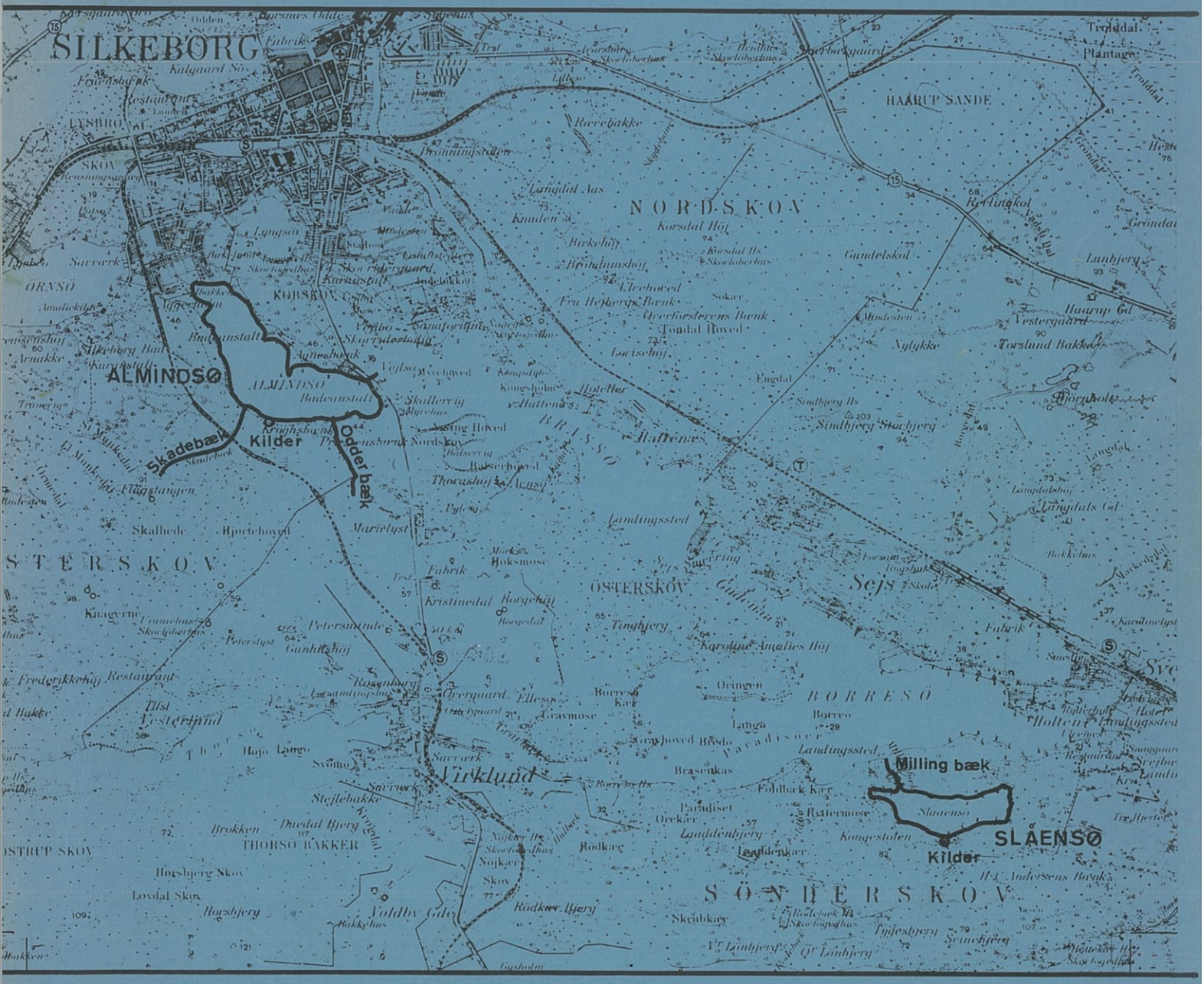
ÅRHUS AMTSKOMMUNE

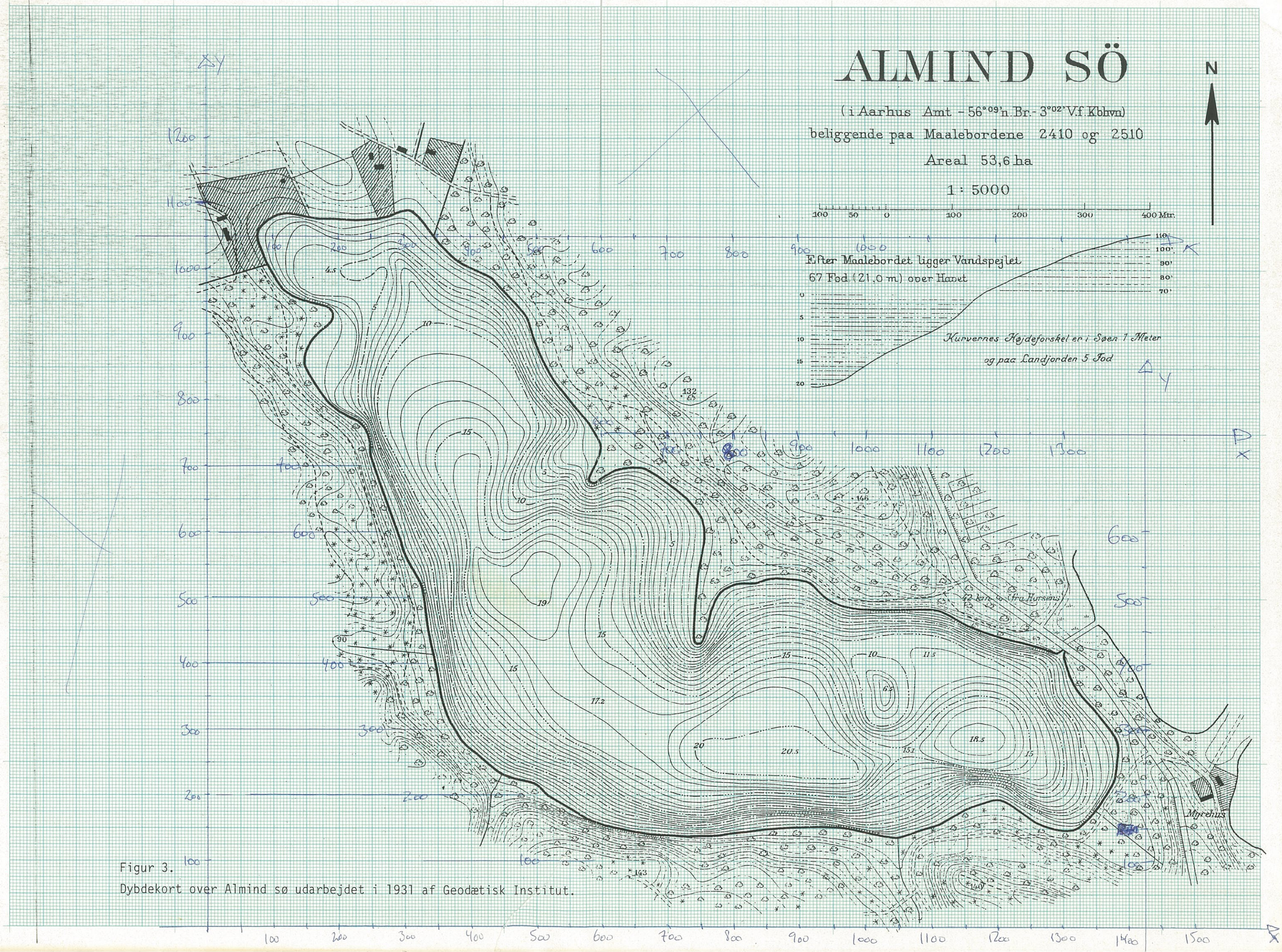
Amtsvandvæsenet



ALMIND SØ OG SLÅEN SØ 1981

n sø,
de bak-
af en
le det
2) er
esker i
rfor ik-

gennem
af søen.
både over
n. Vand-
over det
lavet en
udnytte
savværk
dog for
nningen
var dog
selvstæn-
Borre sø.



Figur 3.
Dybdekort over Almind sø udarbejdet i 1931 af Geodætisk Institut.

SLAAENSÖ

(i Aarhus Amt – 56° 7,3' n. Br. – 2° 57,5' V. for Kbhvn.)

beliggende paa Maalebordene 2510 og 2511

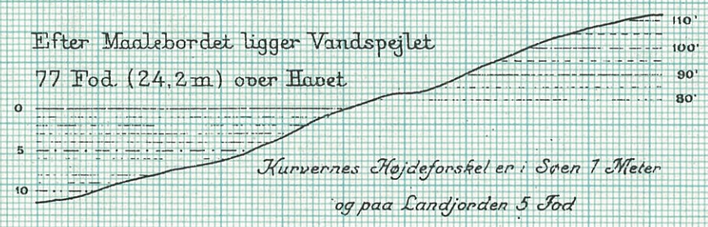
Areal = 18,2 ha.

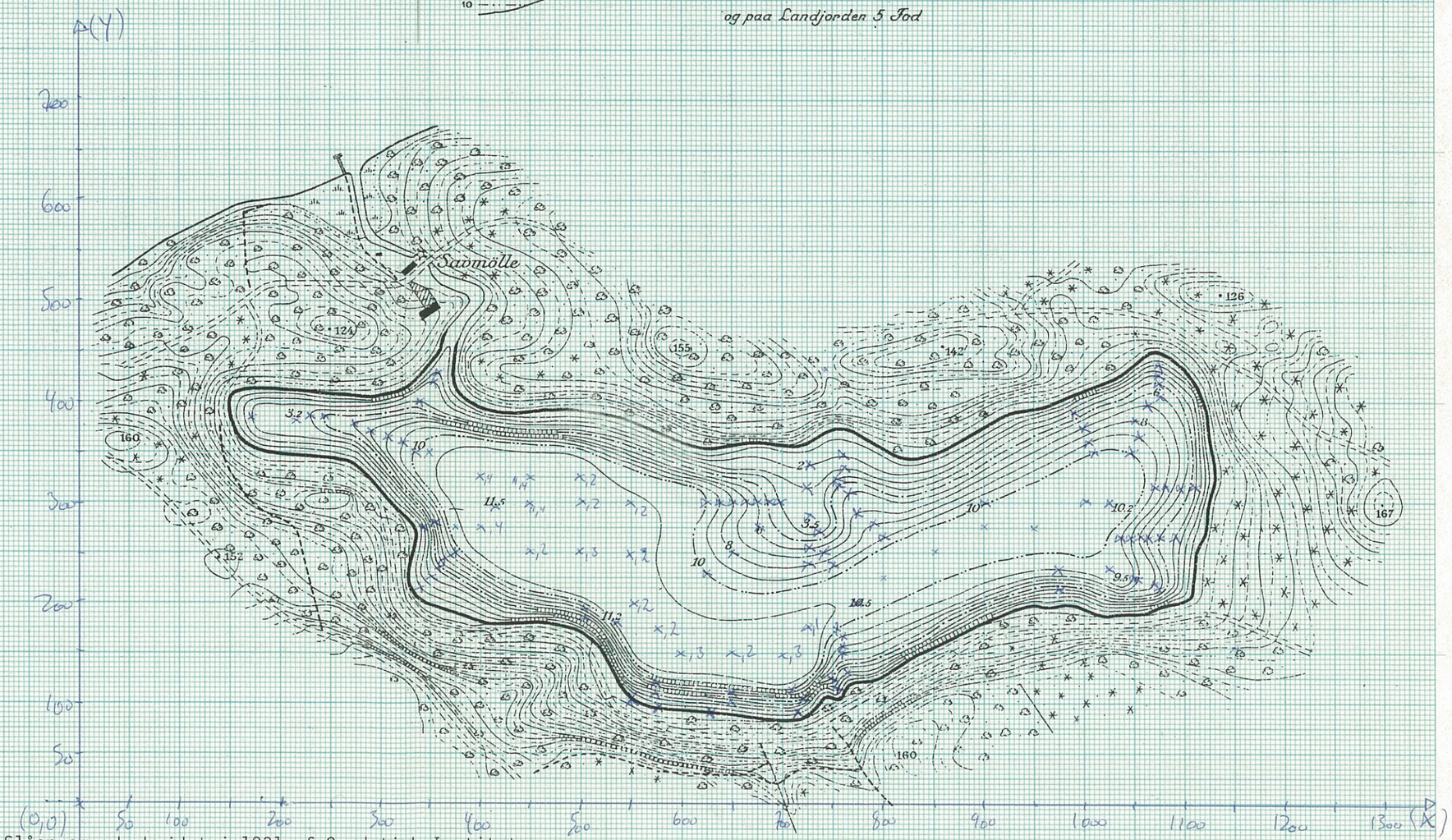
1 : 5000

100 50 0 100 200 300 400 Mtr.

N

Efter Maalebordet ligger Vandspejlet 77 Fod (24,2 m) over Havet

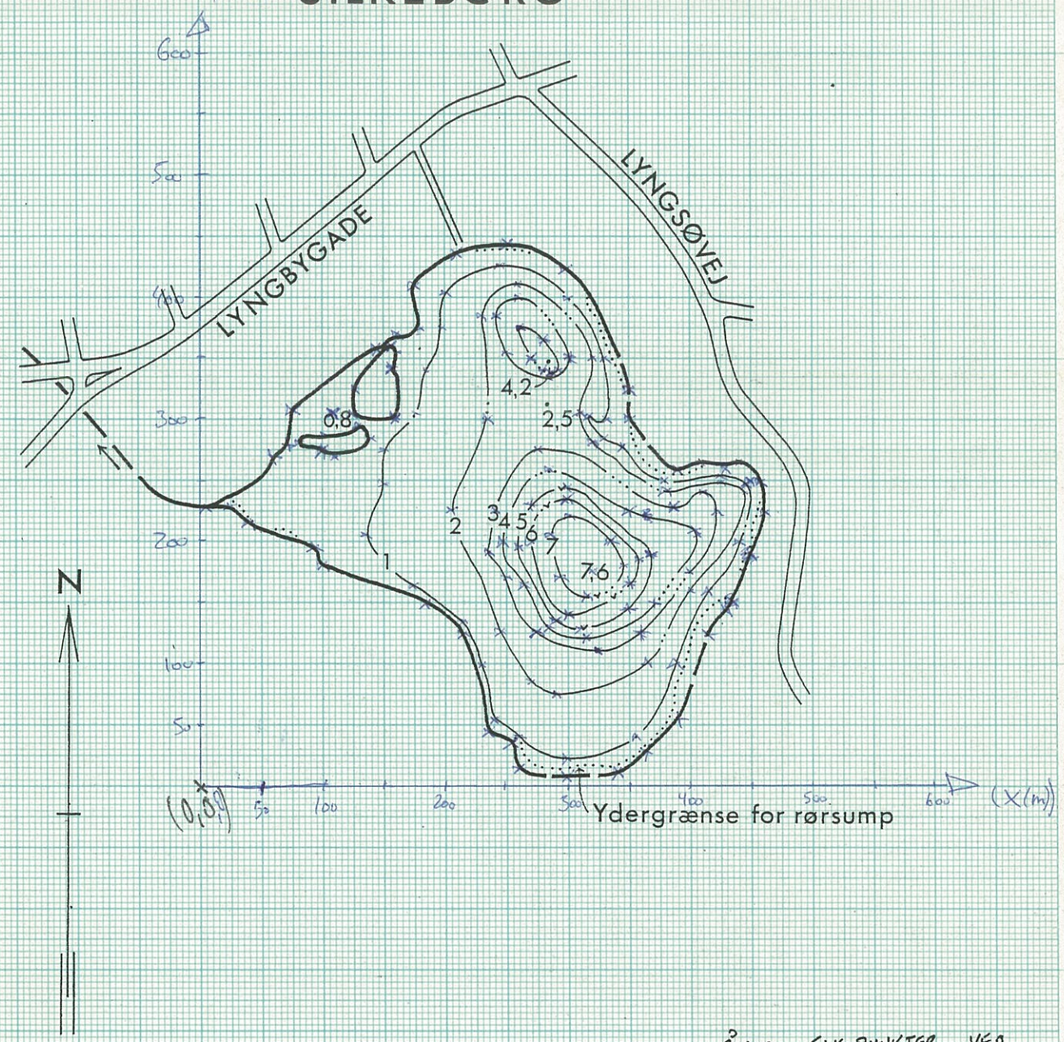




Figur 4.

Dybdekort over Slåen sø udarbejdet i 1931 af Geodætisk Institut.

SILKEBORG



PÅFØR FIX-PUNKTER VED "FEATURES" (EX. ÅENS MUNDING)

LYNGSØ

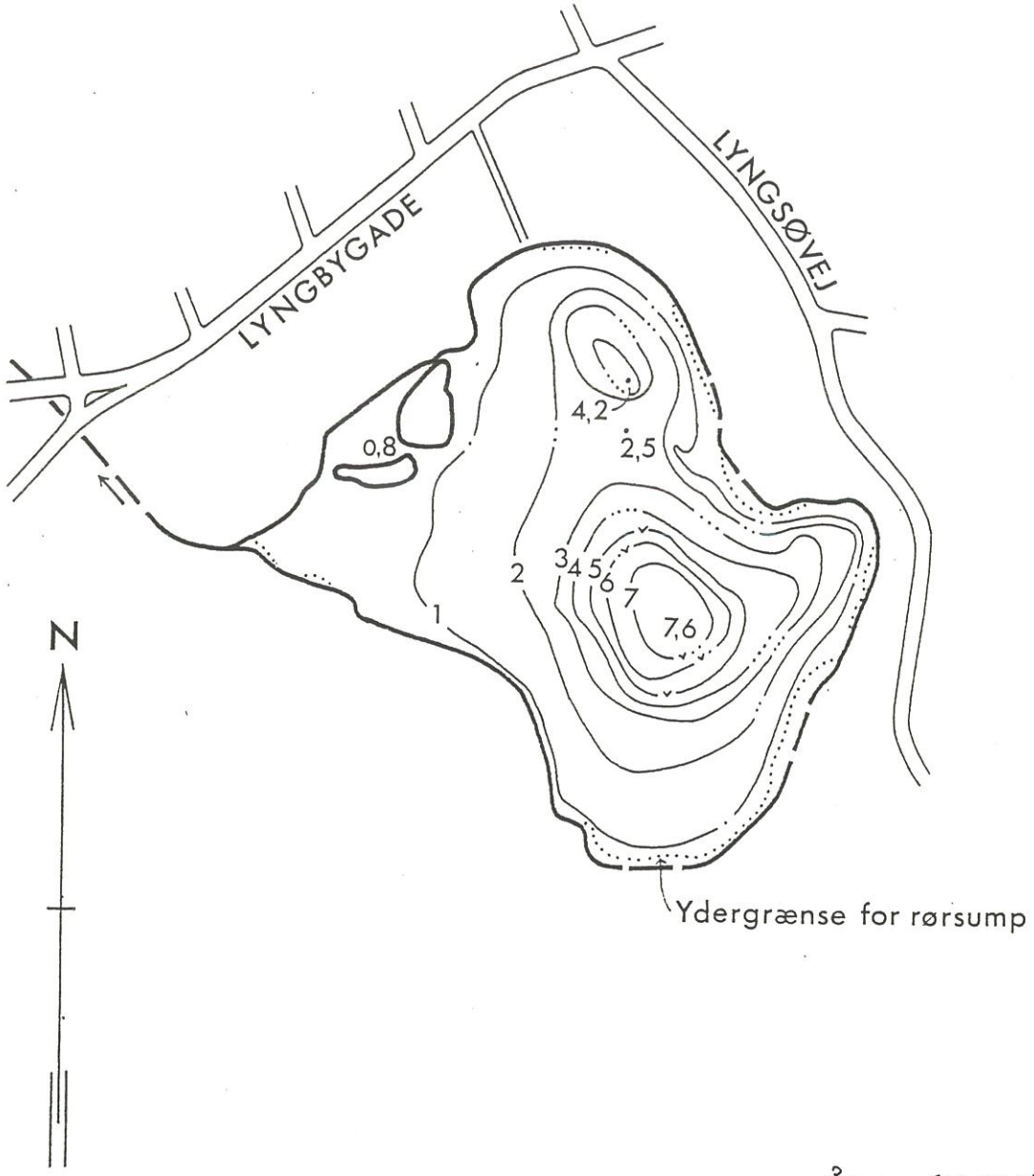
SILKEBORG KOMMUNE
ÅRHUS AMT

1 : 5000

100 50 0 100 200 m

Ekkolodning foretaget aug. 1982
Vandspejl 20,8 m over DNN(GM)
Publiceret sept. 1982 af
landinspektør Thorkild Høy

SILKEBORG



PÅFØR FIX-PUNKTER VED "FEATURES" (EX. ÅENS MUNDING)

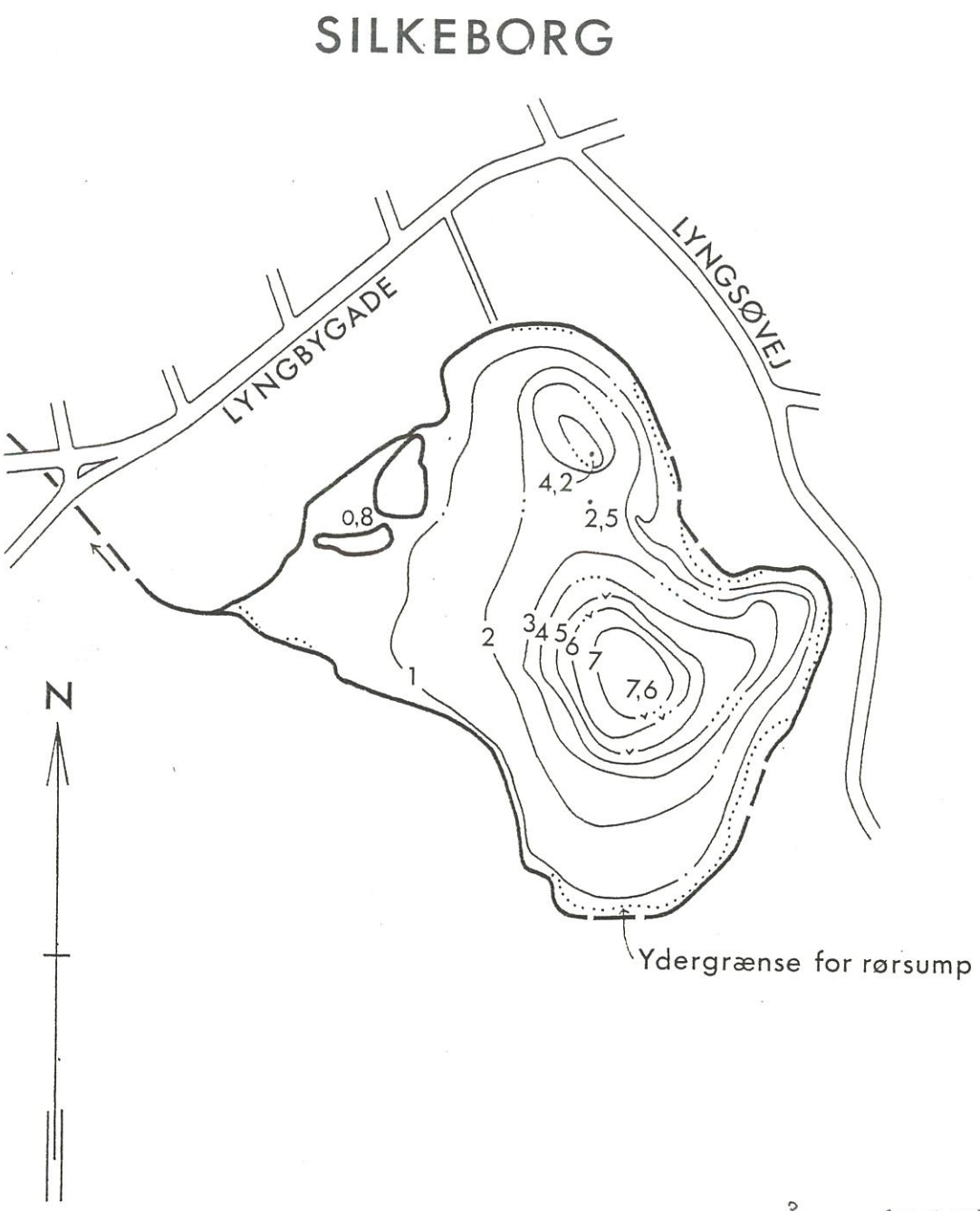
LYNGSØ

SILKEBORG KOMMUNE
ÅRHUS AMT

1 : 5000

100 50 0 100 200 m

Ekkolodning foretaget aug. 1982
Vandspejl 20,8 m over DNN (GM)
Publiceret sept. 1982 af
landinspektør Thorkild Høy



PÅFØR FIX-PUNKTER VED "FEATURES" (EX. ÅENS MONDING)

LYNGSØ

SILKEBORG KOMMUNE
ÅRHUS AMT

1 : 5000

100 50 0 100 200 m

Ekkolodning foretaget aug. 1982
Vandspejl 20,8 m over DNN (GM)
Publiceret sept. 1982 af
landinspektør Thorkild Høy

SLAAENSÖ

(i Aarhus Amt - 56° 7,3' n. Br. - 2° 57,5' V. for Kbhvn.)
beliggende paa Maalebordene 2510 og 2511

Areal = 18,2 ha.

1 : 5000

100 50 0 100 200 300 400 Mtr.

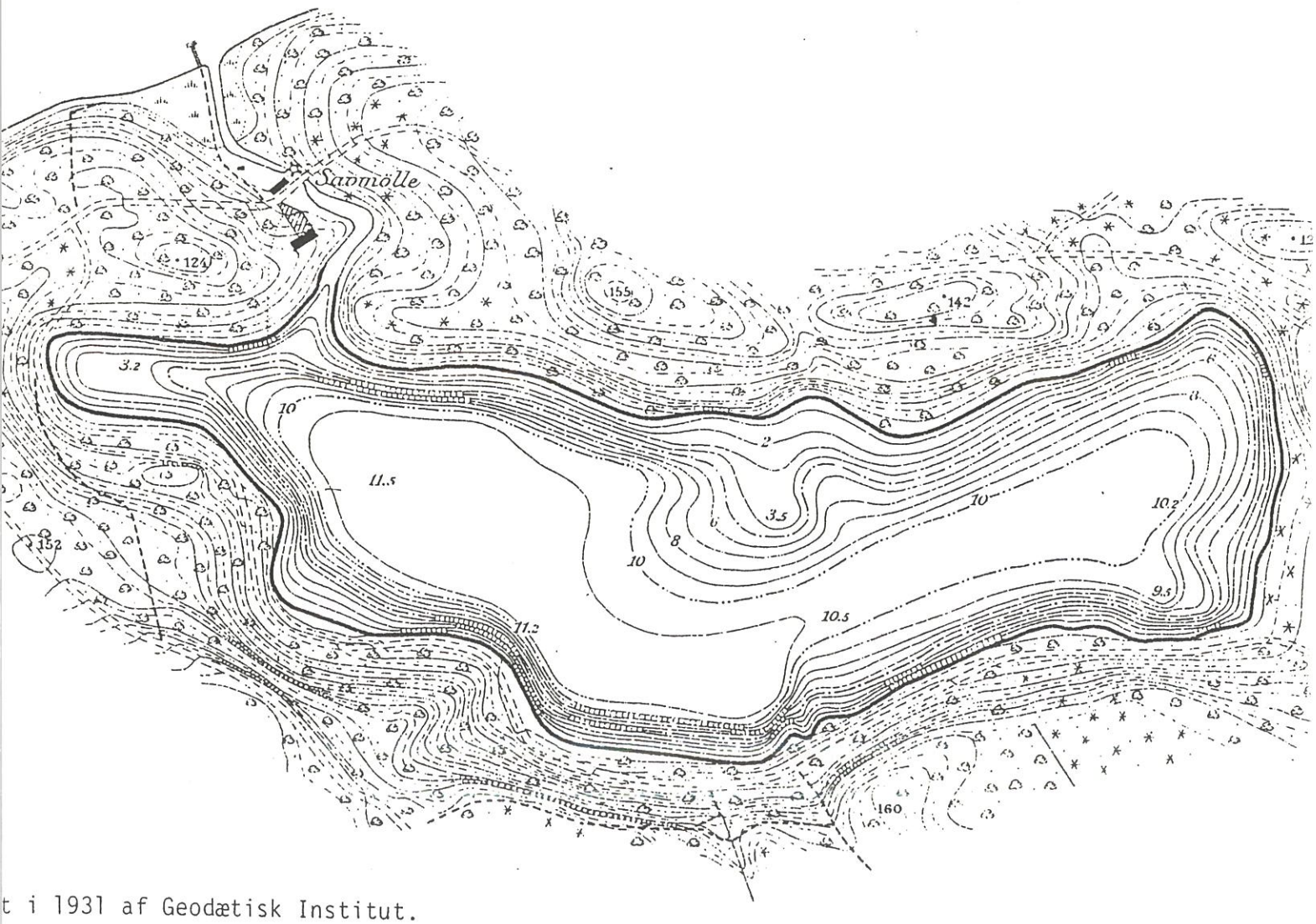
N

Efter Maalebordet ligger Vandspejlet
77 Fod (24,2 m) over Havet

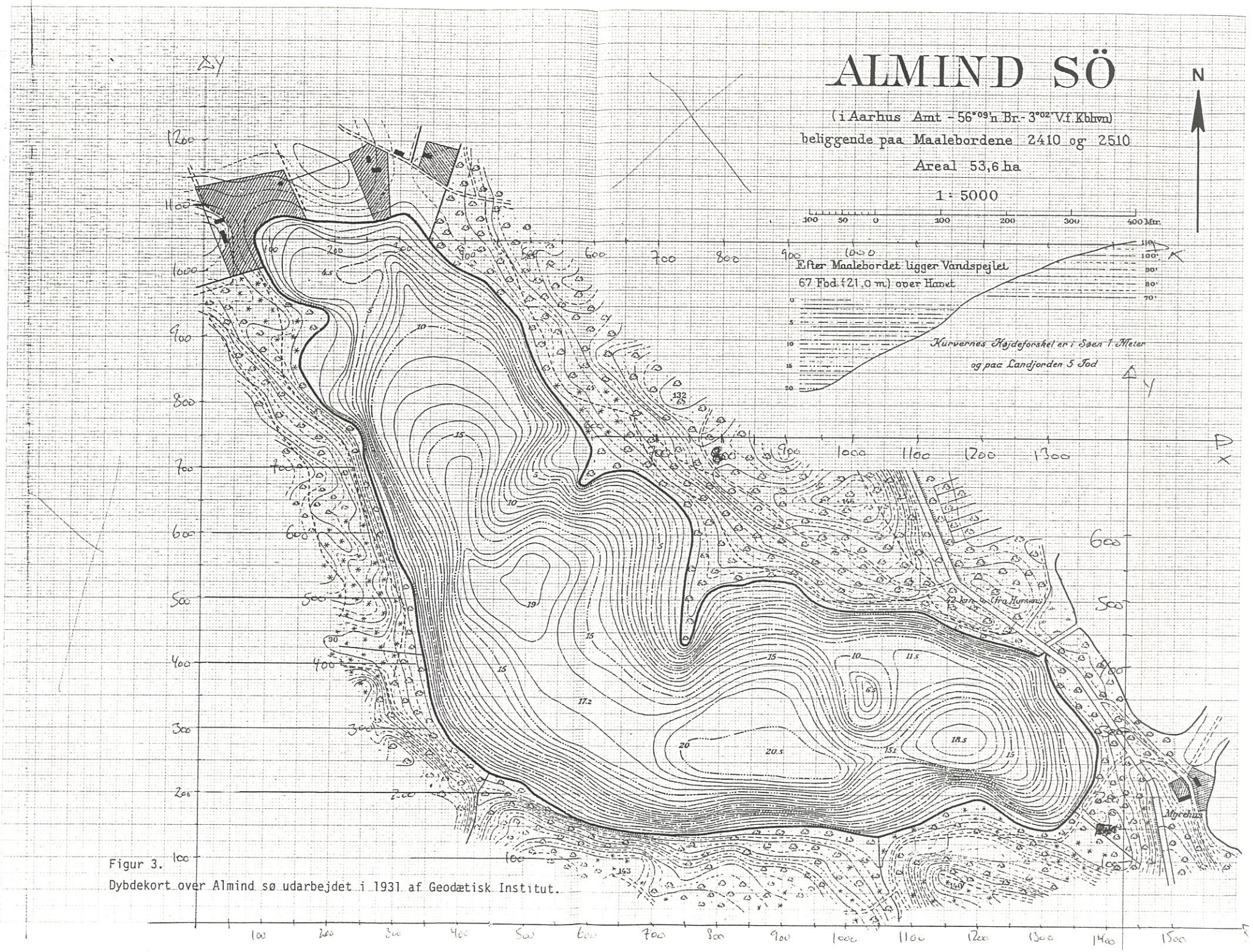
0
5
10

110'
100'
90'
80'

Kurvernes Højdeforskel er i Søen 1 Meter
og paa Landjorden 5 Fod



t i 1931 af Geodætisk Institut.



Figur 3.

Dybdekort over Almind sø udarbejdet i 1931 af Geodætisk Institut.

. sø,
le bak-
f en
e det
) er
esker i
for ik-

gennem
af søen.
åde over
. Vand-
over det
lavet en
udnytte
vværk
log for
ningen
r dog
selvstæn-
orre sø.

AGF
Nr 208

A L M I N D S Ø OG S L Å E N S Ø

1981

UNDERSØGELSER AF VANDKEMI, FYTOPLANK-
TON, SEDIMENT OG BUNDFAUNA.

Rapport udarbejdet af Jens Møller Andersen

ÅRHUS AMTSKOMMUNE, AMTSVANDVÆSENET
LYSENG ALLE 1, 8270 HØJBJERG
(06) 27 33 44

INDHOLDSFORTEGNELSE

Arbejdsgrundlag for rapporten:

Udtagning af vandprøver:	Erik Nygaard Pedersen
Kemiske analyser:	Miljø- og levnedsmiddellaboratoriet i Silkeborg
Fytoplankton:	Jens Møller Andersen
Bundfauna:	Jørn Jensen
Teknisk tegning:	Else Emdal

Figur 1.

Oversigtskort 1:40.000 over området syd for Silkeborg med Almind sø og Slåen sø fremhævet.

SAMMENFATNING

Almind sø og Slåen sø (lokalt kaldet Slauen sø) ligger begge syd for Silkeborg omgivet af skovklædte bakker.

Vandtilførslen til begge søer sker hovedsageligt i form af okkerholdigt vældvand, der løber til søerne såvel over som under søoverfladen. Til Almind sø løber dog også mindre vandløb, blandt andet Odder bæk, der afvander dele af Virklund. Der føres dog ikke spildevand til de to søer.

Slåen sø er opstemmet ca. 2 m i forhold til det naturlige vandspejlsniveau, idet vandet tidligere har været udnyttet til blandt andet savværk og benmølle.

Da fosforindholdet i det tilførte vand er lille, fordi det kommer fra skovområder, og da jernet i vældvandet desuden virker som fosforfældningsmiddel, begrænses algemængden på et meget lavt niveau i Almind sø og Slåen sø. Søvandet er derfor meget klart sammenlignet med de fleste andre danske søer, idet den gennemsnitlige sommersigtdybde i 1981 var 5 m i Almind sø og 6 m i Slåen sø.

Fordi vandet er så klart, er der mulighed for, at højere planter kan vokse på søbunden ud til stor dybde, sandsynligvis til omkring 5 m. Der er ikke af amtsvandvæsenet foretaget undersøgelser af denne undersøiske vegetation.

Slåen sø er kendt for sin artsrige undersøiske vegetation, især af planter af slægten vandaks (*Potamogeton*). I botanisk henseende rubriceres Slåen sø derfor som en *Potamogeton* sø, dog også med visse lighedspunkter med de næringsfattige hedesøer (*Lobelia* søer), idet grundskudsplanterne, strandbo og lobelie, findes i søen.

Almind sø er i botanisk henseende nærmest en mellemting mellem en *Potamogeton* sø og en *Lobelia* sø, idet grundskudsplanterne er mere udbredte her end i Slåen sø.

Produktionen af alger i de frie vandmasser er ikke målt i 1981. Ved Gudenåundersøgelsen i 1973-75 måltes produktioner på 45 og 30 g C/m^{2}år i Almind sø og Slåen sø. Hertil kommer så produktionen af fastsiddende planter, der er betydelig i begge søer.

Selvom vandet i søerne er klart og planteproduktionen lille, er nedbrydningen af organisk stof i bundvandet så stor, at de dybeste vandlag i begge søer er praktisk taget iltfrie i 3 - 4 måneder sidst på sommeren og om efteråret. Temperaturen af bundvandet er ca. 8° C i hele denne periode og bundvandet derfor så tungt, at det ikke blandes op i det varme, lette overfladevand. Der sker således ingen ilttilførsel fra luften til bundvandet, og iltindholdet i bundvandet ved lagdelingens indtræden først i maj er ikke tilstrækkelig til at opretholde et højt iltindhold i hele lagdelingsperioden, idet ilten bruges til nedbrydning af det organiske stof, som bundfældes.

På grund af de dårlige iltforhold om sommeren er dyrelivet på bundet artsfattigt i de dybeste dele af søerne. Disse forhold er dog en del af søernes natur og skyldes ikke forurening af søerne.

Slåen sø er således helt uforurenet og helt friholdt fra kulturpåvirkning, når der bortses fra opstemningen af søen. Denne opstemning er dog så gammel (mere end hundrede år), at søen befinder sig i en ny "naturlig" tilstand med det nye vandspejlsniveau.

Almind sø er i modsætning til Slåen sø ikke helt omgivet af skov. En kulturpåvirkning af Almind sø er derfor mulig, idet der strømmer større fosformængder fra befæstede og opdyrkede arealer end fra skovarealer. Således kan der løbe overfladevand fra dele af Virklund gennem Odder bæk til Almind sø. Ligeledes kan der være fare for, at forurenende vand fra Vejl sø løber til Almind sø, hvis der sker en hurtig stigning i vandstanden i Vejl sø.

En væsentlig eutrofiering af søerne vil kunne ske, hvis skovdriften i søernes opland ændres, således at skoven fældes på større arealer, eller hvis der foretages skovgødskning i søernes opland.

Badning foregår især i Almind sø, som er en af landets mest benyttede badesøer. Slåen sø er mindre egnet til badning blandt andet på grund af de stejlere undersøiske skrænter. Desuden vil badning i Slåen sø vanskeligt kunne ske i større udstrækning uden at ødelægge søbredderne.

Både Almind sø og Slåen sø er målsat som naturvidenskabelige referenceområder og som fiskevand for ikke-laksefisk, Almind sø desuden som badevand. Recipientkvalitetsmålsætningerne må anses for opfyldt for begge søer, selv om Almind sø, som nævnt, måske er svagt kulturpåvirket. Denne eventuelle påvirkning gælder dog ikke den hygiejniske badevandskvalitet, som er god.

UNDERSØGELSENS FORMÅL

Formålet med undersøgelserne i Almind sø og Slåen sø i 1981 er at beskrive nogle væsentlige forhold vedrørende den økologiske tilstand i søerne, at sammenligne tilstanden med recipientkvalitetsmålsætningen og at vurdere mulighederne for ændring af tilstanden i søerne.

Undersøgelserne er et led i Århus amtsråds tilsyn med forureningstilstanden i søer og vandløb efter miljøbeskyttelseslovens § 55.

BESKRIVELSE AF SØERNE

ALMIND SØ

Almind sø ligger i et kuperet terræn i den sydvestlige udkant af Silkeborg (se fig. 1). Jorden i området består af sandede moræneaflejringer, og størstedelen af afstrømningsområdet er dækket af skov. De vigtigste tilløb, Odder bæk og Skade bæk, kommer fra skoven sydvest for søen. Der føres ikke spildevand til søen, men mindre mængder overfladevand fra befæstede arealer i Virklund kan nå frem til Almind sø gennem Odder bæk.

Det topografiske opland til søen er lille (kun ca. 4 km^2). Set i forhold hertil er vandtilførslen til søen høj og forholdsvis konstant, idet der tilføres betydelige mængder vældvand til søens sydvestbred. Vandet løber fra Almind sø gennem Vejl sø til Brassø i Gudenåens hovedløb.

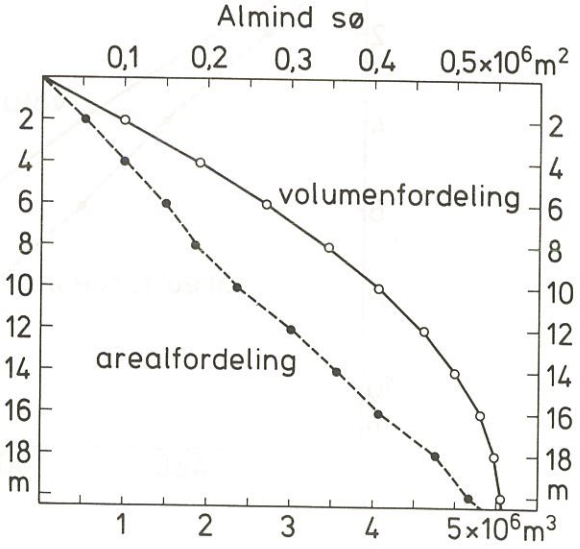
Morfometriske data		Almind sø	Slåen sø
Areal	10^6 m^2	0,528	0,182
Volumen	10^6 m^3	5,53	1,33
Maksimal dybde	m	20,5	11,5
Gennemsnitlig dybde	m	10,5	7,3
Gnsnt. dybde af epilimnion	m	6,5	4,9
Gnsnt. volumen af epilimnion	10^6 m^3	3,43	0,89
Gnsnt. areal af springlag	10^6 m^2	0,38	0,118
Gnsnt. dybde af hypolimnion	m	5,5	3,7
Gnst. volumen af hypolimnion	10^6 m^3	2,10	0,44
Hydraulisk opholdstid 1981	år	2,23	0,86

Tabel 1.

Morfometriske data for Almind og Slåen sø.
Middelbeliggenheden af springlaget var i 1981 i ca. 8 m dybde i Almind sø og i ca. 6 m dybde i Slåen sø.

Med en maksimumsdybde på ca. 20 m er Almind sø blandt de dybeste i Gudenåsystemet, og der sker i sommerperioden en meget stabil temperaturlagdeling af søens vandmasser. I tabel 1 er anført nogle morfometriske og hydrauliske data for Almind sø.

Fig. 3 er et kort over dybdeforholdene i Almind sø. Kortet er udarbejdet i 1931, men der er næppe siden da sket væsentlige ændringer i dybdeforholdene. For at illustrere størrelsen af rumfang af vandmasserne og bundarealer for de enkelte dybdeintervaller er der i fig. 2 tegnet hypsografiske kurver for Almind sø.



Figur 2.

Arealfordeling og volumenfordeling som funktion af dybden i Almind sø. Vandvolumet over en bestemt vanddybde aflæses på den nederste skala og bundarealet på den øverste.

Søtype

Produktionsmæssigt er Almind sø mesotrof, og søen er efter danske forhold klarvandet. I botanisk henseende kan Almind sø karakteriseres som en *Potamogeton* sø, dog med betydelig islæt af planter karakteristiske for *Lobelia* søer. *Lobelia* og *Littorella* (strandbo) findes i Almind sø, men udvikler sig ikke til at være det dominerede plantesamfund som i søer med et meget lavt indhold af bikarbonat.

Der er ikke i forbindelse med undersøgelserne i 1981 lavet undersøgelser af vegetationen af højere planter i søen, selv om disse planter og påvæksten af epifytiske alger uden tvivl bidrager væsentligt til stofproduktionen i søen.

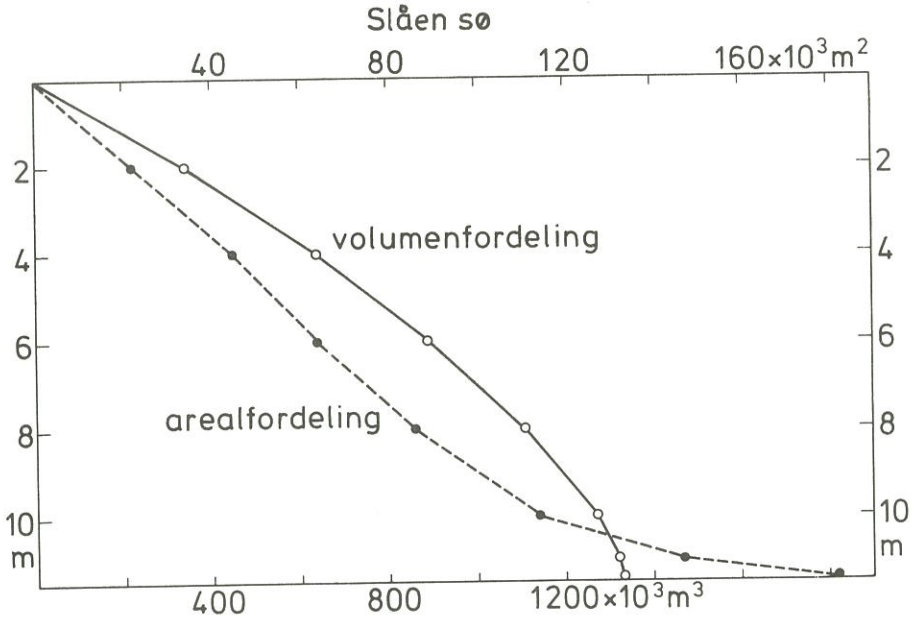
Recipientkvalitetsmålsætning

I recipientkvalitetsplanen (Århus amtskommune, 1976) er Almind sø målsat som et naturvidenskabeligt referenceområde, som badevand og som fiskevand for ikke-laksefisk.

SLÅEN SØ

Slåen sø, lokalt kaldet Slauen sø, ligger omgivet af høje, sandede bakker kun adskilt fra Borre sø af en smal bakkekam (se fig. 1). Hele det topografiske opland (ca. 1 km^2) er skovklædt; der bor ingen mennesker i oplandet, og søen tilføres derfor ikke spildevand.

Vandtilførslen til søen sker gennem okkerholdige væld på sydsiden af søen. Disse væld findes i skrænter både over og under vandoverfladen i søen. Vandstanden i Slåen sø er ca. 2 m over det naturlige niveau, idet der er lavet en opstemning ved afløbet for at udnytte vandkraften til drift af et savværk (tidligere en benmølle), der dog for længst er nedlagt, men opstemningen eksisterer stadig. Slåen sø var dog også før denne opstemning en selvstændig sø og ikke kun en vig i Borre sø.



Figur 5.

Arealfordeling og volumenfordeling som funktion af dybden i Slåen sø. Vandvoluminet over en bestemt dybde aflæses på den nederste skala og bundarealet over en bestemt dybde på den øverste.

F

D

Den største vanddybde i Slåen sø er ca. 11,5 m (se dybdekortet i fig. 4), og da søen ligger i læ for vindpåvirkning af bakker og skov, sker der en stabil temperaturlagdeling af vandmasserne i sommerperioden. Bundarealerne og vandvoluminerne i de enkelte dybdeintervaller er vist i fig. 5. I tabel 1 er anført morfometriske data for Slåen sø.

Søtype

Produktionsmæssigt må Slåen sø anses for at være en mesotrof sø. Søvandet er klart, og algemængden er lille, og en væsentlig del af stofproduktionen sker i den undersøiske vegetation af højere planter. Slåen sø er kendt for den artsrige submerse vegetation, især af vandaksarter (*Potamogeton*), og i botanisk henseende kan søen karakteriseres som en *Potamogeton* sø. I søen findes også grundskudsplanterne *Lobelia* og *Littorella*, men disse udgør ikke en betydelig del af vegetationen.

Selv om de højere planter givetvis er af stor betydning for stofomsætningen i søen, er der ikke i 1981 lavet undersøgelser af disse.

Recipientkvalitetsmålsætning

I recipientkvalitetsplanen (Århus amtskommune, 1976) er Slåen sø målsat som et naturvidenskabeligt referenceområde og som fiskevand for ikke-laksefisk.

UNDERSØGELSESMETODIK

Undersøgelser i tilløb og afløb

Vandføringen i søafløbene måltes i 1981 ca. 1 gang pr. måned. Herudfra beregnes den årlige afstrømning, og det antages, at samme vandmængde løber til søen gennem tilløb og indsivning. Det er altså antaget, at fordampning fra og nedbør på søoverfladen er lige store.

Stoftilførslen til Almind sø gennem vandløb er opgjort på basis af måling af vandføring og stofkoncentrationer i vandet. Herudover er der taget vandprøver af vældene ved begge søer, og der er regnet med, at alt væld- og indsivningsvand har samme stofkoncentrationer, som fundet i vældvandet.

Undersøgelser i søerne

Feltmålinger i søerne udførtes ca. 1 gang pr. måned på det dybeste sted. I vinterperioden udtoges prøverne dog ikke på søen, men i søafløbene.

Ilt- og temperaturprofiler måltes med YSI-iltmåler; ved lave iltindhold udtoges også Winkler-prøver til iltbestemmelse. På grundlag af stratifikationsforholdene udtoges vandprøver, normalt i 4 dybder, dels til kemiske analyser og dels til semikvantitativ undersøgelse af fytoplanktonsammensætningen; derimod er der ikke foretaget målinger af fytoplanktonproduktionen, fordi fytoplanktonmaxima i de dybere vandlag i disse to søer ville nødvendiggøre langt flere målinger, end hvis algerne havde været omtrent jævnt fordelt i de fotiske lag, hvilket er tilfældet i mange andre søer.

I april og i oktober blev der udtaget bundfaunaprøver i søerne med Ekmanbundhenter. Sedimentet sigtedes gennem en 0,5 mm sigte inden udsortering og optælling af bunddyrene.

Endelig blev der i den dybeste del af søerne udtaget sedimentprøver med Kajak-bundhenter. De øverste 5 cm sediment analyseredes for tørstof, glødetab, næringssalte og metaller.

Tidligere undersøgelser

Der er foretaget talrige undersøgelser i de to søer, dels rent videnskabelige (Hunding, 1973), men især undersøgelser som led i undervisning, blandt andet af biologistuderende. Der er herigennem opnået et meget stort kendskab til de biologiske forhold i de to søer, især i sommermånederne.

Undersøgelser af vandkemi i overfladevandet gennem hele året er dog gennemført som et led i Gudenåundersøgelsen (Vandkvalitetsinstituttet, 1976, Mathiesen, 1981).

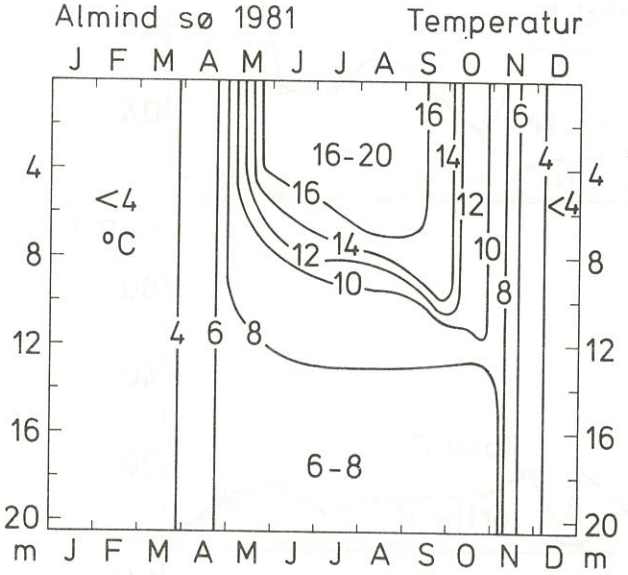
UNDERSØGELSESRESULTATER - ALMIND SØ

DE FRIE VANDMASSER

Fysiske forhold

Det er af afgørende betydning for de økologiske forhold i Almind sø, at søen er dyb, og at der findes en stabil temperaturlagdeling om sommeren.

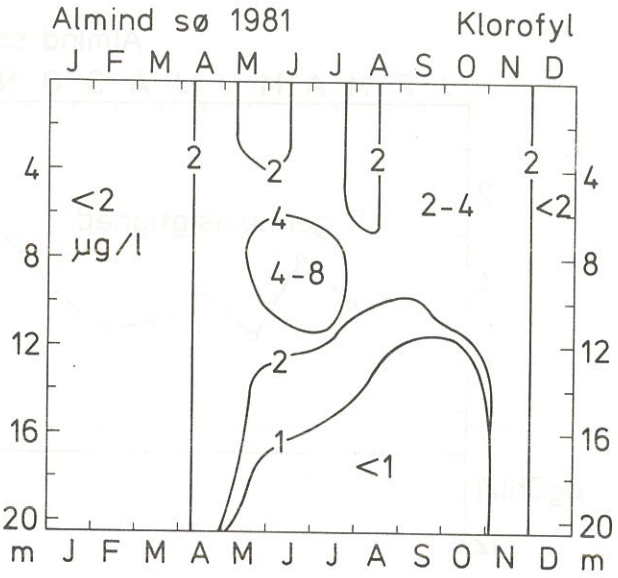
Et isoplethdiagram over temperaturforholdene i vandet i Almind sø er vist i fig. 6. I perioden maj - november findes en tydelig stratifikation med springlag i 6 - 10 m dybde og med temperaturer i hypolimnion på 6 - 8° C i hele sommerperioden, mens temperaturen i epilimnion er på 16 - 20° C.



Figur 6.

Temperaturfordeling i Almind sø i 1981.

Temperaturlagdelingen er af afgørende betydning for de økologiske forhold i Almind sø, idet lagdelingen forhindrer næringssalte fra hypolimnion i at blive transporteret op i det fotiske lag, fordi lagdelingen forhindrer ilttransport til hypolimnion, og endelig fordi stratifikationen og det klare vand betinger, at der kan optræde særlige algemaxima i og under springlaget.



Figur 7.

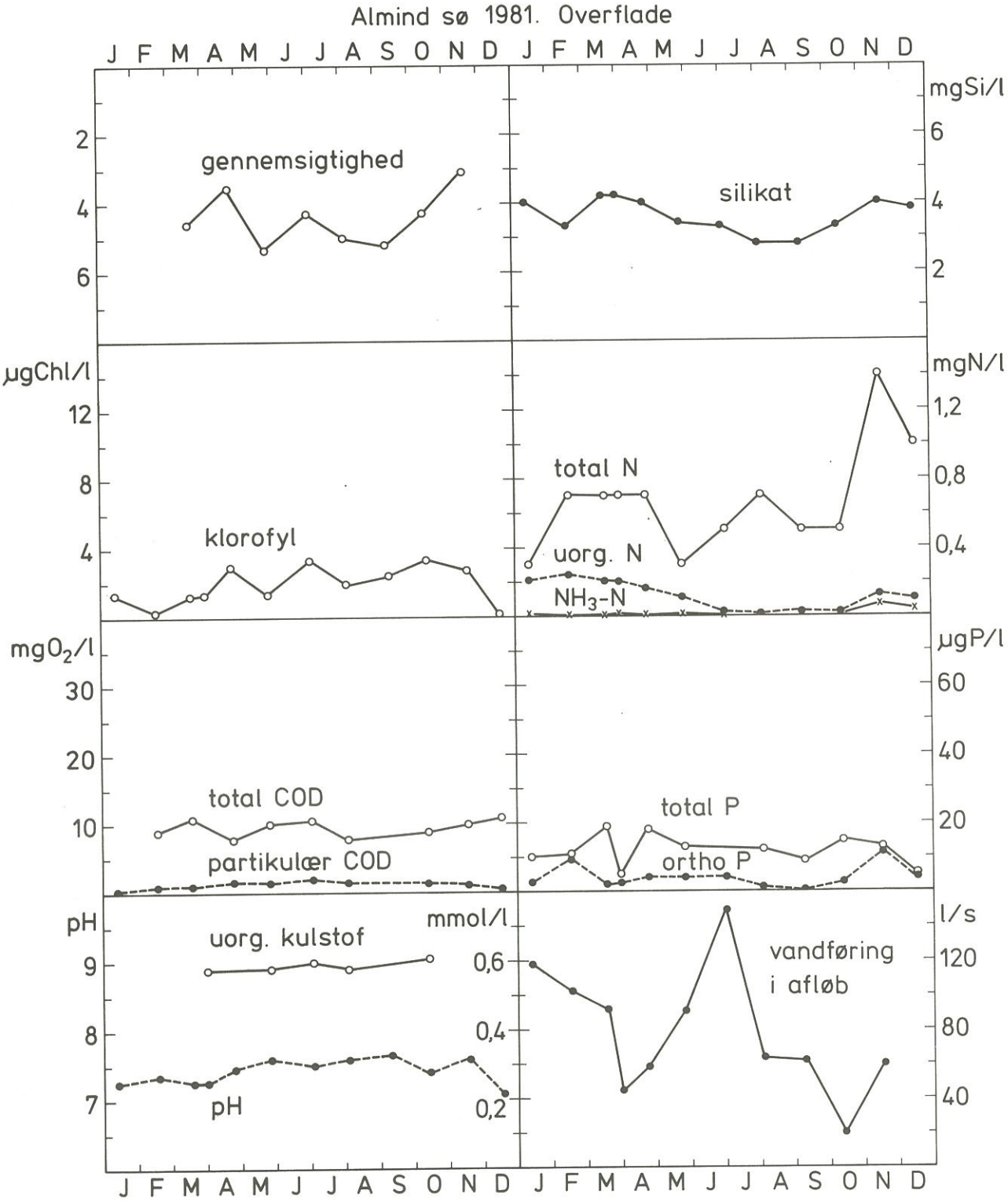
Fordeling af klorofyl i Almind sø i 1981.

Fytoplankton

På grund af det lave indhold af fosfor og kvælstof i vandet var indholdet af planktonalger i vandet lavt. Som et kvantitativt mål for algemængden er der i fig. 8 vist årstidsvariationen i klorofylindholdet i overfladevandet. Det maksimalt målte klorofylindhold i overfladevandet var 3,3 µg/l, og gennemsnitskoncentrationen i sommerperioden var 1,7 µg/l.

Vandets gennemsigtighed hænger nøje sammen med algemængden i vandet, idet lyset absorberes og spredes af alger og af andre partikler i vandet. Disse partikler er ofte dødt organisk stof, detritus, og har normalt deres oprindelse fra alger i vandet i søen. Af fig. 8 ses da også en vis sammenhæng mellem klorofylindhold og gennemsigtighed. Den mindst målte gennemsigtighed var 3,5 m i april, og gennemsnittet for sommerperioden var 5 m (tabel 10).

I fig. 7 er vist et isoplethdiagram over variationerne i klorofylindholdet. I forsommeren fandtes de højeste koncentrationer omkring og umiddel-



Figur 8.

Årstidsvariationer af fysiske og kemiske variable i overfladevandet i Almind sø i 1981.

bart under springlaget (max. 8 µg/l den 2. juli i 10 m dybde), fordi næringssaltkoncentrationerne her er højst, og fordi der er tilstrækkeligt lys til vækst af alger. Senere på sommeren, når springlaget ligger dybere i søen, var forskellen i klorofylindhold mellem overflade og springlag mindre end først på sommeren.

Fytoplanktonets artssammensætning

Under isen i januar og februar var algemængden lille, hyppigst var blågrønalgen, *Oscillatoria rubescens*, og små flagellater (*Rhodomonas*). Forårsmaksimet i april bestod hovedsageligt af de samme arter og af kiselalger (*Melosira*); desuden var arter af gulalger *Dinobryon sociale*, *D. divergens*).

Hele sommeren fandtes et artsrigt fytoplankton med mere end 20 forskellige algeslægter ved hver prøvetagning. Som særligt karakteristiske arter, der dog ikke dominerede i planktonprøverne, kan nævnes kiselalgen, *Rhizosolenia* og gulalgerne, *Dinobryon* og *Mallomonas*.

Mest karakteristisk var dog dominansen af blågrønalgen, *Oscillatoria rubescens*, i springlaget og i hypolimnion gennem hele sommeren. Denne forekomst er årsag til de målte maxima i klorofylindhold i 6 - 10 m dybde. Den vertikale fordeling af *O. rubescens* kan være meget distinkt; således fandtes den 2. juli ingen i prøven fra 7 m, mens den var meget talrig i 10 m dybde.

Af andre blågrønalger fandtes i overfladevandet især *Gomphosphaerium*.

Hele sommeren fandtes i epilimnion hyppigt flagellater, blandt andet *Rhodomonas* og *Cryptomonas*, og en del kiselalger, *Cyclotella*, *Asterionella* og *Fragilaria crotonensis*. Silikatindholdet var hele sommeren så højt, at diatomémængden ikke begrænsedes af silikat.

I eftersommeren var koblingsalger (*Cosmarium*) forholdsvis hyppige. Efterårsplanktonet bestod dog først og fremmest af diatoméer (*Asterionella*, *Cyclotella* og *Melosira*) og flagellater (*Rhodomonas* og *Cryptomonas*), men algemængden var meget lille gennem hele efterårsperioden.

En oversigt over den relative hyppighed af de enkelte algeslægter i prøverne er vist i bilag 1.

Vandkemi

Overfladevand

Årstidsvariationerne i stofkoncentrationer i overfladevandet er vist i fig. 8.

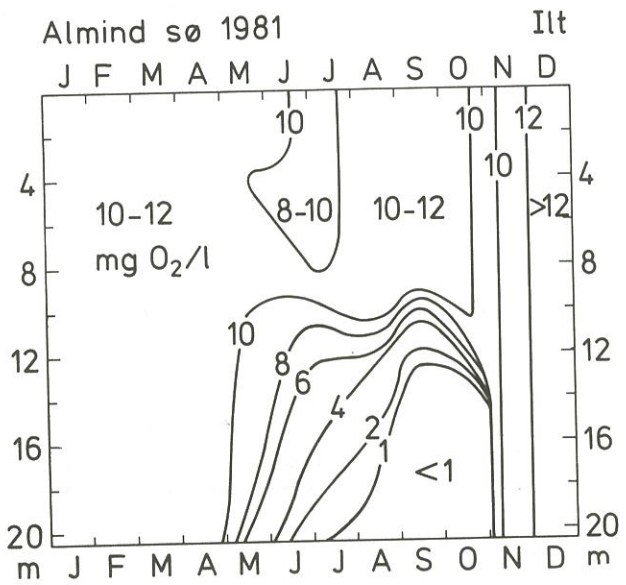
Af afgørende betydning for søens økologiske tilstand er det, at indholdet af fosfor og kvælstof er meget lavt, og at bikarbonatindholdet er forholdsvis lavt i forhold til de fleste danske søer. Søvandet er næsten neutralt, og planteproduktionen medfører ikke væsentlige stigninger i pH-værdien og heller ikke noget væsentligt forbrug af indholdet af uorganisk kulstof.

Bedømt alene ud fra N- og P-indholdet i vandet (fig. 8) er der ingen tvivl om, at fosforindholdet begrænser algemængden gennem hele vækstperioden, og at kvælstof muligvis også virker begrænsende sidst på sommeren. Derimod er silikatindholdet i vandet så højt, at væksten af diatoméer ikke begrænses som følge af et lavt indhold af silicium.

De vandkemiske forhold i Almind sø kan dog ikke vurderes alene ud fra overfladevandet, da der som følge af temperaturlagdelingen er store vertikale forskelle i de vandkemiske forhold. Disse vertikale forskelle omtales nærmere i det følgende.

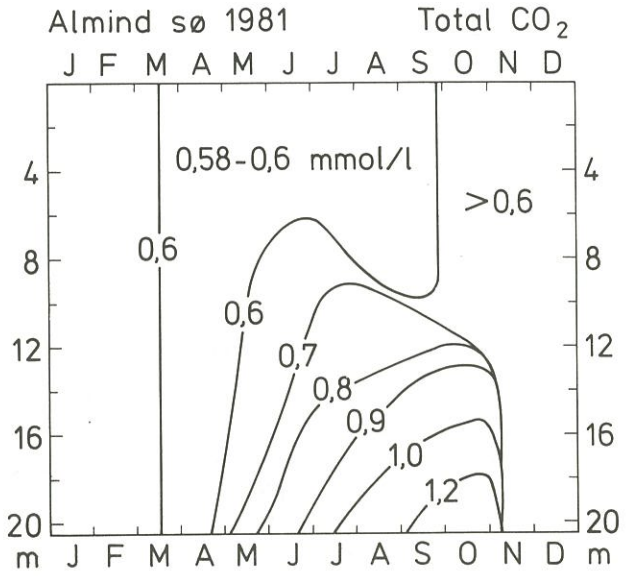
Vertikale forskelle i vandkemi

De vertikale sæsonmæssige variationer er vist i såkaldte isoplethdiagrammer (fig. 9 - 15), det vil sige diagrammer, hvor der er tegnet kurver gennem punkter med samme stofkoncentration. I vinterperioden er der kun taget prøver i afløbet fra søen, og der kan således ikke tegnes kurver for denne periode.



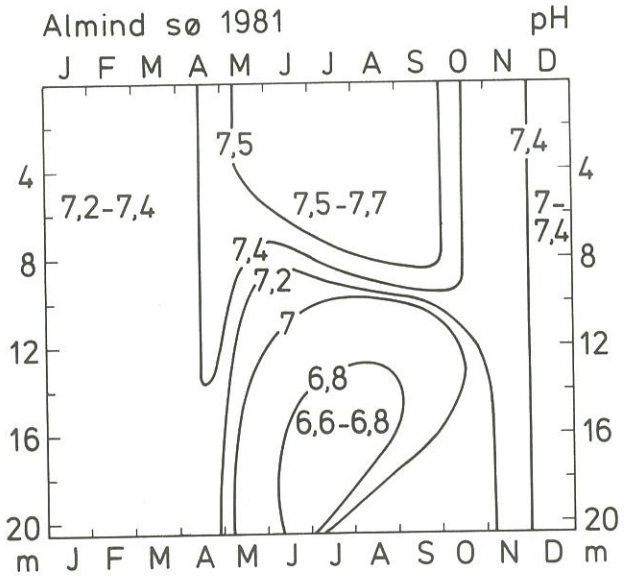
Figur 9.

Fordeling af ilt i Almind sø i 1981.



Figur 11.

Fordeling af uorganisk kulstof i Almind sø i 1981.

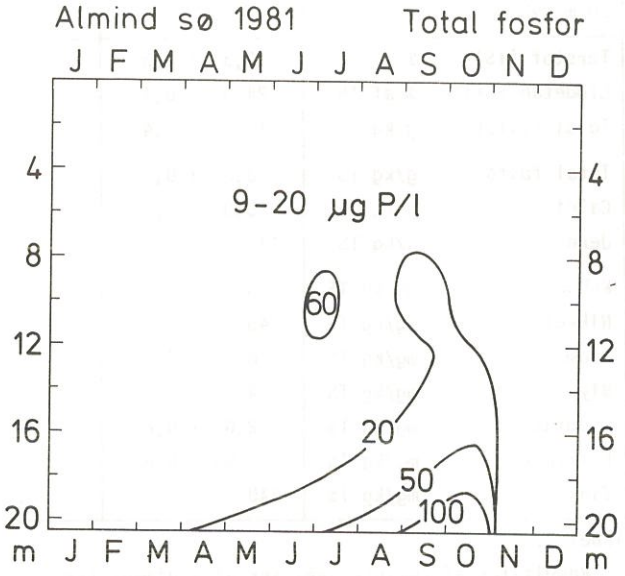


Figur 10.

pH fordeling i Almind sø i 1981.

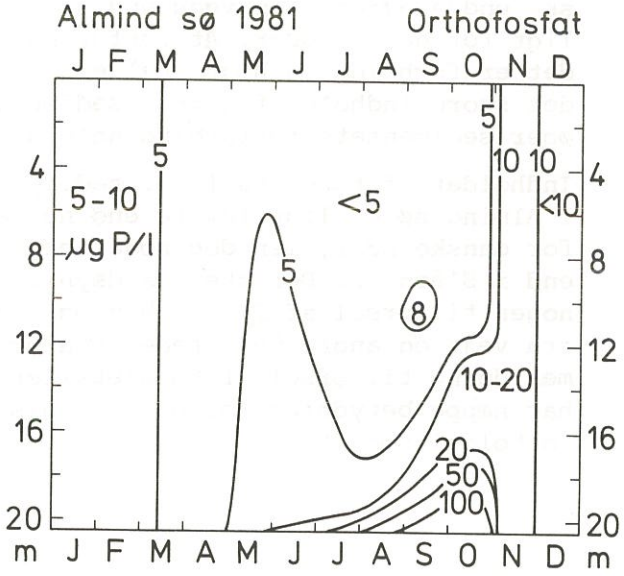
Iltindholdet i vandet (fig. 9) afspejler, at primærproduktionen og dermed iltproduktionen kun foregår i de øverste vandlag mellem 0 og 6 - 10 m dybde, mens en væsentlig del af nedbrydningen af det producerede organiske stof sker på sedimentoverfladen ved større dybder og i vandet i hypolimnion. Der er således fundet lave iltindhold i den dybeste del af søen i sommerperioden og i efteråret frem til efterårstotalcirkulationen omkring den 1. november.

Denne delvis adskillelse af primærproduktionen og nedbrydningen af organisk stof afspejler sig også i, at pH-værdierne er lidt højere i epilimnion end i hypolimnion (fig. 10), og i, at der sker en ophobning af uorganisk kulstof i hypolimnion i stagnationsperioden. Ved nedbrydning af organisk stof forøges total CO_2-indholdet i bundvandet fra ca. 0,6 mmol/l til ca. 1,2 mmol/l i løbet af sommerstratifikationen. Denne forøgelse på ca. 7,2 mg C/l ville svare til et iltforbrug på ca. 22 mg O_2/l. Dette overslag viser altså, at en væsentlig del af nedbrydningen af organisk stof i hypolimnion sidst på sommeren sker anaerobt, først og fremmest i sedimentet.



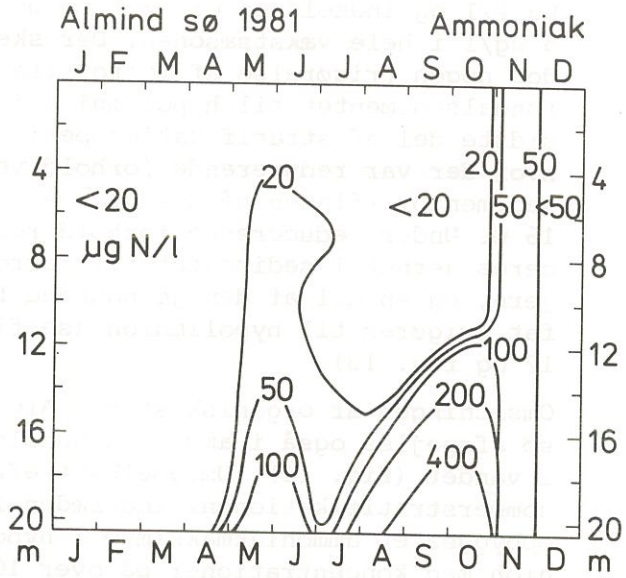
Figur 12.

Fordeling af total fosfor i Almind sø i 1981.



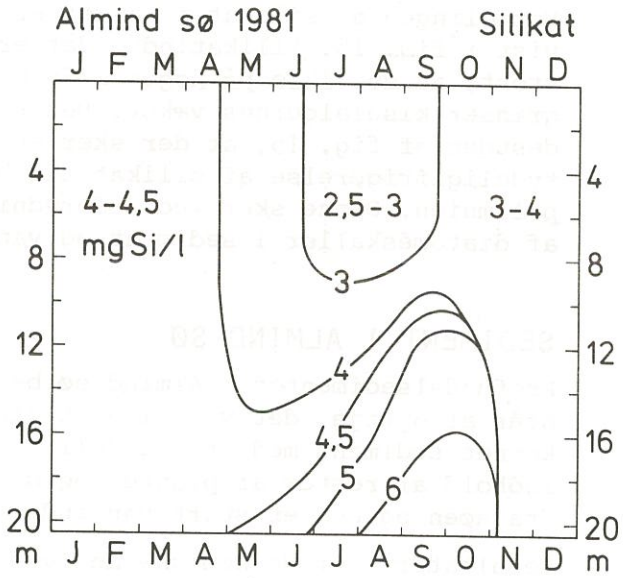
Figur 13.

Fordeling af orthofosfat i Almind sø i 1981.



Figur 14.

Fordeling af ammoniak i Almind sø i 1981.



Figur 15.

Fordeling af silikat i Almind sø i 1981.

Fosforindholdet i vandet var lavt med normale indhold af total P på 9 - 20 µg P/l og indhold af ortho P på under 5 µg/l i hele vækstsæsonen. Der skete dog nogen frigørelse af fosfor fra profundalsedimentet til hypolimnion i den sidste del af stratifikationsperioden, hvor der var reducerende forhold ved sedimentoverfladen på dybder over ca. 16 m. Under reducerende forhold reduceres jernet i sedimentet til ferro jern, og en del af den jernbundne fosfat frigøres til hypolimnion (se fig. 12 og fig. 13).

Omsætningen af organisk stof i Almind sø afspejles også i ammoniakindholdet i vandet (fig. 14). Umiddelbart efter sommerstratifikationens indtræden i maj opbygges et ammoniakmaksimum i hypolimnion med koncentrationer på over 100 µg N/l. Iltindholdet i hypolimnion først på sommeren muliggjorde dog, at den frigjorte ammoniak nitrificeredes i løbet af juni måned. Den ammoniak, der blev frigjort ved mineralisering senere på sommeren, kan derimod ikke nitrificeres, da der nu er lave iltindhold i hypolimnion, og ammoniumindholdet stiger til ca. 0,5 mg N/l i oktober.

Fordelingen af silikat i vandet er vist i fig. 15. Silikatindholdet er så stort, at det ikke på nogen måde begrænser kiselalgernes vækst. Det ses desuden af fig. 15, at der sker en betydelig frigørelse af silikat til hypolimnion. Denne sker ved nedbrydning af diatoméskaller i sediment og vand.

SEDIMENT I ALMIND SØ

Profundalsedimentet i Almind sø består af gyttje, det vil sige et finkornet sediment med et betydeligt indhold af rester af planter og dyr fra søen og med et stort vandindhold.

Resultaterne af de kemiske analyser af to sedimentprøver fra den dybeste del af Almind sø er vist i tabel 2. Der er kun foretaget kemiske analyser af overfladesedimentet fra 0 - 5 cm dybde.

Almind sø 1981 sediment 0-5 cm 20 m dybde		Indhold ± SD	mg/kg GT
Tørstof (TS)	%	9,3 ± 1,3	
Glødetab (GT)	% af TS	24,0 ± 0,1	
Total kvælstof	g/kg TS	10,0 ± 0,4	
Total fosfor	g/kg TS	3,2 ± 0,5	
Calcium	g/kg TS	5,9 ± 0,3	
Jern	g/kg TS	110 ± 0	
Kobber	mg/kg TS	15 ± 1	63
Nikkel	mg/kg TS	45 ± 0	190
Krom	mg/kg TS	6 ± 0	25
Bly	mg/kg TS	74 ± 2	310
Cadmium	mg/kg TS	2,0 ± 0,8	8
Kviksølv	mg/kg TS	0,06 ± 0,02	0,3
Zink	mg/kg TS	240 ± 0	1.000

Tabel 2.

Resultater af kemiske analyser af sediment fra Almind sø udtaget den 10. september 1981.

Mest karakteristisk ved sedimentets kemiske sammensætning er det store jernindhold (ca. 10% af tørstoffet) og det lave indhold af kalk. Kvælstofindholdet er betydeligt lavere end normalt for danske søer, mens fosforindholdet er på et normalt - eller måske endda højere - niveau end sædvanligt for danske søer. At fosforindholdet er forholdsvis højt skyldes, at det store indhold af jern i sedimentet øger sedimentets fosforbindingsevne.

Indholdet af tungmetaller i sedimentet i Almind sø er lidt lavere end normalt for danske søer, men dog noget højere end i Slåen sø. Der sker sandsynligvis nogen tilførsel af f.eks. bly og zink fra veje og andre befæstede arealer, men denne tilførsel af tungmetaller har næppe betydning for de biologiske forhold i søen.

BUNDFAUNA I ALMIND SØ

I Almind sø blev der i april 1981 udtaget bundprøver med Ekman bundhenter på forskellige vanddybder langs en linie i den nordvestligste del af søen samt i det dybeste område i den sydlige del. Desuden er der i den dybeste del af søen udtaget prøver i september.

I tabel 3 er anført, hvilke dyr der er fundet. Faunaen på de undersøgte dybder er artsfattig, hvilket er normalt for de dybere dele af søer, og der er fundet arter, som er almindelige i de dybere dele af søer med tilsvarende dybdeforhold. Den fundne bundfauna er således ikke særlig anvendelig til at karakterisere Almind sø.

De almindeligste dyr er tubificider, der kan klare sig under langvarige dårlige iltforhold, og *Chaoborus*, der om natten stiger op fra bunden til epilimnion for at søge føde og optage ilt fra vandet. I øvrigt kan bemærkes, at *Chironomus anthracunus* er mere talrig end *C. plumosus*.

Den artsfattige bundfauna i de dybere områder af søen strækker sig dog ikke ind i vegetationsbæltet på lavere vanddybder. Her findes normalt i søen en langt rigere fauna, men denne er ikke undersøgt af amtsvandvæsenet.

Bundfauna i Almind sø 1981. Antal dyr pr. m^2

Dato	23/4	23/4	23/4	23/4	23/4	10/9
Dybde	9 m	12 m	14 m	16 m	20 m	20 m
Tubificidae	240	1120	2160	1100	1840	820
Chaoborus	320	340	400	800	3520	60
Procladius	100	20	60	20	-	-
Chironomus plumosus	-	-	-	-	20	-
Chironomus anthracinus	80	100	220	260	40	-

Tabel 3.

Resultater af bundfaunaundersøgelser i de dybere dele af Almind sø i 1981. Prøverne er sigtet gennem en 0,5 mm sigte.

STOFTILFØRSEL OG MASSEBALANCE FOR ALMIND SØ

Odder bæk og Skade bæk

Resultaterne af de kemiske undersøgelser i Odder bæk og Skade bæk, der er de vigtigste tilløb til Almind sø, er vist i fig. 16. I sommer- og efterårsperioden er der ikke udtaget prøver af Skade bæk, fordi vandføringen var meget lille, ca. 1 l/s.

Både Odder bæk og Skade bæk løber i skoven syd for Almind sø. Odder bæk begynder dog som et rørlagt vandløb i Virklund, og der kan derfor her løbe overfladevand fra bymæssig bebyggelse til bækken. Forureningstilstanden i Odder bæk er dog næppe påvirket af dette overfladevand, men faunaen er ikke særlig rig, fordi vandløbet er noget okkerholdigt.

Skade bæk er ikke okkerholdig og må anses for at være et helt uforurenet vandløb. Koncentrationerne af næringssalte i vandet er lave og må antages at repræsentere det naturlige baggrundsniveau. Derimod kan indholdet af organisk stof i vandet være temmelig højt på grund af tilførsel af humusstoffer og bladrester fra skoven. Endelig bemærkes, at vandet i Skade bæk er surt med pH-værdier mellem 4 og 5 (fig. 16).

Odder bæk er oftest mere brunfarvet af humusstoffer end Skade bæk, og der er tendens til lidt højere stofkoncentrationer i vandet. Især er indholdet af total fosfor betydeligt højere i Odder bæk end i Skade bæk. Denne forskel skyldes sandsynligvis, at den øverste del af Odder bæk ikke løber i skov, men i et delvis bebygget område i Virklund.

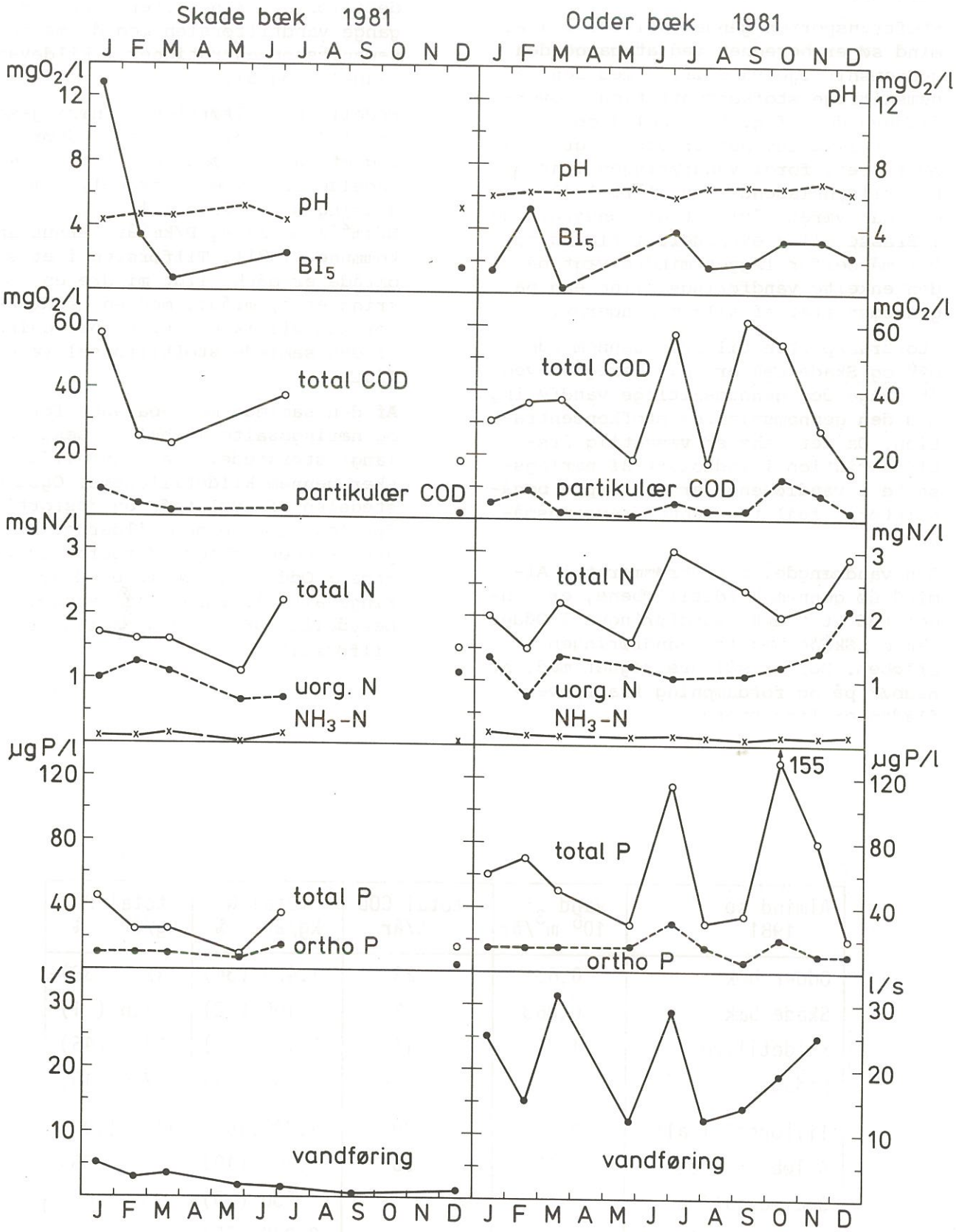
Kildetilløb

Størstedelen af vandtilførslen til Almind sø sker gennem okkerholdige kilder ved foden af skrænterne på sydsiden af søen. Vandføring og stofkoncentrationerne i vandet i disse kilder må påregnes at være omtrent konstant, og der er derfor kun 4 gange udtaget prøver til kemiske analyser fra kilderne. Gennemsnitsværdierne af resultaterne heraf er vist i tabel 4.

Årsgennemsnit		Overfladevand Almind sø	Odder bæk	Skade bæk	Kilder til Almind sø
BI_5	mg/l	-	2,7	4,1	1,0
Total COD	mg/l	12	35	32	8
Total N	mg/l	0,7	2,2	1,6	1,2
Uorg. N	mg/l	0,12	1,2	1,1	0,10
Total P	µg/l	15	64	25	29
Ortho P	µg/l	4	16	10	7
Vandføring	l/s	78,2	20,6	2,0	(55,6)

Tabel 4.

Gennemsnitskoncentrationer i overfladevandet i Almind sø og i tilløbene, samt gennemsnitsværdier for vandføringer.



Figur 16.

Resultater af kemiske analyser og vandføringsmålinger i Skade bæk og Odder bæk i 1981.

Massebalancer for Almind sø

Stoftransporten gennem afløbet fra Almind sø er beregnet ved at gange den gennemsnitlige vandføring med den gennemsnitlige stofkoncentration i overfladevandet (fig. 8, tabel 4 og 5). Der er ikke anvendt trapezintegration over året, fordi vandføringen i afløbet tilsyneladende ved flere lejligheder har været påvirket af vandstuvning i Brassø eller eventuelt i Almind sø. Der må derfor lægges mindre vægt på den enkelte vandføringsmåling end på gennemsnittet af alle målingerne.

Stoftransporten til søen gennem Odder bæk og Skade bæk er også beregnet ved at gange den gennemsnitlige vandføring med den gennemsnitlige stofkoncentration. Da der ikke er væsentlig årstidsvariation i indholdet af næringssalte i vandløbene, er der næppe begået større fejl ved denne fremgangsmåde.

Den vandmængde, der strømmer til Almind sø gennem kildetilløbene, er fundet ved at trække vandføringen i Odder bæk og Skade bæk fra vandføringen i afløbet. Der er således regnet med, at nedbør på og fordampning fra søoverfladen er lige store.

Tilførslen af næringssalte gennem kildetilløbene er herefter fundet ved at gange vandtilførslen med de målte gennemsnitskoncentrationer i kildevandet (tabel 4 og 5).

Endelig er tilførslen af næringssalte fra luften, herunder med nedbøren, beregnet ud fra søens areal og under antagelse af samme tilførsel, som målt omkring Århus Bugt i 1978/79 (1.123 kg N/km^{2}år og 33 kg P/km^{2}år, Århus amtskommune, 1981). Tilførslen i et skovområde er måske lidt mindre end omkring et byområde, men en eventuel forskel vil ikke påvirke beregningen af den samlede stoftilførsel væsentligt.

Af den samlede massebalance for vand og næringssalte (tabel 5) ses, at langt størstedelen af vandtilførslen sker gennem kildetilløbene. Også størstedelen af kvælstof- og fosfortilførslen sker gennem kilderne. Den højere koncentration af fosfor og kvælstof i Odder bæk bevirker dog, at næringssalttilførslen herigennem bliver betydelig (38% af den samlede fosfortilførsel).

Almind sø 1981	vand 10^6 m^3/år	total COD t/år	total N kg/år	%	total P kg/år	%
Odder bæk	0,65	23	1.430	(34)	42	(38)
Skade bæk	0,063	2	100	(2)	1,6	(1)
Kildetilløb	1,76	14	2.110	(50)	51	(46)
Nedbør	-	-	590	(14)	17	(15)
Tilførsel i alt	2,47	39	4.230	(100)	112	(100)
Afløb fra søen	2,47	30	1.700	(40)	37	(33)
Sedimentation	-	-	230	(5)	75	(67)
Denitrifikation	-	-	2.300	(55)	-	-

Tabel 5.

Massebalance for kvælstof og fosfor for Almind sø i 1981.
Desuden er angivet mængden af organisk stof i tilløb og i afløb.

Kvælstofs og fosfors videre vej gennem Almind sø er meget forskellig. Størstedelen (2/3) af den tilførte fosfor bindes i sedimentet. Betingelserne for tilbageholdelse af fosfor i sedimentet i Almind sø er gode på grund af jernindholdet i kilderne og det heraf følgende store indhold af jern i sedimentet (tabel 2).

Ud fra N/P-forholdet i sedimentet kan det beregnes, at der samtidig med bindingen af 75 kg P/år i sedimentet bliver bundet 230 kg N/år. Dette svarer dog kun til ca. 5% af den samlede kvælstoftilførsel, og ud fra massebalancen i tabel 5 er der ikke gjort rede for ca. 55% af den samlede tilførsel. Denne kvælstofmængde må anses for at være forsvundet fra søen i luftform efter denitrifikation, det vil sige en bakteriel omdannelse af nitrat til luftformige kvælstofforbindelser, især frit kvælstof under samtidig oxidation af organisk stof, f. eks. i overfladesedimentet.

MULIGHEDER FOR AT ÆNDRE TILSTANDEN I ALMIND SØ

Nuværende kulturpåvirkninger

En sammenligning mellem fosforkoncentrationerne i Odder bæk og i de øvrige tilløb kan tyde på, at der sker en mindre forøgelse af fosforindholdet i Odder bæk, fordi den øverste del af Odder bæks afstrømningsområde er delvis bebygget område. Selv om der ikke tilføres spildevand til vandløbet, vil der alligevel fra et sådant område udvaskes langt større mængder af næringssalte end fra et skovområde, som resten af Almind sø's opland. Ud fra de her foretagne undersøgelser kan det dog ikke beregnes, hvor stor denne ekstra fosfortilførsel er.

Badning i Almind sø er en anden kulturpåvirkning, som kan medføre en ekstra tilførsel af kvælstof ved ufrivillig vandladning. Denne tilførsel er sandsynligvis uden praktisk betydning for den generelle tilstand i søen, da kvælstofindholdet i vandet i vid udstrækning reguleres ved denitrifikationen.

Fosfortilførsel forårsaget af badning og ophold på søbredden vil være lille sammenlignet med kvælstoftilførslen, men have større mulighed for at påvirke tilstanden i søen. Det er derfor vigtigt at undgå alle former for affald på badestederne.

Uregelmæssigheder i de målte vandføringer i afløbet fra Almind sø kan tyde på, at vindstuvning i søerne kan påvirke strømmen i afløbet. En vindstuvning fra Brassø, således at vand herfra løber ind i Almind sø, vil medføre en væsentlig eutrofieringspåvirkning af Almind sø. Et sådant tilbageløb er dog ikke konstateret, men store mængder af perifytiske kiselalger i Almind sø i nærheden af afløbet i forårsperioden kunne tyde på en sådan påvirkning.

De mulige kulturbetingede stoftilførsler til Almind sø er således ikke søgt kvantificeret i denne undersøgelse. Det kan derfor ikke siges med sikkerhed, om disse tilførsler påvirker tilstanden i søen væsentligt, men bedømt ud fra massebalancen i tabel 5 og ud fra en vurdering af størrelsen af de kulturbetingede tilførsler, er der næppe tvivl om, at den generelle kulturpåvirkning af søen kun er svag.

Foruden de ovenfor nævnte mulige årsager til kulturpåvirkning af Almind sø vil en væsentlig eutrofiering af søen ske, hvis skovdriften i oplandet ændres, således at alle træer fældes på en gang i større områder, eller hvis der foretages skovgødskning. I begge tilfælde vil der kunne ske en væsentlig forøgelse af næringssalttilførslen fra skovområderne og dermed en eutrofiering af søen.

UNDERSØGELSESRESULTATER - SLÅEN SØ

DE FRIE VANDMASSER

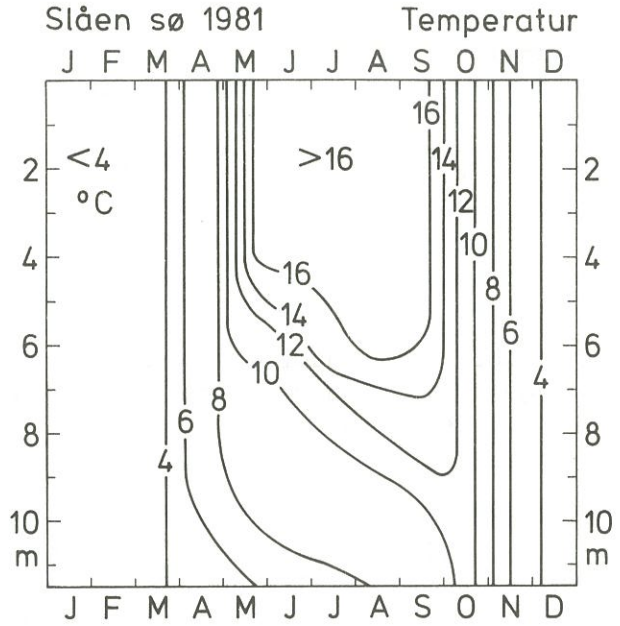
Fysiske forhold

Selv om den største vanddybde i Slåen sø kun er ca. 11,5 m, sker der en stabil temperaturlagdeling af søens vandmasser om sommeren, idet de omkringliggende bakker og skove yder så meget læ, at vinden om sommeren ikke er i stand til at omrøre vandmasserne.

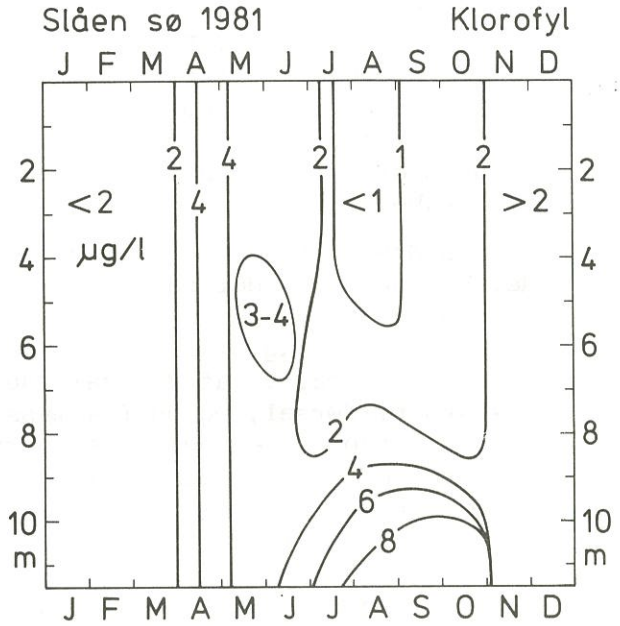
Et isoplethdiagram over temperaturforholdene i vandet i Slåen sø i 1981 er vist i fig. 17. I perioden maj - november var der et springlag i 5 - 7 m dybde.

Stratifikationen af vandmasserne forhindrer næringssalte frigjort fra sedimentet i at blive transporteret op i overfladevandet. Stratifikationen medvirker således til, at algemængden i overfladevandet er lille.

Stratifikationen bevirker dog også, at der er dårlige iltforhold i bundvandet, og at der i og under springlaget kan findes maxima af alger, som ikke forekommer i overfladevandet, idet søvandet er så klart, at væsentlige lysmængder trænger ned under springlaget.



Figur 17.
Temperaturfordeling i Slåen sø i 1981.



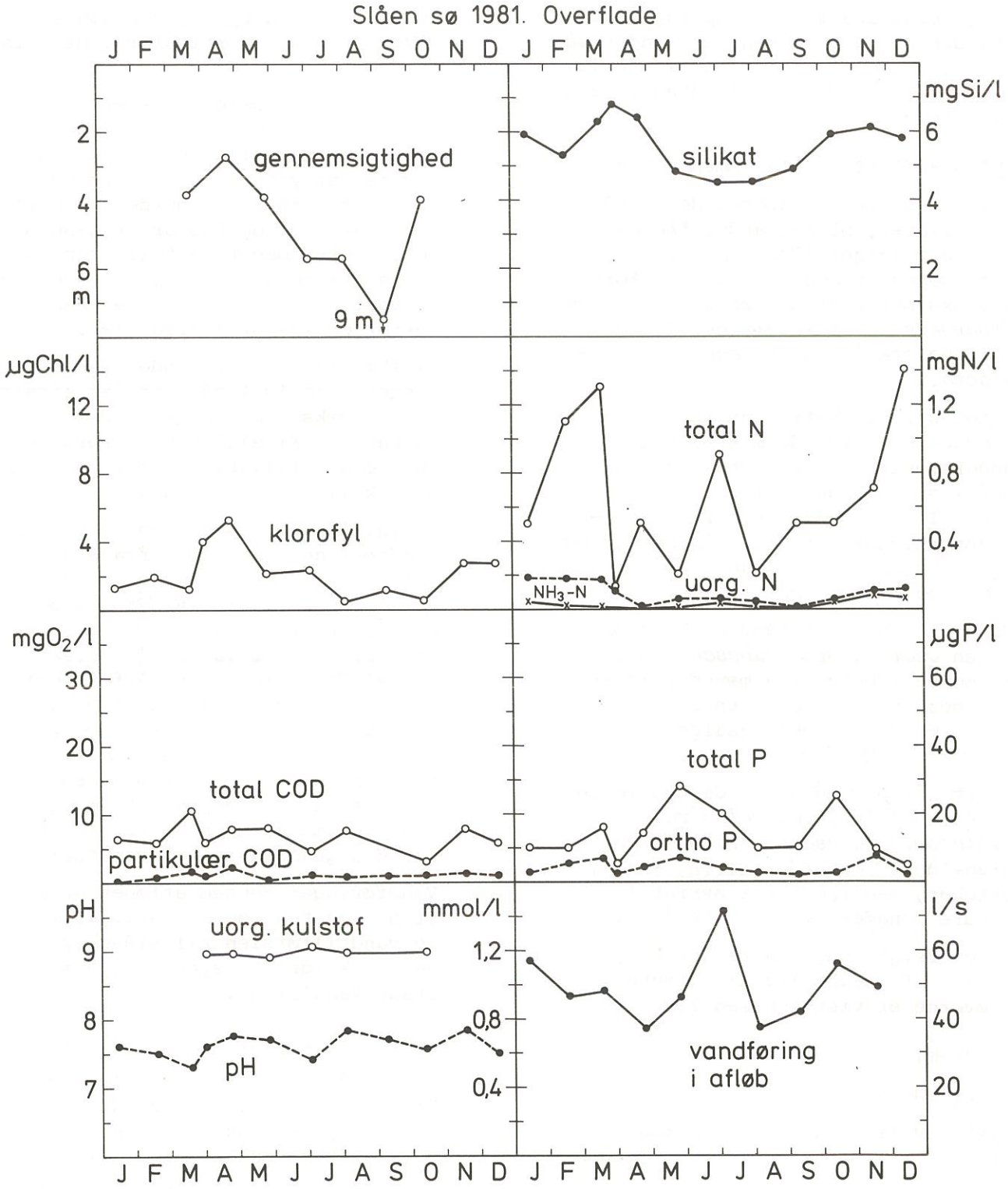
Figur 18.
Fordeling af klorofyl i Slåen sø i 1981.

Fytoplankton

Fytoplanktonmængden i vandet er illustreret gennem måling af algernes klorofylindhold. Herudover er der foretaget en omtrentlig semikvantitativ mikroskopisk undersøgelse af fytoplanktonet i omvendt mikroskop.

I fig. 19 er vist årstidsvariationen i klorofylindholdet i overfladevandet. Under forårsmaksimet er målt det højeste indhold på 5,3 µg/l, men det gennemsnitlige indhold i sommerperioden var kun 1,5 µg/l, hvilket er meget lavt sammenlignet med andre danske søer.

Vandets gennemsigtighed hænger i nogen grad sammen med algemængden i overfladevandet. Den laveste gennemsigtighed på 2,7 m er da også målt under forårsalgemaksimet i april, hvorimod den gennemsnitlige sommergennemsigtighed var 6 m (se tabel 10).



Figur 19.

Årstidsvariationer af fysiske og kemiske variable i overfladevandet i Slåen sø i 1981.

Af isoplethdiagrammet i fig. 18 ses, at algemængden om sommeren generelt er mindst i epilimnion. I maj/juni fandtes et algemaksimum af *Dinobryon* i og umiddelbart under springlaget, men senere på sommeren var vandet så klart, at den største algemængde (*Oscillatoria rubescens*) fandtes i søens dybeste del

Fytoplanktonets artssammensætning

I vinterperioden fandtes dels små flagellater, blandt andet *Rhodomonas* og gulalger (*Uroglena volvox*, *Mallomonas* og *Synura uvella*). Forårsmaksimet bestod især af *Dinobryon divergens* og af kiselalger (*Melosira*, *Cyclotella* og *Rhizosolenia longiseta*.

Efter stratifikationens indtræden fandtes også ved de mikroskopiske undersøgelser de største algemængder i springlaget eller i hypolimnion. I overfladevandet fandtes mest Cryptophycéer, f.eks. *Rhodomonas* og Crysophycéer (blandt andet *Dinobryon* og *Mallomonas*).

Under springlaget fandtes blågrønalgen *Oscillatoria rubescens* hele sommeren i betydelig mængde. Først i august var der desuden maxima af *Cryptomonas* og koblingsalgen, *Closterium acutum*.

I efterårsperioden var de hyppigste alger *Cyclotella* og *Melosira* og *Oscillatoria rubescens*. Desuden var grønalgen *Oocyustis* talrig, især i oktober, men fandtes i øvrigt i mindre mængder næsten hele året.

En oversigt over den relative hyppighed af de enkelte algeslægter i prøverne er vist i bilag 2.

Vandkemi

Overfladevand

Årstidsvariationerne i stofkoncentrationer i overfladevandet i Slåen sø er vist i fig. 19.

Indholdet af de forskellige stoffer påvirkes især af stoftilførsler og af planternes vækst og nedbrydning. Da stoftilførslen er næsten konstant, og da planteproduktion og nedbrydning er lille, er der kun registreret små variationer i stofkoncentrationer i overfladevandet.

Søvandet er svagt alkalisk med et ret højt og konstant indhold af bikarbonat og med små pH-variationer. Indholdet af opløst organisk stof er lille (COD = 5-10 mg O_2/l), men dog langt større end det partikulære, organiske stof.

Indholdet af fosfor og kvælstof i vandet er lavt. De betydelige variationer i total N-indholdet skyldes sandsynligvis analyseusikkerhed ved de lave koncentrationer. Indholdet af uorganisk kvælstof og fosfor er gennem hele sommeren meget lavt (i gennemsnit 30 µg N/l og 4 µg P/l), og algemængden i overfladevandet begrænses både af fosfor og kvælstof (fig. 19).

Silikatindholdet i vandet var derimod gennem hele 1981 så højt, at kiselalgernes vækst ikke begrænsedes af silikatmangel. Kiselalgerne forbrugte dog en del af silikatindholdet under forårsmaksimet i april/maj.

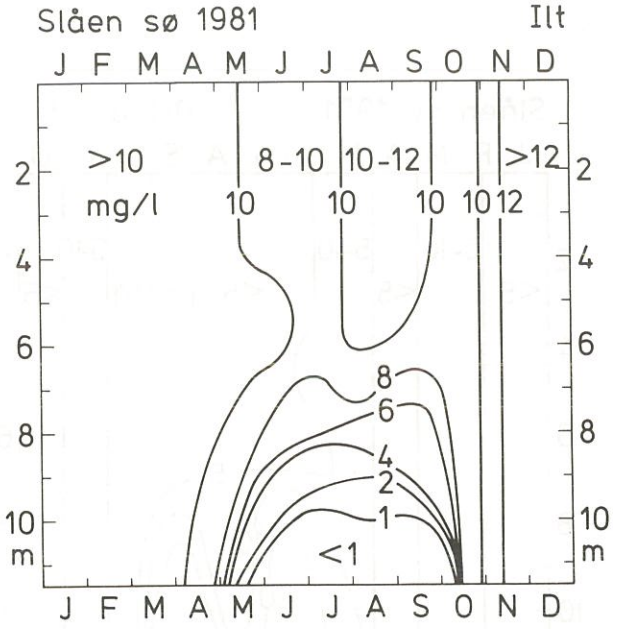
I fig. 19 er der desuden vist de målte vandføringer i afløbet fra Slåen sø (Milling bæk). Afløbet er reguleret af et overløbsbygværk. Vandhøjde over bygværket er ca. 8 cm. Meget små ændringer i søens vandspejl, f.eks. gennem vindstuvning, kan derfor bevirke ændringer i vandføringen i Milling bæk. Der kan derfor ikke lægges væsentlig vægt på den enkelte vandføringsbestemmelse, hvorimod gennemsnitsværdien af de udførte målinger (49 l/s) må antages at være meget nær ved den gennemsnitlige vandføring.

Vandføringen gennem afløbet er omtrent konstant gennem året, fordi hele vandtilførslen til Slåen sø sker gennem kilder tilsyneladende med konstant vandføring.

Vertikale forskelle i vandkemi

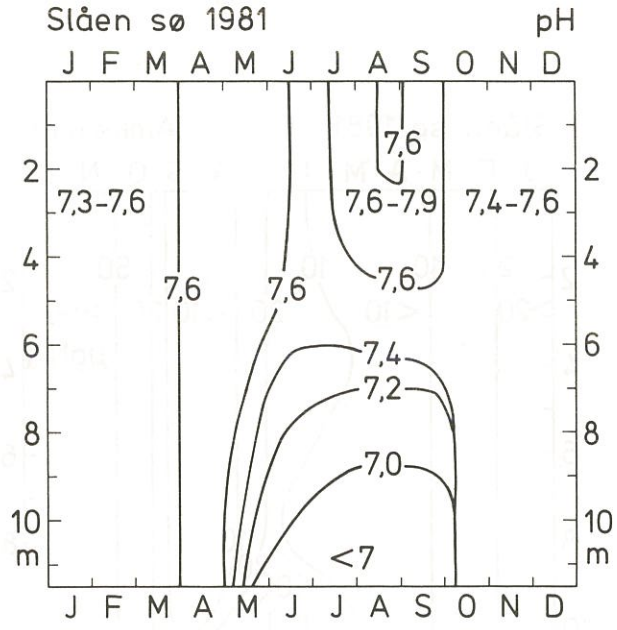
I fig. 20 - 26 er illustreret de vigtigste resultater af de udførte kemiske analyser gennem isoplethdiagrammer for hver enkelt variabel.

Iltindhold i søvand afhænger dels af udveksling med atmosfæren og af iltproduktionen ved planternes fotosyntese og forbruget ved nedbrydning af organisk stof (respiration)



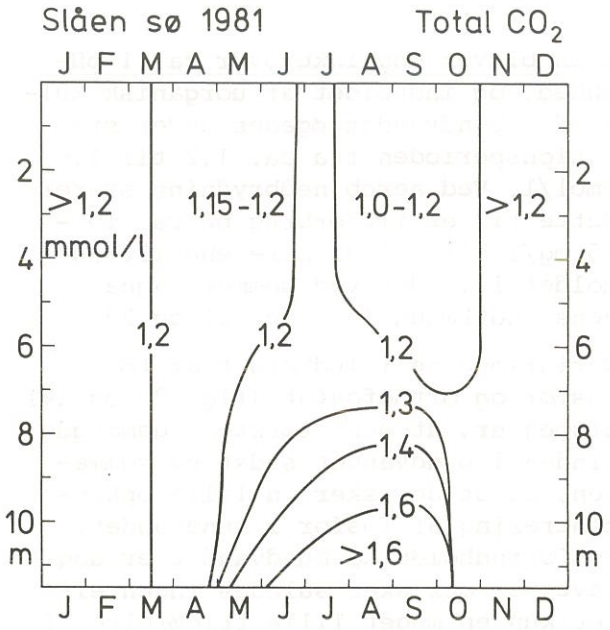
Figur 20.

Fordeling af ilt i Slåen sø i 1981.



Figur 21.

pH fordeling i Slåen sø i 1981.



Figur 22.

Fordeling af uorganisk kulstof i Slåen sø i 1981.

Iltindholdet i epilimnion i Slåen sø svarer hele året omtrent til 100% mætning, fordi produktions- og respirationshastighederne er små i forhold til udvekslingen med atmosfæren.

I hypolimnion var indholdet derimod lavt gennem hele sommeren (fig. 20). Da algemængden var størst her, kunne man måske også forvente høje iltindhold som følge af algernes fotosyntese. Algernes fotosyntese er dog ved de lave lysintensiteter i hypolimnion ikke tilstrækkelig til at opretholde et nogenlunde højt iltindhold. Det lave iltindhold skyldes dels, at respirationen i bundvandet ved de lave lysintensiteter kan have oversteget algernes fotosyntese, og dels at sedimentets respiration forbruger en stor del af iltindholdet i de bundnære vandlag.

At nedbrydningen af organisk stof i bundvand og på sediment er større end primærproduktionen her, kan også ses af isoplethkurverne over pH og total CO_2.

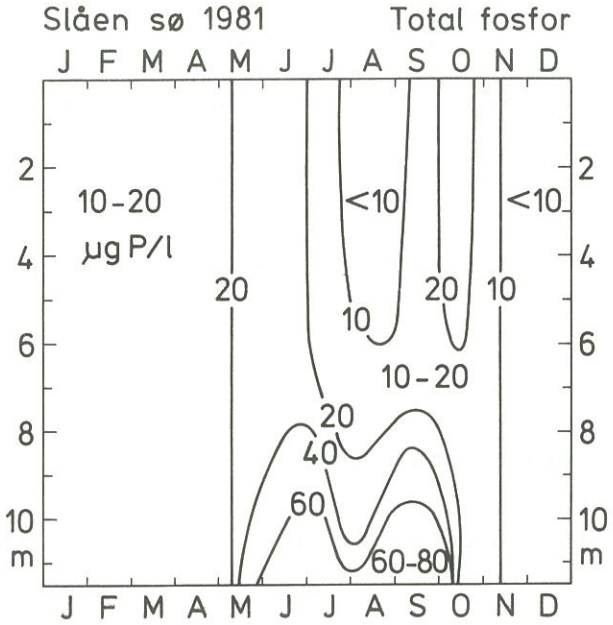
Ved nedbrydningen af organisk stof falder pH, og indholdet af uorganisk kulstof (total CO_2) stiger som følge af frigørelsen af kuldioxid. Forskellen i pH-værdi mellem epi- og hypolim-

nion bliver dog ikke over ca. 1 pH-enhed, og indholdet af uorganisk kulstof i bundvandet øgedes under stagnationsperioden fra ca. 1,2 til 1,6 mmol/l. Ved aerob nedbrydning svarer dette til et iltforbrug på ca. 10 - 15 mg/l eller lidt mere end iltindholdet i vandet ved sommerstagnationens indtræden (se fig. 21 og 22).

Variationerne i indholdet af total fosfor og orthofosfat (fig. 23 og 24) afspejler, at den største algemængde findes i bundvandet sidst på sommeren, og at der sker en lille opkoncentrering af fosfor i bundvandet. Fosforindholdet i bundvandet er dog lavt, og der sker således ingen eller kun en meget lille frigørelse af fosfor fra sedimentet til søvandet.

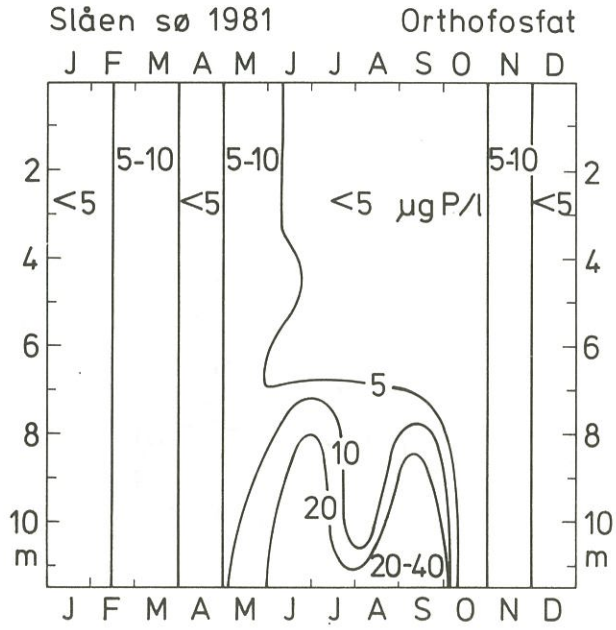
Også ammoniakindholdet (fig. 25) er højst i de dybeste vandlag, dog ikke sidst, men midt i stagnationsperioden. Ammoniakindholdet i hypolimnion er tilsyneladende blevet optaget af fytoplanktonet, muligvis af *Oscillatoria rubescens*.

Også silikatindholdet (fig. 26) er højst i hypolimnion, idet kiselalgernes skaller efterhånden går i opløsning, efter at de er sedimenteret.



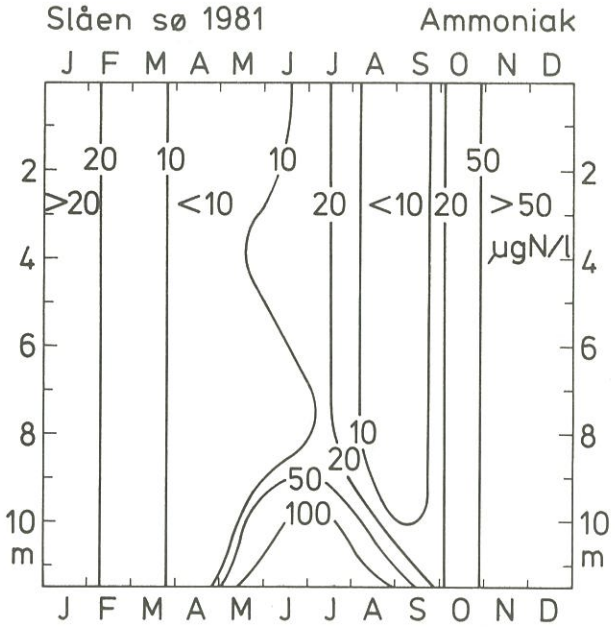
Figur 23.

Fordeling af total fosfor i Slåen sø i 1981.



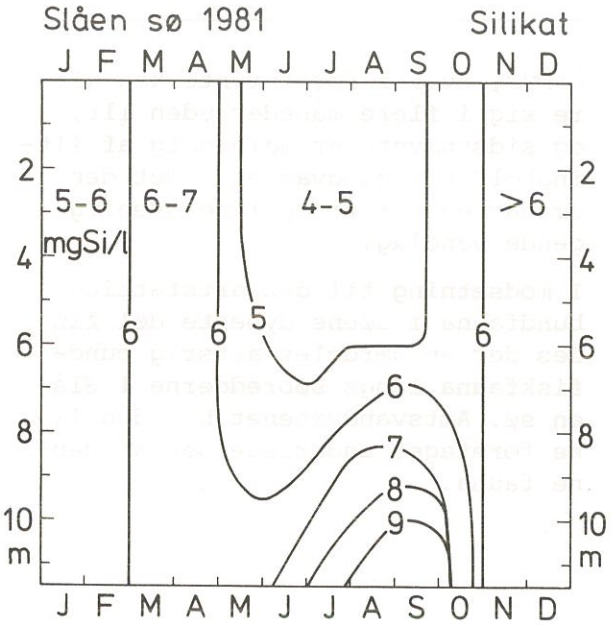
Figur 24.

Fordeling af orthofosfat i Slåen sø i 1981.



Figur 25.

Fordeling af ammoniak i Slåen sø i 1981.



Figur 26.

Fordeling af silikat i Slåen sø i 1981.

Slåen sø 1981 sediment 0-5 cm 11 m dybde		Indhold ± SD	mg/kg GT
Tørstof (TS)	%	9,8 ± 1,1	
Glødetab (GT)	% af TS	29,0 ± 0,8	
Total kvælstof	g/kg TS	12,8 ± 1,8	
Total fosfor	g/kg TS	2,5 ± 0,1	
Calcium	g/kg TS	7 ± 0	
Jern	g/kg TS	115 ± 7	
Kobber	mg/kg TS	8 ± 1	28
Nikkel	mg/kg TS	16 ± 1	55
Krom	mg/kg TS	5 ± 0	17
Bly	mg/kg TS	50 ± 12	170
Cadmium	mg/kg TS	1,2 ± 0,4	4
Kviksølv	mg/kg TS	< 0,05 ±	< 0,2
Zink	mg/kg TS	110 ± 25	380

Tabel 6.

Resultater af kemiske analyser af sediment fra Slåen så udtaget den 10. september 1981.

SEDIMENT I SLÅEN SØ

Profundalsedimentet i Slåen sø består af gyttje, det vil sige et finkornet sediment med et betydeligt indhold af rester af planter og dyr fra søen og med et stort vandindhold. Desuden findes i sedimentet en del planterester fra den omgivende skov.

Resultaterne af de kemiske analyser af to sedimentprøver fra den dybeste del af Slåen sø er vist i tabel 6. Der er kun foretaget kemiske analyser af overfladesedimentet fra 0 - 5 cm dybde.

Sedimentet i Slåen sø ligner på mange måder sedimentet i Almind sø med et højt indhold af jern og et lavt kalkindhold. Det høje jernindhold stammer fra de okkerholdige kilder på sydsiden af søen.

Tungmetalindholdene i sedimentet er meget lave sammenlignet med, hvad man normalt finder i danske søer, og betydeligt lavere end i Almind sø. Slåen sø må antages at være helt uforurenet med tungmetaller. Det kan dog ikke konkluderes, at søer med højere indhold end Slåen sø er forurenede, idet de naturlige forhold, herunder geologien i afstrømningsområderne kan være forskellige.

BUNDFAUNA I SLÅEN SØ

I Slåen sø er der kun udtaget bundfaunaprøver i den dybeste del af søen (vanddybde 0.11 m) i april 1981. Resultaterne af bundfaunaundersøgelsen er vist i tabel 7.

Bundfaunaen i den dybeste del af Slåen sø er endnu mere artsfattig end i Almind sø; sandsynligvis fordi iltforholdene er dårligere. Der er således kun fundet tubificider og *Chaoborus*, hvoraf førstnævnte kan klare sig i flere måneder uden ilt, og sidstnævnte er uafhængig af iltindholdet i bundvandet, idet den om natten stiger op i de ovenliggende vandlag.

I modsætning til den artsfattige bundfauna i søens dybeste del findes der en særdeles artsrig bundfiskfauna langs søbredderne i Slåen sø. Amtsvandvæsenet har dog ikke foretaget undersøgelser af denne fauna.

Bundfauna i Slåen sø 1981.	Antal dyr pr. m^2
Dato	23/4
Dybde	11 m
Tubificidae	640
Chaoborus	1540

Tabel 7.

Resultater af bundfaunaundersøgelser i den dybeste del af Slåen sø i 1981. Prøverne er sigtet gennem en 0,5 mm sigte.

STOFTILFØRSEL OG MASSEBALANCE FOR SLÅEN SØ

Kildetilløb

Næsten al vandtilførslen til Slåen sø sker gennem de over- og undersøiske tilløb ved sydbredden.

Der er ikke regelmæssigt udtaget prøver til kemiske analyser af kildetilløbene, men der er næppe grund til at formode, at der er større årstidsvariationer i den kemiske sammensætning. Gennemsnitsresultaterne af analyse af 4 vandprøver er vist i tabel 8.

Årsgennemsnit		Overfladevand Slåen sø	Kilder til Slåen sø
BI_5	mg/l	-	1,7
Total COD	mg/l	8	8
Total N	mg/l	0,7	1,2
Uorg. N	mg/l	0,09	0,25
Total P	µg/l	14	30
Ortho P	µg/l	4	10
Vandføring	l/s	48,9	(48,9)

Tabel 8.

Gennemsnitskoncentrationer i overfladevandet i Slåen sø og i kildetilløbene til søen, samt gennemsnitsvandføringen i Milling bæk.

I forhold til vandet i danske vandløb er indholdene af såvel næringssalte (N og P) og organisk stof meget små i vældvandet (tabel 8).

Massebalance

Ved beregning af stoftilførslen til Slåen sø er der regnet med, at al vandet indeholder stofmængder svarende til gennemsnitstallene i tabel 8. Desuden er der regnet med, at vandtilførslen til søen er den samme som den vandmængde, der løber fra søen gennem Milling bæk.

Ud fra disse forudsætninger er der i tabel 9 opstillet en massebalance for Slåen sø. I denne massebalance er der ikke inkluderet tilførsel af organisk stof (blade, grene m.m.) fra den omgivne skov. Stofmængden, der forlader søen, er beregnet ved at gange gennemsnitsvandføringen med de gennemsnitlige stofkoncentrationer i overfladevandet på samme måde som ved Almind sø.

Ud fra massebalancen kan det beregnes, at der er sedimenteret ca. 30 kg fosfor i Slåen sø i 1981. Da kvælstofindholdet i sedimentet er ca. 5 gange så højt som fosforindholdet, er der altså samtidig sedimenteret ca. 150 kg kvælstof. Nettodenitrifikationen må derfor beløbe sig til ca. 750 kg pr. år, for at massebalancen kan passe.

Denitrifikationen og fosfortilbageholdelsen i Slåen sø udgør lidt mindre andele af tilførslen (37% og 58%) end i Almind sø (55% og 67%, tabel 5). Dette må først og fremmest tilskrives forskellen i vandets opholdstid i de to søer. Den længere opholdstid i Almind sø (2,2 år) bevirker, at nitrat i det tilførte vand i længere tid end i Slåen sø (opholdstid 0,86 år) kan anvendes til mikrobiel oxidation af organisk stof ved denitrifikation i sedimentoverfladen.

Den lidt mindre fosfortilbageholdelse i Slåen sø kan også skyldes, at en større del af nedbrydningen af organisk stof finder sted på sedimentet i den mere lavvandede Slåen sø end i Almind sø, hvor der er længere tid til nedbrydning af det organiske stof, mens det falder ned mod bunden. Med en større nedbrydning af organisk stof på og i sedimentet kan fosforbindingsevnen reduceres som følge af lavere redoxpotentiale, således at jerns evne til at binde fosfor mindskes.

Stoftilførslen til Slåen sø må anses for praktisk taget at svare til den naturlige tilførsel, selv om kvælstoftilførslen med nedbør har været stigende gennem de seneste årtier.

Helt uden menneskelig påvirkning henligger søen dog ikke. Den væsentligste menneskeskabte påvirkning af Slåen sø er den ca. 2 - 3 m høje opstemning af vandet i afløbet, etableret for flere hundrede år siden. Vandstandshævningen er af så gammel dato, at søen må anses for at befinde sig i en ny naturlig tilstand med det nye vandspejl, selv om opstemningen f.eks. forhindrer vandrefisk i at passere.

Slåen sø 1981	vand 10^6 m^3/år	total COD t/år	kg/år %	kg/år %
Kildetilløb	1,54	12	1.800 (90)	46 (88)
Nedbør	-	-	200 (10)	6 (12)
Tilførsel i alt	1,54	12	2.000(100)	52(100)
Afløb fra søen	1,54	12	1.100 (55)	22 (42)
Sedementation	-	-	150 (8)	30 (58)
Denitrifikation	-	-	750 (37)	- -

Tabel 9.

Massebalance for kvælstof og fosfor for Slåen så i 1981. Desuden er angivet mængden af organisk stof i kildetilløb og i afløbet.

MULIGHEDER FOR ÆNDRING AF TILSTANDEN I SLÅEN SØ

Da Slåen sø må anses for at være i en naturtilstand, er der ikke som for mange andre søer baggrund for at foreslå ændringer, der kan mindske en forureningspåvirkning.

Der kan derimod være grund til at overveje, hvilke mulige trusler der kan være mod den nuværende tilstand i søen, selv om ingen af disse synes aktuelle i dag.

Mulighederne for at påvirke Slåen sø må mest sandsynligt være ved en øget næringssalttilførsel gennem en ændret skovdrift eller ved andre fysiske ændringer i området.

Næringssalttilførslen fra en skovområde er normalt lille, men den kan øges f.eks. ved fældning af større skovarealer på en gang, således at træerne i nogle år ikke kan optage den mængde af næringssalte, som er tilgængelige i skovbunden, og som derfor udvaskes. Ligeledes kan næringssaltudvaskningen øges, hvis skoven gødskes.

I betragtning af Slåen sø's meget store rekreative, naturvidenskabelige og undervisningsmæssige betydning, bør der derfor ikke foretages renafdrift eller skovgødskning i området.

KONKLUSIONER

Almind sø og Slåen sø er begge mesotrofe morænesøer med veludviklede springlag om sommeren. Begge søer er klarvandede, og algemængden i overfladevandet er lille. Der trænger tilstrækkeligt lys ned under springlagene til, at der her foregår en betydelig algeproduktion. Der er derfor markante kvantitative og kvalitative forskelle mellem fytoplanktonet i epilimnion og i og under springlaget, hvor der ofte findes de største algemængder.

For at illustrere forholdene i de frie vandmasser i søerne er der i tabel 10 anført gennemsnitsværdier for næringssaltkoncentrationer, klorofylindhold og vandets gennemsigtighed.

Almind sø og Slåen sø er sandsynligvis de to mest klarvandede af de bikorbonatholdige søer i Danmark. Dette er årsagen til, at den undersøiske vegetation er særdeles veludviklet, især i Slåen sø med et meget stort antal arter af vandaks (*Potamogeton*).

I botanisk henseende er søerne en overgangstype mellem *Potamogeton* søer og *Lobelia* søer, men i hvert fald Slåen sø hører nærmest til *Potamogeton*-typen.

I recipientkvalitetsplanen (Århus amtskommune, 1976) er begge søer målsat som naturvidenskabelige referenceområder, Almind sø desuden som badevand.

På trods af, at Slåen sø er opstemmet, og vandfaldet ikke kan passeres af fisk, må recipientkvalitetsmålsætningen anses for at være opfyldt.

Badevandsmålsætningen i Almind sø er opfyldt (Århus amtsvandvæsen, 1982). Kravet i recipientkvalitetsplanen om, at gennemsigtigheden skal være over 3 m, er ligeledes opfyldt. Det er dog muligt, at der sker en svag kulturpåvirkning af søen som følge af næringssalttilførsel i den øverste del af Odder bæk og eventuelt på grund af tidvis tilførsel af vand fra Vejl sø ved opstuvning af vand. Den mulige påvirkning af Almind sø af disse årsager er dog lille, og recipientkvalitetsmålsætningen må anses for at være opfyldt.

I forhold til tidligere undersøgelser (Vandkvalitetsinstituttet, 1976, Mathiesen, 1981) er der ikke konstateret ændringer i tilstanden i søerne. Dette ville heller ikke være at vente, idet de ydre påvirkninger af søerne næppe har ændret sig.

1981		Almind sø	Slåen sø
Gnsnt. klorofyl i overflade 1/5 - 1/10	µg/l	1,7	1,5
Max. klorofyl i overflade	µg/l	3,3	5,3
Max. klorofyl (dato, dybde)	µg/l	8,0 (2/7, 10 m)	8,0 (10/9, 10 m)
Gnsnt. gennemsigtighed 1/5 - 1/10	m	5,0	6,0
Min. gennemsigtighed (dato)	m	3,5 (23/4)	2,7 (23/4)
Gnsnt. total kvælstof 1/12 - 1/4	µg/l	800	1000
Gnsnt. uorg. kvælstof 1/12 - 1/4	µg/l	160	150
Gnsnt. uorg. kvælstof 1/5 - 1/10	µg/l	50	30
Gnsnt. total fosfor 1/12 - 1/4	µg/l	10	10
Gnsnt. orthofosfat 1/12 - 1/4	µg/l	6	4
Gnsnt. orthofosfat 1/5 - 1/10	µg/l	4	4

Tabel 10.

Gennemsnits- og maksimumsværdier for klorofyl, gennemsigtighed og næringssalte i overfladevandet af Almind sø og Slåen sø i 1981.
Desuden er anført de maksimalt målte klorofylindhold under springlaget.

REFERENCER

MATHIESEN, H. (1981): Gudenåundersøgelsen 1973-75, rapport nr. 25. Gudenåsystemets søer - Søkarakteristik.

VANDKVALITETSINSTITUTTET (1976): Gudenåundersøgelsen 1973-75. Rapport nr. 14. Søundersøgelser.

ÅRHUS AMTSKOMMUNE (1976): Foreløbig recipientkvalitetsplan.

ÅRHUS AMTSVANDVÆSEN (1981): Århus Bugt - Kalø Vig 1978-79. Stoftilførsel med nedbør, spildevand og vandløb.

ÅRHUS AMTSVANDVÆSEN (1982): Badevandsrapport 1981.

FYTOPLANKTON i Almind sø, 1981

BILAG 1

Dato	13/1	17/2	19/3	1/4	23/4	25/5				2/7					4/8			10/9	13/10	17/11
Dybde, m						0	5	10	15	0	7	10	15	20	0	8	12			
Blågrønalger:																				
Gomphosphaerium		x			xx	xx	xx	x		x	xx	xx	x		xx	x		xx		
Oscillatoria rubescens	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xx	x	xxx	xx			xxxx	xxx	xx		xx	xxx		x	
Anabaena										xx	x									
Aphanizomenon										x		x	x		xx	x			x	
Kiselalger:																				
Melosira	x	xx	xx	xxx	xx	x	x		x	x	x	x		x	x	xx	x		x	xxx
Cyclotella			x	x	xx	xxx	xx	xx	x	xx	xxx	xxx	xx	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Stephanodiscus																				
Rhizosolenia						x	x	x												
Fragilaria			x	x	x		x	x	x			x			xx	xxx	xx			
Tabellaria				x			x	x				x			x	x		x	xx	
Asterionella					xx	xx	xx	x		xx	x	x	x		x	xx		xx	xx	xx
Synedra					xx	xx	x	xx	x	x	x	x	x			x		x	xx	
Nitzschia																				
Flagellater:																				
Euglena																				
Phacus																				
Ceratium						x				x	x				x					
Cryptomonas	x		x	x	xx	x	x	x	x	xxx	x	xx	xx	xx	x	xx	xxx	x	xx	xxx
Rhodomonas	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	x		xx	xx							xx	xx	xx
Trachellomonas										x	x									
Div. små monader 2-5µ	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	x	xxx	xx	x			xxx	xx		xx		
Gulalger:																				
Mallomonas	xx	xx	xx	x						x	x	x						x		
Synura				x																
Dinobryon					xx	xx	x								xx	xx			xx	
Uroglena																				
Grønalger:																				
Chlamydomonas										x	x		x		x	xx			xx	
Carteria										x										
Eudorina						x	x						x				x			
Oocystis	x	x	x		x	xx	xx	x		x								xx		
Coelastrum				x	x				x											
Tetraëdron																				
Tetrastrum																				
Scenedesmus																				
Ankistrodesmus								x												
Elakatotrix																				
Kirchneriella																				
Div. små kugler 2-5µ	xx	xx	xxx							x xx					xxx	xx		xx	x	
Koblingsalger:																				
Closterium			x			x									x	x			x	xx
Cosmarium							x			xx	xx	x	x		xx			x	x	
Staurastrum															x					
Algemængde	x	x(x)	x(x)	xx	x(x)	x(x)	x	xx	x	xx	xx	xxx	x(x)	x	xx	xx	x	x	x(x)	x
Bakterier			xxx												x	xx	x	x	xx	x
Detritus	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	x(x)	x	xx	x	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xx	xxx	xxxx	x	xxx	xxx

FYTOPLANKTON i Slaaen sø, 1981

BILAG 2

Dato	13/1	17/2	19/3	1/4	23/4	25/5					2/7				4/8				10/9	13/10	17/11
Dybde, m	0	0	0	0	0	0	3	5	7,5	10	0	6	8	10	0	6	8	10	0	0	0
Blågrønalger:																					
Gomphosphaerium																			x		
Oscillatoria rubescens										x				xx			xx	xxx		xx	xx
Anabaena																x					
Aphanizomenon																					
Kiselalger:																					
Melosira			xx	xxx	xx	xx	x	x	x	xx				x	x	x	xx	xx		xx	xx
Cyclotella	x		x	x	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	x	xx		xx	xx	xx	x	xx	xxx	xx
Stephanodiscus																				x	
Rhizosolenia						xx	xx	xx	x	xx				xx			x	x			x
Fragilaria																					
Tabellaria								x								xx	x	x	x		x
Asterionella			xx	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx		xx	xx	x	xx	xx		xx		x
Synedra					x				xx	xx			x	x							
Nitzschia																					
Flagellater:																					
Euglena																		x			
Phacus										x											
Ceratium							x				x		x	x		xx	xx	x		x	
Cryptomonas	x					x		xx	x	x	xx			x	x	xxx	xx	xxx	x	x	x
Rhodomonas	xxx	x	xx	xx	xx						xxxx	xxx	xxx	xx	xx	xx		xx	xx	xx	x
Trachellomonas	xx	x	xx	x									x	x		xx	xx	x	x		
Div. små monader 2-5µ		xxx	xx		x	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	xx	xx	xx		
Gulalger:																					
Mallomonas	xx	xx	x	xx	xx											xx					
Synura	x		x	x																	
Dinobryon			xx	x	xx	xxx	xxxx	xxxx	xxx	xx	xxx	xx	x	x		xx	x	x	x	x	
Uroglena	xxx		xx	xx		xx	xx														
Grønalger:																					
Chlamydomonas		x	xx	x																	
Carteria																	x				
Eudorina																					
Oocystis											x		x	x	xx		x		xx	xxx	x
Coelastrum																					
Tetraëdron							x														
Tetrastrum						xx															
Scenedesmus									x	x											
Ankistrodesmus			xx																		
Elakatotrix														x	x	x	xx	x	xx	xx	xx
Kirchneriella		x				x															
Div. små kugler 2-5µ		xxx	xxx	xx	x				x	xx					xxxx	xxx	xx	xx	xxx		
Koblingsalger:																					
Closterium	x			x	x	x	x	x	x	x	xx	xx	xx	xx	x	xx	xxxx	xxx	x	xx	xx
Cosmarium		x														x					
Staurastrum																			x	x	
Algemængde	x	x	x(x)	xx	xx	x(x)	xx	xx	xx	x	x(x)	x	x	x	x	x(x)	xx	xxx	x	x	x
Bakterier	xx	x	xx	xx(x)	xxx	x	x	xx	xx	xx	x(x)	xx	x	xxx	x	x	x	xx	x	x	x
Detritus	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xx	xxx	x(x)	xx	xx(x)	xx	x	xx	xx	xxx	xx	xxx	xxx

ÅRHUS AMTSKOMMUNE – ALMIND SØ OG SLÆN SØ 1981

Århus Amtskommunes trykkeri

ISBN 87-88104-25-7