	16741	17600	21740	13428	5891	6856
Fosfor:									
Nat. basisafstrømning	37	72	73	67	68	135	97	20	22
Åbent land afstrømning ¹⁾	248	323	161	109	155	304	179	91	76
Total afstrømning	285	395	234	176	223	439	276	111	98
Fugle	11	11	11	11	0	0	0	0	0
Løv	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Atmosfærisk deposition	6,2	6,8	4,8	3,8	2,9	3,6	3,3	2,7	3,4
Fosfor i alt	307	417	254	195	231	447	284	118	106

¹⁾ Incl. bidrag fra spredt bebyggelse

Langesø Sommerværdier	1989 kg	1990 kg	1991 kg	1992 kg	1993 kg	1994 kg	1995 kg	1996 kg	1997 kg
Kvælstof:									
Nat. basisafstrømning	114	226	184	237	165	343	193	40	112
Åbent land afstrømning ¹⁾	567	1056	540	878	763	871	524	105	294
Total afstrømning	681	1282	724	1115	928	1214	717	145	406
Fugle	11	11	11	11	0	0	0	0	0
Løv	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Atmosfærisk deposition	151	190	130	133	156	163	115	109	138
Kvælstof i alt	851	1491	871	1267	1091	1385	839	261	551
Fosfor:									
Nat. basisafstrømning	3,1	6,9	6,4	6,7	4,7	11	7,6	1,4	2,6
Åbent land afstrømning ¹⁾	30	82	24	19	29	62	28	11	18
Total afstrømning	33	89	30	26	34	73	36	12	21
Fugle	4,6	4,6	4,6	4,6	0	0	0	0	0
Løv	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Atmosfærisk deposition	3,7	4,8	3,0	1,6	1,2	1,8	1,6	1,1	2,2
Fosfor i alt	44	101	40	35	38	77	41	15	26

¹⁾ Incl. bidrag fra spredt bebyggelse

Bilag 4

Vandbalance for Langesø opgjort på månedsbasis for året, samt sommer- (1.5-30.9) og årsbasis for 1989-1997

LANGESØ : VANDBALANCE 1997

År	Måned	VAND TILFØRT/FRAFØRT				MAGASIN		GRUNDTVAND		VANDSTAND
		Q tilført	Q fraført	Nedbør	Fordampning	pr. d. l.	ændring/md	beregnet	% af tilført	pr. d. l.
		m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	%	m o. DNN
1996	Dec	146249	159651	8335	411	584912	-10656	-5178	-4	25,61
1997	Jan	35477	37523	864	131	574256	0	1313	4	25,55
1997	Feb	263084	222013	13585	2693	574256	23199	-28764	-11	25,55
1997	Mar	118587	116731	7321	5535	597455	-19657	-23300	-20	25,68
1997	Apr	66058	70831	7121	11014	577798	-7074	1592	2	25,57
1997	May	67641	88829	11163	14324	570724	-3523	20826	31	25,53
1997	Jun	9667	20304	7326	18868	567201	-10510	11669	121	25,51
1997	Jul	2442	3580	10758	19298	556691	-3483	6196	254	25,45
1997	Aug	152	6680	10001	17260	553208	-13840	-53	-35	25,43
1997	Sep	136	999	4438	8621	539368	-5150	-104	-76	25,35
1997	Oct	18067	730	16570	2599	534218	18990	-12318	-68	25,32
1997	Nov	1949	4691	4930	561	553208	8727	7101	364	25,43
1997	Dec	79973	53821	11754	468	561935	15863	-21576	-27	25,48
1998	Jan					577798				25,57
		Q tilført	Q fraført	Nedbør	Fordampning		ændring	beregnet	% af tilført	
		m3	m3	m3	m3		m3	m3	%	
Årsbalance										
	1989	832361	827194	104536	113603		-50147	-46248	-6	
	1990	1478569	1442448	139993	113920		62553	359	0	
	1991	1398495	1306765	111874	107226		-21195	-117573	-8	
	1992	1238202	1134335	121026	117473		-6987	-114407	-9	
	1993	1476356	1479933	144633	102476		42507	3926	0	
	1994	2599558	2603494	161101	96174		-17882	-78872	-3	
	1995	1761226	2003171	117409	96043		-136991	83588	5	
	1996	506390	319120	93235	88601		131674	-60230	-12	
	1997	663234	626731	105830	101373		3542	-37417	-6	
Sommerbalance										
1.maj - 30.sept										
	1989	71511	179626	41366	85927		-101881	50793	71	
	1990	141404	172299	65416	83028		6968	55474	39	
	1991	122810	182555	45074	80821		-105050	-9559	-8	
	1992	124616	188724	41930	92920		-98587	16512	13	
	1993	102965	83132	66497	75660		0	-10670	-10	
	1994	214004	378300	67782	75847		-147477	24884	12	
	1995	137945	318191	42281	76894		-154209	60650	44	
	1996	36098	39305	41107	68835		50402	81337	225	
	1997	80039	120393	43685	78372		-36506	38535	48	
Vinterbalance										
1.dec - 31.marts										
	1989	Fra 1/1-89	470541	397786	25422	9687	-8789	-97280	-21	
	1990		1026381	886620	50190	11818	72171	-105963	-10	
	1991		1019713	1071792	37869	9799	0	24008	2	
	1992		623571	618311	32906	9556	47132	18522	3	
	1993		665295	790075	36107	9930	5244	103847	16	
	1994		2114801	2031691	75406	7312	54265	-96939	-5	
	1995		1765237	1877902	65918	7031	-5302	48477	3	
	1996		189828	21130	19565	5386	45707	-137170	-72	
	1997		563398	535917	30105	8770	-7114	-55929	-10	

OPHOLDSTID beregnet på basis af hhv. fraførsel og tilførsel

1997		OPHOLDSTID			
måned	antal dage	Fraførsel		Tilførsel	
		dage	år	dage	år
Jan	31	474	1,30	502	1,37
Feb	28	74	0,20	62	0,17
Mar	31	153	0,42	151	0,41
Apr	30	242	0,66	260	0,71
May	31	199	0,55	262	0,72
Jun	30	828	2,27	1738	4,76
Jul	31	4805	13,16	7044	19,30
Aug	31	2535	6,95	111324	305,00
Sep	30	16088	44,08	117817	322,79
Oct	31	23212	63,60	937	2,57
Nov	30	3560	9,75	8570	23,48
Dec	31	329	0,90	221	0,61
Max måned		23212	63,6	117817	322,8
Min måned		74	0,2	62	0,2
År	365	327	0,90	309	0,85
Sommer	153	703	1,93	1057	2,90
vinter	121	131	0,36	124	0,34

Afstørnings højde m/år
2,44
20,06
8,17
4,70
4,66
0,69
0,17
0,01
0,01
1,24
0,14
5,51
20,06
0,01
3,88
0,47
3,29

Bilag 5

Massebalance for Langesø for totale tilførsler af total-kvælstof, total-fosfor, opløst-uorganisk fosfor (ortofosfat-fosfor), og total-jern (i kg) på måneds-, sommer- (1.5-30.9) og årsbasis for året. Endvidere er angivet på månedsbasis tilførsel af nitrit-nitrat kvælstof (NOx), ammonium-kvælstof (NHx), samt tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor fordelt på overflade, atmosfære, grundvand og andet (fugle, løvfald o.a).

LANGESØ STOFBALANCE : 1997

Måned	Total kvælstof				Total fosfor				Ortofosfat-fosfor				Total jern			
	tilført kg	fråført kg	til-fra kg	til-fra % af til	tilført kg	fråført kg	til-fra kg	til-fra % af til	tilført kg	fråført kg	til-fra kg	til-fra % af til	tilført kg	fråført kg	til-fra kg	til-fra % af til
Jan	335	231	104	31	6	12	-7	-119	2	10	-8	-346	10	2	8	82
Feb	3123	1127	1995	64	38	53	-15	-40	11	38	-27	-260	192	23	168	88
Mar	1212	663	549	45	12	16	-3	-27	4	5	0	-7	26	10	17	63
Apr	532	330	202	38	7	4	3	40	2	0	2	88	13	4	9	71
May	381	316	65	17	17	7	10	58	5	2	2	50	19	4	15	77
Jun	78	52	26	34	3	2	1	24	1	1	1	41	3	2	2	48
Jul	37	5	32	86	1	1	1	48	0	1	0	-26	2	1	1	60
Aug	28	11	17	60	2	1	0	24	0	1	-1	-5955	0	2	-1	-909
Sep	27	2	25	93	2	0	1	85	0	0	0	-618	0	0	0	-290
Oct	121	1	119	99	5	0	5	95	2	0	2	92	2	0	2	86
Nov	36	9	28	76	1	1	-1	-121	0	1	-1	-640	0	0	0	-19
Dec	946	132	814	86	12	14	-2	-14	6	11	-6	-101	34	4	30	89
År																
1989	8535	3410	5125	60	307	140	167	54	127	86	41	32	1117	105	1012	91
1990	15154	8342	6812	45	417	416	2	0	212	310	-98	-46	2078	331	1747	84
1991	13605	6780	6826	50	254	211	43	17	133	122	11	8	832	211	621	75
1992	16741	6226	10515	63	195	213	-18	-9	78	92	-14	-18	461	147	314	68
1993	17600	8144	9457	54	231	231	0	0	126	157	-32	-25	720	212	507	70
1994	21740	13809	7931	36	447	332	115	26	207	177	30	14	2308	530	1778	77
1995	13428	11244	2184	16	284	208	76	27	133	87	46	34	1875	599	1276	68
1996	5891	1027	4864	83	118	141	-23	-20	76	106	-30	-39	139	26	113	81
1997	6856	2880	3976	58	106	112	-6	-6	33	70	-37	-110	302	52	250	83
Sommer																
1989	851	546	304	36	44	43	2	4	29	22	7	23	17	29	-13	-78
1990	1491	644	847	57	101	69	32	32	37	36	2	5	563	46	517	92
1991	871	476	395	45	40	32	8	21	19	17	2	10	41	36	5	12
1992	1267	1018	249	20	35	66	-31	-90	12	16	-4	-32	45	37	8	18
1993	1091	204	887	81	38	30	8	21	18	19	-1	-7	146	13	133	91
1994	1385	921	463	33	77	99	-22	-28	54	55	-1	-3	88	32	56	64
1995	839	1035	-196	-23	41	57	-16	-41	24	18	6	25	75	40	35	46
1996	261	66	195	75	15	14	1	6	8	10	-2	-22	22	5	17	78
1997	551	386	165	30	26	12	14	53	6	5	2	24	25	9	16	64

LANGESØ STOFTILFØRSEL : 1997

Måned	Total kvælstof				NOx-N		NHx-N		Total fosfor			
	over- kg	atmos- kg	grund- kg	andet kg	kg	kg	kg	kg	over- kg	atmos- kg	grund- kg	andet kg
Jan	324	11	0	0,1	271	28	6	0,0	0	0,0		
Feb	3089	34	0	0,1	2773	46	38	0,2	0	0,0		
Mar	1190	22	0	0,1	1062	30	12	0,2	0	0,0		
Apr	509	22	0	0,1	417	25	7	0,1	0	0,0		
May	338	42	0	0,1	249	5,6	17	0,5	0	0,0		
Jun	55	23	0	0,1	36	5,5	2,6	0,2	0	0,0		
Jul	11,3	26	0	0,1	8	0,1	0,9	0,5	0	0,0		
Aug	0	24	0	3,3	0	0,0	0,1	0,5	0	1,3		
Sep	0	23	0	3,3	0	0,0	0,0	0,4	0	1,3		
Oct	91	26	0	3,3	67	0,4	3,2	0,4	0	1,3		
Nov	9	27	0	0,1	7	0	0	0,2	0	0,0		
Dec	921	26	0	0,1	846	8	12	0,2	0	0,0		
Året	6538	307	0	11	5737	149	98	3,4	0	4,2		
Sommer	406	138	0	7	294	11,3	21	2,2	0	2,7		

Bilag 6

LANGESØ STOFBALANCE PÅ ÅRSBASIS 1989-1997	Total kvælstof										Gns. 1989- 1996	Total fosfor										Gns. 1989- 1996
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Samlet tilførsel, kg	8535	15154	13605	16741	17600	21740	13428	5891	6856	14087	307	417	254	195	231	447	284	118	106	281		
Areabelastning, g/m ² år	50	89	80	98	103	127	79	34	40	82	1,79	2,44	1,49	1,14	1,35	2,62	1,66	0,69	0,62	1,65		
Total indløbsconc., mg/l (Samlet udf./O+nedb.)	9,11	9,36	9,01	12,32	10,86	7,87	7,15	9,82	8,92	9,44	0,33	0,26	0,17	0,14	0,14	0,16	0,15	0,20	0,14	0,19		
Overfl. indløbskoncentration, mg/l	9,73	9,94	9,47	13,19	11,66	8,21	7,44	11,10	9,86	10,09	0,34	0,27	0,17	0,14	0,15	0,17	0,16	0,22	0,15	0,20		
Udløbskoncentration, mg/l	4,12	5,78	5,19	5,49	5,50	5,30	5,61	3,22	4,60	5,03	0,17	0,29	0,16	0,19	0,16	0,13	0,10	0,44	0,18	0,20		
Fraførsel, kg	3410	8342	6780	6226	8144	13809	11244	1027	2880	7373	140	416	211	213	231	332	208	141	112	236		
Nettoab, kg	5125	6812	6826	10515	9457	7931	2184	4864	3976	6714	167	2	43	-18	0	115	76	-23	-6	45		
Nettoab, %	60	45	50	63	54	36	16	83	58	48	54	0	17	-9	0	26	27	-20	-6	16		
Nettoab, g/m ² år	30	40	40	61	55	46	13	28	23	39	0,97	0,01	0,25	-0,10	0,00	0,67	0,44	-0,14	-0,04	0,26		
Sopulje d. 1. januar	2047	2944	2699	2699	4069	3876	3241	896	2590	2825	218	135	52	126	88	69	68	186	211	127		
Sopulje d. 1. januar året efter	2944	2699	2699	4069	3876	3241	896	2590	1179	2902	135	126	21	88	69	68	186	211	161	126		
Puljeændring, kg	897	897	-245	1370	-193	-635	-2346	1695	-1412	78	-83	-9	-9	-38	-20	-1	118	25	-50	-1		
Nettoab incl. puljeendr., kg	5915	7071	7071	9145	9649	8565	4530	3169	5388	6637	85	52	21	20	116	-42	-48	44	44	46		
Nettoab incl. puljeendr., %	39	39	52	55	55	39	34	54	79	47	20	21	11	8	26	-15	-41	42	16	16		
Nettoab incl. puljeendr., g/m ² år	35	41	53	56	56	50	26	19	32	40	0,49	0,30	0,30	0,12	0,11	0,68	-0,25	-0,28	0,26	0,17		
LANGESØ STOFBALANCE PÅ ÅRSBASIS 1989-1997	Opl. uorg. fosfor										Total jern											
Samlet tilførsel, kg	127	212	133	78	126	207	133	76	33	136	1117	2078	832	461	720	2308	1875	139	302	1191		
Areabelastning, g/m ² år	0,74	1,24	0,78	0,45	0,73	1,21	0,78	0,44	0,20	0,80	6,53	12,15	4,87	2,70	4,21	13,50	10,96	0,81	1,76	6,97		
Overfl. indløbskoncentration, mg/l	0,15	0,14	0,10	0,06	0,09	0,08	0,08	0,15	0,05	0,11	1,34	1,41	0,60	0,37	0,49	0,89	1,06	0,27	0,45	0,80		
Udløbskoncentration, mg/l	0,10	0,21	0,09	0,08	0,11	0,07	0,04	0,33	0,11	0,13	0,13	0,23	0,16	0,13	0,14	0,20	0,30	0,08	0,17	0,17		
Fraførsel, kg	86	310	122	92	157	177	87	106	70	142	105	331	211	147	212	530	599	26	52	270		
Nettoab, kg	41	-98	11	-14	-32	30	46	-30	-37	-6	1012	1747	621	314	507	1778	1276	113	250	921		
Nettoab, %	32	-46	8	-18	-25	14	34	-39	-110	-4	91	84	75	68	70	77	68	81	83	77		
Nettoab, g/m ² år	0,24	-0,57	0,07	-0,08	-0,19	0,17	0,27	-0,17	-0,21	-0,03	5,92	10,21	3,63	1,84	2,97	10,40	7,46	0,66	1,46	5,39		
LANGESØ STOFBAL. I SOMMERPERIODEN 1989-1997	Total kvælstof										Total fosfor											
Tilført, kg	851	1491	871	1267	1091	1385	839	261	551	1007	44	101	40	35	38	77	41	15	26	49		
Fraført, kg	546	644	476	1018	204	921	1035	66	386	614	43	69	32	66	30	99	57	14	12	51		
Nettoab, kg	304	847	395	249	887	463	-196	195	165	393	2	32	8	-31	8	-22	-16	1	14	-2		
Nettoab, %	36	57	45	20	81	33	-23	75	30	39	4	32	21	-90	21	-28	-41	6	53	-5		
Sopulje d. 1. maj	2903	2507	2368	3149	2140	2478	2667	841	2434	2382	66	61	65	36	42	35	46	102	46	56		
Sopulje d. 1. oktober	730	1780	721	981	1032	1045	540	714	905	943	255	267	198	272	270	145	135	340	161	235		
Puljeændring, kg	-2172	-728	-1647	-2168	-1107	-1433	-2127	-126	-1529	-1439	190	206	133	236	228	110	89	239	114	179		
Nettoab incl. puljeendr., kg	2477	1575	2042	2417	1994	1897	1931	321	1694	1832	-188	-174	-125	-267	-220	-131	-106	-238	-101	-181		
Nettoab incl. puljeendr., %	291	106	234	191	183	137	230	123	307	182	-424	-173	-309	-765	-585	-170	-260	-1544	-396	-370		

Bilag 7

Beregning af kvælstofudveksling via interne processer i Langesø, 1997. Beregnet tilførsel, fraførsel magasinændring og nettostofudveksling med sediment/atmosfære for total kvælstof (kg) på månedsbasis. Års- og sommermiddelværdier er ligeledes angivet.

LANGESØ, 1997: BEREGNING AF KVÆLSTOFFRIGIVELSE/TAB.

Måned	antal dage	Søvolumen pr.d.l. m ³	Tot-N konc. pr.d.l. µg/l	N-pulje pr.d.l. kg	Stign./md kg	Tot-N til kg	Tot-N fra kg	N-tilbageholdt kg
1	31	574256	4511	2590	536	335	231	104
2	28	574256	5444	3126	464	3123	1127	1995
3	31	597455	6009	3590	-490	1212	663	549
4	30	577798	5364	3100	-666	532	330	202
5	31	570724	4264	2434	-709	381	316	65
6	30	567201	3040	1724	-772	78	52	26
7	31	556691	1710	952	-256	37	5	32
8	31	553208	1258	696	714	28	11	17
9	30	539368	2615	1410	-505	27	2	25
10	31	534218	1694	905	126	121	1	119
11	30	553208	1863	1031	117	36	9	28
12	31	561935	2043	1148	31	946	132	814
1		577798	2040	1179				
max			6009	3590	714	3123	1127	1995
sommermiddel		553568	2578	1354	-306	110	77	33
sum, sommer					-1529	551	386	165
årsmiddel		564470	3220	1837	-118	571	240	331
sum, år					-1412	6856	2880	3976

KVÆLSTOF FRIGØRELSE (+) BINDING (-) FOR HELE SØEN KORRIGERET FOR TIL- OG FRAFØRT KVÆLSTOF

Areal af sø, m² 171000

Måned	Fri/bundet N hele søen kg N/måned	Fri/bundet N pr.søoverfl. mgN/m ² /måned	Fri/bundet N hele søen kg N/dag	Fri/bundet N pr.søoverfl. mg N/m ² /dag
1	432	2528	13,94	81,53
2	-1532	-8957	-54,70	-319,88
3	-1039	-6077	-33,52	-196,03
4	-868	-5074	-28,92	-169,12
5	-774	-4529	-24,98	-146,09
6	-799	-4671	-26,62	-155,70
7	-288	-1685	-9,29	-54,34
8	697	4078	22,50	131,56
9	-530	-3101	-17,67	-103,35
10	6	36	0,20	1,17
11	89	522	2,97	17,39
12	-783	-4581	-25,27	-147,76
max	697	4078	22,50	131,56
sommermiddel	-339	-1981	-11,22	-65,59
Fri/bund. sommer, kg	-1694			
årsmiddel	-449	-2626	-15,11	-88,38
Ialt fri/bundet år, kg	-5388			

Bilag 8

Beregning af fosforudveksling via interne processer i Langesø, 1997. Beregnet tilførsel, fraførsel magasinændring og nettostofudveksling med sediment for total fosfor (kg) på månedsbasis. Års- og sommermiddelværdier er ligeledes angivet.

LANGESØ, 1997: BEREKNING AF FOSFORUDVEKSLING MED SEDIMENTET

Måned	antal dage	Søvolumen pr.d.l. m ³	Tot-P konc. pr.d.l. µg/l	P-pulje pr.d.l. kg	Stign./md kg	Tot-P til kg	Tot-P fra kg	P-tilbageholdt kg
1	31	574256	367	211	-56	6	12	-7
2	28	574256	270	155	-47	38	53	-15
3	31	597455	180	108	-59	12	16	-3
4	30	577798	85	49	-3	7	4	3
5	31	570724	81	46	26	17	7	10
6	30	567201	127	72	3	3	2	1
7	31	556691	135	75	48	1	1	1
8	31	553208	222	123	56	2	1	0
9	30	539368	331	179	-18	2	0	1
10	31	534218	301	161	-10	5	0	5
11	30	553208	272	150	6	1	1	-1
12	31	561935	279	157	4	12	14	-2
1		577798	278	161				
max					56	38	53	10
sommermiddel		553568	179	109	23	5	2	3
sum, sommer			367		114	26	12	14
årsmiddel		564470	225	127	-4	9	9	-1
sum, år					-50	106	112	-6

FOSFOR FRIGØRELSE (+) BINDING (-) FOR HELE SØEN KORRIGERET FOR TIL- OG FRAFØRT FOSFOR

Areal af sø, m² 171000

Måned	Fri/bundet P hele søen kg P/måned	Fri/bundet P pr.søoverfl. mgP/m ² /måned	Fri/bundet P hele søen kg P/dag	Fri/bundet P pr.søoverfl. mg P/m ² /dag
1	-49	-289	-1,59	-9,32
2	-32	-189	-1,15	-6,73
3	-56	-325	-1,79	-10,47
4	-6	-33	-0,19	-1,09
5	15	90	0,49	2,89
6	2	14	0,08	0,47
7	47	275	1,52	8,88
8	56	325	1,79	10,48
9	-19	-113	-0,65	-3,78
10	-15	-88	-0,48	-2,83
11	7	39	0,22	1,30
12	6	34	0,19	1,08
max	56	325	2	10
sommermiddel	20	118	0,65	3,79
Fri/bund. sommer, kg	101			
årsmiddel	-4	-22	-0,13	-0,76
Ialt fri/bundet år, kg	-44			

Bilag 9.1

Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Langesø, St. 2608101-2608102, i perioden 1981-1997.

SOMMERPERIODEN (1.5-30.9)		1981 ¹⁾	1987 ²⁾	1988 ³⁾	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Sigtdybde, gns.	(m)	0,77	0,67	0,72	0,84	0,78	1,06	1,06	1,01	0,90	1,16	0,89	1,00
Sigtdybde, 50% frakt.	(m)	0,81	0,65	0,74	0,69	0,67	0,98	0,93	1,03	0,81	0,82	0,58	0,94
Sigtdybde, maks.	(m)	1,00	1,03	1,07	2,30	2,10	1,80	2,00	1,80	1,80	2,35	2,35	1,75
Sigtdybde, min.	(m)	0,40	0,45	0,39	0,45	0,30	0,45	0,75	0,50	0,28	0,45	0,38	0,5
Total-kvælstof, gns.	(µg N/l)	2831	-	2758	2402	2797	2249	2637	2100	2738	2470	1801	2307
Total-kvælstof, 50% frakt.	(µg N/l)	2637	-	2436	1823	2556	1802	1989	1897	2585	2445	1775	2213
Total-kvælstof, maks.	(µg N/l)	5267	-	5037	5101	4547	4175	5932	4206	4342	4600	2400	3620
Total-kvælstof, min.	(µg N/l)	1950	-	1645	1375	1350	1115	1126	1030	1810	1360	1480	1240
Opl. uorg. kvælstof, gns.	(µg N/l)	1246	-	1371	1099	844	1114	1300	883	1067	1102	214	861
Opl. uorg. kvælstof, 50% frakt.	(µg N/l)	817	-	978	528	390	534	323	220	669	269	136	367
Opl. uorg. kvælstof, 25% frakt.	(µg N/l)	474	-	570	183	200	15	84	35	36	94	67	56
Opl. uorg. kvælstof, maks.	(µg N/l)	3723	-	4098	4035	2882	3352	4272	3595	3382	3350	507	2780
Opl. uorg. kvælstof, min.	(µg N/l)	19	-	61	22	13	15	15	15	15	15	15	15
Total-fosfor, gns.	(µg P/l)	215	-	346	331	415	227	266	307	221	211	492	191
Total-fosfor, 50% frakt.	(µg P/l)	216	-	435	394	423	165	247	251	174	166	481	174
Total-fosfor, maks.	(µg P/l)	424	-	611	585	760	446	578	646	445	435	738	352
Total-fosfor, min.	(µg P/l)	66	-	75	91	111	68	43	58	60	80	280	85
Orto-fosfat, gns.	(µg P/l)	52	-	184	192	255	121	133	172	94	100	362	60
Orto-fosfat, 50% frakt.	(µg P/l)	38	-	176	133	211	65	46	153	22	53	331	31
Orto-fosfat, 25% frakt.	(µg P/l)	31	-	20	22	49	25	13	11	6	16	210	14
Orto-fosfat, maks.	(µg P/l)	110	-	371	565	556	382	514	416	330	281	600	247
Orto-fosfat, min.	(µg P/l)	11	-	10	14	16	5	5	5	5	5	143	5
Part. fosfor, gns.	(µg P/l)	163	-	162	140	161	107	133	135	128	111	130	131
Part. fosfor, 50% frakt.	(µg P/l)	143	-	113	129	157	90	140	104	119	118	139	116
Part. fosfor, 25% frakt.	(µg P/l)	81	-	92	76	123	69	68	78	56	70	110	85
Part. fosfor, maks.	(µg P/l)	386	-	418	354	277	206	262	239	306	175	172	338
Part. fosfor, min.	(µg P/l)	56	-	61	20	54	53	36	53	37	60	75	56
Part. N/Part. P, gns.		12	-	11	15	13	12	14	10	14	13	13	12
Part. N/Part. P, 50% frakt.		11	-	10	10	13	11	11	10	14	12	13	12
Part. N/Part. P, maks.		31	-	28	50	38	20	50	17	19	17,7	23	15
Part. N/Part. P, min.		5,8	-	3,3	3,8	3,6	7,4	4,6	5,5	10	9,3	7,7	7,6
Klorofyl-a, gns.	(µg/l)	155	89	105	130	135	50	108	72	124	71	78	70
Klorofyl-a, 50% frakt.	(µg/l)	120	83	87	97	125	49	113	58	84	74	72	67
Klorofyl-a, 75% frakt.	(µg/l)	207	87	141	165	206	65	158	119	163	99	100	88
Klorofyl-a, max.	(µg/l)	422	135	260	370	298	115	231	150	440	200	220	190
Klorofyl-a, min.	(µg/l)	42	70	13	14	5,0	6,0	19	14	12	4,9	0,38	0,5
(Nitrit+nitrat)-kvælstof, gns.	(µg N/l)	1187	-	1157	973	700	1018	1218	838	960	1014	126	752
Ammonium-kvælstof, gns.	(µg N/l)	59	-	214	125	145	96	83	45	107	88	88	109
pH, gns.		8,69	-	8,61	8,46	8,76	8,48	8,49	8,6	8,73	8,55	8,66	8,74
Ledningsevne, gns.	(µg)	-	-	-	503	363	446	395	442	355	394	363	320
Total-alkalinitet, gns.	(meq/l)	-	-	-	2,6	3,0	3,3	2,6	3,2	2,3	2,8	2,9	2,4
Total-kuldioxid, gns.	(mmol/l)	2,61	-	2,47	2,6	2,9	3,3	2,6	3,1	2,2	2,8	2,8	2,3
Silikat-Si, gns.	(mg Si/l)	2,2	-	2,4	2,4	5,1	3,1	2,3	1,0	1,8	2,1	2,1	2,3
Tørstof (part.), gns.	(mg/l)	15,7	-	18,4	13,8	18,8	11,3	14,2	14,8	19,3	13,9	13,6	12,9
Glødetab (part.), gns.	(mg/l)	12,6	-	13,9	10,4	14,8	8,1	9,9	9,4	15,6	10,0	10,6	10,6
Primærprod., gns.	(mg C/m ² d)	3454	-	1885	2780	2692	1902	-	-	-	-	-	-
Primærprod., 50% frakt.	(mg C/m ² d)	3625	-	1807	2342	2449	1841	-	-	-	-	-	-
Primærprod., 75% frakt.	(mg C/m ² d)	4225	-	2697	3940	4101	2320	-	-	-	-	-	-
Primærprod., max.	(mg C/m ² d)	5008	-	3601	5500	6207	4090	-	-	-	-	-	-
Primærprod., min.	(mg C/m ² d)	855	-	76	488	151	282	-	-	-	-	-	-

Bemærkninger:

1) Station 2608201

De angivne gennemsnits- og fraktilværdier er tidsvægtede. Maksimum- og minimumsværdier er ikke nødvendigvis målt, men vil i visse tilfælde være beregnet ved lineær interpolation mellem værdi inden for den angivne periode og en evt. lavere/højere målt værdi lige uden for perioden

Bilag 9.2

Overzicht over fysisk-kemiske forhold i Langessø, St. 2608101-2608102, i perioden 1981-1997.

HELE ÅRET		1981 ¹⁾	1987 ¹⁾	1988 ¹⁾	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Sigtdybde, gns.	(m)	0,92	-	1,11	1,22	1,14	1,23	1,33	1,40	1,15	1,44	1,20	1,61
Sigtdybde, 50% frakt.	(m)	0,91	-	1,15	1,08	1,10	1,30	1,28	1,45	1,27	1,52	1,05	1,45
Sigtdybde, maks.	(m)	1,5	-	1,70	2,60	2,20	1,80	2,22	2,40	1,80	2,35	2,50	3,95
Sigtdybde, min.	(m)	0,4	-	0,39	0,45	0,30	0,45	0,75	0,50	0,28	0,45	0,38	0,50
Total-kvælstof, gns.	(µg N/l)	4357	-	4292	3394	4072	3797	3930	3961	4006	3500	2092	3213
Total-kvælstof, 50% frakt.	(µg N/l)	3805	-	3667	3140	3706	3346	4474	3144	3304	2685	2030	2390
Total-kvælstof, maks.	(µg N/l)	7580	-	7580	7240	8520	8549	7624	8333	7900	6800	3670	6120
Total-kvælstof, min.	(µg N/l)	1950	-	1645	1330	1350	1110	1126	1030	1810	1280	1315	1240
Opl. uorg. kvælstof, gns.	(µg N/l)	3098	-	3243	2286	2634	2645	2782	3016	2824	2357	640	1914
Opl. uorg. kvælstof, 50% frakt.	(µg N/l)	2782	-	2702	2041	2516	1883	3359	2463	2564	1295	442	911
Opl. uorg. kvælstof, 25% frakt.	(µg N/l)	981	-	1312	557	579	507	746	553	1009	489	30	17
Opl. uorg. kvælstof, maks.	(µg N/l)	6341	-	6779	4691	6124	7392	6850	7717	6395	6248	2568	4883
Opl. uorg. kvælstof, min.	(µg N/l)	19	-	61	22	13	15	15	15	15	15	15	15
Total-fosfor, gns.	(µg P/l)	177	-	242	325	332	212	246	222	172	225	463	212
Total-fosfor, 50% frakt.	(µg P/l)	155	-	180	193	301	192	168	128	127	128	418	224
Total-fosfor, maks.	(µg P/l)	424	-	611	775	760	446	578	646	445	486	738	352
Total-fosfor, min.	(µg P/l)	56	-	52	88	80	53	43	56	60	63	201	67
Orto-fosfat, gns.	(µg P/l)	75	-	150	193	233	119	157	140	86	137	310	94
Orto-fosfat, 50% frakt.	(µg P/l)	70	-	137	95	219	108	80	86	66	49	311	53
Orto-fosfat, 25% frakt.	(µg P/l)	45	-	31	34	55	38	13	14	13	17	157	9
Orto-fosfat, maks.	(µg P/l)	172	-	371	565	556	382	514	417	330	389	600	281
Orto-fosfat, min.	(µg P/l)	10	-	6	11	16	5	5	<5	5	5	34	5
Part. fosfor, gns.	(µg P/l)	102	-	93	100	99	94	88	86	86	88	152	118
Part. fosfor, 50% frakt.	(µg P/l)	73	-	63	75	74	82	64	64	62	74	140	91
Part. fosfor, 25% frakt.	(µg P/l)	56	-	33	61	49	54	50	39	48	62	83	68
Part. fosfor, maks.	(µg P/l)	386	-	418	354	277	206	262	239	306	175	332	338
Part. fosfor, min.	(µg P/l)	27	-	15	20	31	42	23	31	27	41	41	56
Part. N/Part. P, gns.		17	-	18	13	19	14	19	13	16	14	12	13
Part. N/Part. P, 50% frakt.		13	-	17	10	16	13	17	13	14	13	12	13
Part. N/Part. P, maks.		48	-	42	50	58	28	50	29	44	34	29	20
Part. N/Part. P, min.		5,8	-	3,3	3,0	3,1	5,3	4,6	3,9	4,3	8,3	5,6	4,7
Klorofyl-a, gns.	(µg/l)	90	89	57	74	70	39	65	43	73	48	98	56
Klorofyl-a, 50% frakt.	(µg/l)	67	83	39	54	39	35	40	29	41	31	76	50
Klorofyl-a, 75% frakt.	(µg/l)	76	87	74	92	87	53	96	54	82	78	152	80
Klorofyl-a, max.	(µg/l)	422	135	260	370	298	115	231	150	440	200	270	190
Klorofyl-a, min.	(µg/l)	6,8	3,1	3,1	5,5	2,4	5,0	6,1	8,3	4,8	4,9	5,4	3,4
(Nitrit+nitrat)-kvælstof, gns.	(µg N/l)	3017	-	3091	2034	2411	2550	2560	2918	2707	2147	439	1700
Ammonium-kvælstof, gns.	(µg N/l)	81	-	152	251	223	95	222	99	118	210	201	214
pH, gns.		8,41	-	8,31	8,26	8,32	8,28	8,22	8,26	8,41	8,30	8,56	8,40
Ledningsevne, gns.	(µg)	416	-	405	395	403	454	431	471	399	416	379	441
Total-alkalinitet, gns.	(meq/l)	-	-	-	3,0	3,2	3,3	2,9	3,3	2,7	2,9	2,9	2,6
Total-kuldioxid, gns.	(mmol/l)	2,93	-	2,85	3,1	3,1	3,4	2,9	3,2	2,7	2,9	2,8	2,6
Silikat-Si, gns.	(mg Si/l)	3,7	-	2,3	1,6	5,3	3,2	3,1	2,7	2,2	2,5	2,7	2,1
Tørstof (part.), gns.	(mg/l)	11,7	-	11,2	9,7	12,4	8,6	10,7	10,4	13,9	10,7	13,3	9,6
Glødetab (part.), gns.	(mg/l)	8,1	-	7,5	6,4	8,7	5,5	6,5	5,7	8,6	6,3	9,3	6,8
Årsprimærprod., gns.	(mg C/m ² år)	615	-	381	512	504	387	-	-	-	-	-	-

Bemærkninger:

1) Station 2608201

De angivne gennemsnits- og fraktalværdier er tidsvægtede. Maksimum- og minimumsværdier er ikke nødvendigvis målt, men vil i visse tilfælde være beregnet ved lineær interpolation mellem værdi inden for den angivne periode og en evt. lavere/højere målt værdi lige uden for perioden

Bilag 9.3

Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Langesø, St. 2608101-2608102, i perioden 1981-1997.

VINTERPERIODEN (1.12-31.3)	1981 ¹⁾	1987 ¹⁾	1988 ²⁾	1989 ²⁾	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996 ³⁾	1997
Total-kvælstof, gns. (µg N/l)	-	-	7388	5777	5703	6373	5167	7327	6200	5784	#Få data#	4877
(Nitrit+nitrat)-kvælstof, gns. (µg N/l)	-	-	6490	3991	4180	5478	3593	6378	5371	4916	#Få data#	3450
Ammonium-kvælstof, gns. (µg N/l)	-	-	55	43	281	56	44	99	74	90	#Få data#	167
Total-fosfor, gns. (µg/l)	-	-	137	136	307	177	159	132	108	111	#Få data#	323
Orto-fosfat, gns. (µg/l)	-	-	104	86	208	128	80	92	71	53	#Få data#	251
pH, gns.	-	-	8,08	8,20	7,98	7,88	8,18	7,79	7,98	8,11	#Få data#	8,03
Ledningsevne (µS)	-	-	437	487	363	467	481	495	459	461	#Få data#	496
Total-alkalinitet, gns. (meq/l)	-	-	-	3,7	2,9	3,7	3,4	3,0	3,1	3,2	#Få data#	3,3
Total-kuldioxid, gns. (mmol/l)	-	-	3,17	3,6	2,9	3,6	3,4	2,8	3,2	3,2	#Få data#	3,4
Silikat, gns. (mg Si/l)	-	-	4,7	0,3	3,5	6,3	2,3	5,4	4,1	1,4	#Få data#	3,2
Tørstof (part.), gns. (mg/l)	-	-	5,5	6,9	8,3	5,3	8	6,3	6,9	9,3	#Få data#	7,0
Glødetab (part.), gns. (mg/l)	-	-	2,2	3,3	5,1	2,2	4,4	2,8	2,2	3,3	#Få data#	3,8

Bemærkninger:

1) Station 2608201

2) Kun 1.1-31.3

3) Station 2608201 og 2608202

4) Pga. isdække kunne der ikke fås tilstrækkelig data

De angivne gennemsnits- og fraktilværdier er tidsvægtede. Maksimum- og minimumsværdier er ikke nødvendigvis målt, men vil i visse tilfælde være beregnet ved lineær interpolation mellem værdi inden for den angivne periode og en evt. lavere/højere målt værdi lige uden for perioden

Bilag 10.2

Oversigt over biologiske parametre i Langesø, 1989-1997.

Langesø

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Bemærkninger/referencer
Cladocerindeks										
Sommermiddel	0,50	0,52	0,44	0,32	0,47	0,49	0,49	0,55	0,65	Tidsvægtet
Produktive periode (1.marts-31.okt.)	0,53	0,42	0,33	0,23	0,37	0,41	0,37	0,68	0,68	Tidsvægtet
Middellængde af cladocerer										
Sommermiddel, µm	494	505	435	469	444	480	446	426	609	Antalsvægtet, ikke tidsvægtet
Produktive periode (1.marts-31.okt.), µm	503	481	431	461	441	476	460	441	606	Antalsvægtet, ikke tidsvægtet
Middelgræsning i sommerperioden										
Total algebiomasse, µgC/l	1247	5583	1272	1690	957	4191	1223	2081	2043	Tidsvægtet
Alger < 50µ, µgC/l	1156	307	378	1092	413	242	93	178	149	Tidsvægtet
Pot. græsning, µgC/l*dag	478	282	196	406	269	273	280	489	323	Tidsvægtet
Græsningstryk, total, %	38	5	15	24	28	7	23	24	16	Middel efter /2/
Græsningstryk, < 50µm, %	41	92	52	37	65	113	299	276	217	Middel efter /2/
Græsningstryk, total, %	57	6	22	24	33	23	30	30	69	Tidsvægtet median
Græsningstryk, < 50µm, %	59	311	69	56	75	138	520	423	991	Tidsvægtet median
Fisk										
Garnfangster										
CPUE, antal, < 10cm	68,5	-	-	-	-	237,3	-	-	-	
CPUE, antal, > 10cm	71,3	-	-	-	-	38,8	-	-	-	
Småfisk i %	49	-	-	-	-	85,9	-	-	-	
CPUE, vægt, < 10cm (g)	289,1	-	-	-	-	831,7	-	-	-	
CPUE, vægt, > 10cm (g)	9057,7	-	-	-	-	4153,8	-	-	-	
Småfisk i %	3	-	-	-	-	16,7	-	-	-	
Fiskeindex										
Antal skidtfisk (> 10cm)/ Antal skidtfisk + aborre (> 10cm)	0,90	-	-	-	-	0,96	-	-	-	Efter /1/
Fredfisk/ Fredfisk + rovfisk (antal)	0,86	-	-	-	-	0,75	-	-	-	Efter /2/
Fredfisk/ Fredfisk + rovfisk (vægt)	0,94	-	-	-	-	0,91	-	-	-	Efter /2/

Referencer:

/1/ Jeppesen, E., M.Søndergaard og H.Rossen: Restaurering af søer ved indgreb i fiskebestanden. - Danmarks Miljøundersøgelser 1989.

/2/ Kristensen, P., J.P.Jensen, E.Jeppesen og M.Erlandsen: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990 - Ferske vandområder - Søer. - Danmarks Miljøundersøgelser 1991.

Bilag 11

Langesø, morfometri (1986)

Kystlinielængde: 2.85 km.

m o.DNN m	Dybde - m	Kumuleret dybde %	Areal - m ²	Kumuleret areal m ²	Kumuleret areal %	Volumen - m ³	Kumuleret volumen m ³	Kumuleret volumen %
25,3	0,0	0,0	16279,21	170828,13	100,0	162688,53	530797,55	100,0
24,3	1,0	22,2	12222,74	154548,92	90,5	148437,55	368109,02	69,4
23,3	2,0	44,4	29520,23	142326,18	83,3	127566,07	219671,47	41,4
22,3	3,0	66,7	65202,73	112805,95	66,0	80204,59	92105,40	17,4
21,3	4,0	88,9	47603,22	47603,22	27,9	11900,81	11900,81	2,24
20,8	4,5	100,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

Bilag 12

Oversigt over undersøgelser udført i Langesø.

Referencer

Anderson, N.J. og B.V. Odgaard, 1994: Recent palaeolimnology of three shallow Danish lakes. -Hydrobiologia 275/276, 411-422.

Fyns Amt, 1990: Vandmiljøovervågning: Langesø, 1989. - Rapport, 51 s.

Fyns Amt, 1991: Vandmiljøovervågning: Langesø, 1990. - Rapport, 85 s.

Fyns Amt, 1992: Vandmiljøovervågning: Langesø, 1991 - Rapport, 111 s.

Fyns Amt, 1993: Vandmiljøovervågning: Langesø, 1992 - Rapport, 127 s.

Fyns Amt, 1994: Vandmiljøovervågning: Langesø, 1993. - Rapport, 109 s.

Fyns Amt, 1995: Vandmiljøovervågning: Langesø, 1994. - Rapport, 117 s.

Fyns Amt, 1996: Vandmiljøovervågning: Langesø, 1995. - Rapport, 114.

Fyns Amt, 1997 (Hansen, K. S., T. Rugaard, A. Sode, L. Bisschop-Larsen og P. Wiberg-Larsen): Søer 1996. VANDMILJØovervågning. Tema:Ferskvand. Fyns Amt, Natur- og Vandmiljøafdelingen, 159 s.

Fyns Amtskommune og Vandkvalitetsinstituttet, 1974: Miljøbeskyttelse. Forundersøgelse af søer, moser og nor i Fyns Amt. - Beretning om 63 vandområder i amtet, 154 s.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1990: Langesø 1989, Phyto- og zooplankton. - Notat til Fyns Amt, 11 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1991: Langesø 1990, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt, 12 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1992: Langesø 1991, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt, 13 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1993: Langesø 1992, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt, 13 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1994: Langesø 1993, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt, 13 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1995: Langesø 1994, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt, 15 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1996: Langesø 1995, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt, 15 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1997: Langesø 1996, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt, 17 s. + bilag.

Miljøbiologisk Laboratorium, 1998: Langesø 1997, Plante- og dyreplankton.
- Notat til Fyns Amt, 17 s. + bilag.

Mohr-Markmann, Fiskebiologisk Rådgivning, 1992: Vandmiljøovervågning: Fiskebestanden i Langesø, 1989. - Rapport til Fyns Amt, 93 s.

Mohr-Markmann, Fiskebiologisk Rådgivning, 1995: Vandmiljøovervågning: Fiskebestanden i Langesø, 1994. - Rapport til Fyns Amt, 93 s.

Otterstrøm, C.V., 1927: Notat om Langesø, 12.-15. oktober 1927. -Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, 14 s.

