VANDMILJØ overvågning

De ferske vandområder
Lange sø
1989

Fyns Amt
Teknik- og miljøforvaltningen
Vand- og miljøafdelingen

April 1990

VANDMILJØ overvågning

De ferske vandområder
Lange sø
1989

Fyns Amt
Teknik- og miljøforvaltningen
Vand- og miljøafdelingen

April 1990

Indholdsfortegnelse.

Indledning.

I foråret 1987 har Folketinget vedtaget en handlingsplan (vandmiljøplan), der skal nedbringe forureningen af det danske vandmiljø med næringssalte.

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

Vandmiljøplanen omfatter bl.a. øget spildevandsrensning for kommuner og industri samt krav til jordbruget om at mindske tilførslerne af næringsstoffer til miljøet.

Samtidig skal der ifølge vandmiljøplanen iværksættes en overvågning af vandmiljøet med det formål at eftervise effekten af vandmiljøplanen.

Overvågningen omfatter alle de forskellige led i vandkredsløbet: Grundvand, vandløb, søer, marine områder m.m.

Resultaterne af overvågningsprogrammet skal danne grundlag for en årlig redegørelse for udviklingen i vandmiljøet, som miljøministeren skal afgive til Folketinget, første gang i efteråret 1990.

Det er amternes opgave at foretage overvågningen af vandmiljøet, for så vidt angår grundvand, vandløb, kilder, søer og kystnære havområder. Dertil kommer, at amterne foretager tilsyn med kommunale renseanlæg og udfærdiger regionale oversigter over belastningssituationen.

Amterne skal årligt udarbejde rapporter over resultaterne af disse overvågningsopgaver.

Tilsvarende udfærdiger Danmarks Miljøundersøgelser rapporter over tilstanden i de åbne havområder og om stoftilførsler via nedbør/nedfald.

Rapporterne danner baggrunden for landsdækkende oversigter og i sidste ende den redegørelse, som udarbejdes til brug for miljøministeren af Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Geologiske Undersøgelse.

Denne rapport behandler overvågningen af én af de i alt 3 såkaldte nationale overvågningssøer i Fyns Amt, Lange Sø.

Der er tilsvarende udarbejdet rapporter for de øvrige dele af overvågningsprogrammet, herunder også for de øvrige nationale overvågningssøer i Fyns Amt.

I alt 37 nationale overvågningssøer er udvalgt på landsplan. Blandt disse er både lavvandede og dybe søer. Endvidere er søerne beliggende i områder med forskellig grad af arealudnyttelse og med forskellige kilder til næringsstoftilførsel. Ved at følge dette brede udsnit af danske søer gennem en årrække skulle det være muligt at give svar på, om vandmiljøplanens gennemførelse generelt medfører forbedringer af danske søers miljøtilstand.

Lange Sø er i denne sammenhæng udpeget som eksempel på en lavvandet sø belastet med næringsstoffer fra landbrugsområder med overvejende planteavl.

Denne rapport om Lange Sø beskæftiger sig hovedsagelig med fysisk-kemiske undersøgelser af søen i 1989, herunder til- og fraførsel af vand og forskellige stoffer af betydning for søens miljøtilstand. Der foretages derudover sammenligning med tidligere undersøgelser af søen.

Resultaterne af en række hovedsagelig biologiske undersøgelser i søen vil blive publiceret senere i 1990.

1. Historie, målsætning, opland og stationering.

1.1 Søens historie.

Lange Sø er beliggende i den vestligste og dybeste del af en tunneldal, som udgør en del af et velmarkeret tunneldalstrøg. Dette strækker sig fra egnen omkring Lange Sø og mod sydøst til Odense. Tunneldalene er dannet under den seneste istid.

Søen udgør en del af Stavis Å-systemet med afløb til selve Stavis Å. Ved afløbet er søen stemmet op, således at vandstanden kan reguleres ved hjælp af skod. Der er ikke fastsat flodemål ved stemmeværket. Ved opstemningen er søens vandspejl hævet ca. 1½ m. Formålet med opstemningen, der sandsynligvis er fra før 1870, er efter alt at dømme ålekistefiskeri, som stadig praktiseres.

1.2 Målsætning for søens anvendelse.

Lange Sø er i Regionplan 89 målsat som "Fiskevand til lyst- og/eller erhvervsfiskeri" (B). Dette indebærer, at den skal kunne huse et rigt og alsidigt plante- og dyreliv.

Regionplanen fastsætter ingen direkte krav til søens miljøkvalitet. Det indgår imidlertid som en retningslinie i planen, at al spildevandstilledning til denne og andre søer i videst muligt omfang skal undgås.

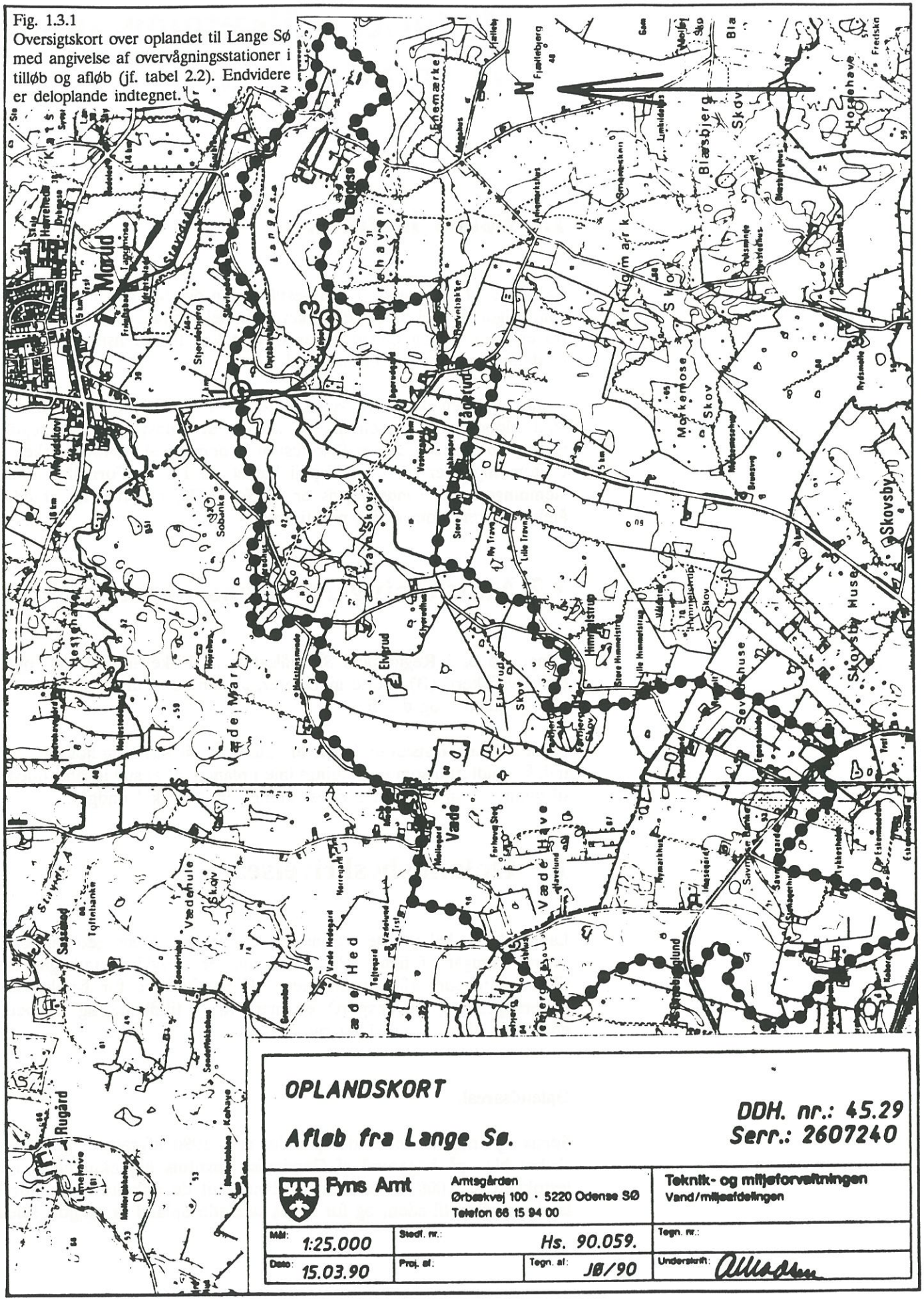
1.3 Oplandsbeskrivelse.

Lange Sø er beliggende i Søndersø Kommune. Dens geografiske placering fremgår af figur 1.3.1. På denne er endvidere indtegnet såvel tilløbene til som afløbet fra søen. Målestationerne for fysisk-kemiske undersøgelser (stoftransport) er markeret i tilløbene og afløbet (se endvidere afsnit 2, tabel 2.1 og 2.2).

Oplandsareal.

Søens opland, herunder deloplande, er i 1990 afgrænset af Hedeselskabet bl.a. på baggrund af Geodætisk Instituts højdekurvekort i målestokken 1:25.000. Arealet for oplandet til de enkelte tilløb, for oplandet direkte til søen, og for søens samlede opland er opgjort således:

Fig. 1.3.1
Oversigtskort over oplandet til Lange Sø med angivelse af overvågningsstationer i tilløb og afløb (jf. tabel 2.2). Endvidere er deloplande indtegnet.



Tilløb 1, Travnskov Afløb		Tilløb 3, Kapelbæk		Resterende opland		Samlet opland	
Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
420	76,0	76	13,7	57	10,3	553,0	100,0

Kilde: Hedeselskabet, Odense (1990).

Arealudnyttelse.

Udnyttelsen af oplandet til de enkelte tilløb, af oplandet direkte til søen, og af søens samlede opland er på baggrund af Arealdatakontorets oplysninger om jordklassificering angivet i følgende oversigt:

Type	Tilløb 1		Tilløb 3		Resterende opland		Samlet opland total	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Landbrugsområder	345	82,0	38	50,0	21	36,8	404	72,9
Byområder	-	-	-	-	-	-	-	-
Skov	58	13,8	35	46,1	36	63,2	129	23,3
Ferskvand	-	-	-	-	-	-	-	-
Ikke klassificeret	18	4,3	3	4,0	-	-	21	3,8
I alt	421	100,0	76	100,0	57	100,0	554	100,0

Kilde: Arealdatakontoret, Vejle (1974-81).

I oversigten angiver kategorien landbrugsområder ikke blot arealer, som dyrkes i landbrugsmæssig sammenhæng, men også bebyggelse i landzone, veje, jernbaner, mindre søer og skove, strandenge m.m. Det egentlig dyrkede areal udgør ifølge oplysninger fra Danmarks Statistik på landsbasis ca. 71-89% af kategorien landbrugsområder. Byområder omfatter byzone, sommerhusområder, lokalplanområder, samt bebyggelse i landzone. Ubebyggede arealer, herunder landbrugsarealer, kan ligeledes ifølge Danmarks Statistik på landsbasis udgøre ca. 11-27% af byområderne.

Det fremgår af oversigten, at oplandet til Lange Sø hovedsagelig består af landbrugsområder (73%) og skov (23%). Der indgår således en væsentlig større andel skov i oplandet, end det er tilfældet på landsbasis og på Fyn som helhed.

Jordtyper.

Fordelingen af de forskellige jordtyper i deloplandene og det samlede opland til søen er på baggrund af Arealdatakontorets oplysninger om jordklassificering forsøgt opgjort i følgende oversigt. Grundlaget for opgørelsen er alene arealer beliggende inden for kategorien landbrugsområder. Endvidere er kun jordtypen i 0-20 cm's dybde angivet.

Type	Tilløb 1		Tilløb 3		Resterende opland		Samlet opland total	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Lerblandet sand	114	33,0	-	-	21	100	135	33,4
Sandblandet lerjord	215	62,3	38	100	-	-	253	62,6
Lerjord	1	0,3	-	-	-	-	1	0,2
Sær lerjord	5	1,4	-	-	-	-	6	1.2
Humus	10	2,9	-	-	-	-	10	2,5
I alt	345	100	38	100	21	100	404	100

Kilde: Hedeselskabet, Odense, og Arealdatakontoret, Vejle.

Af oversigten fremgår, at de dominerende jordtyper er sandblandet ler (63%) og lerblandet sand (33%), dvs. en jordtypefordeling, som er helt typisk for Fyn.

Husdyrhold.

Af følgende oversigt fremgår husdyrantallet på ejendomme beliggende i oplandet til Lange Sø. Husdyrholdet er opgjort i antal dyreenheder (DE) for oplandet til hvert enkelt tilløb, for oplandet direkte til selve søen, og for søens samlede opland. Oplysningerne er indhentet af Søndersø og Vissenbjerg Kommuner i forbindelse med deres landbrugstilsyn i perioden i 1986-89.

	Tilløb 1	Tilløb 2	Resterende opland	Samlet opland
Opland (ha)	421	76	57	554
Antal DE kvæg *)	26	22	0	48
Antal DE svin *)	190	12	0	202
Antal DE i alt	246	34	0	280
Fordeling af DE (%)	88	12	0	100
Antal DE/ha	0,6	0,4	0	0,5

*) Antallet af dyr er opgjort som dyreenheder (DE) på henholdsvis kvæg og svin samt totalt.

Kilde: Søndersø og Vissenbjerg kommuner.

Antallet af husdyr i oplandet er således opgjort til 0,5 DE/ha, svarende til 0,9 DE/ha dyrket areal (hvor det dyrkede areal er fastsat til 80% af oplandets landbrugsområder). Husdyrtætheden i Lange Sø oplandet er derved ca. 25% større end den gennemsnitlige husdyrtæthed for landbrugsjord på Fyn.

2. Metodik.

Søens dybdeforhold er i 1986 kortlagt af landinspektør Thorkild Høy ved ekkolodning. Beregning af søens kystlinielængde, areal og volumen er foretaget af Fyns Amt ved anvendelse af planimeter (jf. i øvrigt L. Håkanson (1981): A manual of lake morphometry).

I søens tilløb og afløb har Fyns Amt i 1989 gennemført intensive fysisk-kemiske undersøgelser. Stationering, analyseomfang og undersøgelseshyppighed i vandløbene fremgår af figur 1.3.1 og tabel 2.1-2.2. Hvad angår beregningsmetoder for stoftransport, henvises til Fyns Amt (april 1990): Vandmiljøovervågning. De ferske vande: Vandløb, kilder og dræn, 1989.

Derudover har Fyns Amt i 1989 udført fysisk-kemiske undersøgelser, samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i søens vandfase. Stationering og analyseomfang i søen fremgår af figur 3.1 og tabel 2.3-2.4. Undersøgelserne er udført med en hyppighed på ca. 19 gange/år. Vandprøverne er udtaget i 0,2 m, sigtdybde og 2 x sigtdybde (blandingsprøve), samt i tilfælde af springlagsdannelse i 1-4 dybder under springlaget (enkeltprøver). Prøvetagningsmetoderne er mere detaljeret beskrevet i Danmarks Miljøundersøgelser (januar 1989): Uddrag af udkast til teknisk anvisning om søovervågning, prøvetagning og analysemetoder.

Undersøgelserne af fyto- og zooplankton er udført i overensstemmelse med udkast til tekniske anvisninger, udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser. Bearbejdningen af de indsamlede prøver er udført af Miljøbiologisk Laboratorium. Der henvises i øvrigt til en efterfølgende rapport fra Fyns Amt (juni 1990).

Tabel 2.1
Oversigt over vandkemiske undersøgelser i tilløb til og afløb fra Lange Sø i Fyns Amt, 1989.

Målinger ved Miljø- og levnedsmiddelkontrollen, Odense.

Analysevariable	Analyseforskrift	Programtype VA 3
pH (20°C)	DS 287	+
Suspenderet stof = Tørstof (part.)	DS 207	+
COD (foreliggende tilstand)	DS 217 [1]	+
Total N	DS 221	+
(NH_3+NH_4)-N (F)	DS 204	+
(NO_2+NO_3)-N (F)	DS 223	+
Total P	DS 292	+
PO_4-P = Orto-P (F)	DS 291	+
Silikat-Si	MFL [2]	+
Total Fe	MFL [3]	+
Total Ca	DS 248	+

Bemærkninger:

1) Modificeret metode, jf. Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (1988): Teknisk rapport nr. 21, s. 5-12.

2) Efter Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (1988): Teknisk rapport nr. 21, s. 33-35.

3) Efter Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (1988): Teknisk rapport nr. 21, s. 36-40.

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

Tabel 2.2
Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser i tilløb til og afløb fra Lange Sø i Fyns Amt, 1989.

	STED/VANDLØBS-NAVN	STATIONSNUMRE	UNDERSØGELSES-AKTIVITET		UNDERSØGELSES-HYPPIGHED		ANALYSE-OMFANG
		SERR-nr.	Q/H-station	Vandkemi-station	Vand-førings-måling	Vand-kemi-prøve	Program-type
Lange Sø:							
Tilløb 1	Travnskov afløb	2607211	+	+	28/år	28/år	VA3
Tilløb 3	Kapelbæk	2607230		+	28/år	28/år	VA3
Afløb	Lange Sø afløb	2607240	+	+	19/år	19/år	VA3

Tabel 2.3
Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser, samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i vandfase i Lange Sø i Fyns Amt, 1989.

Feltmålinger:

Vandstand	Lufttemperatur	Lys (profil)
Sigtdybde	Vandtemperatur (profil)	O_2 (profil)
Total vanddybde		

Målinger i vand/miljøafdelingens 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 [2]	+	+
Tørstof (part.)	DS 207	+	
Glødetab (part.)	DS 207	+	
Klorofyl-a (fytoplankton)	DS 2201	+	
Primærproduktion (fytoplankton)	DS 293	+	

Målinger ved Miljø- og levnedsmiddelkontrollen, Odense:

Analysevariabel	Analyseforskrift	Programtype Sø 1	Sø 2
COD (part.)	DS 217 [3]	+	
Total N	DS 221 [4]	+	+
(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 [5]	+	

Bemærkninger:

1) Efter Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium (1977): Limnologisk Metodik, s. 17-26.

2) Efter Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium, (1977): Limnologisk Metodik, s. 4-11.

3) Modificeret metode, jf. Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, (1988): Teknisk rapport nr. 21, s. 5-12.

4) Ved stort algeindhold, jf. dog Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (1988): Teknisk rapport nr. 21, s. 15.

5) Efter Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (1988): Teknisk rapport nr. 1, s. 33-35.

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

Sø 1. Udføres på blandingsprøve fra 0,2 m, sigtdybde og 2 x sigtdybde.

Sø 2. Udføres på vandprøve under springlag.

Tabel 2.4
Oversigt over prøvetagningsstationer i Lange Sø i Fyns Amt, 1989.

SERR-nr.	Undersøgelsesprogram
260 8201	Zooplankton.
260 8202	Vandkemi, klorofyl, primærproduktion, fytoplankton og zooplankton.
260 8203	Zooplankton.

Bemærkninger:

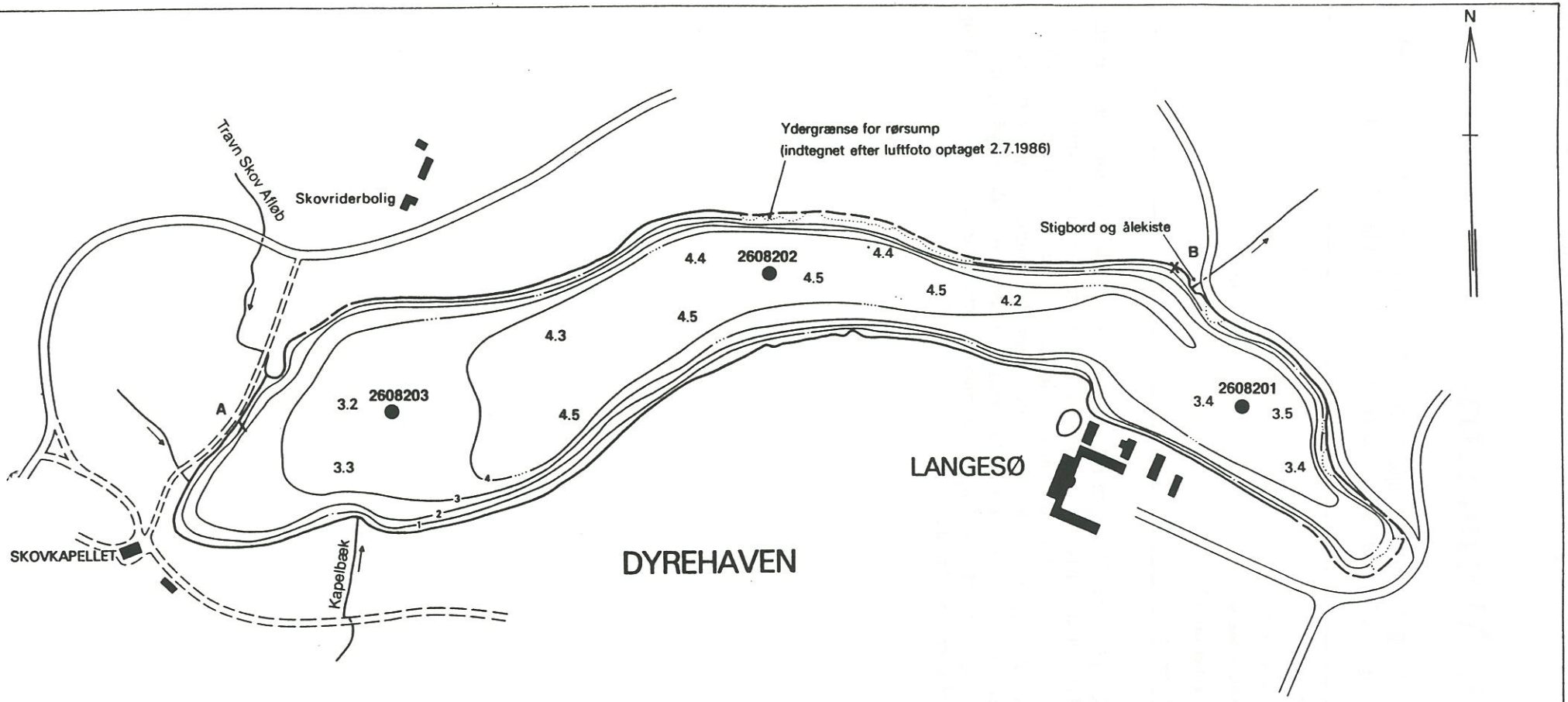
Sedimentkemiske undersøgelser udføres først i november 1990.

3. Morfometri.

Dybdeforholdene i Lange Sø fremgår af figur 3.1 og 3.2. Øvrige oplysninger vedrørende søens størrelse fremgår af følgende oversigt:

Sø areal, ha	17,1
Gns. dybde, m	3,1
Maks. dybde, m	4,5
Vandvolumen, m^3	531.000
Kystlængde, km	2,85

Lange Sø er således en relativt lavvandet sø, idet dog områder med helt lavt vand (under 1 m's dybde) har begrænset udstrækning. Søen er hovedsagelig omkranset af skovklædte skrænter og dermed i princippet vindbeskyttet. Imidlertid er søen samtidig orienteret øst-vest, hvilket sammen med den relativt beskedne gennemsnitsdybde betyder, at der i langt størstedelen af året ved vindens hjælp sker en grundig omrøring af søens vandmasse.



LANGESØ

SØNDERSØ KOMMUNE, FYNS AMT

Fig. 3.1
Dybdekort over Lange Sø med indtegnede overvågningsstationer.
Bogstav nr. : Vandstandsundersøgelser.
Serr-nr. : Fysisk-kemiske og/eller biologiske undersøgelser.

Ekkolodning foretaget juli 1986
Dybdeangivelserne refererer sig til et vandspejl 25.3 m over DNN (GI)
Tegnet af Ingerlise Kjær
Publiceret af landinspektør Thorkild Høy sept.1986

© FYNS AMTSRÅD og THORKILD HØY

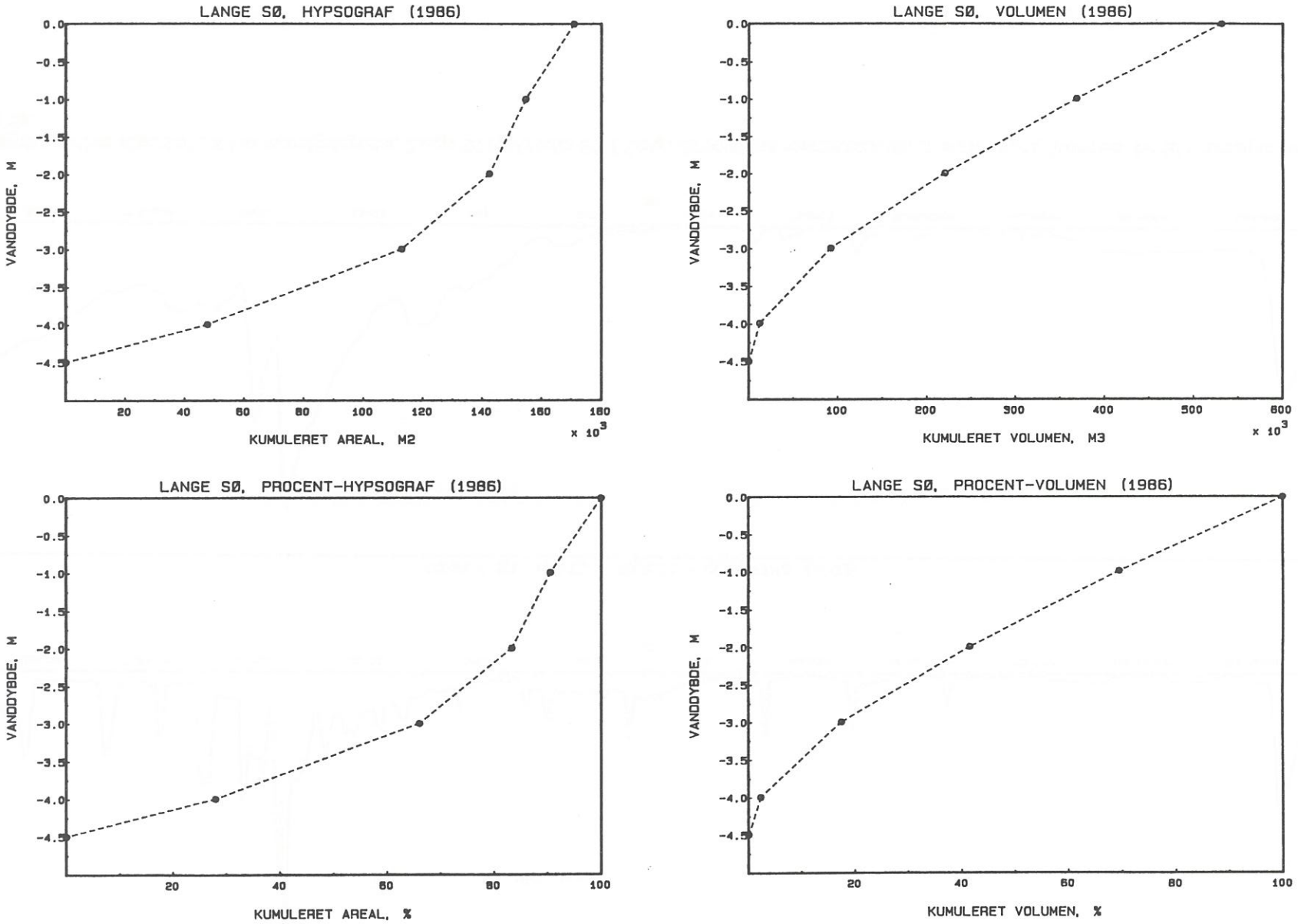


Fig. 3.2 Dybdefordeling i forhold til areal og vandvolumen i Lange Sø.

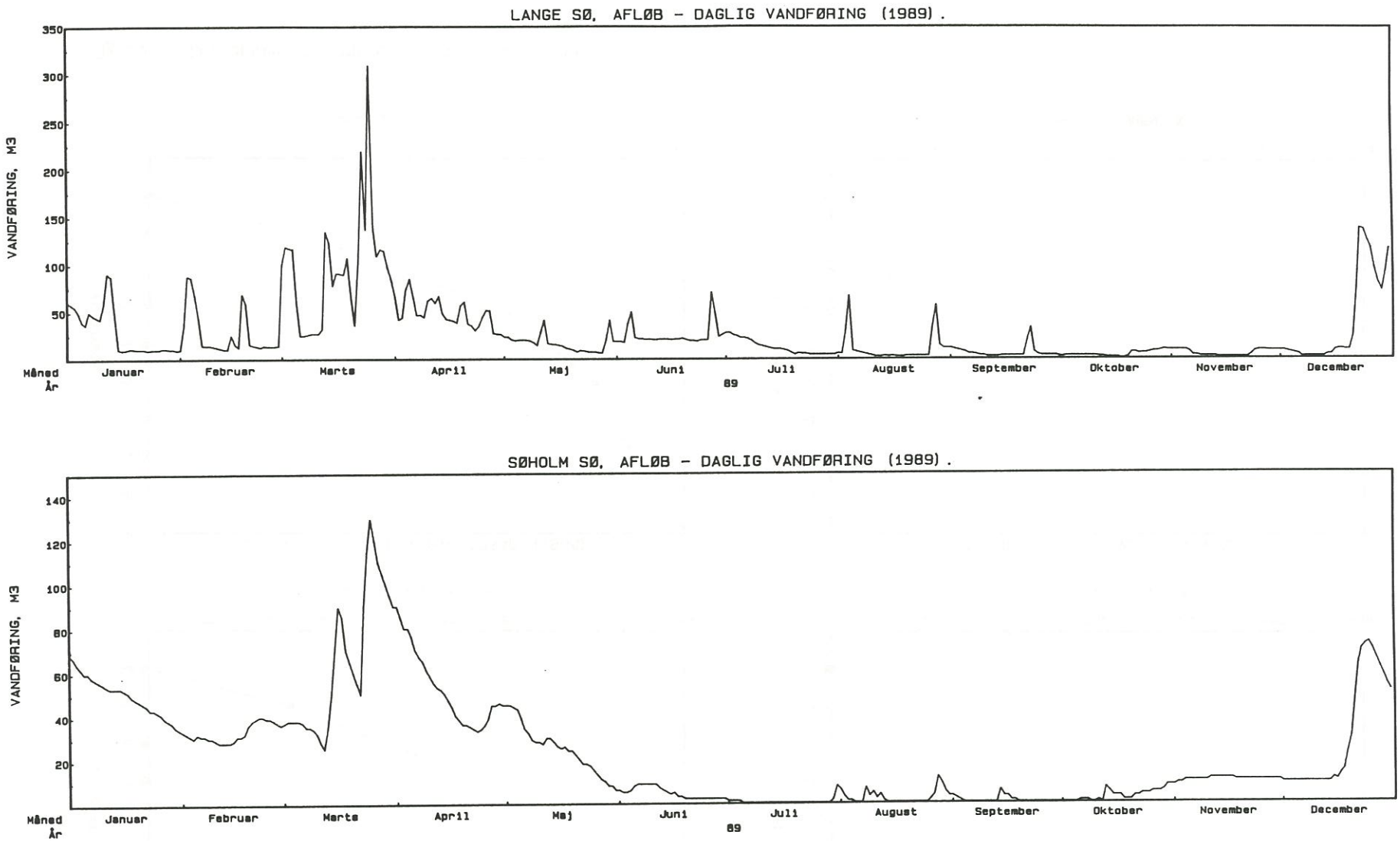


Fig. 4.1 Sammenligning mellem afløbsforhold i to overvågningssøer, Lange Sø og Søholm Sø. I Lange Sø reguleres vandstanden via et stemmeværk, hvorimod der ikke foretages vandstandsregulering i Søholm Sø.

4. Vandbalance.

Dette afsnit beskriver forhold, der belyser vandbalancen for Lange Sø (jf. tabel 4.1 og figur 8.1). Ved vandbalancen forstås her forskellen mellem tilført og fraført vandmængde.

Vandtilførslen fra de 2 betydende tilløb til søen er beregnet ud fra udførte målinger (jf. afsnit 2). Den samlede vandtilførsel herfra (målte deloplande) er dernæst omregnet som tilførsel pr. areal af de pågældende deloplande (arealkoefficient). Under antagelse af, at arealkoefficienten er ens for målte og umålte deloplande er vandtilførslen fra umålte deloplande herefter beregnet. Summen af de målte/beregnede tilførsler udgør den samlede vandtilførsel fra søens opland ved afstrømning.

Vandfraførslen fra søen er beregnet ud fra målinger i søens afløb.

Derudover er vandets opholdstid beregnet på forskellige tidspunkter af året på baggrund af både vandtilførsel og -fraførsel.

Det fremgår af resultaterne, at den beregnede vandtilførsel på årsbasis svarer til vandfraførslen. Den årlige tilførsel fra de umålte deloplande udgør endvidere kun ca. 10% af den totale tilførsel til søen.

Af figur 4.1 fremgår imidlertid, at der forekommer periodiske reguleringer ved stemmeværket ved søens afløb. Disse reguleringer har betydning for vandstanden i søen og for bestemmelsen af søens vandbalance.

Vandets gennemsnitlige opholdstid i søen er beregnet til 0,6 år (235 dage). Vandtilførslen (som månedsgennemsnit) har været størst i marts og mindst i juli måned. I sommermånederne har den beregnede vandfraførsel i gennemsnit været mere end dobbelt så stor som tilførslen. Vandstanden har endvidere været faldende i sommerperioden. Vandgennemstrømningen om vinteren har været relativ stor i søen, svarende til en gennemsnitlig opholdstid på ca. 0,3 år (120 dage).

Ved de enkelte målegange har der maksimalt været en vandstandsforskel på 1 cm mellem de 2 skalaer. Forskellen mellem højeste og laveste vandstand i måleperioden (juni-november) har været 45 cm. Den højeste registrerede vandstandskote i perioden har endvidere været 25,36 meter over DNN (skala B i juni).

Tabel 4.1
Oversigt over vandbalance for Lange Sø, 1989.

Vandbalance:		
Tilførsel fra målte deloplande, m^3/år		742.000
Tilførsel fra umålte deloplande, m^3/år		85.100
Total tilførsel, m^3/år		827.000
Total fraførsel, m^3/år		827.000
Total tilførsel-fraførsel, m^3/år		0
1)Opholdstid (tilførsel):		
- år (1.1-31.12),	år (dage)	0,64 (235)
- sommer (1.5.-30.9),	år	3,1
- vinter (1.12-31.3),	år (dage)	0,28 (104)
- maks. måned,	år (dage)	13
- min. måned,	år	0,16 (59)
1)Opholdstid (fraførsel):		
- år (1.1.-31.12),	år (dage)	0,64 (235)
- sommer (1.5.-30.9),	år	1,2
- vinter (1.12-31.3),	år (dage)	0,36 (130)
- maks. måned,	år (dage)	4,2
- min. måned,	år	0,18 (65)

Bemærkninger:

1) Ved beregning af opholdstider er ikke foretaget korrektion for ændringer af vandvolumen i søen.

5. Kilder til stoftilførsel.

Dette afsnit giver en oversigt over de forskellige kilder, som giver anledning til stoftilførsel til søen. Der er her i særlig grad lagt vægt på tilførslen af kvælstof og fosfor.

5.1 Spildevand fra renseanlæg.

Der findes ingen renseanlæg i oplandet til Lange Sø.

5.2 Spildevand fra spredt bebyggelse.

Udledningen af husspildevand fra spredtliggende bebyggelse sker - normalt efter rensning i hustank - til rørledning med forbindelse til vandløb eller sø, eller nedsives. Vurdering af spildevandstilførslen fra spredt bebyggelse kræver derfor nøje gennemgang af spildevandsforholdene ved samtlige ejendomme inden for et givet opland. Noget sådant er ikke foretaget ved denne undersøgelse.

Spildevandsbidraget fra spredt bebyggelse er i den følgende oversigt på standardiseret vis opgjort i personækvivalenter (PE) for deloplandene til søen og for søens samlede opland. Opgørelsen er foretaget ved tælling af ejendomme på Geodætisk Instituts kort i målestokken 1:25.000. Det er endvidere forudsat, at hver ejendom i gennemsnit bebos af 3 personer.

	Tilløb 1	Tilløb 3	Resterende opland	Samlet opland
Opland (ha)	421	76	57	554
Antal ejendomme *)	48	5	3	56
Antal PE **)	144	15	13 ***)	172
Antal PE/ha	0,3	0,2	0,2	0,3
Fordeling af PE (%)	84	9	8	100

*) Antal ejendomme er optalt på kort (1:25.000 fra 1983).

**) 3,0 PE/ejendom (landzone).

***) Heraf 1 PE stammende fra skøn over benyttelse af offentligt toilet.

Hustankene i oplandet til Lange Sø tømmes automatisk via kommunens faste tømningsordning en gang om året samt efter behov.

Ved beregning af kvælstof- og fosforbidraget i form af spildevand fra spredt bebyggelse er der som udgangspunkt anvendt følgende standardberegningsmetode (jf. tabel 8.1 og afsnit 9):

Total kvælstof - antal PE x 0,5 x 4,00 kg/PE år.
Total fosfor - antal PE x 0,5 x 1,31 kg/PE år.

Det fremgår heraf, at det antages, at kun halvdelen af de producerede stofmængder når frem til overfladerecipienter (vandløb/søer).

5.3 Andre kilder til stoftilførsel.

Gårdbidrag.

Betegnelsen dækker udledning af møgsafter og ensilagesaft fra landbrugsejendomme. Sådanne udledninger er ulovlige og forventes derfor i princippet at være bragt til ophør i forbindelse med kommunernes tilsyn med landbrugsejendommene. Det kan til trods herfor ikke udelukkes, at der i perioder forekommer udledninger af møgsafter og ensilagesaft til tilløbene til søen.

Markbidrag.

Betegnelsen dækker de stofmængder, som fraføres landbrugsarealer via dræn, udsivning eller overfladisk afstrømning. Markbidragets størrelse afhænger af mange faktorer, fx gødningsforbrug, gødskningstidspunkt, afgrøde og nedbørsforhold. Til markbidrag bør også henregnes stofmængder, som fraføres kulturer af juletræer og pyntegrønt, der normalt tilføres betydelige mængder gødning.

Basisbidrag.

Betegnelsen dækker de stofmængder, som fraføres arealer, som henligger i "naturlig tilstand", dvs. uden egentlig dyrkning og tilførsel af gødning. Sådanne arealer omfatter ugødede skovområder og andre udyrkede områder.

Atmosfærisk bidrag.

Der tilføres både kvælstof og fosfor til søen som følge af atmosfærisk nedfald (nedbør, tørdeposition) direkte på søoverfladen.

Målinger af det atmosfæriske nedfald er forbundet med store vanskeligheder. Derfor anvendes her følgende standardværdier (erfaringstal) for det årlige nedfald: 20 kg total N/ha og 0,15 kg total P/ha.

Nedbør og tørdeposition bidrager omtrent lige meget til det atmosfæriske nedfald på årsbasis. Det er dog ikke på meningsfuld måde muligt at angive det atmosfæriske bidrag fx. på månedsbasis eller for andre delperioder af et år.

Særlige bidrag.

Der foretages årligt opfodring af ca. 600 ænder i Langesø. Opfodringen finder sted med henblik på jagt.

Fodringen er af en sådan størrelse, at den stort set dækker ændernes foderbehov. Den del af ændernes affaldsprodukter, som tilføres søen, skal derved medregnes til den øvrige stoftilførsel til søen.

Belastningen af Lange Sø via andeopfodring kan (jf. oplysninger fra Jesper Madsen, Miljøministeriets Vildtforvaltning) beregnes til henholdsvis 26,2 kg N/år og 11 kg P/år. Med udgangspunkt i fosfor svarer denne belastning til 8 PE.

Endelig tilføres Lange Sø næringsstoffer i forbindelse med løvfald. Selvom søen for en stor del er skovomkranset, skønnes dette bidrag at være af forholdsvis ringe betydning (opgjort til ca. 11 kg N/år og 1,5 kg P/år, jf. Szczepanski, A. (1965): Decidous leaves as a source of organic matter in lakes. Pol. Arch. Hydrobiol. 15, s. 51-77).

6. Vandkemiske/biologiske forhold i tilløbene til søen.

Undersøgelsen af de vandkemiske forhold i tilløbene til søen er udført som beskrevet i tabel 2.1 og 2.2. Målestationernes placering er vist på figur 1.3.1.

De vandkemiske forhold i tilløbene er nærmere beskrevet i Fyns Amt (april 1990): Vandmiljøovervågning. De ferske vande: Vandløb, kilder og dræn, 1989.

Der henvises derfor til denne rapport.

I samme rapport er endvidere beskrevet forureningsgraden ved målestationerne i begge tilløb til søen (biologisk overvågning af vandkvaliteten).

Resultaterne herfra har ikke direkte betydning for en vurdering af kvælstof- og fosforbelastningen af søen.

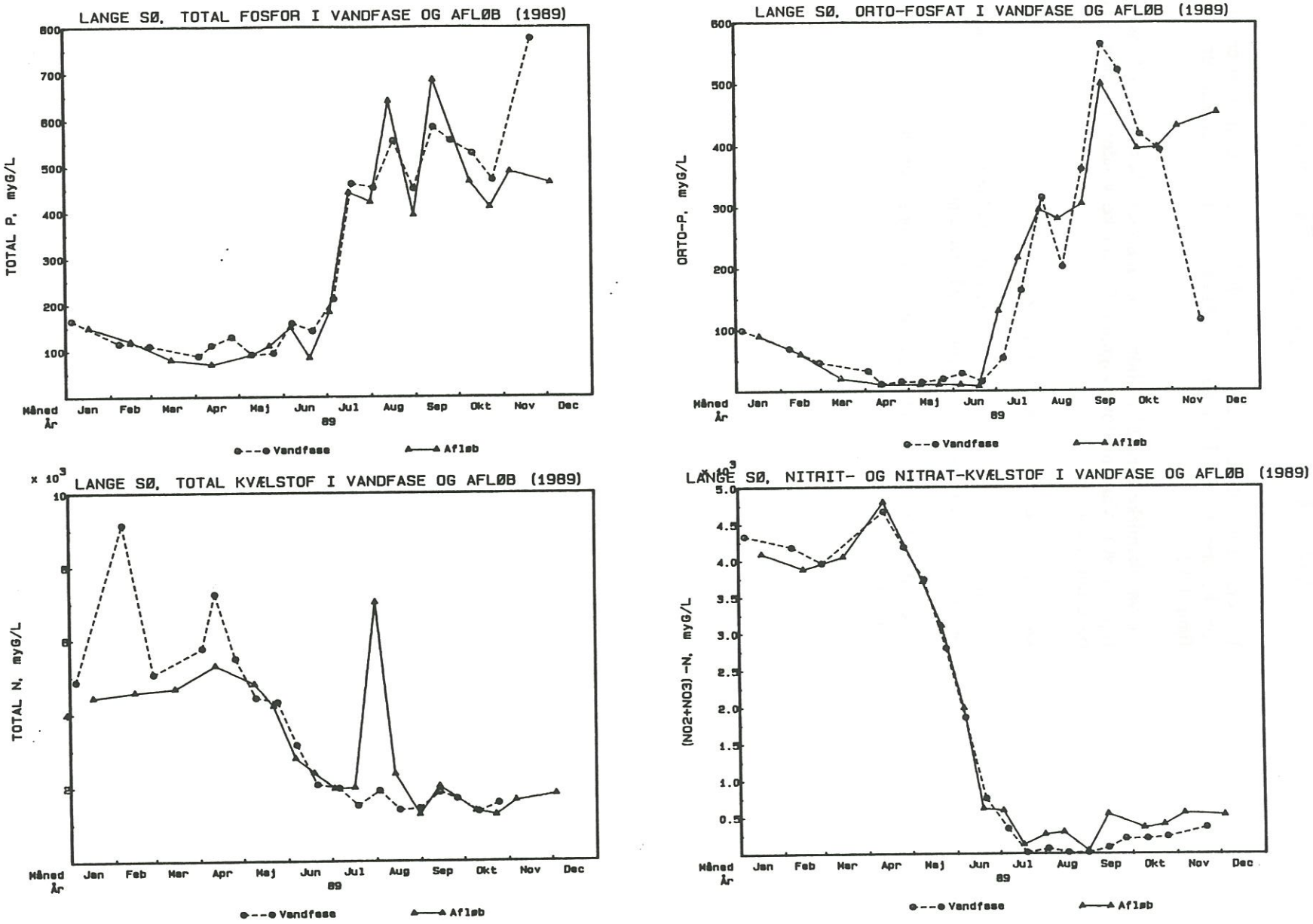


Fig. 7.1 Sammenligning mellem indhold af total fosfor, opløst uorganisk fosfor (orto-fosfat), total kvælstof og (nitrit+nitrat)-kvælstof i søvand og afløbsvand fra Lange Sø.

7. Vandkemiske forhold i afløbet fra søen.

Undersøgelsen af de vandkemiske forhold i søens afløb er udført som beskrevet i tabel 2.1 og 2.2. Målestationens placering er vist på figur 1.3.1.

Årsvariationen i søafløbets indhold af total fosfor, opløst uorganisk fosfor (orto-fosfat), total kvælstof og (nitrit+nitrat)-kvælstof er vist på figur 7.1. På samme figur er afbildet årsvariationen i søvandets indhold af disse stoffer.

Det fremgår, at der for alle disse stoffer er rimelig god overensstemmelse mellem koncentrationsforløbet i søvand og afløbsvand.

De vandkemiske forhold i afløbet er yderligere beskrevet i Fyns Amt (april 1990): Vandmiljøovervågning. De ferske vande: Vandløb, kilder og dræn, 1989.

Tabel 8.1
Årlig stoftilførsel til og stoffraførsel fra
Lange Sø, 1989.

	Total N		Total P		Orto-P		Total Fe		Total Ca		Silikat-Si	
	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha
Årlig stoftilførsel fra målte deloplande:												
Total tilførsel	6500		250		110		950		75800		3200	
Spredt bebyggelse	1)320		2)100		}100							
Åbent landbidrag	4800		120									
Arealkoefficient		9,7		0,24		0,21		1,9		150		6,5
Basis arealbidrag	3)1300		3)30		3)11							
Arealkoefficient		2,6		0,060		0,022						
Årlig stoftilførsel fra umålte deloplande:												
Total tilførsel	730		26		13		110		0		370	
Spredt bebyggelse	1)26		2)8,5		} 12							
Åbent landbidrag	550		14									
Basis arealbidrag	3)150		3)3,4		3)1,3							
Årlig stoftilførsel til søen:												
Total tilførsel	7600		290		130		1100		84500		3600	
Spredt bebyggelse	340		110		}110							
Åbent landbidrag	5400		130									
Basis arealbidrag	1500		33		12							
Atmosfærisk bidrag	340		2,6									
Særlige bidrag (andefodring)	26		11									
Årlig stoffraførsel fra søen:	1300		140		86		110		65000		830	
Netto stoftilbageholdelse i søen m.v. (+) /netto stofafgivelse fra søen (-)	+6300		+150		+44		+990		+19500		+2800	

Bemærkninger:

1) Bidraget fra spredt bebyggelse er beregnet som: Antal PE x 0,5 x 4,00 kg total N/PE år.

2) Bidraget fra spredt bebyggelse er beregnet som: Antal PE x 0,5 x 1,31 kg total P/PE år.

3) Basisbidraget er beregnet ud fra årsmiddelkoncentrationer af N og P i skovvandløbet "Afløb fra Holstenshus Gl. Dyrehave", der kan betragtes som en reference for et naturvandløb (1,76 mg total N/l, 0,042 mg total P/l, 0,015 mg orto-P/l.

8. Søens massebalance.

Dette afsnit beskriver massebalancen for Lange Sø for en række stoffer, som enten direkte har betydning for vandplanters vækst (næringsstofferne kvælstof, fosfor og silicium), eller har betydning for tilbageholdelsen af disse næringsstoffer (jern, calcium) i søen.

Ved massebalancen for et givet stof forstås her forskellen mellem tilførsel og fraførsel af stoffet.

Tilførslen af de nævnte stoffer via de 2 betydende tilløb til søen er beregnet ud fra udførte målinger (jf. tabel 2.2 og 2.3). Den samlede stoftilførsel herfra (målte deloplande) er dernæst omregnet som stoftilførsel pr. areal af de målte deloplande (arealkoefficient) (jf. afsnit 1.3). Under antagelse af, at arealkoefficienten er ens for de målte og umålte deloplande, er stoftilførslen fra de umålte deloplande herefter beregnet. Summen af de målte/beregnede tilførsler udgør den samlede stoftilførsel fra søens opland ved afstrømning.

Hertil skal lægges et atmosfærisk bidrag på selve søoverfladen (jf. afsnit 5.3). Dette bidrag er kun opgjort for kvælstof og fosfor. Stoffraførslen fra søen er beregnet ud fra målinger i søens afløb.

Den målte/beregnede stoftilførsel og stoffraførsel for hele 1989 er vist i tabel 8.1 (for alle de nævnte stoffer) og for perioden 1.5-30.9 i tabel 8.2 (for kvælstof og fosfor).

Tabel 8.1 viser endvidere bidragene af kvælstof og fosfor fra forskellige kilder. Bidragene i form af spildevand fra spredt bebyggelse og afstrømning fra landbrugsarealer m.v. omtales nærmere i afsnit 9.

Tabel 8.2
Stoftilførsel og stoffraførsel for Lange Sø i perioden 1.5-30.9 (sommer), 1989.

	Total N kg	Total P kg
Stoftilførsel fra målte deloplande	600	29
Stoftilførsel fra umålte deloplande	69	3,4
Stoftilførsel ved opfodring af ænder	26	11
Samlet stoftilførsel til søen	700	43
Stoffraførsel fra søen	550	43
Netto stoftilbageholdelse i søen m.v. (+) /Netto stofafgivelse fra søen (-)	+150	0

Bemærkninger: Stoftilførsel ved atmosfærisk bidrag er ikke medtaget, jf. afsnit 5.3. Bidraget udgør på årsbasis ca. 4 og 1% af den samlede tilførsel af henholdsvis total kvælstof og total fosfor.

Derudover angiver figur 8.1 og 8.2 for alle de nævnte stoffer månedstilførsler ved tilstrømning og månedsfraførsler for 1989.

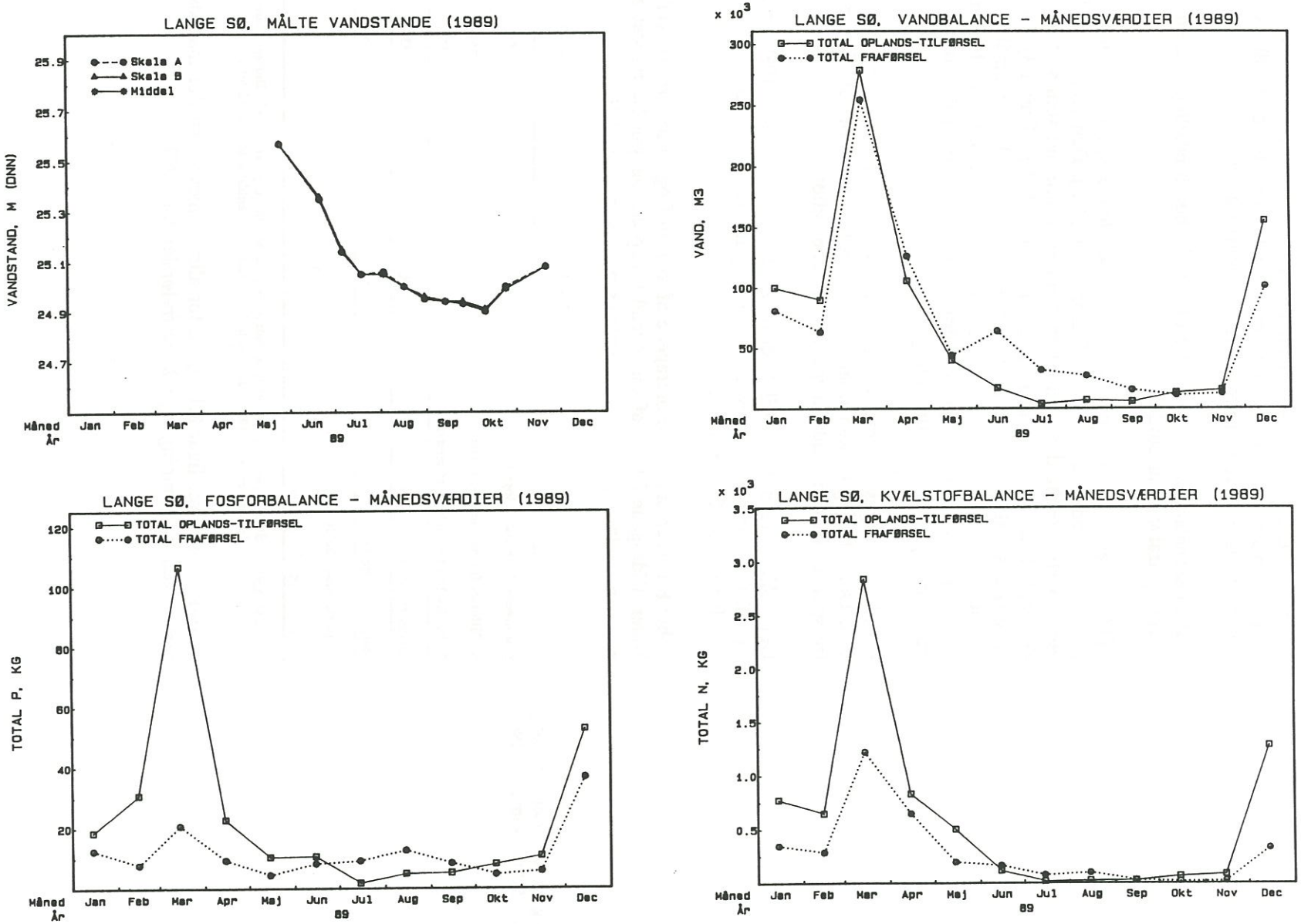


Fig. 8.1 Vandstand i, samt månedlige transporter af vand, kvælstof og fosfor til og fra Lange Sø. De angivne vand- og stoftilførsler hidrører fra søens samlede opland.

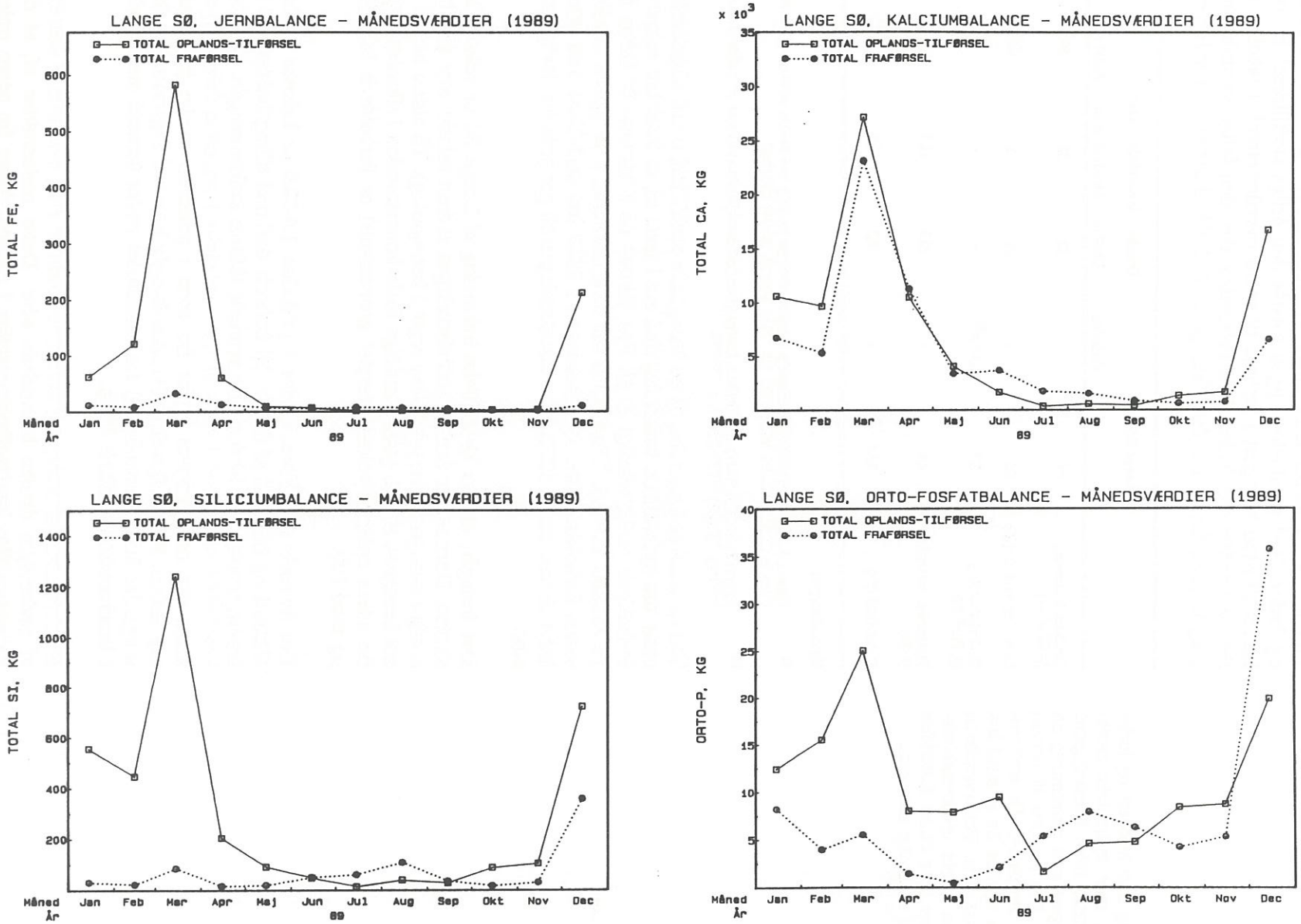


Fig. 8.2 Månedlige transporter af opløst uorganisk fosfor (orto-fosfat), jern, calcium og silicium til og fra Lange Sø. De angivne stoftilførsler hidrører fra søens samlede opland.

Endelig viser tabel 8.3 den såkaldte arealbelastning af søen med kvælstof og fosfor. Ved arealbelastningen forstås den årlige stoftilførsel fra oplandet til søen beregnet i forhold til søens overfladeareal. I tabellen er desuden anført den hydrauliske belastning, dvs. den årlige vandtilstrømning til søen fra dens opland beregnet i forhold til søens overfladeareal.

Tabel 8.3
Arealbelastning med kvælstof og fosfor af Lange Sø, samt hydrauliske karakteristika ved søen, 1989. Belastningerne er alene beregnet som afstrømning fra søens opland. Der henvises til teksten for nærmere forklaring. Til sammenligning angivet værdier fra et antal lavvandede danske søer. Fosforværdierne er fra tidligere stærkt spildevandsbelastede søer, men hvor denne fosforkilde er fjernet eller væsentligt reduceret.

	Lange Sø	Danske lavvandede søer			
		Variation	Median	Standard error	Antal søer
Kvælstof belastning (g N/m^2 år)	44	-	52	35	69[1)]
Netto kvælstoftab (%)	83	-	41	3	69[1)]
Fosforbelastning (g P/m^2 år)	1,7	1,1-6,6[2)]	-	-	3[2)]
Hydraulisk belastning (m/år)	4,8	-	12,3	11,8	559[1)]
Opholdstid (år)	0,64	-	0,3	0,3	14[1)]

Bemærkninger:

1) Jensen, J. P. et al. (1990): Relationship between nitrogen loading and in-lake nitrogen concentrations in shallow Danish lakes. Mitt. int. Verh. Limnol. (under trykning).

2) Jeppesen, E. et al. (1987): Lavvandede, hurtigt gennemstrømmede søers reaktion på nedsat fosforbelastning. Vand & Miljø 2/1987, s. 172-177.

Det er værd at bemærke, at de beregnede stoftilførsler ved afstrømning samt den hydrauliske belastning skal ses i lyset af, at 1989 har været et forholdsvis nedbørsfattigt år på Fyn (blandt de 9 tørreste år inden for de seneste 100 år). Tilsvarende har afstrømningen i de fynske vandløb været forholdsvis lav. Afstrømningen i 1989 har endvidere kun været halvt så stor som i 1988, hvor afstrømningen til gengæld var forholdsvis stor.

Det fremgår, at den hydrauliske belastning af Lange Sø er relativt beskeden. Derimod er fosforarealbelastningen sikkert relativt stor (det beskedne sammenligningsgrundlag taget i betragtning). Til støtte herfor er det beregnet, at den gennemsnitlige fosforkoncentration i afstrømningen fra søens opland (volumenvægtet gennemsnit) er forholdsvis høj (330 μg total P/l).

Det fremgår endvidere, at der i perioden 1.5-30.9 er balance mellem tilførsel og fraførsel af fosfor. På årsbasis derimod tilbageholdes 150 kg fosfor, svarende til 52% af den samlede tilførte fosformængde. Fosfortilbageholdelsen (tabet) i søen er især betydelig i perioden februar-april, mens der netto afgives fosfor fra søen i perioden medio juni-medio september. Fosforafgivelsen fra søen foregår især ved frigivelse af opløst uorganisk fosfor (orto-fosfat) fra sedimentet under forhold med iltsvind i bundvandet (se afsnit 10.1).

Kvælstofarealbelastningen forekommer relativt stor, svarende til flertallet af undersøgte danske lavvandede søer. Dette understøttes af, at den gennemsnitlige kvælstofkoncentration i afstrømningen fra søens opland (volumenvægtet gennemsnit) er forholdsvis høj (8800 μg total N/l).

For kvælstofs vedkommende er det beregnet, at der tabes betydende mængder i/fra søen ved sedimentation og denitrifikation (proces, hvorved der dannes frit kvælstof, N_2, der afgives til atmosfæren). Kvælstoftabet udgør således 230 kg og 6200 kg i henholdsvis perioden 1.5-30.9 og på årsbasis. Tabene svarer til henholdsvis 21 og 83% af de samlede tilførte kvælstofmængder. Kvælstoftabet er særlig stort i perioden januar-maj og november/december. Dette antyder, at tabet hovedsagelig sker i form af sedimentation af partikulært kvælstof, idet denitrifikationen (der er en biologisk proces) foregår langsomt ved de relativt lave temperaturer, som forekommer i perioden.

Det beregnede nettokvælstoftab er imidlertid bemærkelsesværdigt stort, dvs. dobbelt så stort som i andre undersøgte danske lavvandede søer. Forklaringen på dette forhold kræver en nøjere analyse i forbindelse med de fortsatte undersøgelser.

I søen tilbageholdes på årsbasis 78% af det tilførte silikat-silicium. Tilbageholdelsen sker formodentlig især ved bundfældning af de kiselalger, som benytter silicium i forbindelse med deres vækst. Tilbageholdelsen er især betydelig i perioden januar-medio maj og i december.

I søen tilbageholdes på årsbasis 90% af det tilførte total jern ved bundfældning. Tilbageholdelsen er især betydelig i perioden januar-april og i december. Det bundfældede total jern har betydning for tilbageholdelsen af fosfor i sedimentet.

Endelig tilbageholdes kun 23% af det tilførte total calcium i søen, formodentlig ved bundfældning af udfældet calciumcarbonat (kalk). Calcium har betydning for tilbageholdelsen af fosfor i sedimentet.

9. Kildeopsplitning af kvælstof- og fosfortilførslen til søen.

Som beskrevet i afsnit 5 tilføres der kvælstof og fosfor til søen fra flere forskellige kilder.

Heraf omfatter basis arealbidraget en stofmængde, som udvaskes/afstrømmer fra arealer, som ikke dyrkes/gødes. Dette bidrag er forsøgt beregnet ud fra målinger i et udvalgt skovvandløb ("Afløb fra Holstenshus Gl. Dyrehave"), der betragtes som repræsentativt for vandløb, der afvander udyrkede/ugødede arealer ("naturområder"). Vandløbet og de nævnte målinger er nærmere beskrevet i Fyns Amt (april 1990): Vandmiljøovervågning. De ferske vande: Vandløb, kilder og dræn, 1989.

Når det beregnede basis arealbidrag fratrækkes den målte/beregnede samlede stoftilførsel fra et givet delopland til søen, fås et restbidrag. Dette består i Lange Sø's tilfælde af et spildevandsbidrag fra spredt bebyggelse (jf. afsnit 5.2) og et åbent landbidrag. Dette sidste bidrag omfatter gårdbidrag og markbidrag (jf. afsnit 5.3).

I tabel 8.1 er på årsbasis foretaget en opgørelse over de forskellige kvælstof- og fosforbidrag til den samlede stoftilførsel til Lange Sø.

Opgørelsen viser, at langt størstedelen (71%) af kvælstoftilførslen til søen skyldes åbent landbidrag.

De største kilder til fosfortilførslen er spildevand fra spredt bebyggelse og åbent landbidrag (i alt 79%). Det beregnede åbne landbidrag er bemærkelsesværdigt stort og større end det beregnede bidrag fra spredt bebyggelse. Dette antyder, sammenholdt med den nedbørsfattige sommer, hvor spildevandet fra spredt bebyggelse i højere grad end ellers formodes at være trængt ned i jorden, fremfor at løbe til vandløb, at der indgår betydende gårdbidrag (ajle, møddingsvand m.v.) i åbent landbidraget.

Det atmosfæriske bidrag af kvælstof og fosfor synes at være af ret underordnet betydning, hvilket også er tilfældet for kvælstof- og fosforbidraget ved andefodring. Af tabel 8.2 fremgår dog, at en betydende del af fosfortilførslen i sommerperioden (26%) skyldes opfodring af ænder.

Det skal pointeres, at det kræver fortsatte og supplerende undersøgelser nøjere at belyse betydningen af de forskellige bidrag til kvælstof- og fosfortilførslen, ikke mindst hvad angår spredt bebyggelse og åbent landbidrag.

10. Fysisk-kemiske forhold i søen.

10.1 Vandfase.

Resultaterne af de i 1989 udførte fysisk-kemiske målinger i vandfasen af Lange Sø fremgår af figur 10.1.1 - 10.1.6 og tabel 13.2 (jf. afsnit 13).

Det skal ved fortolkning af resultaterne bemærkes, at der har været problemer med funktionen af den benyttede vandhenter til og med medio september, hvorfor indholdet af opløst uorganisk kvælstof og fosfor i bundvandet om sommeren kan have været højere end angivet i figur 10.1.3 - 10.1.4 (prøverne fortyndet med overfladevand).

I det følgende er de vigtigste resultater af undersøgelserne i 1989 kortfattet beskrevet, dog med enkelte henvisninger til erfaringer fra tidligere års undersøgelser.

I Lange Sø forekommer tidvis en springlagsdannelse (dvs. adskillelse af vandlag med forskellig temperatur) i forbindelse med vindstille perioder. Dette har også været tilfældet i 1989. Iltindholdet i søens bundvand bliver i disse perioder meget lavt. I enkelte tilfælde har iltindholdet været meget lavt i hele søens vandmasse (primo august under 5,3 mg/l, medio september under 2,7 mg/l).

Det fremgår, at søen er kalkrig og ret stærkt næringsberiget med en relativt ringe gennemsigtighed (gennemsnitlig sigtdybde 0,84 m i sommeren 1989) som følge af et højt indhold af især alger i søvandet. Medio september har der dog været en klarvandsperiode med en sigtdybde på 2,3 m (samtidig med iltsvindet i hele vandmassen).

I sommerperioden har søvandets indhold af total kvælstof og fosfor generelt været højt, dvs. gennemsnitlig henholdsvis 2400 og 330 μg/l (1400 - 4400 μg N/l, 90 - 590 μg P/l) i overfladen.

Indholdet af uorganisk kvælstof i overfladen har generelt været højt i årets første halvdel (januar - juni) og relativt lavt i perioden juli - august. For uorganisk fosfor forholder det sig helt anderledes, idet indholdet generelt er relativt lavt april-juni og højt medio juli-november. I gennemsnit for sommerperioden har søvandets indhold af disse stoffer dog været højt, dvs. henholdsvis 1100 og 190 μg/l i overfladen (22 - 3800 μg N/l, 14 - 570 μg P/l). Indholdet af ammonium-kvælstof har endvidere været højt i overfladen primo august, medio september og ultimo oktober, dvs. i perioder hvor algemængden har været lav (jf. afsnit 11).

De høje vinterværdier af total kvælstof og opløst uorganisk kvælstof (primo 1989) skyldes uden tvivl den betydelige tilførsel af kvælstof via afstrømningen fra søens opland i denne periode (søens opholdstid er relativt beskeden i vinterperioden).

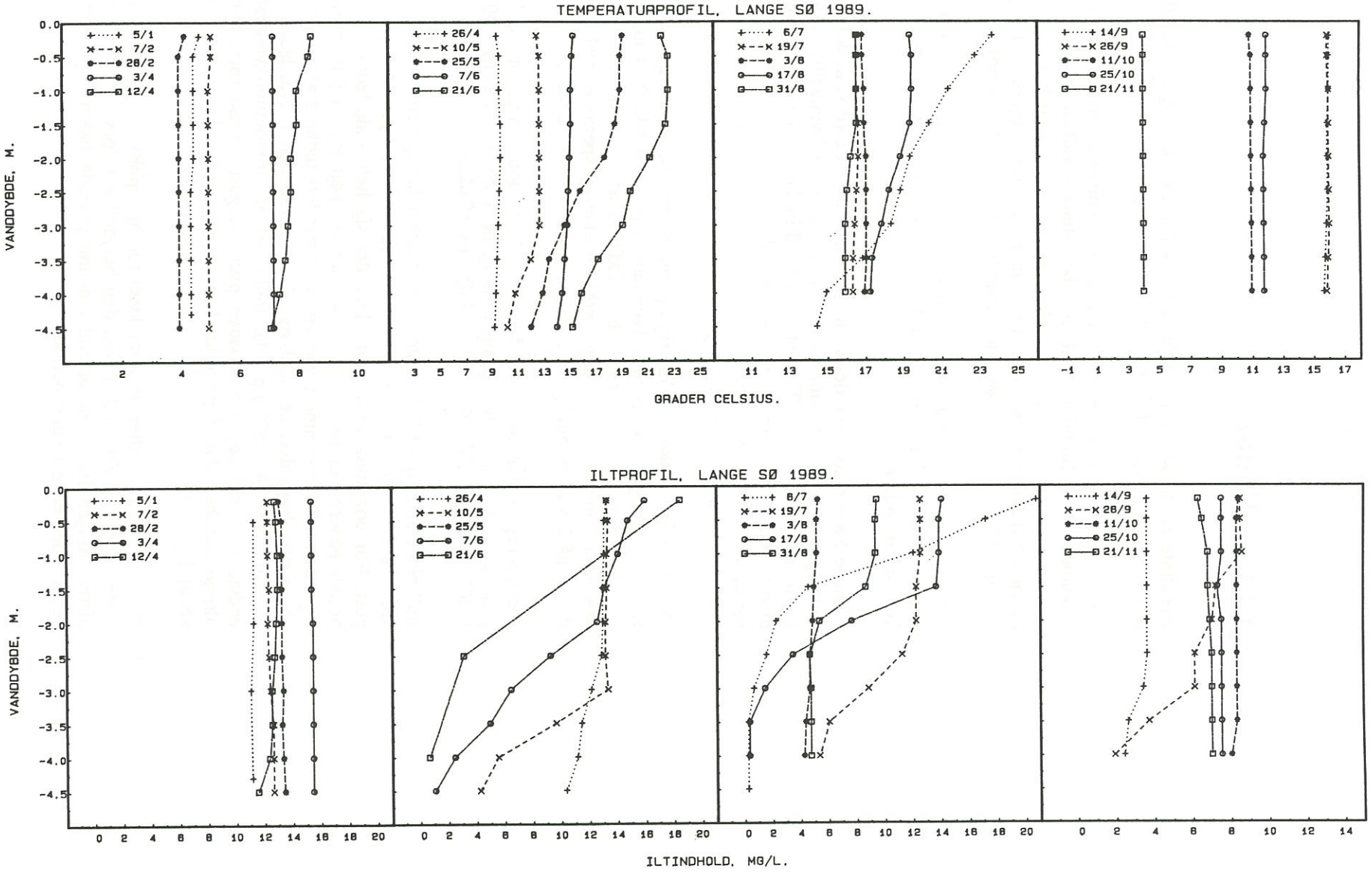
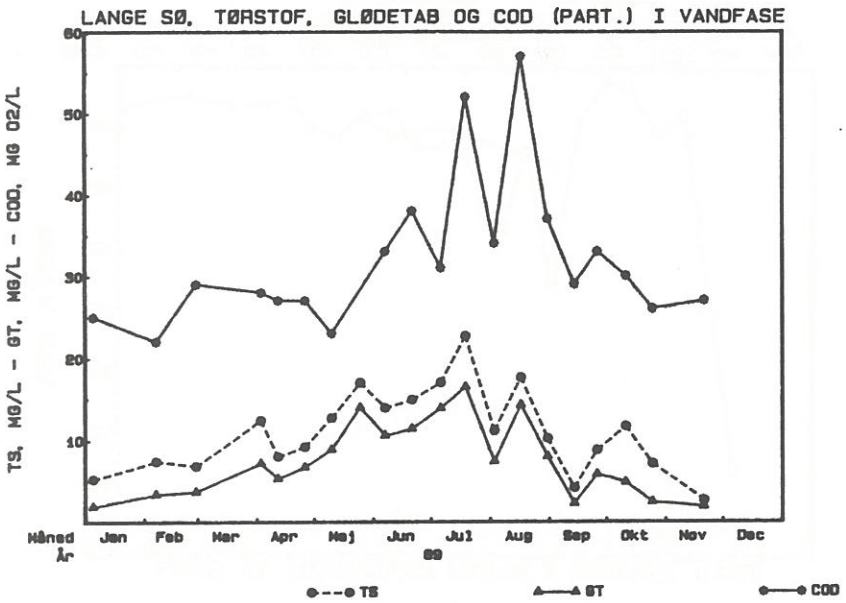
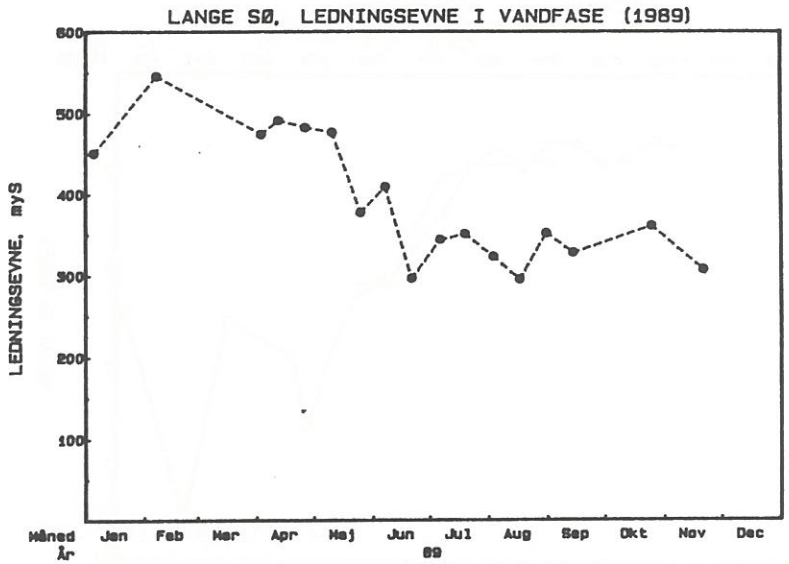


Fig. 10.1.1 Temperatur- og iltforhold i forskellige dybder af Lange Sø.





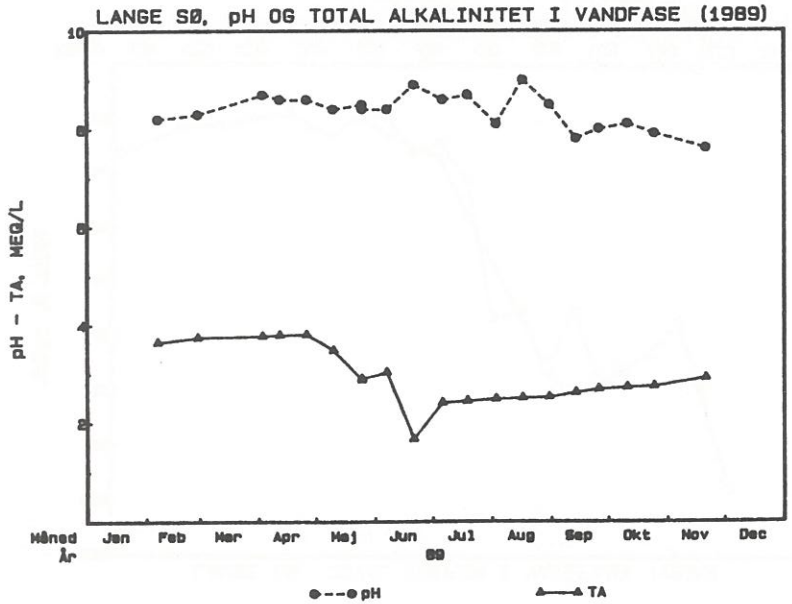


Fig. 10.1.2
Indhold af tørstof og organisk stof (målt som glødetab og kemisk iltforbrug, COD) i partikler, samt ledningsevne, surhedsgrad (pH) og indhold af basisk reagerende stoffer (total alkalinitet) i søvand fra Lange Sø.

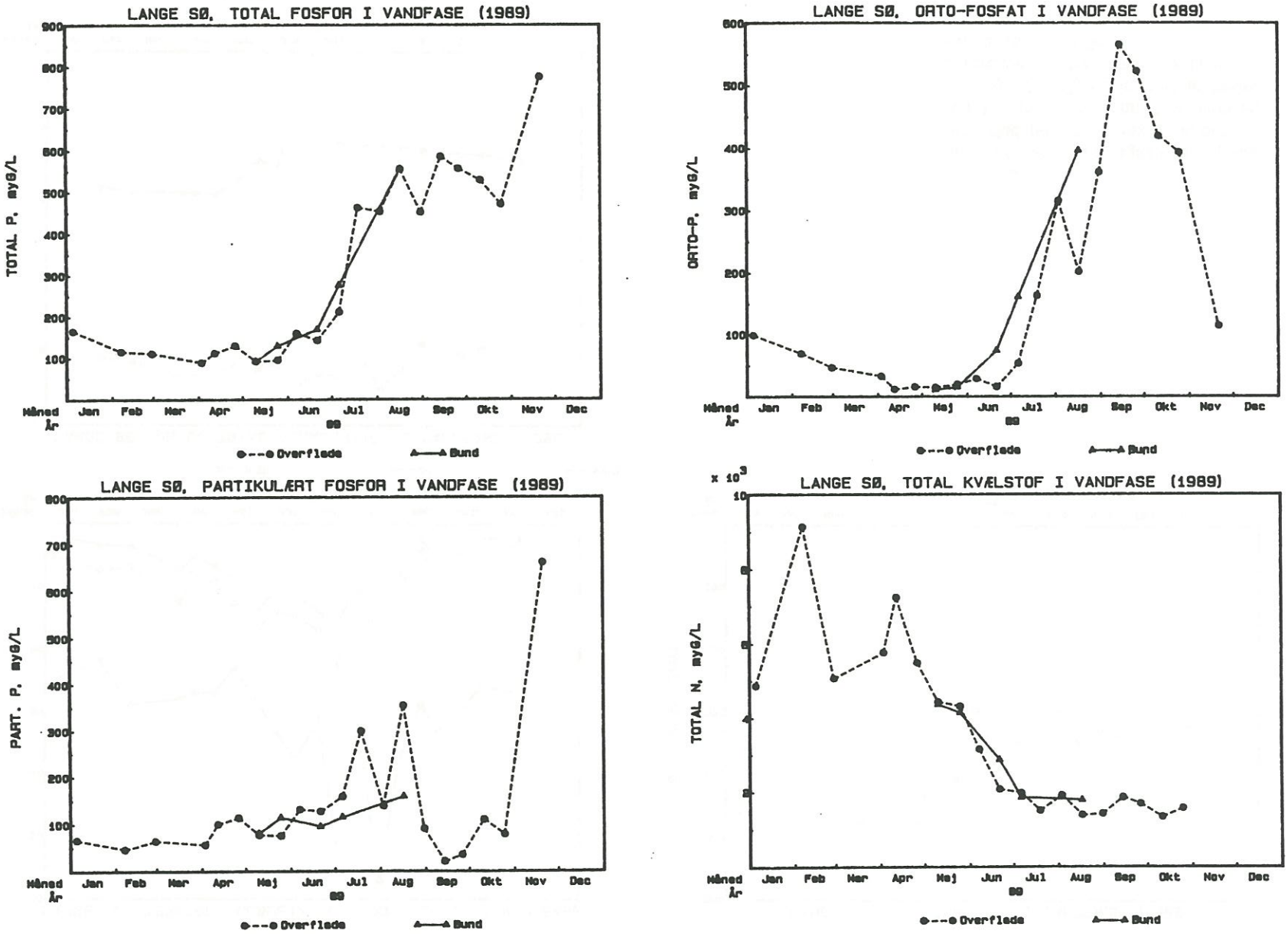


Fig. 10.1.3 Indhold af forskellige former for fosfor, samt total kvælstof i søvand fra Lange Sø. Indholdet af de øvrige former for kvælstof fremgår af figur 10.1.4.

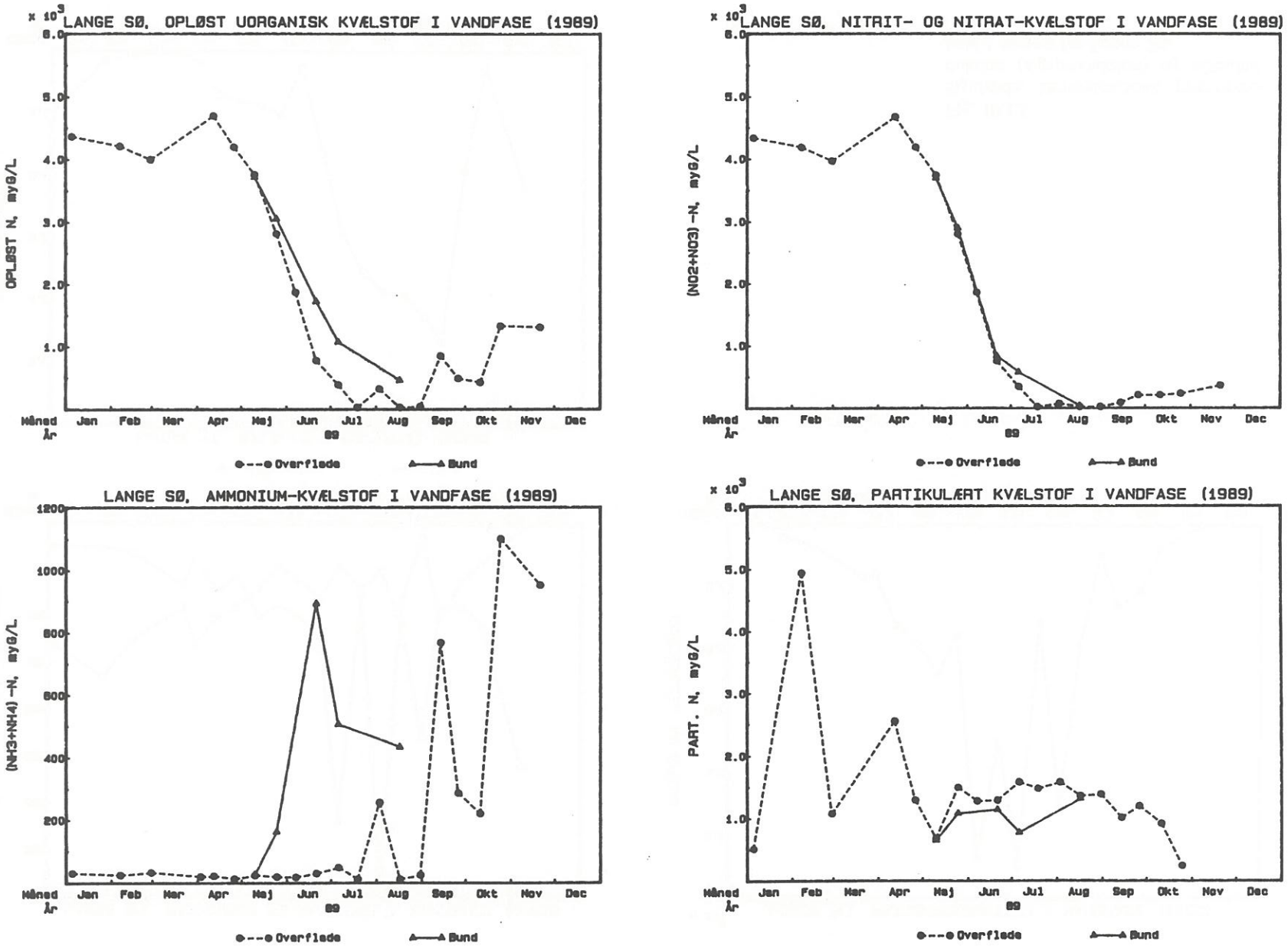
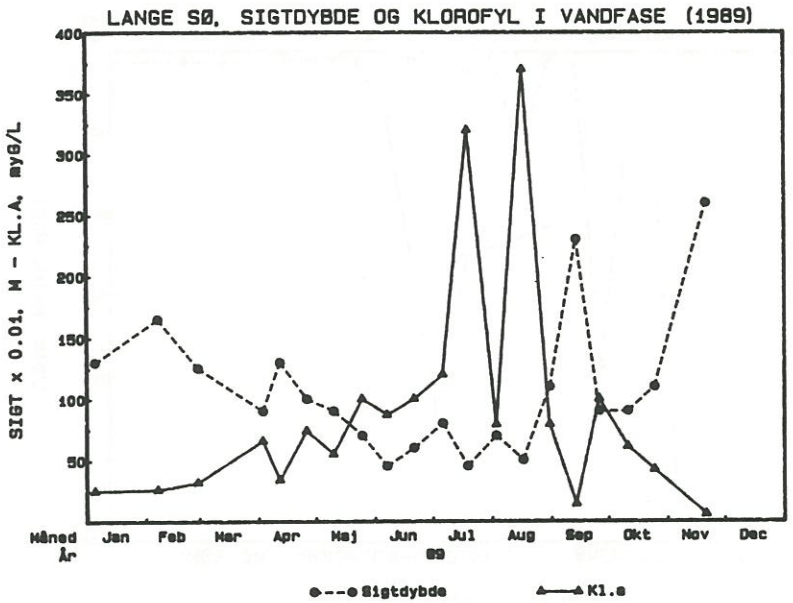
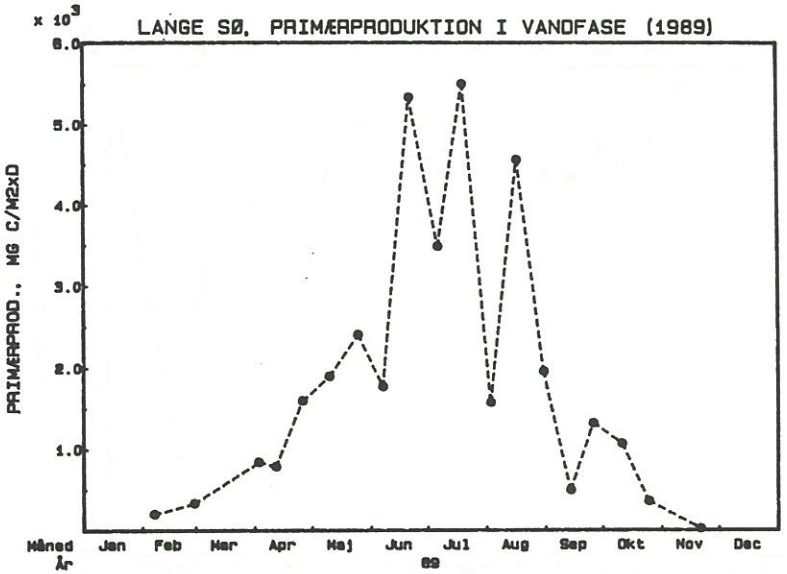


Fig. 10.1.4 Indhold af forskellige former for kvælstof i søvand fra Lange Sø (jf. også figur 10.1.3).





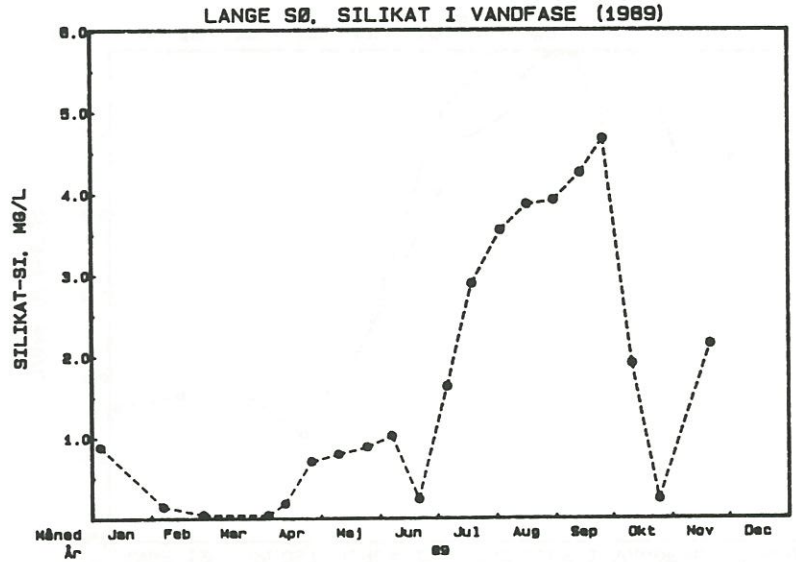


Fig. 10.1.5
Sigtdybde, klorofylindhold, primærproduktion (algeproduktion) og silikatindhold i søvand fra Lange Sø.

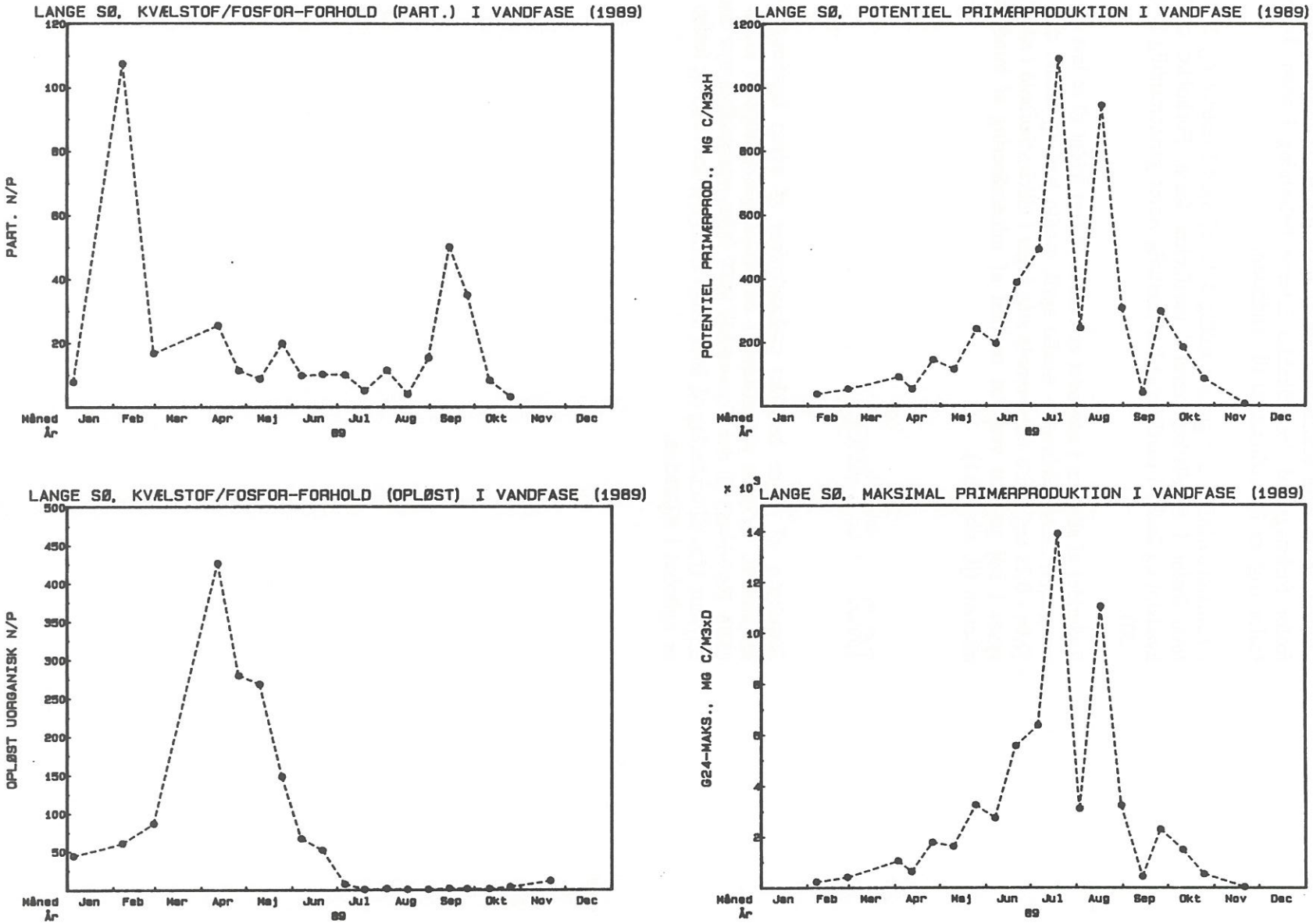


Fig. 10.1.6 Forhold mellem kvælstof og fosfor i henholdsvis partikulær og opløst form, samt potentiel og maksimal primærproduktion (algeproduktion) i søvand fra Lange Sø. Ved potentiel produktion forstås produktion målt i laboratoriet ved de for algerne bedst mulige lysforhold. Ved maksimal produktion forstås den beregnede størst mulige produktion, som kan opnås i selve søen i et givet vandlag.

Modsat er de høje efterårsværdier af total fosfor og opløst uorganisk fosfor forårsaget af den såkaldte interne belastning i søen, hvorved fosfor frigives fra sedimentet til vandfasen.

I sommerperioden har gennemsnitlig 54% af total kvælstof og 42% af total fosfor i overfladen været i partikulær form. Forholdet mellem kvælstof og fosfor i partiklerne har samtidig været gennemsnitlig 15 (3,8 - 50).

Indholdet af silicium i søvandet er i løbet af året faldet til et lavt niveau tre gange, nemlig februar - medio april, medio juni og medio oktober (0,04 - 0,23 mg/l). De observerede stigninger i siliciumindhold i søvandet synes i høj grad at være et resultat af mineralisering af bundfældet silicium (jf. afsnit 11).

10.2 Sediment.

Resultater af ældre kemiske undersøgelser af søens bundmateriale, sedimentet, vil blive præsenteret i en efterfølgende rapport pr. 1. juli 1990. Endvidere vil der i november 1990 blive gennemført nye undersøgelser bl.a. til vurdering af, hvor store mængder kvælstof og fosfor der er ophobet i søbunden.

11. Biologiske forhold i søen.

De biologiske forhold i Lange Sø vil blive mere detaljeret beskrevet i en efterfølgende rapport pr. 1. juli 1990. I det følgende gives derfor kun en kortfattet beskrivelse af de biologiske forhold i søens vandfase med henblik på at lette fortolkningen af resultater præsenteret i afsnit 10 og vurderingen af søens miljøkvalitet i øvrigt (jf. figur 10.1.5 - 10.1.6 og 11.1 - 11.2).

I søens vandfase forekommer generelt ret store mængder af mikroskopiske alger (fytoplankton). I 1989 har fytoplanktonmængden (målt som klorofylindhold) været størst medio juli og medio august (op til henholdsvis 320 og 370 μg klorofyl/l). Klorofylindholdet har imidlertid svinget en del, idet der to gange er observeret et meget stærkt fald i algemængden, nemlig primo august og igen ultimo august. Medio september har klorofylindholdet været meget lavt (14 μg klorofyl/l) og søvandet derfor meget klart. Produktionen af alger i søvandet har generelt været høj i sommerperioden (gennemsnitlig 2800 mg C/m^2 d, maksimalt 5500 mg C/m^2 d), men lavest medio september (490 mg C/m^2 d). På årsbasis er fytoplanktonproduktionen beregnet til 510 g C/m^2 år.

I vinter- og forårsmånederne (indtil april) og om efteråret har kiselalger udgjort en meget væsentlig del af fytoplanktonet. Disse alger udnytter silicium til opbygning af deres skaller. Opvækst af disse alger medfører derfor et fald i siliciumindholdet i søvandet. Dette gælder også i juni måned, hvor kiselalger i øvrigt har udgjort en ringe del af fytoplanktonet (jf. afsnit 10).

I sommerperioden domineres fytoplanktonet fuldstændig af grønalger. Heraf har en enkelt art (Carteria sp.) været meget dominerende ultimo juni - ultimo august (65 - 97% af det totale algevolumen). De observerede voldsomme svingninger i søvandets klorofylindhold skyldes primært svingninger i mængden af denne alge. Algen synes i øvrigt forsvundet fra planktonet medio september.

Mængden af mikroskopiske dyr i vandfasen (zooplankton) er generelt lavere end i Arreskov Sø (en af de 2 øvrige fynske overvågningssøer), som har et kvælstof- og fosforindhold af samme størrelsesorden som i Lange Sø. Mest talrigt udviklet har zooplanktonet været medio juni og ultimo august. Der kan ikke umiddelbart konstateres nogen nær sammenhæng mellem svingninger i mængden af zooplankton og mængden af Carteria sp. i sommerperioden.

De kraftige fald i fytoplanktonmængden om sommeren har imidlertid forekommet samtidig med, at iltindholdet er lavt i hele vandmassen. Resultaterne antyder, at de observerede fald i algemængde primært skyldes egentlige algesammenbrud, hvor algerne efter kraftig opvækst falder hen og nedbrydes under et stort iltforbrug. Årsagen hertil kan være mangel på plantetilgængeligt kvælstof (opløst uorganisk kvælstof). Ved nedbrydning af alger frigøres ammonium-kvælstof, hvorefter fornyet opvækst af alger bliver mulig. Det skal yderligere bemærkes, at indholdet af opløst uorganisk fosfor i søvandet generelt er højt i den periode, hvor Carteria sp. forekommer talrigt i fytoplanktonet.

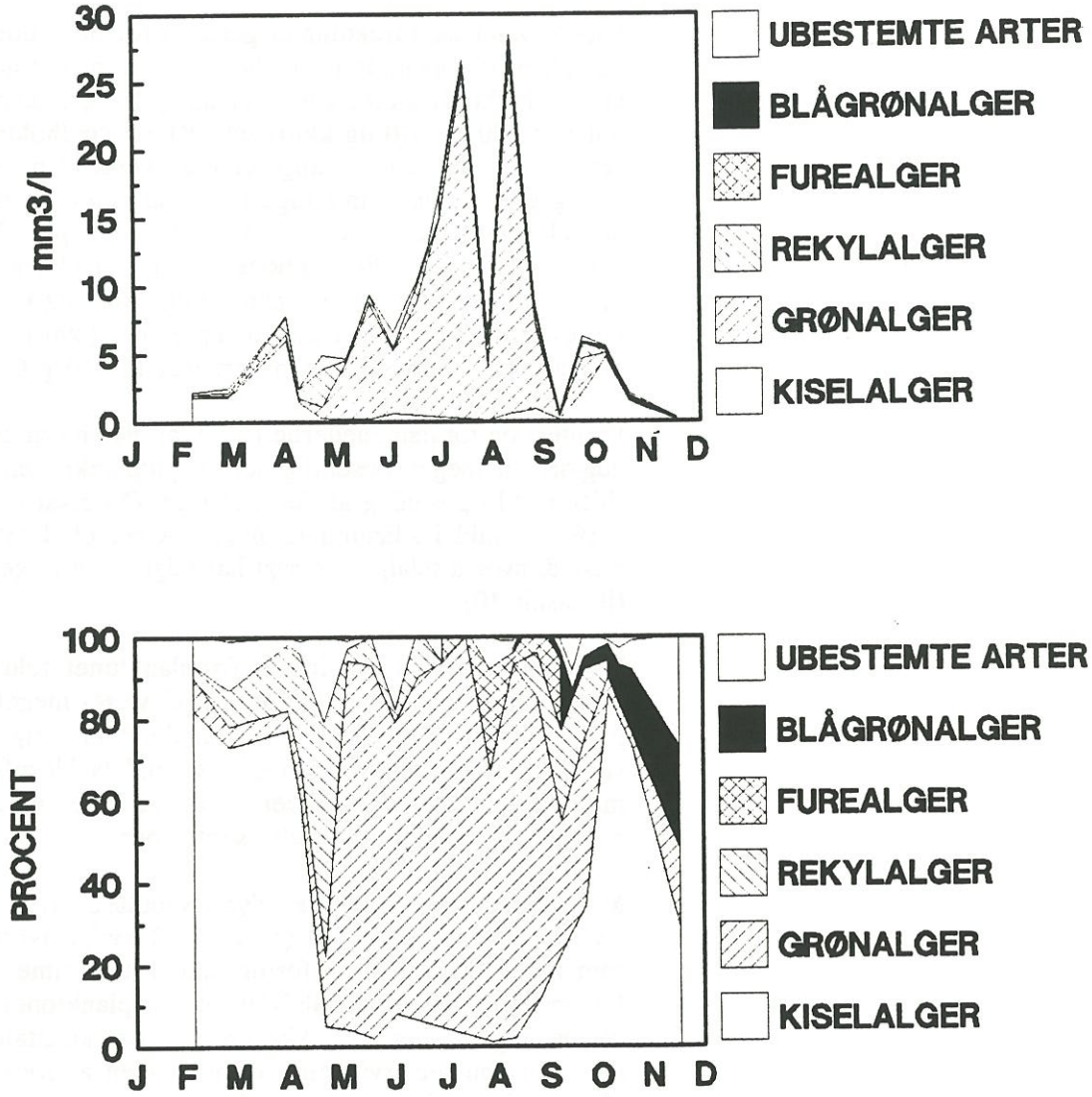


Fig. 11.1
Fytoplanktonvolumen og relativ fordeling af algegrupper (på volumenbasis) i fytoplanktonet i Lange Sø, 1989.

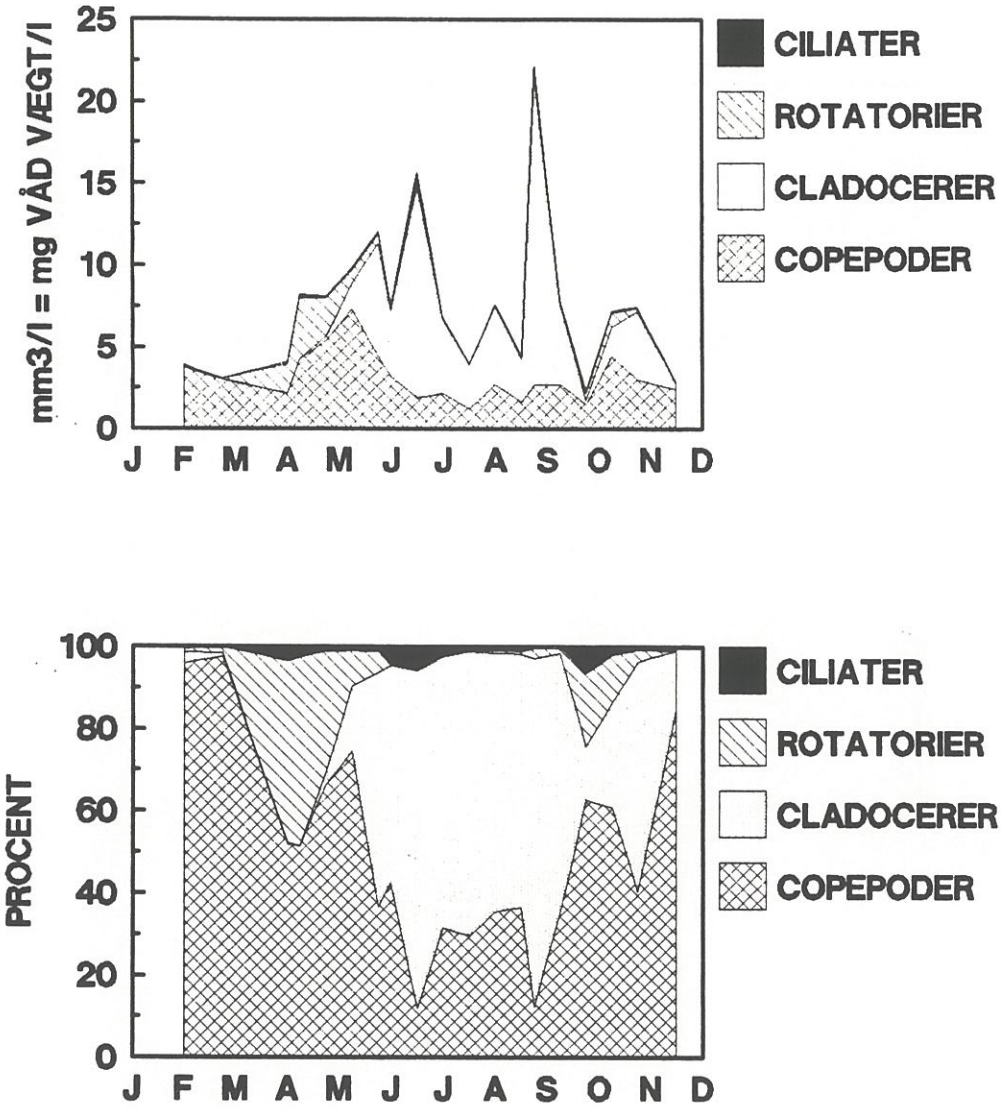


Fig. 11.2
Zooplanktonvolumen og relativ fordeling af dyregrupper (på volumenbasis) i zooplanktonet i Lange Sø, 1989.

12. Behov for fortsat overvågning og resultatvurdering.

De fysisk-kemiske og biologiske forhold i søen kan variere betydeligt fra år til år. Dette skyldes primært, at vejrforholdene (temperatur, vind, nedbør, lysindstråling) kan være meget forskellige de enkelte år. Derudover kan der i oplandet til søen ske ændringer i arealanvendelsen, som kan få betydning for miljøtilstanden i søen. Dette gælder også ændringer, som ikke direkte er betinget af vandmiljøplanen, fx ændringer i drift af skovene (skovrydning, skift i anvendelse af træarter). Det fremgår endvidere, at visse forhold i forbindelse med vurdering af søens tilstand og belastning med næringsstoffer ikke er fuldt oplyste.

Det er derfor nødvendigt, at overvågningen fortsættes over en årrække, at der foretages visse supplerende undersøgelser, og at de fundne resultater til stadighed nyvurderes i takt med den forøgede viden om søens tilstand og udvikling.

Blandt de forhold, som bør belyses nærmere, er følgende:

- Betydningen af arealanvendelse og udledning fra spredt bebyggelse for næringsstofbelastningen af søen.

- Søens afløbsforhold, herunder betydningen af stemmeværksdriften for den beregnede vand- og stofbalance.

- Størrelsen af den fosforpulje i søbunden, som kan frigives til vandfasen.

Herefter kan foretages en nærmere vurdering af søens vand- og stofbalance (herunder jern-, calcium- og siliciumbalancen) og den forventede fremtidige udvikling i søens miljøtilstand og belastning.

Tabel 13.1 Oversigt over tidligere udførte fysisk-kemiske og/eller biologiske undersøgelser, der beskriver miljøkvaliteten i Lange Sø før 1989.

Otterstrøm, C.V. (upubl.):	Notat om Lange Sø, 12.-15. oktober 1927. Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, 14 s.
Fyns Amtskommune og Vandkvalitetsinstituttet (1974):	Miljøbeskyttelse. Forundersøgelser af søer, moser og nor i Fyns Amt. Beretning om 63 vandområder i amtet, 154 s.
Vandkvalitetsinstituttet (1975):	Recipientundersøgelse af Sørup Sø, Hvidkilde Sø, Nielstrup Sø, Ollerup Sø, Brændegård Sø, Nørresø, Arreskov Sø. Udført for Fyns Amtskommune 1973-74, 107 s. + bilag.

13. Tidligere undersøgelser.

Der findes så vidt vides yderst få oplysninger om, hvordan miljøkvaliteten tidligere har været i Lange Sø (jf. tabel 13.1). C. V. Otterstrøm (upubl. notat) har således i oktober 1927 foretaget enkelte undersøgelser af søen. Det er da konstateret, at sigtdybden om efteråret har været 1,60 meter (enkeltmåling), og at søsedimentet har bestået af et tykt, lyst dyndlag. Søen har dengang været i besiddelse af en smal rørsump, en flydebladszone i vest- og østenden og en generelt rig undervandsvegetation (rankegrøde) med Kruset Vandaks, Hornblad og især Tusindblad.

Først mange år senere har Fyns Amt iværksat undersøgelser i søen, første gang i 1972-1973. Sigtdybden har da været 0,50-1,00 meter i sommermånederne (4 målinger) og 1,10-1,50 meter i vintermånederne (2 målinger). Der er endvidere konstateret et meget lavt iltindhold i hele søens vandmasse i september 1972 (under 5,3 mg/l).

Fyns Amt har herefter undersøgt søen i perioderne 1981 og 1987-1989. Resultaterne heraf fremgår af figur 13.1 og tabel 13.2. Fyns Amt har derudover undersøgt vegetationen i søen i 1984 og 1988 uden at finde rester af den før så rigt udviklede rankegrøde.

En sammenligning af resultater fra forskellige år bør altid foretages med forsigtighed, idet bl.a. de eksakte vejrforhold de enkelte år har meget stor betydning for de fysisk-kemiske og biologiske forhold i selve søen og for vand- og stoftransporterne til og fra søen. 1989 har i denne forbindelse været et forholdsvis varmt år med 6% flere solskinstimer (og dermed større lysindstråling) end normalt. Både temperatur og lysindstråling har indflydelse på fytoplanktonets vækst. Samtidig har året været forholdsvis nedbørsfattigt og afstrømningen fra oplandet forholdsvis lav (jf. afsnit 8).

Yderligere kan de anvendte måle- og beregningsmetoder have været forskellige de enkelte år. Dette gælder fx for metoden til analyse af klorofyl, idet denne er ændret pr. 8. marts 1985 (skift fra acetone- til ethanol-ekstraktion).

Med disse forbehold foretages i det følgende en sammenligning af udvalgte resultater, der belyser eventuelle ændringer af miljøkvaliteten i Lange Sø i perioden 1981 og 1987-1989.

Af figur 13.1 ses, at sigtdybden i størstedelen af sommeren i de fire undersøgte år har været af samme størrelsesordenen. Forekomst af særlig stor sigtdybde er dog i 1989 observeret i forbindelse med et formodet algesammenbrud (jf. afsnit 11). Indholdet af klorofyl og total kvælstof har ligeledes været af samme størrelsesorden en stor del af sommeren i de fire år, dog med en tendens til en lidt længere periode med et højt indhold heraf i 1981. Karakteristisk er endvidere, at indholdet af total fosfor i søvandet generelt har været lavere i 1981 end de øvrige år, uden at klorofylindholdet samtidig har været formindsket. Dette antyder, at plantetilgængeligt fosfor findes i så rigelig mængde om sommeren, at dette næringsstof ikke er begrænsende for fytoplanktonets vækst.

Tabel 13.2 Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Lange Sø, station 2608201 - 2608202, i perioden 1981-89.

		1981	1987	1988	1989
Sigtdybde - sommer (1/5 - 30/9)					
Sigtdybde, gns.	(m)	0,77	0,67	0,72	0,84
Sigtdybde, 50%-fraktil	(m)	0,60	0,47	0,72	0,70
Sigtdybde, maks.	(m)	1,00	0,90	0,90	2,30
Sigtdybde, min.	(m)	0,40	0,45	0,39	0,45
Fosfor - sommer (1/5 - 30/9)					
Total fosfor, gns.	(µg P/l)	216	-	347	331
Total fosfor, 50%-fraktil	(µg P/l)	155	-	291	331
Total fosfor, maks.	(µg P/l)	424	-	611	585
Total fosfor, min.	(µg P/l)	110	-	77	91
Orto-fosfat, gns.	(µg P/l)	52	-	184	191
Orto-fosfat, 50%-fraktil	(µg P/l)	38	-	107	108
Orto-fosfat, 25%-fraktil	(µg p/l)	18	-	17	18
Orto-fosfat, maks.	(µg P/l)	78	-	371	565
Orto-fosfat, min.	(µg P/l)	14	-	16	14
Part. fosfor, gns.	(µg P/l)	164	-	162	140
Part. fosfor, 50%	(µg P/l)	96	-	106	109
Part. fosfor, 25%	(µg P/l)	76	-	71	65
Part. fosfor, maks.	(µg P/l)	386	-	418	354
Part. fosfor, min.	(µg P/l)	75	-	61	20
Kvælstof - sommer (1/5 - 30/9)					
Total kvælstof, gns.	(µg N/l)	2824	-	2752	2395
Total kvælstof, 50%-fraktil	(µg N/l)	2475	-	2155	1875
Total kvælstof, maks.	(µg N/l)	3850	-	4740	4420
Total kvælstof, min.	(µg N/l)	1950	-	1645	1375
Opl. uorg. kvælstof, gns.	(µg N/l)	1239	-	1362	1091
Opl. uorg. kvælstof, 50%-fraktil	(µg N/l)	818	-	742	435
Opl. uorg. kvælstof, 25%-fraktil	(µg N/l)	126	-	188	30
Opl. uorg. kvælstof, maks.	(µg N/l)	2493	-	3041	3753
Opl. uorg. kvælstof, min.	(µg N/l)	19	-	61	22
Part-N/Part-P - sommer (1/5 - 30/9)					
Part-N/Part-P, gns.		12	-	11	15
Part-N/Part-P, 50%-fraktil		10	-	8,3	10
Part-N/Part-P, maks.		16	-	28	50
Part-N/Part-P, min.		5,8	-	3,3	3,8

Tabel 13.2 Oversigt over fysisk-kemiske og biologiske forhold i Lange Sø, station 2608201 - 2608202, i perioden 1981-89.

		1981	1987	1988	1989
Primærproduktion - sommer (1/5 - 30/9)					
Primærproduktion, gns.	(mg C/m^2 d)	3467	-	1889	2788
Primærproduktion, 50%-fraktil	(mg C/m^2 d)	3576	-	1805	1918
Primærproduktion, 75%-fraktil	(mg C/m^2 d)	4508	-	2318	3747
Primærproduktion, maks.	(mg C/m^2 d)	5008	-	3601	5500
Primærproduktion, min.	(mg C/m^2 d)	2596	-	76	488
Klorofyl-a - sommer (1/5 - 30/9)					
Klorofyl-a, gns.	(µg/l)	156	89	105	130
Klorofyl-a, 50% fraktil	(µg/l)	73	82	66	94
Klorofyl-a, 75% fraktil	(µg/l)	199	99	114	105
Klorofyl-a, maks.	(µg/l)	422	135	260	370
Klorofyl-a, min.	(µg/l)	49	76	13	14
Øvrige variable - sommer (1/5 - 30/9)					
(Nitrit+nitrat)-kvælstof, gns.	(µg N/l)	1181	-	1147	966
Ammonium-kvælstof, gns.	(µg N/l)	59	-	215	125
pH, gns.		8,69	-	8,62	8,46
Total alkalinitet, gns.	(meq/l)	-	-	-	2,62
Total kuldioxid, gns.	(mmol/l)	2,61	-	2,47	2,60
Silikat, gns.	(mg Si/l)	2,2	-	2,4	2,4
Tørstof (part.), gns.	(mg TS/l)	15,7	-	18,5	13,7
Glødetab (part.), gns.	(mg TS/l)	12,7	-	14,0	10,4
COD (part.), gns.	(mg O_2/l)	-	-	-	36
Alle variable - vinter (1/12 - 31/3)					
Total fosfor, gns.	(µg P/l)	-	-	137	136
Orto-fosfat, gns.	(µg P/l	-	-	104	86
Total kvælstof, gns.	(µg N/l)	-	-	7388	5786
(Nitrit+nitrat)-kvælstof, gns.	(µg N/l)	-	-	6490	3994
Ammonium-kvælstof, gns.	(µg N/l)	-	-	55	43
pH, gns.		-	-	8,08	8,20
Total alkalinitet, gns.	(meq/l)	-	-	-	3,7
Total kuldioxid, gns.	(mmol/l)	-	-	3,17	3,6
Silikat, gns.	(mg Si/l)	-	-	4,7	0,3
Tørstof (part.), gns.	(mg/l)	-	-	5,5	6,8
Glødetab (part.), gns.	(mg/l)	-	-	2,2	3,3
COD (part.), gns.	(mg O_2/l)	-	-	-	26

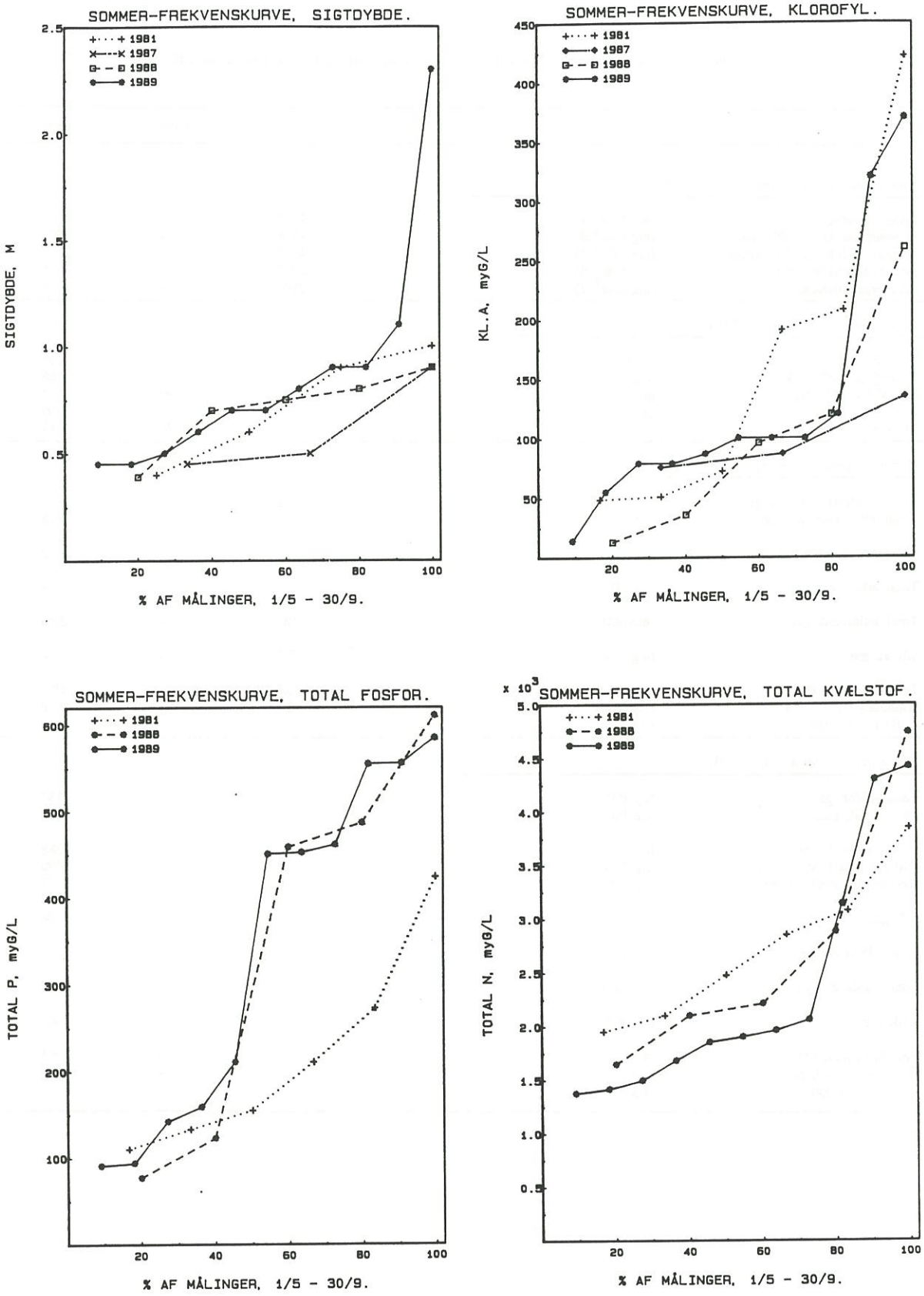


Fig. 13.1
Frekvensfordeling af sigtdybde og søvandets indhold af klorofyl, total fosfor og total kvælstof i sommerperioden i Lange Sø i årene 1981-1989. Af figuren fremgår fx, at søvandets indhold af total kvælstof i 1989 ved 100% af de udførte målinger har været mindre end eller lig 4420 μg/l.

14. Vurdering af søens fremtidige udvikling.

Den nuværende tilførsel af fosfor til søen skyldes primært spildevand fra spredt bebyggelse samt åbent landbidrag, medens kvælstoftilførslen langt overvejende skyldes åbent landbidrag (jf. afsnit 5 og 9).

Den fremtidige tilførsel af kvælstof og fosfor fra spredt bebyggelse forventes at blive af samme størrelse som nu, hvor der er etableret faste tømningsordninger for hustanke.

Tilførsel af kvælstof og fosfor fra landbrugsejendomme i form af ajle, møddingsvand, gylle og ensilagesaft (gårdbidrag) er ulovlig og bør endvidere ikke forekomme, efter at kommunerne har gennemført tilsyn med landbrugsejendommene i perioden 1986-1989. Erfaringerne fra Fyns Amts tilsyn med fynske vandløb og søer viser imidlertid, at enkelte ulovlige udledninger stadig forekommer. Dette er sandsynligvis også tilfældet i oplandet til Lange Sø (jf. i øvrigt afsnit 1.3 og 9). Det er på forhånd ikke muligt at anslå, hvor stor en reduktion i stoftilførsel, der kan opnås ved indgriben heroverfor.

Den fremtidige tilførsel af kvælstof og fosfor fra dyrkede og gødede arealer (markbidrag) forudsættes reduceret som følge af etablering af forbedrede anlæg til opbevaring af husdyrgødning, ajle og ensilagesaft, samt ved anvendelse af gødningsplaner, formindsket brug af handelsgødning og etablering af vintergrønne marker.

Det er imidlertid meget vanskeligt at vurdere størrelsen af den fremtidige kvælstof- og fosfortilførsel fra de nævnte kilder.

Udover kvælstof- og fosfortilførslen fra oplandet til søen vil også den såkaldte interne belastning have betydning for søvandets indhold af disse stoffer. Ved intern belastning forstås stoftilførsel til vandfasen fra søens sediment. Specielt den interne fosforbelastning vil være væsentlig. Fosforfrigivelsen fra sediment til vandfase vil især være stor, når der optræder iltfattige forhold i og nær sedimentets overflade. En del af det frigivne fosfor borttransporteres fra søen via afløbet, hvorved den interne belastning reduceres.

Vurderingen af de nævnte forholds betydning for søens fremtidige udvikling vil først blive foretaget i forbindelse med afrapportering af de fortsatte undersøgelser.

Ifølge den fastsatte målsætning for Lange Sø skal denne have et naturligt rigt og alsidigt plante- og dyreliv. Der er ikke herved stillet nærmere krav til søens vandkvalitet eller den biologiske struktur i søen.

Det vurderes imidlertid, at søen bør have en sigtdybde på mindst 1,5-2 meter og en stedvis veludviklet undervandsvegetation (rankegrøde). En sådan vegetation har (jf. afsnit 13) tilsyneladende været til stede senest i begyndelsen af dette århundrede. Målet må derfor være at opnå ændringer i søens tilstand, som muliggør genetablering af undervandsvegetationen. Dette vil samtidig give betingelser for tilstedeværelsen af et mere rigt og alsidigt fyto- og zooplankton samt dyreliv knyttet til bund- og undervandsvegetation.

Med en nuværende generelt ringe sigtdybde, periodevise iltsvind i søvandet, højt indhold af kvælstof og fosfor i søvandet, store mængder fytoplankton og fuldstændig mangel af rankegrøde er målsætningen for søen ikke opfyldt.

15. Konklusion.

Lange Sø er stærkt beriget med plantenæringsstofferne kvælstof og fosfor. Søen har en ret ringe sigtdybde som følge af et højt indhold af alger i søvandet. Fytoplanktonet domineres om sommeren af grønalger (kun resultater for 1989). Der forekommer tidvis meget lave iltindhold i hele vandmassen samtidig med egentlige algesammenbrud. Målsætningen for søen er derfor ikke opfyldt.

Søen har formentlig i starten af dette århundrede haft langt klarere vand og en ret veludviklet rankegrøde. Denne er i dag helt forsvundet.

Årsagen til søens ringe miljøkvalitet må antages at være, at der gennem en årrække er tilledt spildevand fra spredt bebyggelse, samt tilført plantenæringsstoffer fra landbrugsområderne i oplandet.

Søens opland består i dag overvejende af landbrugsområder (73%) med et for Fyn relativt stort husdyrhold (0,9 DE/ha dyrket areal). Den oprindelige karakteristik af søens opland (jf. indledningen) synes derfor ikke at være korrekt.

Fytoplanktonmængden i søen synes om sommeren i vidt omfang begrænset af mængden af plantetilgængeligt kvælstof (regulering "fra neden"), i ringere omfang af zooplanktongræsning (regulering "fra oven") (kun resultater for 1989). Det er således meget væsentligt for en forbedring af miljøkvaliteten, at søvandets indhold af både kvælstof og fosfor reduceres.

Den eksterne belastning af søen med plantenæringsstoffer er i dag relativt stor. Derudover forekommer en intern belastning af søen, hvorved kvælstof og fosfor tilføres vandfasen fra søbunden. Specielt synes der i dag at være en betydende intern fosforbelastning af søen (kun resultater for 1989).

En vurdering af den forventede fremtidige udvikling i søens tilstand og belastning skønnes ikke mulig på det foreliggende grundlag, men forudsætter supplerende overvågning og oplandsundersøgelse.