

LANTBRUKSVÄMNDEN I  
VÄSTMANNALANDS LÄN

25 APR 1973

DIARIE Nr

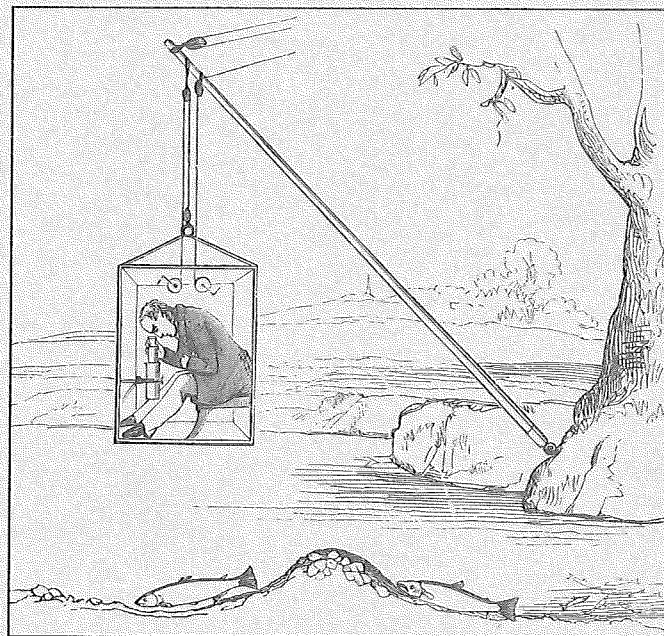
SAK Nr

CREG Nr

Information från

# SÖTVATTENS- LABORATORIET

## Drottningholm



FÖRSURNINGENS INVERKAN PÅ VÄSTKUSTSJÖAR

EINAR HÖRNSTRÖM  
CHRISTINA EKSTRÖM  
URVE MILLER  
WILLIAM DICKSON

Fytoplankton  
Zooplankton  
Diatomeer  
Kemi

FÖRSURNINGENS INVERKAN PÅ VÄSTKUSTSJÖAR.  
FYTOPLANKTON, ZOOPLANKTON, DIATOMÉER, KEMI

William Dickson, Statens naturvårdsverk  
Christina Ekström, - " -  
Einar Hörnström, - " -  
Urve Miller, Sveriges geologiska undersökning

ABSTRACT	2
INLEDNING	5
VÄXTPLANKTON, Einar Hörnström	8
DJURPLANKTON, Christina Ekström	19
SAMMANFATTNING; VÄXT- OCH DJURPLANKTON	23
LITTERATUR	24
FIGURER, TABELLER	26
DIATOMÉUNDERSÖKNING AV BOTTENPROPPAR FRÅN STORA SKARSJÖN, Urve Miller	42
SAMMANFATTNING	51
LITTERATUR	52
TABELLER, BILAGA	54
KEMI, William Dickson	61
SAMMANFATTNING	78
LITTERATUR	79
MEDVERKANDE	82
BILAGA OCH TABELLER	84

## ABSTRACT

## EFFECTS OF THE ACIDIFICATION ON LAKES IN THE SWEDISH WEST COAST REGION

As a consequence of the atmospheric acidification many lakes in the Swedish west coast region now display a very low pH.

Ahl and Odén (1972) have studied the longterm effects in Swedish river waters. They point out, that if the present trend continues, then "most of the Swedish lakes and rivers will be devoid of the more valuable fishes within 50 to 100 years".

The County Administrations in the west coast areas, the National Board of Fisheries, and the National Environment Protection Board examined some three hundred lakes in the west coast region, in the late autumn of 1970, and in the spring of 1971, in regard to their chemistry. The results have been put together by the County Administration in Göteborg (1972).

Fifty representative lakes were chosen, which were studied with respect to the fish fauna by Almer (1972) and Andersson (1972).

Almer found great changes in many lakes and believed most species to become exterminated there in the near future; Andersson found changes in the food composition of fish in acidified lakes.

This paper discusses plankton in these 50 lakes, diatoms in the sediment in one lake, and the chemistry in lakes and precipitation in the west coast region.

## PHYTOPLANKTON

by Einar Hörnström

Qualitative and quantitative phytoplankton analyses of samples from 50 lakes in the Swedish west coast region have been performed. All samples were taken at a depth of 0.5 metres and then fixed in Lugol's solution. Counts were made according to the Utermöhl technique.

More than 200 species were recorded, most of them belonging to the algal groups Chlorophyta and Chrysophyta. Species of the group Cyanophyta were generally rare and in lakes with pH values lower than 6 the only common genera were *Merismopedia* and *Chroococcus*. Just a few chlorophytes were observed in the most acidified lakes. *Oocystis* spp. and *Ankistrodesmus convolutus* v. *minutus*, however, were found irrespective of the actual pH value.

The chrysophytes recorded include a relatively large number of species, some of them lacking in acidic lakes. Thus some species of *Dinobryon* and the diatoms *Cyclotella* and *Rhizosolenia* were

present only at pH values above 5.4. The pH interval 5 to 6 seems to be critical for many species.

Among the pyrrophytes the species *Peridinium inconspicuum* was common in most of the lakes apparently independent of pH, like a few other pyrrophytes. The flagellate *Gonyostomum* was abundant in many humic lakes where it constitutes the bulk of algae. These lakes also contained the greatest biomass of algae and on the average a larger content of total phosphorus. The algal biomass displayed a good correlation with concentration of total phosphorus, whereas the pH dependence was less pronounced.

The acidic lakes generally had a similar species composition - *Oocystis* spp., *Mougeotia scalaris*, *Dinobryon crenulatum* and *D. sertularia*, a few other chrysophytes, *Botryococcus braunii* and some pyrrophytes. (The pyrrophytes dominated the biomass in these lakes.)

The number of species displayed a positive correlation with conductivity at pH values above 5.5, but at a lower pH the correlation was negative, which may indicate that rainfall had caused an abnormal ionic composition and thus extreme water conditions.

Many of these lakes have a small content of organic matter. Laboratory experiments with algal cultures have indicated that heavy metals under such circumstances may be poisonous even in very low concentrations.

## ZOOPLANKTON

by Christina Ekström

A total number of 49 species of zooplankton were found in the analysed samples (mesh size = 75  $\mu$ m).

Of 19 different rotatorians *Conochilus unicornis* occurred more frequently in lakes with pH values above 5.5, whereas *C. hippocrepis* was found mostly in acidic waters. *Polyarthra remata* was the only rotatorian species that appeared exclusively in acidic lakes.

*Holopedium gibberum* (Cladocera) preferred a pH below 6, whereas all species of *Daphnia* avoided the acidic lakes and were common at pH above 6 only. *Bosmina coregoni* was recorded in 45 lakes and seemed quite independent of pH.

No quantitative analysis of zooplankton was performed.

## DIATOMS

by Urve Miller

As possible effects of the acidification the following changes in the diatom flora have been noted in the uppermost sediment of Stora Skarsjön, a Swedish west coast lake.

From the older to the more recent parts of the sediment the frequency of diatom valves decreases strikingly.

Plankton forms show a distinct decrease compared with the remaining flora of bottom forms and epiphytes.

On the other hand, diatoms characteristic of extremely acid milieu, acidobionts (pH-optimum less than 5.5), increase in number when going from the lower to the uppermost parts of the sediment.

The change in the composition of acid (acidobiontic and acidophilous) species shows, expressed as an index  $\omega$  (Nygaard 1956; index  $\omega$  = 
$$= \frac{\text{percent of acidobiontic taxa times 5} + \text{percent of acidophilous taxa}}{\text{number of acidobiontic and acidophilous taxa}}$$
)

a pH lowering from about 6 to 4.5. As this drop has actually occurred, index  $\omega$  seems to be a good indicator of the acidity of the sedimentation milieu (water).

## CHEMISTRY

by William Dickson

Around 30 % of the lakes have a pH value lower than 5. Some lakes have a pH value even lower than 4. The observed lowering has been up to 1.8 pH-units since the 1930 's.

The ionic compositions of the lakes and the precipitation are compared. Leakage of calcium and bicarbonate from the ground occurs mainly to lakes, which have not yet been acidified. The acidic lakes have a composition very similar to the precipitation. Furthermore, the ionic composition in the lakes indicates that there is a large dry deposition of sodium and chloride.

The concentration of nitrogen and probably also of phosphorous is higher in the precipitation than in the lakes.

The sulphate content has probably raised with around 0.15 milli-equivalents per litre since earlier. This agrees fairly well with the increased emission and deposition of sulphur compounds.

The manganese and zinc concentrations are somewhat higher in acidic lakes.

Sediments of lakes in the region show a high content of lead, around 150 microgram per gram sediment.

## FÖRSURNINGENS INVERKAN PÅ VÄSTKUSTSJOÄR.

FYTO- ZOOPLANKTON, KEMI

## INLEDNING

Försurningen av våra insjövatten inger berättigad oro. Odén och Ahl (1972), har genom långtidsstudier och extrapolation av försurningstrenden i våra större floder visat att en stor del av våra insjöar och floder inom 50 år kommer att ha nått ett pH som knappast är lämpligt för fisk. Försurningen är tydligast i sydvästra Sverige. Här har redan många sjöar nått kritiska värden.

Under november - december 1970 genomfördes av länsstyrelserna i västkustlänen (O-N-P-län), fiskeristyrelsen och naturvårdsverket en undersökning av 314 västkustsjöar i avsikt att belysa pH-situationen i dessa och deras känslighet för yttre påverkan. En uppföljning under tiden slutet av april till början av juni 1971 omfattade samma sjöar samt ytterligare ett 70-tal i P, F och G-län. Materialet finns redovisat av länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län m fl: "pH-förhållanden i västsvenska sjöar 1970 - 1971" (Avergård 1972).

Ur höstundersökningen utvalde fiskeristyrelsen 50 sjöar belägna inom influensområdet för befintliga eller planerade lokala luftföroreningskällor längs kusten och fördelade inom olika pH-intervall. Man undvek därvid sjöar, som i högre grad var påverkade av avlopp eller var kalkade eller reglerade. Undersökningen omfattade dels intervjuer om fisket i sjöarna, dels eget provfiske, kemisk analys, planktonprovtagning och i några sjöar provtagning av bottenproppar för analys av kiselalger.

Resultaten av fiskedelen finns redovisade i Brodde Almers "Försurnings inverkan på fiskbestånd i västkustsjöar" (Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, nr 12, 1972), och i Björn Anderssons "Abborrens näringsval i försurade västkustsjöar" (Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, nr 17, 1972).

Planktonanalyserna utfördes vid naturvårdsverkets undersökningslaboratorium. Sveriges geologiska undersökning har analyserat bottenproppar från en sjö, med avseende på kiselalger. Skalen blir bevarade i sedimenten under långa tider och kan användas som indikatororganismer. Resultaten redovisas i denna publikation tillsammans med en del kemiska data och synpunkter.

FÖRSURNINGENS INVERKAN PÅ VÄSTKUSTSJÖAR.  
FYTOPLANKTON, ZOOPLANKTON

VÄXTPLANKTON

Einar Hörnström, Statens naturvårdsverk

INLEDNING	8
METODIK	11
RESULTAT	11
Artfördelning:	
Cyanophyta	
Chlorophyta	
Desmidiiales	
Euglenophyta	
Chrysophyta	
Diatomae	
Heterocontae	
Pyrrophyta	
Biomassa	13
DISKUSSION	15
DJURPLANKTON	
Christina Ekström, Statens naturvårdsverk	
METODIK	19
RESULTAT	19
Rotatorier	
Cladocerer	
Copepoder	

DISKUSSION	21
SAMMANFATTNING, VÄXT- OCH DJURPLANKTON	23
LITTERATUR	24
FIGURER OCH TABELLER	26



## VÄXTPLANKTON

Einar Hörnström

## INLEDNING

Undersökningsområdet för de 50 utvalda sjöarna sträcker sig från Strömstad i norr till Halmstad i söder och omfattar sjöar belägna mellan 5 och 44 km från kusten (fig. 1 sid 9, tab. 1). Deras arealer är mellan 8 och 910 ha med en genomsnittlig storlek av ca 40 ha. Höjden över havet varierar från 22 till 177 meter (tab. 1).

Sjöarna tillhör i stort den oligotrofa sjötypen och har sålunda låg produktion av plankton och andra organismer. Många av dem är synnerligen klara med ett siktdjup på upp till 15 meter (Stockasjön, P 64). Även mer eller mindre humösa sjöar med ringa siktdjup ingår emellertid i undersökningen.

De suraste sjöarna är ofta belägna relativt högt över havsytan (fig. 2 sid. 10, tab. 1), vilket tyder på att de större nederbörds mängderna på högre nivå får en väsentlig betydelse för pH-miljön. Jämför även karta över humiditeten, (fig. 3 sid. 10). Härtill kommer att små tillrinningsområden ökar sjöarnas känslighet för förorening.

De sjöar som uppvisar högre pH-värden ligger vanligen i jordbruks- påverkade områden, där kalkhalten är relativt stor. Samma sjöar har också genomsnittligt högre totalfosforhalter än de som har låga pH-värden. Flertalet av de humösa vattnen ligger förhållandevis högt över havet och har en medelfosforhalt (totalfosfor) (28 µg/l) som avsevärt överstiger den i övriga undersökta sjöar, (12 µg/l) (tab. 2, 3, 3 b).

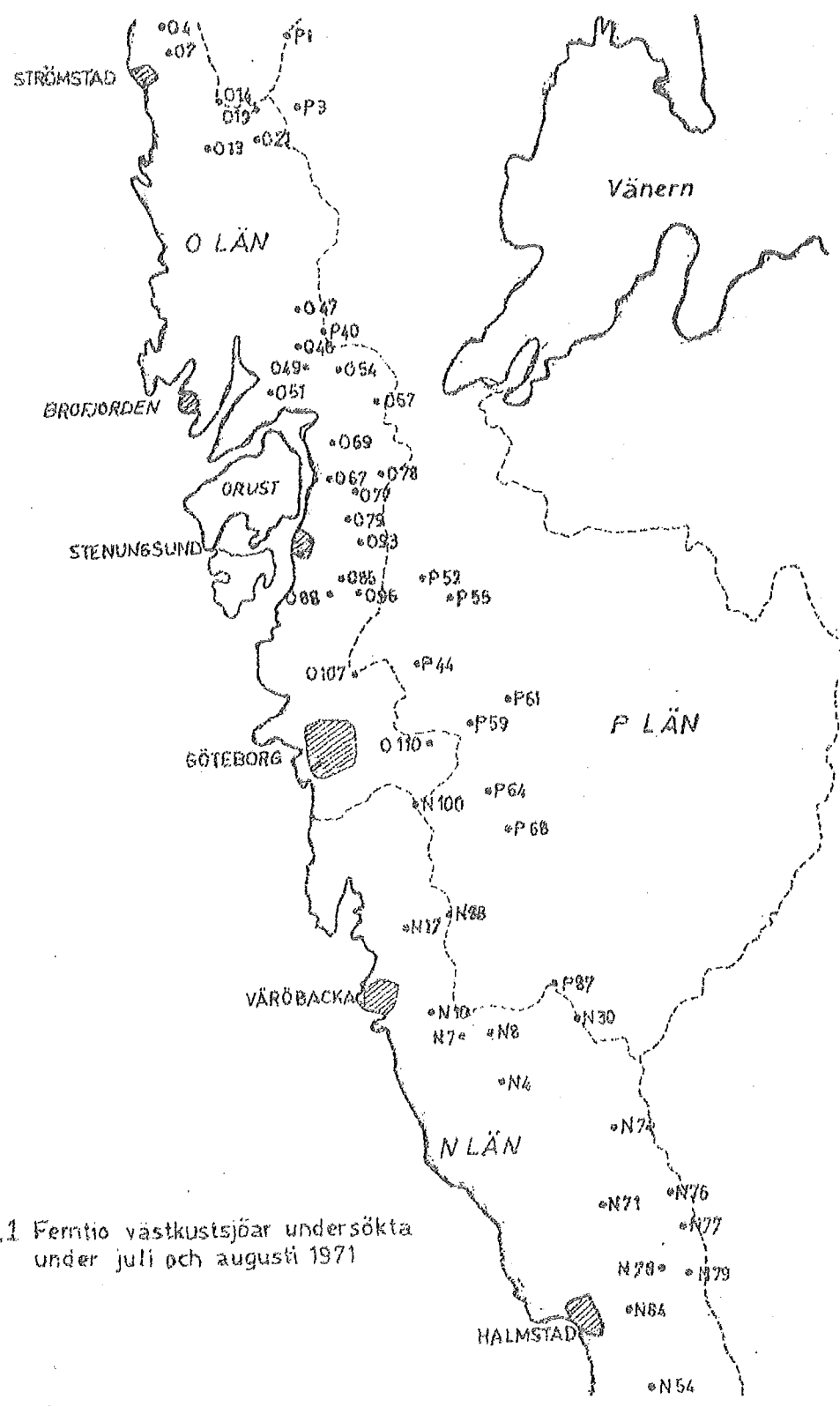


Fig.1 Ferntio västkustsjöar undersökta under juli och augusti 1971

Fig 2

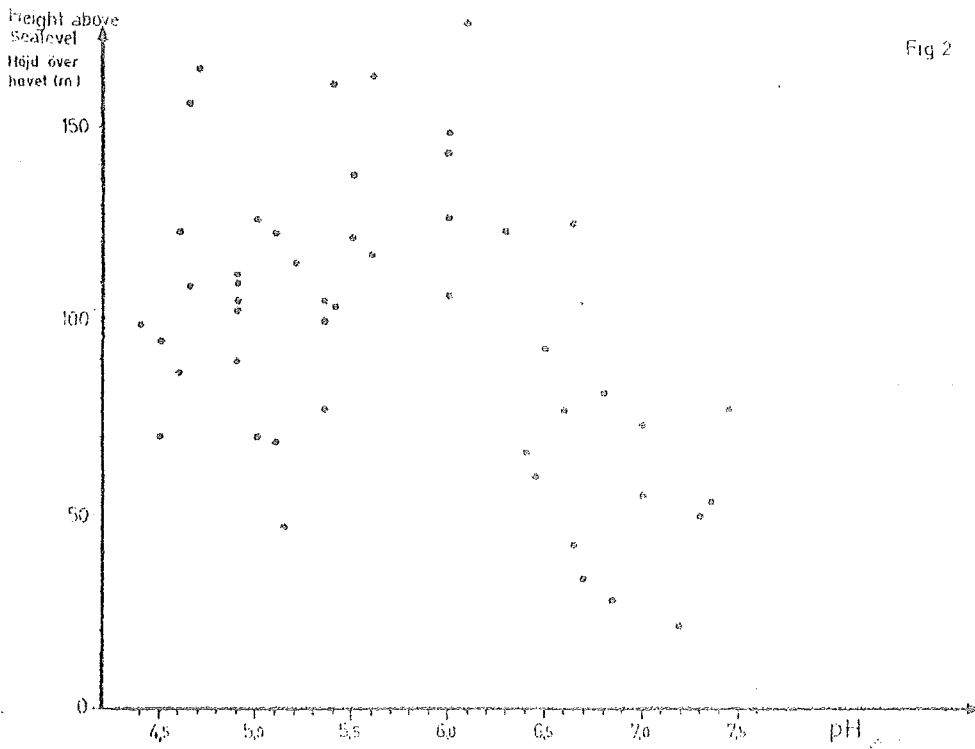
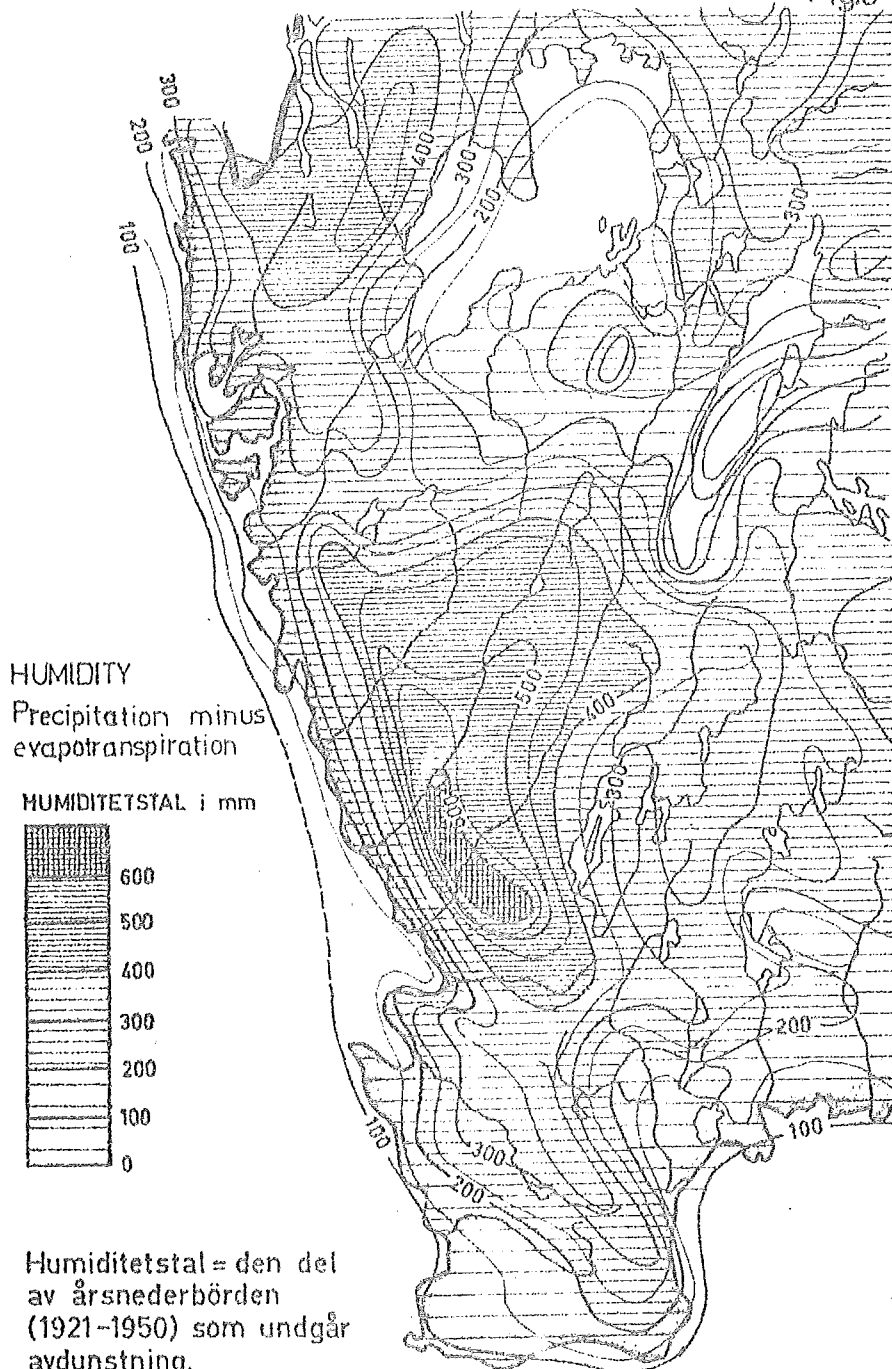
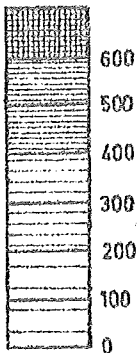


Fig.3



HUMIDITETSTAL i mm



Humiditetstal = den del  
 av årsnederbörden  
 (1921-1950) som undgår  
 avdunstning.

efter Tamm O.F.S 1959

## METODIK

Provtagningen gjordes sommaren 1971 under tiden 13 juli - 31 augusti, en period då man kan förvänta att växtplankton representeras av ett relativt stort antal arter.

De flesta prover har tagits i vattenytan vid respektive sjös mittpunkt. Provvattnet fixerades på platsen med jodjodkalium och analyserades kvantitativt enligt Utermöhlmetodik. Varje sjö representeras av den växtplanktonmängd som sedimenterat ur en volym av 50 ml vatten. Provvolumens ringa storlek inger en viss osäkerhet beträffande förekomsten av större och sparsamt uppträdande plankton, i synnerhet desmidiacéer som i likhet med peridinéer torde ha blivit något underrepresenterade.

Vid genomgång av hela materialet har något mer än 200 olika växtplanktonformer noterats. Det största antalet arter och mer än hälften av samtliga förekommande återfinns i grupperna Chlorophyta och Chrysophyta.

Långt ifrån alla arter har kunnat bestämmas, många organismer inte ens till släkte. Beteckningen "observerade arter" i diagrammen utgör en uppskattning av antalet förekommande morfologiskt åtskilda växtplankton.

Bland kiselalgerna (Diatomeae) har även medräknats benthiska (fastsittande) former som normalt inte tillhör plankton.

## RESULTAT

## Cyanophyta

Den vanligaste arten av de blågröna algerna var *Merismopedia tenuissima*, vilken förekom i de flesta av sjöarna, i Skottesjön, P 3, och Buvattnet, O 49, särskilt rikligt. Arten fanns i sjöar med pH 4,7 eller högre. *Chroococcus limneticus* var en av de få arter som återfanns vid de allra lägsta pH-värdena. Först vid pH 6 uppträder allmänt släkten som *Anabaena*, *Gleocapsa* och *Gomphosphaeria* (se artlista tab. 4 sid.35).

## Chlorophyta

Grönalgerna representeras vid lägre pH än 5 så gott som enbart av arterna *Oocystis lacustris*, *O. submarina* och *Ankistrodesmus convolutus* var. *minutus*, vilka ofta förekom i större mängder, (upp till 6 milj. celler per liter i Skällingesjön). Allmän vid högre pH var *Elakatothrix gelatinosa* och *Sphaerocystis schroeteri*. Den benthiska algen *Mougeotia scalaris* (Conjugatae) förekom i det fria vattnet i mer än hälften av de undersökta sjöarna även i de suraste. Från 1950-talet föreligger inte några observationer av denna alg av vilken emellertid massförekomster observerats av ortsbefolkningen under det senaste

decenniet i framför allt Surtesjön (pH 4,4), Högsjön (pH 4,65) och St. Lövsjön (pH 4,65). Det förefaller som om Mougeotia gynnats av de miljöförändringar som inträffat.

#### Desmidiales

Desmidiaceerna företräds i huvudsak av släktena Staurostrum, Staurodesmus och Cosmarium. En Cosmariumart, troligen *C. pygmaeus* förekom i nio av sjöarna, de flesta humösa. De största mängderna fanns dock i de icke humösa Lövsjön och St. Skärsjön. Staurodesmus triangularis var den vanligaste av staurodesmusarterna, av vilka flertalet ej iaktogs i de suraste sjöarna (pH < 5,0). Ett undantag är Karshultssjön (N 17) som genomgående visade sig ha en annorlunda karaktär än övriga sjöar med lågt pH. Antalet arter är här betydligt fler än man kunde vänta sig, och i helofytfaunan ingår bestånd av Phragmites.

#### Euglenophyta

Denna grupp utgörs nästan enbart av släktet Trachelomonas som är allmänt men glesst förekommande. Enstaka individ av Euglena återfanns vid normal pH-nivå.

#### Chrysophyta

Chrysophyceerna representeras av ett relativt stort antal arter i flertalet av sjöarna. Släktet Dinobryon (se artlista) företräddes av flera arter av vilka *D. crenulatum* var den vanligaste. *D. sertularia* förekom även i de suraste sjöarna till skillnad från *D. divergens*, *D. borgei* och *D. suecicum* som enbart återfanns vid pH-värden högre än 5,5. Kephyrion boreale var allmänt utbredd under det att *K. spirale* ej förekom vid lägre pH-värden än 6,0.

Släktena Ochromonas och Monomastix(?) återfinns längs hela pH-intervallet, (någon artdifferentiering har tyvärr ej kunnat göras), med en vanligen, förhållandevis stor individtäthet, medan Chrysococcus endast utgjordes av enstaka individ.

#### Diatomae

Av de utpräglat planktiska kiselalgerna förekom Tabellaria fenestrata och *T. flocculosa* liksom Asterionella formosa även i sur miljö, men med huvuddelen av förekomsten förlagd till sjöar med pH högre än 5,0. Rhizosolenia longiseta och Cyclotella spp. å andra sidan saknades helt i sjöar med pH-värden mindre än 5,35.

#### Heterocontae

Gruppen Heterocontae domineras av Botryococcus braunii, en vattenblombildande alg med någon preferens för oligotrofi. Botryococcus har hittats i 39 av sjöarna och uppvisar därigenom den talrikaste

förekomsten av samtliga arter. Av betydelse var också *Stichogloea doederleinii* även den med oligotrof preferens som förekom i sjöar med högre pH (pH > 5,4).

#### Pyrrophyta

Flagellaten *Gonyostomum semen* var rikligt företrädd i flertalet av de humösa sjöarna, vilka dock med något undantag hade ett pH-värde liggande mellan 5,3 och 6,7, varför det inte framgår om arten är intolerant mot stora pH-sänkningar.

Bland cryptomonaderna var *Cryptomonas erosa* den vanligaste arten, förefintlig i de flesta sjöar oavsett pH, medan övriga *Cryptomonas*-arter i stort sänkades i de suraste. *Rhodomonas minuta* förekom enbart vid pH-värden högre än 5,1. (Se artförteckning).

Den vanligaste och mest utbredda arten var *Peridinium inconspicuum* som fanns i åtminstone 28 sjöar utefter hela pH-intervallet. Det samma gäller släktet *Gymnodinium* som var rikligt företrätt också i de suraste sjöarna. *Ceratium hirundinella* var något mindre utbredd och återfanns bara vid pH > 5,5.

#### Biomassa

Biomassans storlek är i någon utsträckning korrelerad med pH, något som emellertid torde ha sin förklaring i ett positivt samband mellan pH och fosforhalt (fig. 4). Större delen av de sjöar som har höga pH-värden ligger nämligen i låglänta näringsrikare kustområden. Biomassans storlek betingas sannolikt i högre grad av näringstillgång än av pH.

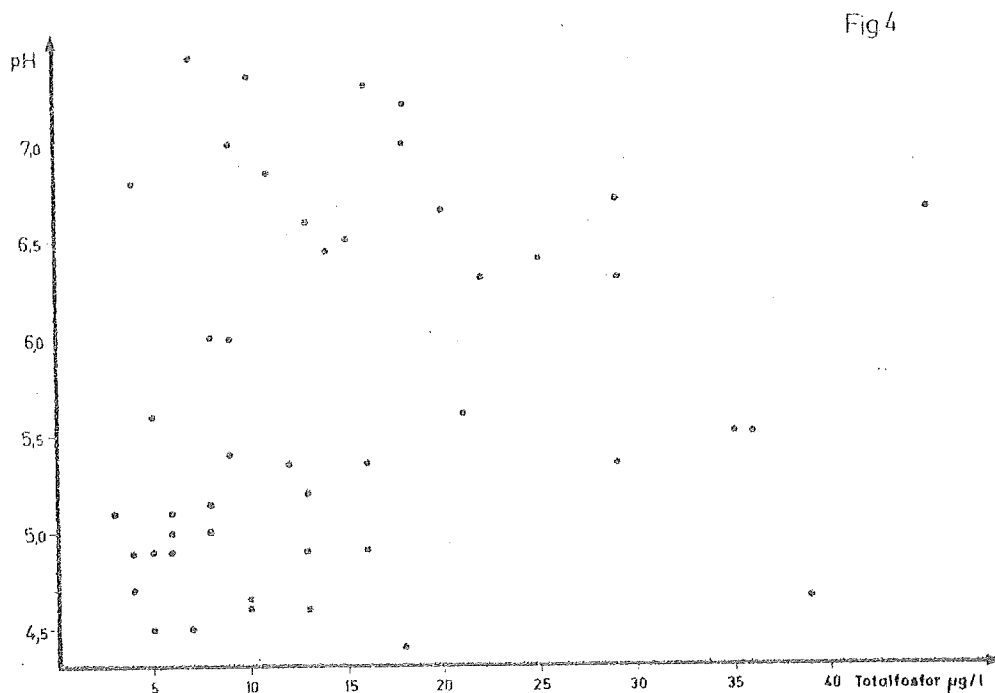
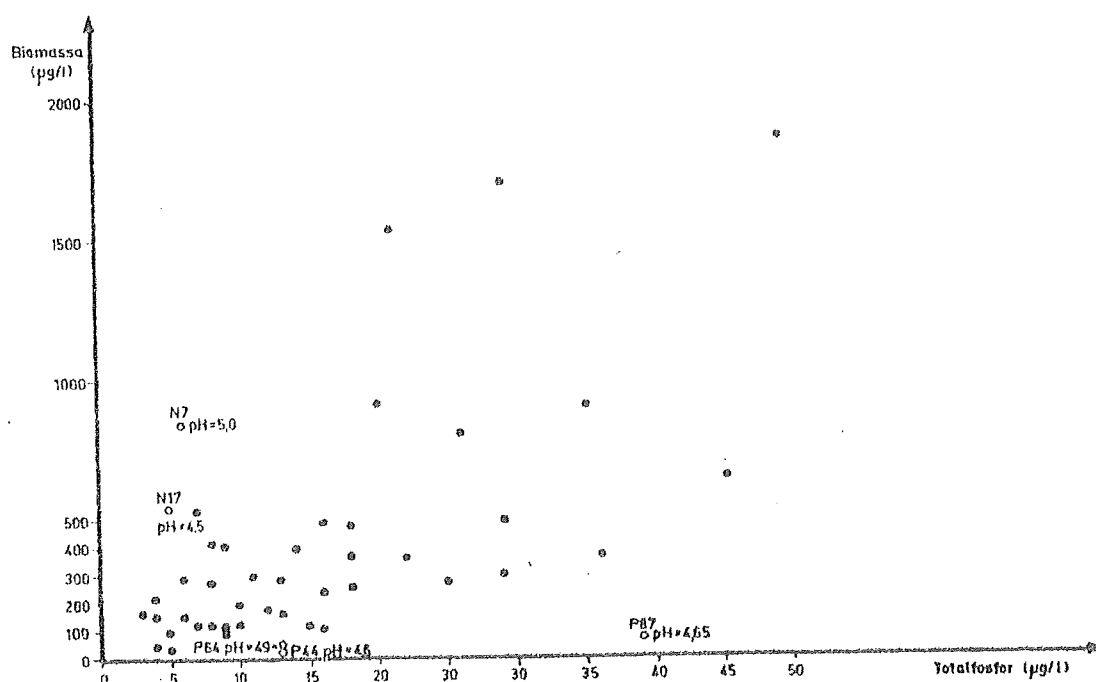


Fig. 5 visar förhållandet mellan fosforhalt och biomassa. Korrelationen är god, i synnerhet med tanke på att de mest avvikande punkterna i diagrammet (P 37, P 44, P 64, N 7 och N 17) representerar extremsjöar med mycket låga pH-värden. Skällingesjön (N 7) med en biomassa på 840  $\mu\text{g}/\text{lit}$ . uppvisar sålunda det lägsta artantalet (12) av samtliga undersökta sjöar. Biomassan här består enbart av grönalgerna *Oocystis lacustris*, *Sphaerocystis schroeteri* och *Ankistrodermus convolutus* var. *minutus*. I Rishagerödvatten utgjordes biomassan nästan uteslutande av *Oocystis*, vilket är anmärkningsvärt.

Fig. 5



Biomassan (fig. 6 sid. 26) är genomgående av obetydlig storlek och varierar mellan 23  $\mu\text{g}$  (St. Lövsjön) och 1850  $\mu\text{g}$  per liter (Korunge-rödstjärn), vilket tyder på oligotrofa förhållanden. Som en jämförelse kan nämnas att den eutrofa Hålsjön belägen i jordbruksbygd nära Stenungsund har en biomassa på ca 10000  $\mu\text{g}/\text{lit}$ . De undersökta sjöarna i övrigt ligger i skogsområden med mager berggrund och elektrolytfattiga jordar som inte tillåter större produktion av plankton.

De största planktonmängderna fanns i humösa sjöar där flagellaten *Gonyostomum semen* ensam ansvarar för hela biomassan. Frånsett dessa sjöar överstiger biomassan inte 900  $\mu\text{g}/\text{lit}$ . Mängden *Gonyostomum* bör ses mot bakgrunden av att de humösa vattenen genomsnittligt har avsevärt högre totalfosforhalter (27  $\mu\text{g}/\text{lit}$ .) än övriga sjöar (12  $\mu\text{g}/\text{lit}$ .) Denna alg är vanligast i humushaltiga vatten och torde vara speciellt väl anpassad till det näringstillskott som humusen utgör.

Grönalgerna hade långt ifrån samma betydelse kvantitativt som det stora artantalet antyder. *Ankistrodesmus convolutus* var. *minutus*, *Oocystis lacustris*, *O. submarina*, *Dictyosphaerium*, *Elakatothrix gelatinosa* och *Sphaerocystis schroeteri* var emellertid alla arter av kvantitativ betydelse. I Häljeredssjön och Lövsjön utgjorde *Dictyosphaerium* och *Elakatothrix* en betydande del av biomassan.

Gruppen Euglenophyta saknar så gott som helt kvantitativ betydelse, liksom desmidiacéerna. Av de senare förekom dock *Cosmarium* (*pygmaeus*) tämligen rikligt (ca 20 µg/lit.) i Lövsjön och St. Skärsjön.

I merparten av sjöarna fanns ett flertal smärre chrysophycéer, vilket gjorde att denna grupp vanligen har någon del i biomassan. Den procentuella andelen av planktonmängden är dock obetydlig med undantag för ett fåtal sjöar ex. Ålevatten (*Dinobryon*), Västersjön, Utby Lång och Deromesjön (*Chrysidiastrum catenatum*).

Peridinéerna svarade, bortsett från *Gonyostomum*, för de största planktonmängderna, vilka huvudsakligen utgjordes av *Gymnodinium*, *Peridinium* och *Ceratium*. Deromesjön och Karshultsjön uppvisade de högsta biomassorna. Framför allt i de suraste sjöarna utgör *Gymnodinium* och *Peridinium* ofta hela biomassan.

## DISKUSSION

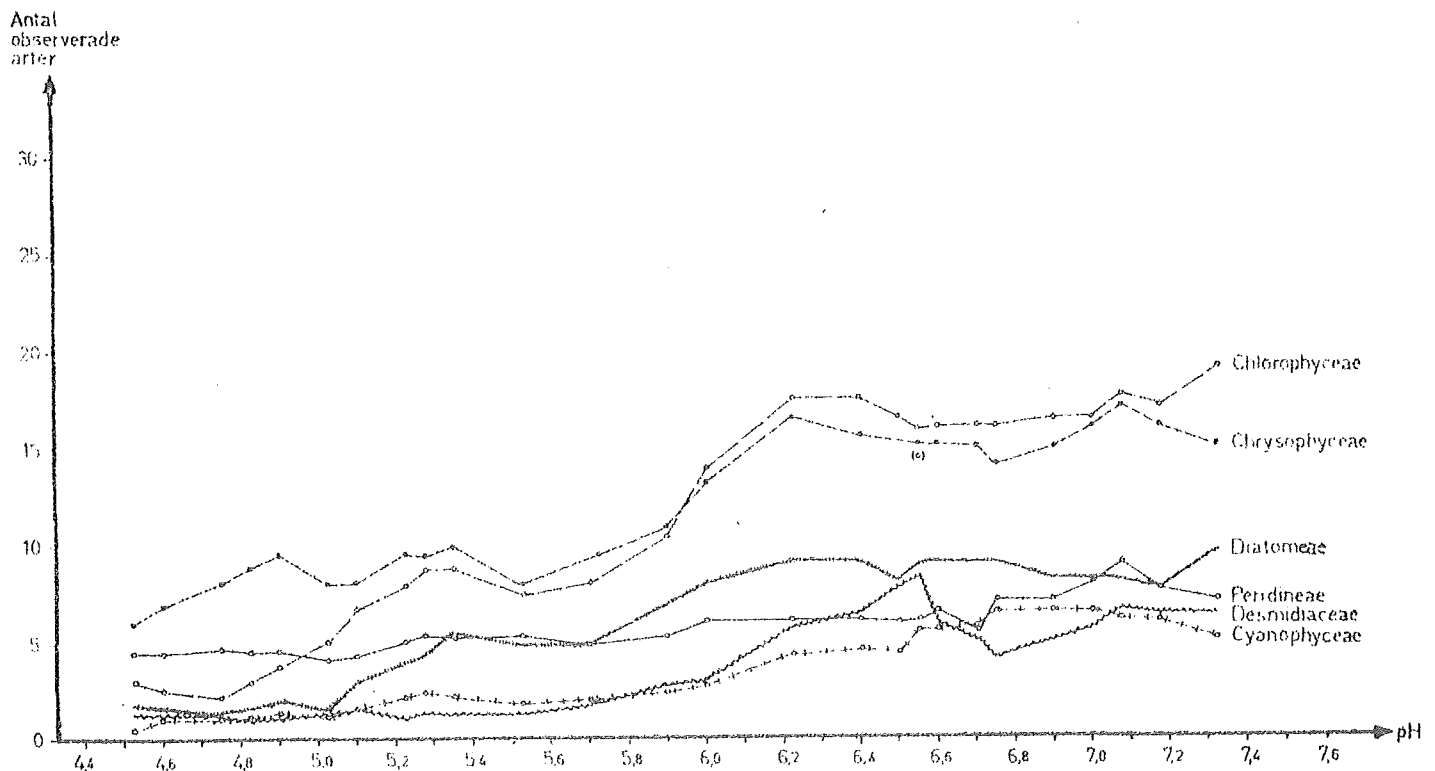
De suraste sjöarna (pH 4,4-5,0) hade i stort sett en mycket likartad sammansättning av växtplankton. Det dominerande inslaget utgjordes av *Peridinium inconspicuum* tillsammans med ett fåtal andra peridinéer och (eller) någon *Oocystis*art. Därutöver förekom *Mougeotia*, *Cryptomonas*, *Botryococcus*, enstaka diatoméer, *Dinobryon sertularia* och *D. crenulatum* samt små obestämbara chrysophycéer.



Försurningen av vattnet under en viss nivå måste medföra att levnadsbetingelserna för många organismer försvåras eller helt omöjliggörs. För att ge en bild av detta har antalet förekommande arter i varje sjö noterats. Artantalet har ställts i relation till pH (pH-värdet vid provtagningstillfället). I fig. 7 sid. 27 representerar varje stapel medelvärde av de artantal som noterats för sjöar med samma pH-värde. En markant minskning av artantalet sker mellan pH 5 och 6. I fig. 8 har löpande medelvärde använts för att beskriva artantalets variation inom varje alggrupp. Det framgår här att grönalgerna genomgår den kraftigaste reduktionen vid pH-sänkning, medan peridinéernas artantal förändras föga.

Number of species

Fig. 8

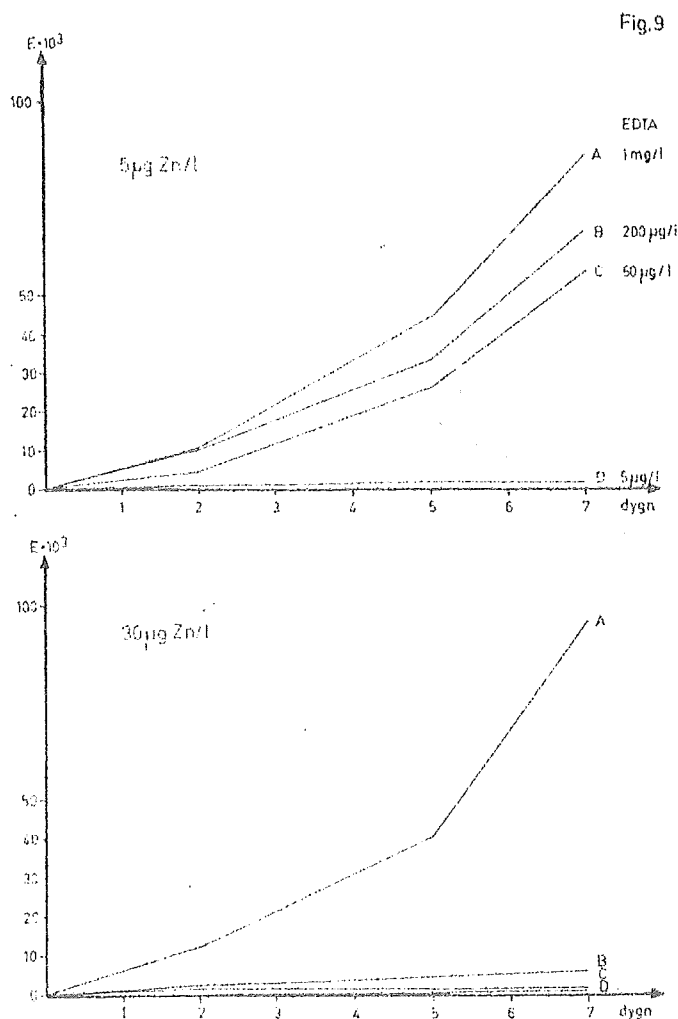


I sjöar som har ett högre pH-värde än 5,5 föreligger en positiv korrelation mellan vattnets elektrolytiska ledningsförmåga och antalet observerade arter. För de sjöar som har lägre pH-värde är emellertid korrelationen omvänd, trots att korrektion gjorts för vätejonens ledningsförmåga. En tänkbar förklaring är att elektrolythaltens ökning inom den sura sjögruppen, i högre grad beror av nederbördsbetingade tillskott (ex. Na, Cl, Mg), som för många algarter kan innebära att sjövattnet får en för algerna överoptimal koncentration av vissa ämnen. Sjöarna med högre pH-värden är dessutom i många fall påverkade av elektrolyttillskott från omgivande jordbruksområden, vilket torde bidra till en normalare jonsammansättning. Beträffande jonsammansättning se annan uppsats i denna publikation. Det färre antalet arter kan vara direkt beroende av pH-nivån, men faktorer som hänger samman med

försurningen, t ex onormal elektrolytsammansättning, kan också tänkas spela in. Analyser av tungmetaller i sjöar på västkusten, tyder på högre värden i de sura sjöarna (se annan uppsats i denna publikation).

Vid försök med algekulturer på naturvårdsverkets undersökningslaboratorium har zinkens toxiska effekt på grönalger studerats. Det visade sig då att redan några mikrogram zink per liter näringslösning under vissa omständigheter kan ha en hämmande inverkan på tillväxthastigheten.

I samband med olika halter av zink varierades halten EDTA (etylendiamintetraacetat), ett organiskt komplexbildande ämne, i en för övrigt oorganisk näringslösning, varvid det framgick att koncentrationen av detta ämne direkt påverkade zinkens effekt på försöksalgens (*Selenastrum capriocornutum*) tillväxthastighet (fig. 9). Zinken binds till EDTA och om en tillräcklig mängd EDTA finns närvarande uteblir zinkens toxiska effekt.



Organiska föreningar i naturliga vatten har i större eller mindre utsträckning en likartad förmåga till komplexbildning med tungmetaller, jfr. Forsberg (1971). Chelrande ämnen jämförbara med EDTA torde således existera och man kan utgå från att mängden organisk substans i en sjö direkt påverkar metallernas giftverkan. Ingenting tyder dock på att ett lågt pH därvid skulle förstärka den toxiska effekten.

## DJURPLANKTON

Christina Ekström

## METODIK

Provtagningen var samtidig med växtplanktonprovtagningen d v s 13 juli - 31 augusti 1971. Proverna togs med håv med en maskstorlek av 75 µm. I icke skiktade sjöar utfördes horisontal- och i sjöar som antogs vara skiktade horisontal- och vertikalhävning. Proverna fixerades omedelbart med jodjodkalium. Analysen av proverna har främst varit artmässig, men även frekvensen av de olika arterna har skattats.

## RESULTAT

Totalt har 49 olika arter iakttagits. Det största antal arter som noterats i någon sjö är 16, det minsta 3.

Vissa arter, främst infusorier och rotatorier samt stora cladocerer, är underrepresenterade eller saknas helt. Delvis beror detta på att djurplanktonorganismer är cykliska och man måste hålla för sannolikt att de olika sjöarna ej befann sig på samma stadium i utvecklingscykeln och delvis beror det på provtagningstekniska skäl.

## Rotatorier tabell 5

Släktet *Conochilus* representeras av två arter *C. unicornis* och *C. hippocrepis*, den förstnämnda är rikligare företrädd i pH över 5,5 och den senare i pH under 5,5. *C. unicornis* är den vanligaste arten i Häljerödssjön med pH 6,45. I Ned. Bolsjön (pH 5,40), Nordvammssjön (pH 5,10) och Storsjön (pH 4,90) utgör *C. hippocrepis* ett dominant inslag i provet.

Tre Polyarthraarter har påträffats, *P. euryptera*, *P. remata* och *P. vulgaris*. *P. euryptera* är bara iakttagen i två prov. I Mjäljasjön (pH 6,30) där den dominerar och i Holmesjön (pH 6,0). Den anses som indikator på eutrofi (Pejler 1965), vilket kan

förklara dess sporadiska förekomst i dessa sjöar. *P. remata* ser ut att ha något större tolerans för lågt pH än *P. vulgaris*, men Vallin (1953) har funnit båda arterna i den på sura alunmarker belägna sjön Bladan i Norrbotten, när pH varit 4,2.

*Ploesoma hudsoni* har ej påträffats i pH under 6,0 i detta material. Wesenberg-Lund (1930) har dock noterat den från diverse sjöar med pH mellan 4,8 och 8,9, varför man kan anta att den är relativt okänslig för pH-förändringar.

*Gastropus minor* visade jämförelsevis hög produktion i Vattnerödssjön (pH 5,35), för övrigt är den endast iakttagen sparsamt i några sjöar med högre pH. Samtliga sjöar där den iakttagits är humösa.

Trichocercasläktet företräds av fyra olika arter. *T. cylindrica*, *T. rousseleti*, *T. longiseta* och *T. capucina*. De tre första är bara sparsamt iakttagna i enstaka sjöar. *T. capucina* uppträder också ganska sparsamt men den har påträffats i ett tiotal sjöar med pH mellan 5,35 och 7,45, de flesta av dessa med ganska humös karaktär.

*Asplanchna priodonta* är noterad i sjöar med pH mellan 4,90 och 7,45, rikligast mellan pH 5,35 och 6,30. Den dominerar innehållet i proven från Korungerödstjärn med pH 6,0, Digeshultasjön med pH 5,60, Skavsjön och Rotehagssjön med pH 5,50 samt Vattnerödssjön med pH 5,35. Thomasson (1952) har iakttagit den i Fyr-sjön i Jämtland i pH 8,1, varför man kan anta att den är ganska okänslig för pH-variationer.

*Kellicottia longispina* och *Keratella cochlearis*, som hör till de vanligaste planktonrotatorierna i tempererade områden, fanns i en mycket stor del av proven, den förstnämnda i 39 och den senare i 35 av de undersökta sjöarna. Dessutom har i enstaka sjöar ytterligare fem rotatoriearter noterats. Se vidare i art-listan.

#### Cladocerer

*Limnospira frontosa* är funnen i sju sjöar; ingen med pH lägre än 5,35.

*Diaphanosoma brachyurum* förekommer i ett stort antal sjöar av varierande pH, något glesare i pH 4,90 och därunder.

*Holopedium gibberum* är noterad i ett flertal sjöar med pH mellan 7,0 och 4,60, något rikligare från pH 6 och neråt.

Samtliga påträffade *Daphnia*-arter tycks föredra pH över 6, och måste anses vara relativt känsliga för pH-sänkning. Skadowsky (1926) har experimentellt visat att pH 6 är ogynnsamt och att vid pH 5,3 är skadeverkningarna mycket tydliga hos *Daphnia longispina*.

*Ceriodaphnia quadrangula* och *Leptodora kindtii* uppträder då och då i sjöar med pH ned till 4,90.

*Bosmina coregoni*, som var den allra vanligaste organismen, påträffades i 45 prov. Den tycks vara mycket tolerant för låga pH-värden. Vallin (1953) har funnit *B. coregoni-obtusirostris* i Sladan, Norrbotten, vid så lågt pH som 3,3.

*Alonella nana* och *Polyphemus pediculus* är egentligen strandformer men de har noterats sporadiskt i en del av de undersökta sjöarna.

*Bythotrephes longimanus* är bara iakttagen i prov med pH mellan 5,40 och 4,90; i St. Härsjön uppträder den rikligt. Enligt Björn Andersson (muntlig uppgift) är den mycket vanlig som fiskföda i de sura sjöarna. Att den endast uppträder relativt glest i planktonprov från dessa sjöar kan tänkas bero på avbetning, och/eller undflyende reaktioner för häven.

#### Copepoder

*Diaptomus gracilis* och *Cyclops* sp. förekommer i de allra flesta proven, de är noterade i 39 resp. 41 sjöar.

*Heterocope* däremot är bara påträffad i några sjöar med pH över 6.

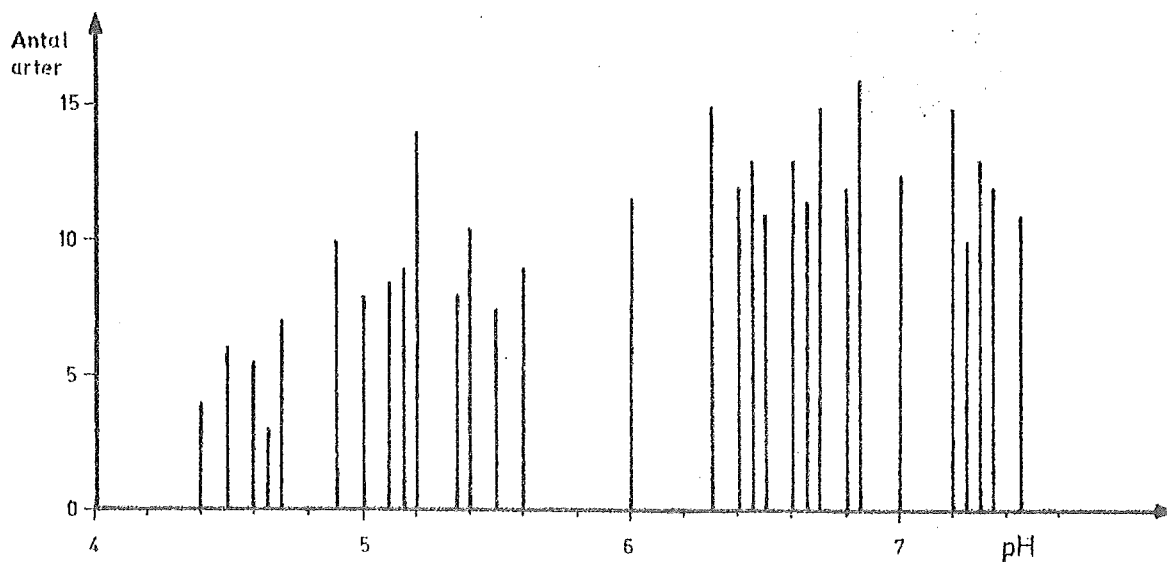
#### DISKUSSION

Det är mycket vanskligt att försöka dra några slutsatser på ett engångsmaterial av den här typen. Som tidigare nämnts måste man anta att sjöarnas djurplanktonarter ej befinner sig på samma stadium i utvecklingscykeln.

Ingen art förekommer regelbundet i enbart sjöar med lågt pH-värde, utom möjligen *Polyarthra remata*, som förekommer i fem av de åtta sjöarna med pH lägre än 4,90. För övrigt är det mest arter som mer eller mindre ofta uppträder i hela den förekommande pH-skalan. Det finns också arter som sällan eller aldrig påträffas i sjöar med lågt pH. Av fig. 10 framgår att sjöar med pH lägre än 6 har ett mindre antal arter, i regel under 10. Varje stapel i figuren representerar medelvärdet av det antal arter som observerats i sjöar med samma pH.

Fig 10

Number of species

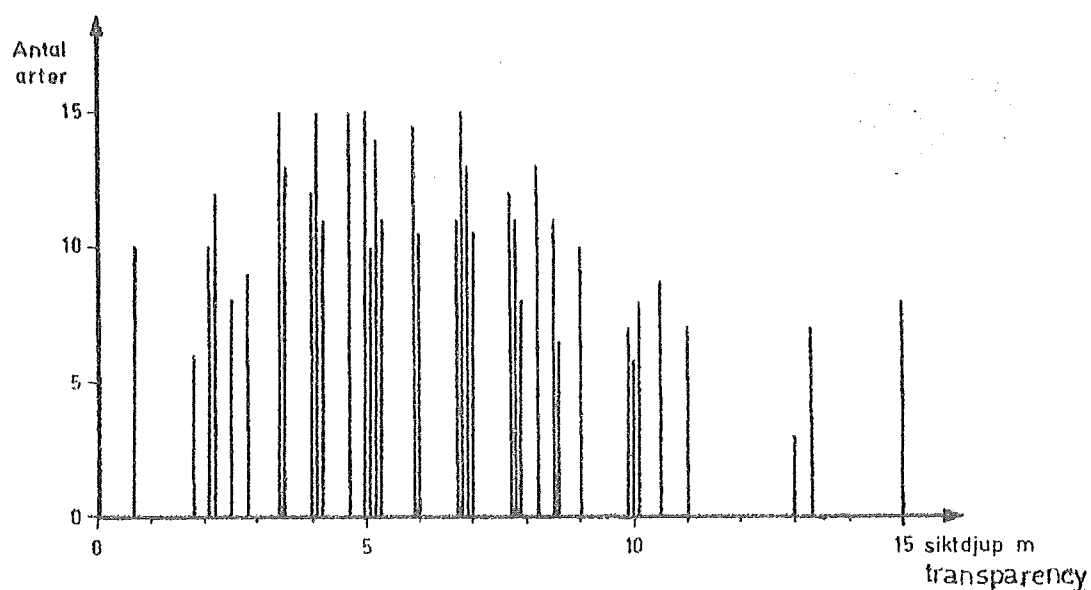


Sambandet mellan antalet djurplanktonarter och pH

Jämför man siktdjup och artantal kan man enligt fig. 11 se att största antalet arter förekommer i sjöar med ett siktdjup mellan 3 och 8,5 m. Varje stapel representerar, på motsvarande sätt som tidigare, medelvärdet av det antal arter som observerats i sjöar med samma siktdjup. Att artantalet avtar i de sjöar där siktdjupet överstiger 8,5 m torde bero på att vattnet i dessa sjöar hör till undersökningens suraste med pH varierande mellan 4,4 och 5,35.

Fig.11

Number of species



Sambandet mellan antalet djurplanktonarter och siktdjup

Från Skarsjön 0 67 föreligger vissa jämförelsedata från augusti 1934 (O. Nybelin 1972). *Diaphanosoma*, som fanns mycket rikligt då, *Daphnia cristata*, *Bythotrephes*, *Leptodora* och *Heterocope appendiculata*, påträffades ej vid provtagningen 1971. Omvända förhållanden gäller *Bosmina coregoni* som ej fanns i 1934 års prov. Förändringen i planktonsammansättningen kan bero på den kraftiga försurning som skett under de 37 åren sen dess.

#### SAMMANFATTNING, VÄXT- OCH DJURPLANKTON

Vattenprover från 50 svenska västkustsjöar tagna under tiden juli - augusti 1971 har undersökts med avseende på växt- och djurplankton.

Sjöarnas pH-värden varierade vid provtagningstillfället mellan 4,4 och 7,45. Antalet arter växtplankton (12-82) visade ett nära samband med pH. Djurplanktonarternas antal (3-16) föreföll också vara beroende av pH, men sambandet var här svagare.



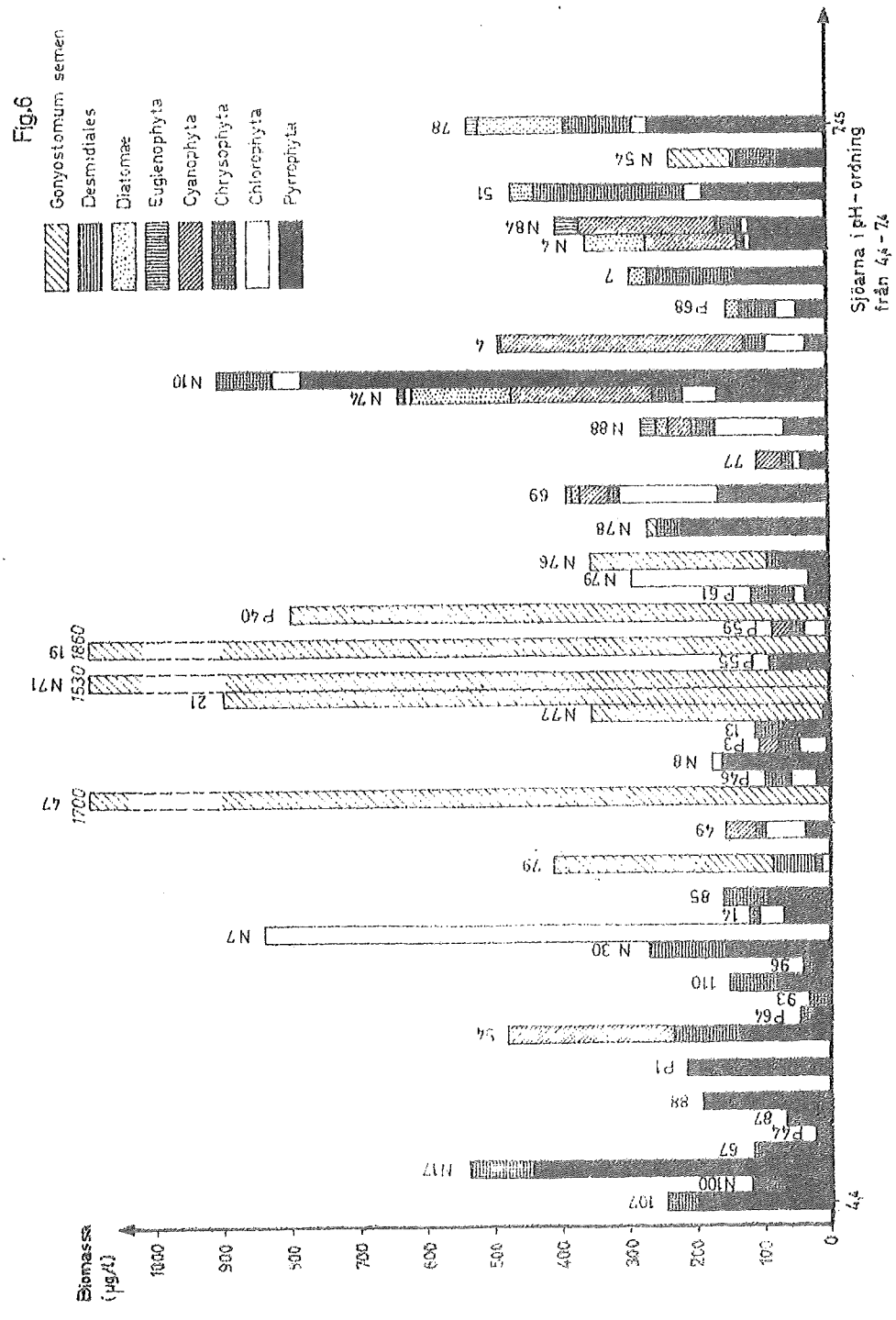
De suraste sjöarna var artfattiga och hade ofta en eller två arter som dominerande inslag. pH-intervallet 5-6 förefaller kritiskt för ett flertal arter.

Sjöarna var genomgående av oligotrof natur och växtplanktonmängderna obetydliga (23-1860 µg/l). Biomassans storlek visade god korrelation med totalfosforhalten medan pH-beroendet var obetydligt.

#### LITTERATUR

- Almer, B. 1972. Försurningens inverkan på fiskbestånd i västkustsjöar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (12). 48 pp.
- Almestrand, A. Analysprotokoll 1957-1961. Sydsvenska Ingenjörbyrå AB.
- Andersson, B. 1972. Abborrens näringsval i försurade västkustsjöar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (17). 21 pp.
- Dickson, W. 1970. (Stencil) pH-situationen i västkustsjöar nov.-dec. 1970. Statens naturvårdsverk, undersökningslaboratoriet, Drottningholm. 55 pp.
- Forsberg, C. 1971. Om förekomst i naturen av organiska ämnen med komplexbindande (cheleraende) förmåga. Vatten (27):27-31.
- Hultberg, H. och Stensson, J. 1970. Försurningens effekter på fiskfaunan i två bohusländska småsjöar. Fauna och Flora 65 (1):11-20.
- Högbom, A.G. 1921. Om vitriolbildning i naturen såsom orsak till massdöd av fisk i våra insjöar. Svensk fiskeritidskrift (30):41-51.
- Lysén, G.A. 1960. Sjöarnas ålder och näringsstandard i södra Bohuslän. Lunds universitets årsskrift N. F. Avd. 2.56 (9). 40 pp.
- Nybelin, O. 1972. Personligt meddelande.
- Odén, S., Ahl, T. 1972. The longterm Changes in the pH of Lakes and Rivers in Sweden. Supporting studies to Sweden's Case Study for the United Nations conference on the human environment. 13 pp.
- 1968. Nederbördens och luftens försurning - dess orsaker, förlopp och verkan i olika miljöer. Ekologikommittén Bull. (1):22-24, 78-81.

- Pejler, B. 1965. Regional-ecological Studies of Swedish freshwaterzooplankton, Zool. Bidr. Uppsala 36 (4):407-515.
- Persson, G. 1970. Rapport från Kuokkelexkursionen 1970, Zooplankton. Uppsala Univ. Limnol. Inst. 17-25. (Stencil.)
- Ramberg, L. 1970. Rapport från Kuokkelexkursionen 1970, Phytoplankton. Uppsala Univ. Limnol. Inst. 7-16. (Stencil.)
- Skadowsky, S.N. 1926. <sup>U</sup>Über die aktuelle Reaktion der Süßwasserbecken und ihre biologische Bedeutung, Verh. int. Ver. Limnol. 3:109-144.
- Tamm, O.F.S. 1959. Studier över klimatets humiditet i Sverige. Kungl. Skogshögskolans skrifter (32) 48 pp.
- Thomasson, K. 1952. Beiträge zur Kenntnis des Planktons einiger Seen im Nordschwedischen Hochgebirge. 2. Mitteilung Schweiz. Z. Hydrol. 14:257-288.
- Vallin, S. 1953. Zwei azidotrophe Seen im Küstengebiet von Nordschweden. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm, 34:167-189.
- Wesenberg-Lund, C. 1930. Contributions to the biology of the Rotifera. 2. The periodicity and sexual periods. K. Danske vidensk. selsk. nat. math. Afd. Raekke 9. Bd 2 (1) 230 pp.



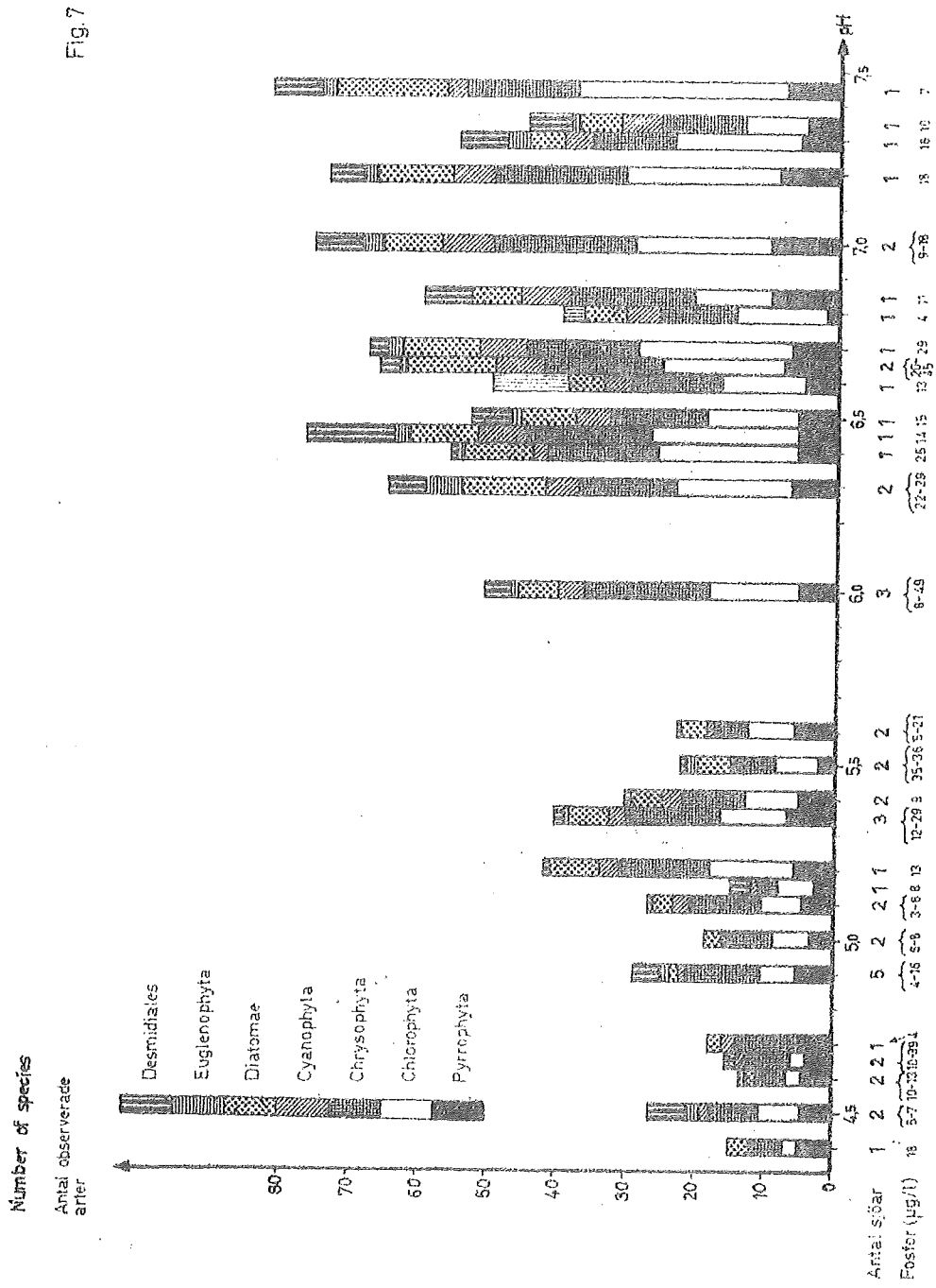


Fig. 7

Sjönamn	Nr	Avst. från havet (km)	Höjd över havet (m)	Areal (ha)	pH			Alkalinitet µekv/l		
					höst 1970	vår 1971	sommar 1971	höst 1970	vår 1971	sommar 1971
Surtesjön	O 107	12	98	90		3,70	4,40	-	0	0
Kroksjön	N 100	20	95	22	4,00	4,75	4,50	0	0	1
Karshultesjön	N 17	8	70	8	4,00	4,35	4,50	0	0	0
St Skarsjön	O 67	6	123	55	4,40	4,40	4,60	0	0	0
St Lövsjön	P 44	30	86	80	4,45	4,50	4,60	0	0	6
Högsjön	P 87	36	156	210	-	4,20	4,65	0	0	17
St Holmevatten	O 88	7	109	23	4,55	4,65	4,65	0	0	15
S Boksjön	P 1	30	165	910	4,50	4,50	4,70	0	0	0
Mällsjön	O 54	6	112	15	4,50	5,65	4,90	0	0	0
Storsjön	O 96	14	110	20	4,45	5,05	4,90	0	0	(101)
Västersjön	O 93	14	105	25	4,65	4,80	4,90	0	0	26
St Härsjön	O 110	26	90	240	4,30	4,60	4,90	0	0	1
Stockasjön	P 64	36	103	90	4,50	4,60	4,90	0	0	6
Bossjön	N 30	37	126	45	4,60	4,45	5,00	0	0	21
Skällingesjön	N 7	15	70	30	5,00	4,40	5,00	8	30	41
Nordvammssjön	O 14	14	123	13	5,10	5,05	5,10	13	0	22
Ålevatten	O 85	9	69	65	4,90	5,00	5,10	27	20	58
Rishagerödv.	O 79	10	97	25	4,20	5,00	5,15	0	0	16
Buvattnet	O 49	7	115	20	-	-	5,20	-	-	41
Vattnerödssjön	O 47	11	100	20	4,65	5,40	5,35	0	10	26
N Trästickeln	O 46	5	105	70	4,85	5,25	5,35	5	0	26
St Neden	N 8	22	77	250	5,55	5,40	5,35	19	0	100
Skottesjön	P 3	30	130	135	5,50	5,30	5,40	8	8	37
Ned. Bolsjön	O 13	11	104	125	4,35	5,45	5,40	8	0	23
Skavsjön	N 77	30	138	35	3,90	4,60	5,50	0	0	46
Rothagsjön	O 21	21	121	20	4,60	5,20	5,50	15	0	231
Digeshultasjön	N 71	22	163	25	3,75	4,20	5,60	0	0	47
Valsjön	P 55	34	117	40	5,35	5,60	5,60	1	0	53

Sjönamn	Nr	Avst. från havet (km)	Höjd över havet (m)	Areal (ha)	pH			Alkalinitet $\mu\text{ekv/l}$		
					höst 1970	vår 1971	sommar 1971	höst 1970	vår 1971	sommar 1971
Korungerödstj.	O 19	23	144	12	5,00	5,50	6,00	14	10	46
Holmesjön	P 40	12	106	50	-	5,20	6,00	15	0	45
Vibosjön	P 59	38	127	55	5,50	6,00	6,00	15	20	76
Ören	P 61	44	149	140	5,25	5,80	6,00	12	10	69
Sävsredssjön	N 79	23	177	20	4,05	6,05	6,30	0	20	74
Mjälåsjön	N 76	35	123	40	5,10	5,40	6,30	19	10	96
Gyltigesjön	N 78	18	66	40	4,30	5,85	6,40	15	10	85
Häljerödssjön	O 69	5	60	25	5,50	6,30	6,45	30	70	104
Lille-Väktor	O 77	8	94	40	5,45	5,85	6,50	23	20	60
Lövsjön	N 88	17	77	50	5,75	6,45	6,60	35	30	79
Hyltesjön	N 74	28	125	20	4,70	6,30	6,65	0	60	193
Deromesjön	N 10	9	42	25	6,15	6,80	6,65	50	20	83
Tvetvattnet	O 4	7	33	30	6,35	6,30	6,70	101	70	124
L Hålsjön	P 68	28	82	85	6,10	-	6,80	47	57	107
Färingen	O 7	7	28	210	6,75	6,50	6,85	97	70	117
Björkasjön	N 4	22	74	70	6,15	6,50	7,00	62	30	42
St Skärsjön	N 84	12	55	30	6,30	6,40	7,00	128	90	150
Gunnerödvattnet	O 51	6	21	15	6,40	6,70	7,20	175	130	216
Antorpa sjö	N 54	15	50	8	6,70	6,15	7,30	252	380	307
Grind	O 57	9	53	80	6,50	6,95	7,35	186	130	232
Utby Lång	O 78	13	78	15	6,75	7,30	7,45	388	730	501

Tabell 2.

Sjönamn	Nr	Ledn.förmåga $\mu\text{S } 20^{\circ}\text{C}$			Färg mg Pt/l			Siktdjup (m)
		höst	vår	sommar	höst	vår	sommar	
Surtesjön	O 107	-	78	83	-	5	5	10,0
Kroksjön	N 100	68	56	71	40	25	5	8,6
Karshultssjön	N 17	76	75	75	20	10	5	10,0
St Skarsjön	O 67	76	83	78	10	25	5	9,9
St Lövsjön	P 44	76	74	72	15	10	5	10,0
Högsjön	P 87	58	58	55	15	15	5	11,5
St Holmevatten	O 88	74	77	83	7	5	5	13,0
S Boksjön	P 1	39	-	40	10	-	0	12,0
Mällsjön	O 54	61	47	51	80	40	80	2,2
Storsjön	O 96	73	72	72	35	20	5	8,5
Västersjön	O 93	75	76	78	15	10	5	10,0
St Härsjön	O 110	76	67	63	45	15	5	10,5
Stockasjön	P 64	61	63	61	5	5	5	15,0
Bossjön	N 30	53	67	60	30	25	5	8,6
Skällingesjön	N 7	63	77	72	5	5	5	10,1
Nordvammsjön	O 14	45	48	48	17	20	7	9,0
Ålevatten	O 85	70	66	73	10	10	5	10,5
Rishagerödv.	O 79	83	-	90	40	-	5	7,0
Buvattnet	O 49	-	-	60	-	-	10	5,2
Vattnerödssjön	O 47	64	45	54	85	70	80	2,8
N Trästickeln	O 46	63	56	60	30	95	10	7,9
St Neden	N 8	57	74	57	15	5	5	13,3
Skottesjön	P 3	58	-	47	40	-	10	6,0
Nedre Bolsjön	O 13	51	57	56	20	20	10	7,7
Skavsjön	N 77	54	44	51	160	70	160	1,8
Rothogssjön	O 21	60	55	55	100	80	55	2,5
Digeshultasjön	N 71	42	43	48	85	80	40	2,5
Valsjön	P 55	74	76	75	35	25	10	7,8
Korungerödstj.	O 19	47	44	47	60	50	45	4,0
Holmesjön	P 40	65	-	61	45	-	25	5,1
Vibosjön	P 59	71	67	65	50	30	20	4,7

Sjönamn	Nr	Ledn.förmåga $\mu S$ 20° C			Färg mg Pt/l			Siktdjup (m)
		höst	vår	sommar	höst	vår	sommar	
Ören	P 61	68	70	66	35	40	25	5,3
Sävsredssjön	N 79	45	56	53	85	35	40	3,4
Mjälasjön	N 76	55	47	60	150	75	35	4,0
Gyltingesjön	N 78	50	45	61	105	65	110	2,1
Häljerödssjön	O 69	90	56	83	50	35	35	3,5
Lille-Väktor	O 77	70	76	76	20	25	10	6,7
Lövsjön	N 88	66	76	70	10	15	5	6,9
Hyltesjön	N 74	53	48	64	225	70	100	2,1
Deromesjön	N 10	85	93	89	20	10	5	6,8
Tvetvattnet	O 4	88	83	77	45	50	30	4,1
L Hålsjön	P 68	74	85	78	40	20	10	7,0
Färingen	O 7	78	81	87	20	30	5	5,9
Björkasjön	N 4	61	69	72	20	25	25	5,9
St Skärsjön	N 84	67	186	79	15	75	10	6,0
Gunnerödvattnet	O 51	92	90	103	25	30	10	5,0
Antorpa sjö	N 54	103	92	100	20	35	10	8,2
Grind	O 57	83	80	88	20	15	10	5,1
Utby Lång	O 78	97	107	120	35	40	10	4,2



Sjönamn	Nr	PO <sub>4</sub> -P µg/l			Tot-P µg/l			NO <sub>3</sub> -N µg/l			Tot-N µg/l		
		höst	vår	mar	höst	vår	mar	höst	vår	mar	höst	vår	mar
Surtesjön	O 107	1	2	-	-	3	18	155	145	-	-	220	140
Kroksjön	N 100	6	6	-	10	6	7	80	200	-	150	320	160
Karshultssjön	N 17	1	2	-	6	8	5	50	< 5	-	100	230	80
St Skarsjön	N 67	1	12	-	6	13	10	20	95	-	180	210	200
St Lövsjön	P 44	1	7	-	3	12	13	100	45	-	190	170	220
Högsjön	P 87	3	4	-	10	5	39	185	220	-	440	330	330
St Holmevatten	O 88	2	2	-	3	2	10	115	120	-	180	310	110
S Boksjön	P 1	1	9	-	4	11	4	160	150	-	200	190	450
Mällsjön	O 54	1	3	-	5	9	16	20	15	-	130	140	400
Storsjön	O 96	1	1	-	4	3	4	150	155	-	250	240	180
Västersjön	O 93	1	2	-	3	2	5	75	80	-	130	140	80
St Härnsjön	O 110	1	3	-	6	6	6	165	170	-	200	210	300
Stockasjön	P 64	1	-	-	2	-	13	185	-	-	270	-	480
Bossjön	N 30	9	2	-	14	3	8	60	155	-	280	180	170
Skällingesjön	N 7	1	28	-	8	33	8	250	35	-	250	420	250
Nordvammsjön	O 14	1	3	-	11	3	6	60	75	-	170	170	170
Ålevatten	O 85	3	2	-	6	3	3	125	115	-	200	210	100
Rishagerödv.	O 79	1	5	-	5	5	8	110	180	-	190	300	230
Buvattnet	O 49	2	3	-	-	-	13	15	45	-	-	-	140
Vattnerödssjön	O 47	1	5	-	5	7	29	30	165	-	220	240	440
N Trästickeln	O 46	1	3	-	9	4	16	105	155	-	250	180	240
St Neden	N 8	1	5	-	7	24	12	125	30	-	150	290	550
Skottesjön	P 3	2	10	-	4	18	9	45	75	-	230	170	180
Ned. Bolsjön	O 13	2	3	-	6	7	9	80	130	-	170	160	240
Skavsjön	N 77	1	3	-	10	18	36	140	65	-	340	300	310
Rothogssjön	O 21	1	1	-	8	6	35	< 5	25	-	130	180	490
Digeshultasjön	N 71	2	4	-	7	29	21	105	140	-	340	460	110
Valsjön	P 55	1	6	-	4	8	5	490	60	-	840	240	260
Korungerödstj.	O 19	1	1	-	12	3	49	< 5	50	-	130	100	190
Holmesjön	P 40	1	3	-	12	42	26	30	65	-	170	190	170
Vibosjön	P 59	1	6	-	3	9	9	115	40	-	230	200	100

Sjönamn	Nr	PO <sub>4</sub> -P µg/l			Tot-P µg/l			NO <sub>3</sub> -N µg/l			Tot-N µg/l		
		höst	vår	som-mar	höst	vår	som-mar	höst	vår	som-mar	höst	vår	som-mar
Ören	P 61	1	6	-	6	9	8	130	45	-	260	220	310
Sävseredssjön	N 79	1	1	-	5	8	29	110	15	-	290	130	130
Mjåla ajö	N 76	4	1	-	8	22	22	85	95	-	260	270	180
Gyltingesjön	N 78	1	1	-	7	4	25	145	100	-	260	250	670
Häljerödssjön	O 69	2	6	-	5	13	14	5	35	-	200	670	400
Lille-Väktor	O 77	2	35	-	8	41	15	170	70	-	230	460	260
Lövsjön	N 88	1	9	-	5	14	13	105	175	-	190	170	220
Hyltesjön	N 74	-	2	-	-	2	45	-	20	-	1-	190	140
Deromesjön	N 10	1	29	-	8	45	20	< 5	135	-	200	270	80
Tvetvattnet	O 4	9	5	-	15	11	29	310	360	-	430	420	450
L Hålsjön	P 68	1	4	-	5	9	4	325	405	-	430	540	380
Färingen	O 7	2	2	-	9	2	11	75	145	-	160	230	210
Björkasjön	N 4	1	7	-	7	12	18	215	255	-	250	310	360
St Skärsjön	N 84	1	1	-	2	3	9	275	100	-	280	280	200
Gunnerödvattnet	O 51	3	7	-	9	6	18	385	280	-	480	560	180
Antorpa sjö	N 54	3	5	-	10	11	16	930	1080	-	1060	1240	930
Grind	O 57	2	5	-	5	6	10	155	85	-	180	280	250
Utby Lång	O 78	1	7	-	6	20	7	40	< 5	-	130	140	180

Tabell 3b.

Ur Almer, B., Försurningens inverkan på fiskbestånd i västkustsjöar. Inf. fr. Sötvattenslaboratoriet nr 12 1972.

De olika sjötypernas pH, alkalinitet, färg och närsalter (medelvärden under olika årstider).

Sjötyp	pH-fält			pH-förändring höst - sommar
	hösten 1970	våren 1971	sommaren 1971	
Brunvattensjöar	4,45	5,5	5,85	+ 1,4
Klarvattensjöar	5,7	6,1	6,35	+ 0,65
Extrema klarvattensjöar	4,6	4,7	4,85	+ 0,25

Sjötyp	Alkalinitet ( $\mu$ ekv/l)			alk-förändring höst - sommar
	hösten 1970	våren 1971	sommaren 1971	
Brunvattensjöar	7	12	89	+ 82
Klarvattensjöar	66	78	94	+ 28
Extrema klarvattensjöar	4	4	20	+ 16

Sjötyp	Färg (mg Pt/l)			färgförändring höst - sommar
	hösten 1970	våren 1971	sommaren 1971	
Brunvattensjöar	108	61	77	- 31
Klarvattensjöar	34	34	15	- 19
Extrema klarvattensjöar	20	15	5	- 15

Sjötyp	Totalkväve och totalfosfor ( $\mu$ g/l), sommaren 1971	
	N <sub>tot</sub>	P <sub>tot</sub>
Brunvattensjöar	343	28
Klarvattensjöar	222	14,5
Extrema klarvattensjöar	246	10

Ann. Flera sjöar i P län har ej några vårvärden (prov togs i början av juni) och har därför uteslutits vid beräkningen av ovanstående medelvärden.

Hålsjön (eutrof) och Antorpa sjö har också uteslutits.

I sammanhanget bör också omnämnas att provtagningarna ej är helt jämförbara då sommarproverna togs ute på frivattnet och de övriga mestadels i sjöarnas utlopp.

Tabell 4.

Sjös- nr	Namn	prov. datum	pH	Växtplancton	Cyanophyta	Anabaena flos aqae	" " spp.	Aphanizomenon flos aqae	Aphanothece spp.	Chroococcus limneticus	Coelosphaerium kützingerianum	" " macrolium	Pectylcoccoopsis ellipsoides	" " lineare	Gleocapsa spp.	Gomphosphaeria lacustris	Lynxbya spp.	Merismopedia glauca	" " tenuisima	Microcystis sp.	Cyanodactyloidea indet.	Chlorophyta	Protoblepharidiales	Gyrodinium cordiforme	Protoblepharidiales indet.	Euclochrydaceae	Ankistrodesmus convolutus	var. minutus	Ankistrodesmus spp.	Chlamydomonas spp.	Crucigenia crucifera	" " radiogularia				
O 107	Surtesjön	30/7	4,4																											X						
N 100	Kroksjön	26/7	4,5																														X			
N 17	Karshultsjön	28/7	4,5			X			X		X													X					X	X			X			
O 67	St Skarsjön	20/7	4,6					X																												
P 44	St Lövsjön	30/7	4,6																																	
P 87	Högsjön	4/8	4,65			X			X																											
O 88	St Holmevattnen	14/7	4,65			X																		X												
P 1	S Boksjön	25/8	4,7							X	X		X							X								X			X			X		
O 54	Mållsjön	18/8	4,9							X	X		X						X									X			X			X		
O 96	Storaån	15/7	4,9																						X		X									
O 93	Vättersjön	16/7	4,9																					X		X		X								
O 110	St Hårsjön	26/7	4,9																					X		X										
P 84	Storkasjön	27/7	4,9																					X		X										
N 30	Bassjön	4/8	5,0																X									X								
N 7	Skällingsjön	29/7	5,0										X						X								X									
O 14	Nordvannsjön	25/8	5,1		X									X										X		X									X	
O 85	Ålavatten	15/7	5,1												X																					
O 79	Rishagerböva	16/7	5,15							X						X								X		X		X								
O 49	Buvattnet	17/8	5,2							X					X									X		X		X								
O 47	Vattnerödsjön	19/8	5,35		X					X	X				X									X		X		X								
O 46	N Trättiekeln	19/8	5,35		X					X	X				X									X		X		X								
N 8	St Heden	3/8	5,35																	X							X								X	
P 3	Stottsån	24/8	5,4							X										X						X		X								
O 13	Ned. Bolasjön	23/8	5,4					X																	X		X		X							
N 77	Skavsån	9/8	5,5					X																				X								
O 21	Rothogosjön	23/8	5,5																									X								
N 71	Digeshultsjön	5/8	5,6																									X								
P 55	Valsjön	21/7	5,6							X															X		X		X							
O 19	Korungarhåatjärn	24/8	6,0							X															X		X		X							
P 40	Holmsjön	18/8	6,0																									X								
P 59	Vihoasjön	22/7	6,0							X				X											X		X		X							
P 61	Ören	22/7	6,0							X				X										X	X		X		X							
N 79	Silverödsjön	10/8	6,3																						X		X		X					X	X	
N 76	Mjällasjön	9/8	6,3			X							X	X	X									X		X		X								
N 78	Gyllingsjön	10/8	6,4			X																		X		X		X								
O 69	Häljerödsjön	16/8	6,45		X					X				X	X										X		X		X							
O 77	Lilla-Väktor	20/7	6,5							X				X	X										X		X		X						X	
N 88	Lövajön	28/7	6,6		X									X	X										X		X		X							
N 74	Hyltasjön	5/8	6,65		X								X	X	X										X		X		X							
N 10	Deromesjön	29/7	6,65		X					X				X	X										X		X		X							
O 4	Tvetvattnet	26/8	6,7		X			X				X		X	X									X		X		X								
P 68	L. Hålsjön	27/7	6,8		X					X				X	X									X		X		X								
O 7	Färingen	26/8	6,85		X			X		X	X		X	X	X									X		X		X								
N 4	Björkasjön	3/8	7,0		X			X		X			X	X	X									X		X		X							X	
N 94	St Skarsjön	11/8	7,0		X			X		X			X	X	X									X		X		X								X
O 51	Gannerödvattnet	17/8	7,2		X					X				X	X									X		X		X								X
N 54	Antorpa sjö	11/8	7,3		X	X			X	X			X	X	X									X		X		X								X
O 57	Grind	16/8	7,35		X					X			X	X	X									X		X		X								X
O 70	Utby Lång	13/7	7,45		X					X				X	X									X		X		X								X

Sjö- nr	Namn	prov datum	pH	Vertikalton	Chlorophyta	Euchlorophyceae	Crucigenia tetrapedia	Dictyosphaerium spp.	Dimerphococcus lunatus	Elakotrix gelatinosa	Gleocystis planctonica	Kirchneriella sp.	Mougeotia scalaris (Zygnemales)	Oocystis lacustris	" submarina	Pediastrum boreanum	" duplex var. rugulosum	" tetras	Quadrigula spp.	Scenedesmus spp.	Selenastrum spp.	Sphaerocystis Schroeteri	Stichococcus sp.	Tetraodon caudatum	" minimum	" pentadricum	Chlorophyceae indet.	Pennidiales	Chlorellales	Cocconeum (Zygnema)	Cocconeum spp.			
O 107	Surtasjön	30/7	4,4										X															X						
R 100	Krokajön	26/7	4,5										X																					
N 17	Karohultsjön	28/7	4,5					X	X																					X	X	X		
O 67	St Skarsjön	20/7	4,6																															
P 44	St Lövsjön	30/7	4,6										X	X	X														X					
P 87	Högsjön	1/8	4,65										X	X															X					
O 88	St Holmevattnen	14/7	4,65																															
P 1	S Boksjön	25/8	4,7																															
O 54	Mållasjön	18/8	4,9						X				X							X	X							X						
O 96	Storaajön	15/7	4,9										X	X	X					X				X				X						
O 93	Vättersjön	16/7	4,9										X	X	X													X						
O 110	St Härsjön	26/7	4,9										X	X																				
P 84	Stokasjön	27/7	4,9										X			X							X					X						
N 30	Bosjön	4/8	5,0			X							X	X									X					X						
R 7	Skällingsjön	29/7	5,0										X	X	X								X											
O 14	Kardvassasjön	25/8	5,1				X						X	X														X						
O 85	Ålevattnet	15/7	5,1										X	X																				
O 79	Rindhagerödså	16/7	5,15				X						X	X								X												
O 49	Fvattnet	17/8	5,2				X	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X					X						
O 47	Vattnerödsjön	19/8	5,35			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X							X	X	X				
O 46	N Trättikeln	19/8	5,35						X	X			X									X	X					X						
N 8	St Nedan	3/8	5,35										X	X														X						
P 3	Skattasjön	24/8	5,4				X	X	X				X									X											X	
O 13	Ned. Boksjön	23/8	5,4										X	X														X	X					
N 77	Skavsjön	9/8	5,5										X						X					X			X	X						
O 21	Rothogasjön	23/8	5,5						X	X			X						X															
N 71	Digeshultasjön	5/8	5,6										X															X						
P 55	Valasjön	21/7	5,6						X				X	X						X			X					X						
O 19	Korungerödsstjärn	24/8	6,0				X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	
P 40	Holmasjön	18/8	6,0					X					X	X									X		X		X	X					X	
P 59	Vibosjön	22/7	6,0					X	X				X										X		X		X	X						
P 61	Ören	22/7	6,0			X		X					X	X								X						X					X	
N 79	Sövsöredassjön	10/8	6,3			X	X	X					X	X					X	X	X		X		X		X	X				X	X	
N 76	Mjällasjön	9/8	6,3			X		X					X							X			X											
N 78	Gyltingsjön	10/8	6,4			X		X					X						X	X	X							X						
O 69	Häljerödsassjön	16/8	6,45			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X				X	X	X			X	X	
O 77	Lille-Väktor	20/7	6,5					X					X	X						X			X					X					X	
N 88	Lövsjön	28/7	6,6			X	X	X					X							X	X								X	X	X			X
N 74	Hyltasjön	5/8	6,65			X		X	X				X	X						X			X					X	X				X	
N 10	Darvasjön	29/7	6,65					X	X	X	X	X	X	X						X			X					X					X	
O 4	Tvetvattnet	26/8	6,7			X	X	X					X							X	X	X	X		X		X	X				X	X	
P 68	L Hålsjön	27/7	6,8					X					X							X			X					X					X	
O 7	Färingen	26/8	6,85			X		X	X				X							X			X					X						X
R 4	Björkasjön	3/8	7,0					X					X							X	X		X					X					X	X
N 84	St Skarsjön	11/8	7,0			X		X		X	X	X	X	X					X	X	X	X	X		X		X	X			X	X	X	
O 61	Gunnerödvattnet	17/8	7,2			X		X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X		X		X	X			X	X	X	
N 54	Antorpa sjö	11/8	7,3				X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X			X			X	X			X	X	X	
O 57	Grind	16/8	7,35			X		X					X							X	X							X					X	X
O 70	Uthy Lång	13/7	7,45			X		X					X	X					X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	



ort 144.

St-nr	Namn	provts datum	pH	Chrysophyta	Chrysioidastrum carenatum	Chrysococcus spp.	Chrysolyca planctonica	Pteropsis oolina	Dinobryon tavaricum	" borei	" crenulatum	" cylindricum	" divergens	" vertularia	" var. protuberans	" sociale	" sphecicum	(Artenia subaequalilata)	Hydrobryon polymorphum	Kephyrion boreale	" spirale	Mallomonas spp.	(Monomastix spp.)	(Ochromonas spp.)	Haemaphysalis sp.	Synura sp.	Chrysophyceae indet.
107	Sortenjön	28/7	4,4												X												X
108	Lerkejön	26/7	4,3			X						X															X
17	Kornbultejön	28/7	4,2					X						X													X
67	St Akersjön	20/7	4,8								X	X										X					X
44	St Lillajön	30/7	4,6								X	X															X
67	Rönneån	4/8	4,65			X														X							X
86	St Kolnevattnet	14/1	4,55																								X
1	St Rånneån	25/8	4,7			X								X													X
54	Rönneån	18/8	4,9				X	X												X						X	X
96	Storaån	13/7	4,9			X		X			X				X												X
93	Västerviksjön	16/7	4,9								X	X		X						X							X
110	St Rånneån	26/7	4,9				X				X			X						X							X
84	Storaån	27/7	4,9						X	X				X									X				X
130	Rönneån	4/8	5,0				X				X	X								X							X
17	St Lillaån	22/7	5,0								X																X
14	Storaån	25/8	5,2			X					X			X						X							X
85	Lånneån	12/7	5,1				X	X	X		X			X						X							X
79	Storaån	16/7	5,15															X									X
49	Storaån	17/8	5,2			X			X		X	X								X							X
47	Västerviksjön	12/8	5,35		X	X	X		X											X							X
46	St Rånneån	12/8	5,35			X									X					X							X
8	St Rånneån	3/8	5,35								X			X						X							X
3	Storaån	24/8	5,4			X					X	X						X		X							X
15	St. Rånneån	23/8	5,4			X					X			X						X							X
77	Rönneån	8/8	5,5		X	X	X		X											X							X
21	Rönneån	23/8	5,5															X									X
71	Rönneån	5/8	5,6										X													X	X
55	Valeån	21/7	5,6			X	X				X																X
19	Kornbulteån	24/8	6,0					X	X	X	X	X						X		X							X
40	Rönneån	18/8	6,0				X		X	X	X									X							X
59	Viksjön	22/7	6,0					X	X	X	X	X						X		X							X
61	Ören	22/7	6,0			X			X					X						X							X
72	Rönneån	10/8	6,5					X	X											X							X
76	Rånneån	9/8	6,3		X			X			X	X		X	X					X							X
78	Cylindresjön	10/8	6,4		X			X	X	X	X									X							X
62	Rånneån	16/8	6,45			X	X	X	X		X									X							X
77	Lilla-Viktor	20/7	6,5			X	X	X	X		X	X								X							X
88	Lånneån	28/7	6,6		X	X	X		X	X	X	X								X							X
74	Rånneån	2/8	6,65			X		X			X	X		X						X							X
10	Rånneån	29/7	6,65			X		X	X	X	X	X								X							X
4	Västervik	26/8	6,7				X		X	X	X									X							X
68	Lånneån	27/7	6,8								X	X						X	X							X	X
7	Rånneån	26/8	6,85		X		X	X	X	X	X	X						X		X					X	X	X
4	Rånneån	3/8	7,0			X		X		X	X									X							X
84	St. Skrämsjön	11/8	7,0			X	X		X		X	X		X					X								X
51	Gunnerövattnet	17/8	7,2			X	X	X	X		X	X								X							X
34	Antarna sjö	11/8	7,3			X	X		X											X							X
97	Örn	16/8	7,35			X	X		X		X			X					X	X							X
78	Ubyån	13/7	7,45			X	X		X		X			X					X	X							X

forts tab 4.

Sjö-nr	Namn	prov. datum	pH	Växtplancton	Diatomeae	Asterionella formosa	Cyclotella spp.	Frustula spp.	Melosira granulata	" spp.	Rhizosolenia longicollata	Tabellaria fenestrata	" floculosa	Pennales spp.	Heteroscontae	Petryococcus braunii	Ictochloron tri-spinatum	Stichogloea coeclerleinii	Prorocantha	Chlorococcoidophyceae	Gonyostomum semen	Cryptophyceae	Chrysochromas erosa	" marssonii	" spp.	Katablepharis ovalis	Rhodomonas minuta	" lacustris	
O 107	Surtesjön	30/7	4.4										X																X
N 100	Kroksjön	26/7	4.5				X				X	X				X	X						X	X					
N 17	Karshultsjön	28/7	4.5		X							X	X			X								X					
O 67	St Skarsjön	20/7	4.6									X	X										X						
P 44	St Lövsjön	30/7	4.6		X						X	X											X						X
P 87	Högsjön	4/8	4.65									X	X										X						
O 88	St Holmevatten	14/7	4.65						X		X	X											X						X
P 1	S Boksjön	25/8	4.7				X				X	X											X	X	X	X	X	X	
O 54	Mällsjön	18/8	4.9					X			X	X				X							X						
O 96	Storaån	15/7	4.9		X						X	X				X							X						
O 93	Västernsjön	16/7	4.9				X				X	X				X	X						X						
O 110	St Härnsjön	26/7	4.9								X	X				X							X						
P 84	Stokasjön	27/7	4.9								X	X											X						
N 30	Bogsjön	4/8	5.0		X						X	X											X						
N 7	Skällingsjön	29/7	5.0								X	X				X							X						
O 14	Nordvannasjön	25/8	5.1		X						X	X				X							X						
O 85	Ålevatten	15/7	5.1								X	X				X							X						
O 79	Rishakerböda	16/7	5.15								X	X				X							X						X
O 49	Buvattnet	17/8	5.2						X		X	X				X							X						X
O 47	Vattnerödsjön	19/8	5.35			X	X				X	X				X					X		X			X	X	X	X
O 46	N Frättickeln	19/8	5.35			X	X				X	X				X							X	X					
N 8	St Nedan	3/8	5.35						X		X	X				X							X	X					
P 3	Skattasjön	24/8	5.4								X	X				X	X						X	X	X				
O 13	Ned. Bolsjön	23/8	5.4								X	X				X							X	X					X
N 77	Skavsjön	9/8	5.5						X	X	X	X				X							X	X	X				
O 21	Rothögsjön	23/8	5.5						X		X	X				X							X						
N 73	Digenbultasjön	5/8	5.6		X		X		X		X	X				X							X	X					X
P 55	Valaån	21/7	5.6								X	X				X							X	X	X				X
O 19	Korungersdätjärn	24/8	6.0				X				X	X				X							X	X			X		
P 40	Holmesjön	18/8	6.0						X		X	X				X							X	X					X
P 59	Vibosjön	22/7	6.0		X				X		X	X				X							X	X	X				X
P 61	Ören	22/7	6.0				X		X		X	X				X							X	X	X				X
N 79	Sävneredsjön	10/8	6.3		X	X			X		X	X				X							X	X	X				X
N 76	Mjälasjön	9/8	6.3		X	X			X		X	X				X							X	X	X				X
N 78	Gyltingesjön	10/8	6.4				X		X		X	X				X							X	X	X				X
O 69	Hälljerödsjön	16/8	6.45		X	X			X		X	X				X							X	X	X				X
O 77	Lilla-Väktor	20/7	6.5				X				X	X				X							X	X	X				X
N 88	Lövsjön	28/7	6.6				X				X	X				X							X	X	X				X
N 74	Hyltesjön	5/8	6.65		X	X			X		X	X				X							X	X	X				X
N 10	Deromesjön	29/7	6.65						X	X	X	X				X							X	X	X				X
O 4	Tvetvattnet	26/8	6.7				X		X		X	X				X							X	X	X				X
P 68	L NÅlsjön	27/7	6.8		X	X			X		X	X				X							X	X	X				X
O 7	Färingen	26/8	6.85				X		X		X	X				X							X	X	X				X
N 4	Björkasjön	3/8	7.0						X		X	X				X							X	X	X				X
N 84	St Skarsjön	11/8	7.0				X				X	X				X							X	X	X				X
O 51	Gunnerödvattnet	17/8	7.2		X	X					X	X				X							X	X	X				X
N 54	Antorpa sjö	11/8	7.3								X	X				X							X	X	X				X
O 57	Grind	16/8	7.35				X				X	X				X							X	X	X				X
O 78	Utby Lång	15/7	7.45		X	X			X	X	X	X				X							X	X	X				X



Formulär 4.

Sjö- nr	Namn	provtt. datum	pH	Värplankton	Pyricophyta	Peridiniaceae	Ceratium hirundinella	Gymnodinium spp.	Peridinium bipes	"	cinctum	Inconspicuum	SPZ.
0 107	Surtsejön	30/7	4.4				X				X		
M 100	Krakajön	26/7	4.5				X				X		
N 17	Karshultsjön	28/7	4.5				X				X		
0 67	St Skarsjön	20/7	4.6				X				X		
P 44	St Lövsjön	30/7	4.6				X					X	
P 37	Högsjön	4/8	4.65				X				X		
0 88	St Holmevatten	14/7	4.65				X				X		
P 1	S Boksjön	25/8	4.7				X				X		
0 54	Hällsjön	18/8	4.9				X					X	
0 96	Storsjön	15/7	4.9				X						
0 95	Västernsjön	16/7	4.9				X					X	
0 110	St Hirsjön	26/7	4.9				X				X		
P 84	Stenkasjön	27/7	4.9				X				X	X	
N 50	Bosjön	4/8	5.0				X					X	
N 7	Skällingsjön	29/7	5.0				X					X	
0 14	Hordvassajön	25/8	5.1				X				X		
0 85	Ålevatten	15/7	5.1				X				X		
0 79	Rinahageröddva	16/7	5.15				X	X					
0 49	Övattnet	17/8	5.2				X		X				
0 47	Vattnerödsjön	19/8	5.25				X				X		
0 46	R Trästökala	19/8	5.35				X	X			X		
N 8	St Hedan	3/8	5.35				X				X		
P 3	Skottasjön	24/8	5.4								X	X	
0 15	Red. Bolajön	23/8	5.4				X				X		
N 77	Skarsjön	9/8	5.5								X		
0 21	Rothogsjön	23/8	5.5								X	X	
0 73	Digeshultasjön	5/8	5.6			X	X						
P 55	Valsjön	21/7	5.6				X					X	
0 19	Korungerödastjärn	24/8	6.0				X				X	X	
P 40	Holmasjön	18/8	6.0				X					X	
P 59	Vibosjön	22/7	6.0				X						
P 61	Ören	22/7	6.0				X				X		
P 79	Skvareddasjön	10/8	6.3				X						
P 76	Mjällasjön	9/8	6.3			X	X				X	X	
P 78	Gyltingsjön	10/8	6.4				X				X		
0 69	Hällarödsjön	16/8	6.45				X				X		
0 77	Lille-Väktor	20/7	6.5				X					X	
0 80	Lövsjön	28/7	6.6								X	X	
0 74	Hyltasjön	5/8	6.65			X	X						
0 10	Beromsjön	29/7	6.65			X	X				X		
0 4	Tvetvattnet	26/8	6.7			X	X						
0 68	L Hällsjön	27/7	6.8			X							
0 7	Füringen	26/8	6.85			X	X						
0 4	Björkasjön	3/8	7.0			X	X				X		
0 84	St Skarsjön	13/8	7.0			X	X					X	
0 51	Gunnarödvattnet	17/8	7.2			X	X		X				
0 54	Antorna sjö	11/8	7.3								X		
0 57	Grind	16/8	7.35			X	X						
0 78	Udby Lång	13/7	7.45			X	X	X	X				

Bilaga 5.

Augusti 1971.

oplakten

	pH	Sjör.	Mann
	4.40	O 107	Sarterönsjö
	4.40	P 17	Karshultssjön
	4.50	M 100	Kroksjön
	4.40	P 44	St Lövsjön
	4.40	O 67	St Skåreån
	4.35	P 87	Högsjön
	4.55	O 88	St Holmsvattnet
	4.70	P 1	St Boksjön
	4.90	P 64	Stockasjön
	4.90	O 110	St Kärsjön
	4.90	O 93	Västernsån
	4.90	O 96	Storsjön
	4.90	O 54	Målsjön
	5.00	M 50	Dossjön
	5.00	P 7	Stallingsjön
	5.10	O 85	Alevatten
	5.10	O 14	Nordvamsjön
	5.15	O 79	Risnagerödsvattnet
	5.20	O 49	Ravattinet
	5.22	M 8	St Nedan
	5.35	O 46	M Frästicketeln
	5.35	O 47	Vattnerbäcksjön
	5.40	P 5	Skottesjön
	5.40	O 13	Med Bolnsjön
	5.50	O 21	Rotbäckssjön
	5.50	M 77	Skarsjön
	5.60	P 55	Valesjön
	5.60	M 71	Digevittasjön
	5.60	P 61	Ören
	5.60	P 40	Holmsjön
	5.60	P 59	Vibbsjön
	5.60	O 19	Komungarödstjärn
	5.50	M 76	Målsjön
	5.50	M 79	Sävsredssjön
	5.40	M 78	Gyllingeån
	5.45	O 69	Källerbäckssjön
	5.50	O 77	Källeväktor
	5.60	M 68	Lövsjön
	5.65	M 10	Deromsjön
	5.65	M 74	Hirtesjön
	5.70	O 4	Tretvattnet
	5.80	P 66	L Hagsjön
	5.85	O 7	Målingen
	5.85	M 54	St Skåreån
	5.90	M 4	Korsbäckssjön
	5.90	M 24	Korsbäckssjön
	5.90	P 75	Korsbäckssjön
	5.90	P 74	Korsbäckssjön
	5.90	P 74	Korsbäckssjön
	5.90	P 74	Korsbäckssjön
	5.90	P 74	Korsbäckssjön
	5.90	P 74	Korsbäckssjön
	5.90	P 74	Korsbäckssjön

Skiljergård M = mäsåfförkomst    ○ = mycket riklig förekomst; ● = riklig förekomst; ●● = ganska riklig förekomst; ○● = mindre riklig förekomst; P = oparat förekomst

DIATOMÉUNDERSÖKNING AV BOTTENPROPPAR FRÅN STORA SKARSJÖN,  
LJUNGSKILE.

Urve Miller, Sveriges geologiska undersökning

METODIK	43
Provtagning	
Provberedning	
Analys	
SAMMANSTÄLLNING AV ANALYSRESULTAT	44
DIATOMÉER SOM INDIKATORER FÖR VATTNETS pH-VÄRDE	51
SAMMANFATTNING	51
LITTERATUR	52
TABELLER OCH BILAGA	54

## DIATOMUNDERSÖKNING AV BOTTENPROPPAR FRÅN STORA SKARSJÖN, LJUNGSKILE

Urve Miller

I samband med fiskeristyrelsens och naturvårdsverkets undersökning angående försurning av västkustsjöar har mikropaleontologiska laboratoriet vid Sveriges geologiska undersökning som forskningsuppdrag undersökt kiselalgsfloran i tre bottenproppar från Stora Skarsjön (O 67), Ljungskile, Brofjorden-området.

## METODIK

Provtagning: Fiskerikonsulent Brodde Almer tog propparna den 20 juli 1971 från 25 m djup ungefär mitt i sjön. Propparnas längd var: propp 1: 18 cm, propp 2: 16 cm och propp 3: 20 cm.

Av propp 1 togs ut sju prov för diatoméanalys: 0-0,3 cm, 0,3-1 cm, 1-2 cm, 4-5 cm, 7-8 cm, 12-13 cm, 17-18 cm. Av propp 2 och 3 togs ut de översta respektive understa centimetrarna, d v s fyra prov. Sammanlagt undersöktes 11 prov.

Provberedning: Proven anrikades genom kokning med 10 procentig väteperoxid ( $H_2O_2$ ) i vattenbad ca två timmar, därvid blektes och eliminerades det organogena materialet. Därefter tvättades proven några gånger med destillerat vatten för avlägsnande av lerkolloider (uppslamning, två timmars sedimentation, försiktig dekantering av sköljvattnet). Av det kvarvarande provmaterialet inbäddades en mindre mängd i starkt ljusbrytande medium på preparatglas för mikroskopisk undersökning. Som inbäddningsmedel användes syntetiskt kanadabalsam (caedax) med ljusbrytning  $n = 1,55$ . På grund av skillnaden i ljusbrytning mellan inbäddningsmedium och kiselns framträder kiselalgernas fina skalstrukturer, vilket underlättar artbestämningen.

Analys: Kiselalger eller diatoméer är encelliga mikroskopiska alger som i storlek vanligen varierar mellan 0,01-0,1 mm. De förekommer i alla slags vattensmiljöer. Deras förkislade cellväggar blir bevarade och kan identifieras i sediment av olika typer. Många diatoméer är känsliga för miljöförändringar beträffande vattnets sammansättning (salthalt, pH), djup-, tryck-, ström- och ljusförhållanden, viskositet, föroreningsgrad m m.

Varje kombination av dessa faktorer producerar sin egen karaktäristiska diatoméflora. Genom statistik av den i sedimenten inbäddade diatoméfloras sammansättning - diatoméanalys - kan sålunda slutsatser dras om sedimentens bildningsmiljö.

Diatoméanalysen utfördes som kvantitativ räkning av antalet individ av de förekommande diatoméarterna. Mellan 220 och 450 diatoméer per analys räknades som bassumma för procentberäkning av de identifierade arternas relativa talrikhet. Med hänsyn till diatoméernas pH-krav grupperades arterna enligt följande: (Tabell 1)

- 1) alkalifila diatoméer,  $\text{pH} > 7$ ,
- 2) circumneutrala diatoméer,  $\text{pH} \approx 7$ , samt indifferentia och med obekant pH
- 3) acida diatoméer  $\text{pH} < 7$ ,
- 4) acidobionter  $\text{pH} < 5,5$

I summadiagrammen har grupp 1 och 2 slagits ihop och den enda rikligt förekommande indifferentia komponenten, planktonformen *Cyclotella kützingiana*, har urskilts. I grupp 3 har de två rikligast förekommande komponenterna, den svagt acidofila planktonformen *Melosira distans* och det i huvudsak acidobionta släktet *Eunotia*, urskilts.

På försök urskildes ytterligare en kategori diatoméarter av typ "föroreningsindikatorer". Till denna gruppen räknades arter som, enligt nyare diatoméekologiska undersökningar, utmärker sig som kväveheterotrofa eller aminosyrepermeabla (Cholnoky 1968). De har förmågan att kunna lösgöra ammoniak ur aminosyror och tjänstgör som naturliga vattenrenare i förorenade vatten. Summan N-heterotrofa diatoméer i de analyserade proven redovisas i diagrammen som procent av bassumman.

Som procent av bassumman presenteras också fördelningen mellan summan planktonformer och summan bottenformer + epifyter, d v s en indelning efter diatoméernas levnadssätt. P l a n k t o n - f o r m e r lever fritt svävande (pelagiskt) i vattnet och transporteras lättare från en biotop till en annan, medan bottenformer och epifyter är mera knutna till bottenlammet och utgör sålunda huvuddelen av den autoktona (på platsen levande) floren. Därför presenteras diatoméfloran från två olika beräkningsgrunder:

- 1) b a s s u m m a I = samtliga räknade diatoméer, inklusive planktonformer,
- 2) b a s s u m m a II = samtliga räknade diatoméer. (i huvudsak bottenformer och epifyter), exklusive planktonformerna *Cyclotella kützingiana* och *Melosira distans* (tabell 2).

#### SAMMANSTÄLLNING AV ANALYSRESULTAT

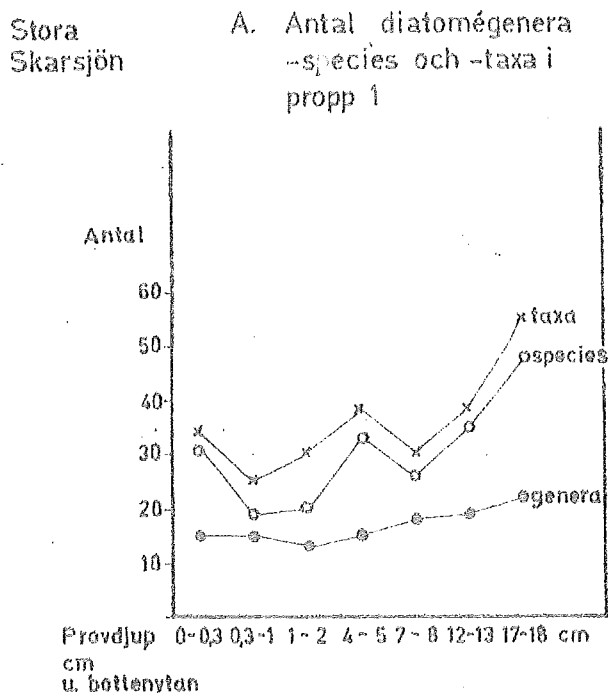
a) Artlista (tabell 3). Alfabetisk artlista sammanställdes över identifierade diatoméarter och andra taxonomiska enheter (taxa)

samt över deras procentuella fördelning (relativa talrikhet) i de undersökta proven. I artlistan anges även pH-kravet för varje taxon. Sammanlagt förekommer i Stora Skarsjöns diatoméflora 110 olika taxa (98 arter) hörande till 22 genera. Av dessa hör till den acidofila gruppen 72, därav 19 acidobionter; till circum-neutrala, indifferentia och av obekant pH 14, och till den alkalifila gruppen 24 taxa.

Uppgifter angående arternas pH-krav är hämtade från arbeten av Hustedt (1937-39, 1957); Nygaard (1956), Foged (1964), Meriläinen (1967, 1969) och Cholnoky (1968). Som synes i artlistan förekommer hos flera arter olikheter mellan Cholnokys och de övriga auktorernas uppgifter om dessa arters pH-krav. I sådana fall har artens placering skett efter egen erfarenhet (Miller 1971).

b) Förändringar i antalet genera, species och taxa. Figur 1. I propp 1 kan man se en tydlig minskning uppåt med minimum för genera i prov 1-2 cm och minimum för species och taxa i prov 0,3-1 cm. I propp 2 och 3 förekommer ej denna minskning, vilket delvis kan bero på att det översta provet i propp 2 och 3 representerar en sedimentmängd motsvarande de tre översta proven i propp 1. Därför är dessa prov ej jämförbara.

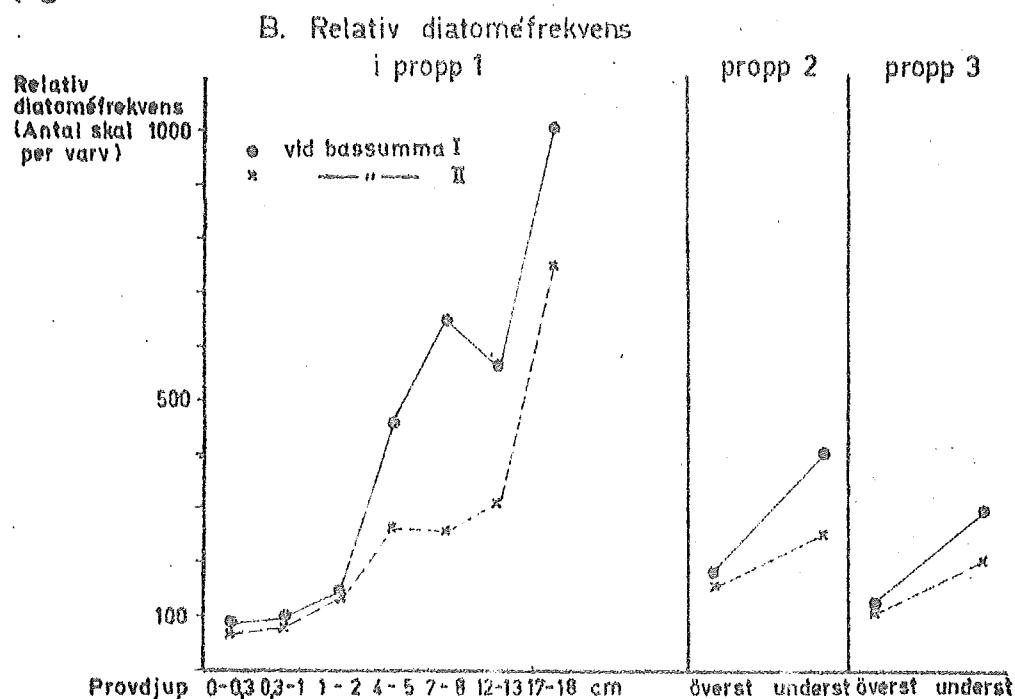
Fig. 1



c) Förändringar i den relativa diatoméfrekvensen. Figur 2.  
 Den relativa diatoméfrekvensen motsvarar antalet räknade diatoméskal per mikroskoperingsvarv d v s  $\frac{\text{bassumma}}{\text{antalet mikroskoperingsvarv}}$

En markant minskning i diatoméfrekvensen förekommer i propp 1. I det understa provet är frekvensen ca 1 000 vid bassumma I och ca 750 vid bassumma II. I det översta provet har den sjunkit till 89 respektive 67. Även i propparna 2 och 3 kan man se en minskning i frekvensen, dock ej så tydlig som i propp 1.

Fig. 2



Tolkningen av detta bör ske med viss försiktighet. Försurningen av Stora Skarsjön kan även ha medfört en ökad humusutfällning, vilket åstadkommer en relativt sett minskad frekvens av diatoméer i de övre sedimenten. Någon åldersbestämning av sedimenten eller sedimentationshastigheten har ej utförts.

d) Fördelningen mellan bottenformer - epifyter och planktonformer i propp 1. Figur 3 diagram C.

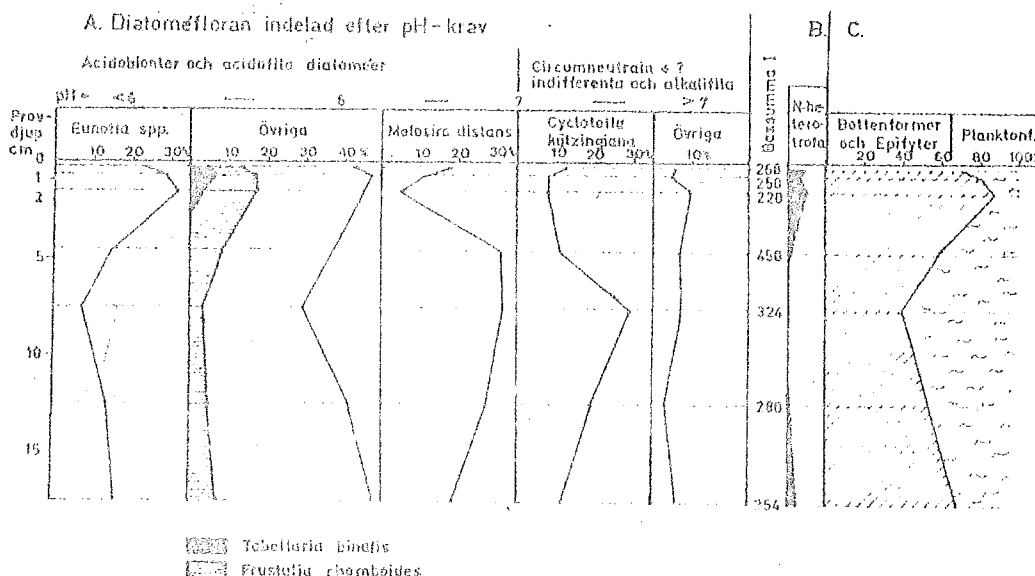
Bottenformer och epifyter dominerar kraftigast i de tre översta och i det understa provet med maximum i prov 1-2 cm. Planktonformer har klar dominans i 7-8 cm-provet. Planktonformerna representeras huvudsakligen av två arter, den indifferentia *Cyclotella kützingiana* och den acidofila *Melosira* d i s t a n s (optimal pH + 6,5), presenterade även som separatkurvor i fig. 3, diagram A.

Fig. 3

Stora Skarsjön

Diatoméfloran i propp 1

A. pH-krav, B. N-heterotrofa arter, C. fördeln. mellan bottenformer + epifyter/planktonformer



e) Diatoméfloras indelning efter pH-krav (tabell 1 och 2, figur 3 och 4

1. Enligt bassumma I (inklusive planktonformer) - figur 3, diagram A och enligt figur 4, summadiagram I.

Acidofila diatoméer med pH-krav mindre än 7 (hos de flesta mindre än 6) dominerar kraftigt i samtliga undersökta prov. Det utpräglat sura släktet *Eunotia* har sina högsta värden (32-22 %) i de tre översta proven i propp 1, med maximum i 1-2 cm-provet. De alkalifila och indifferentia diatoméerna (inklusive *Cyclotella kützingiana*) har maximum i 7-8 cm-provet (36 %)



2. Enligt bassumma II (exklusive *Cyclotella kützingiana* och *Melosira distans*) - figur 4, summadiagram II.

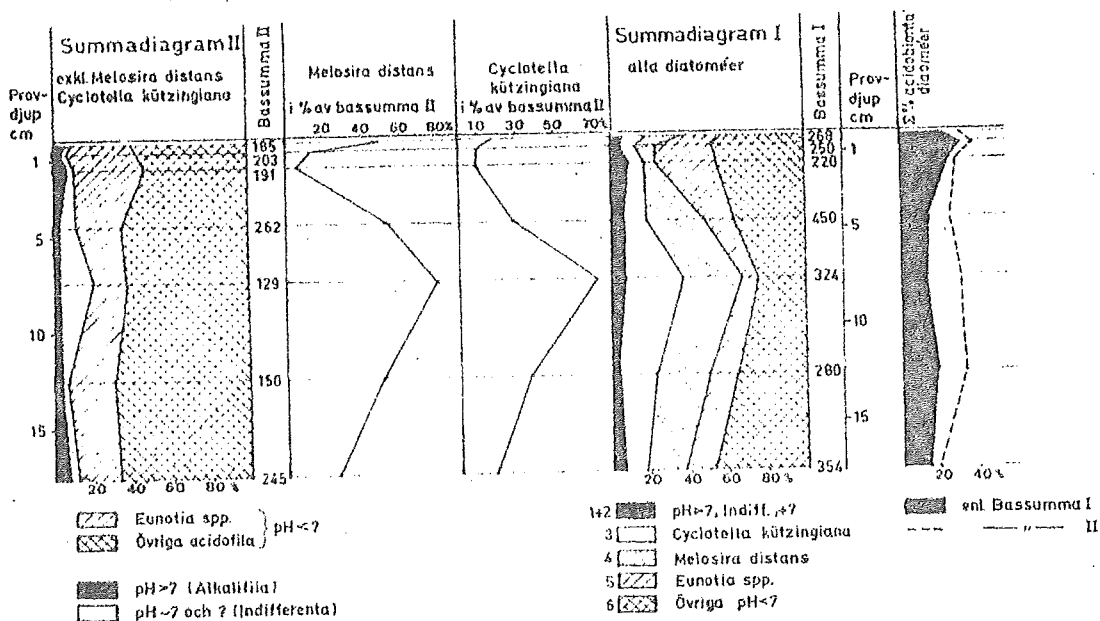
Acidofila diatoméers dominans (80-94 %) framträder ännu tydligare i summadiagram II. Dock finns även här ett litet maximum för indifferententa och circumneutrala diatoméer i 7-8 cm-provet (17,5 %).

Fig. 4

Stora Skarsjön

Diatoméfloran propp 1

Summadiagram I och II

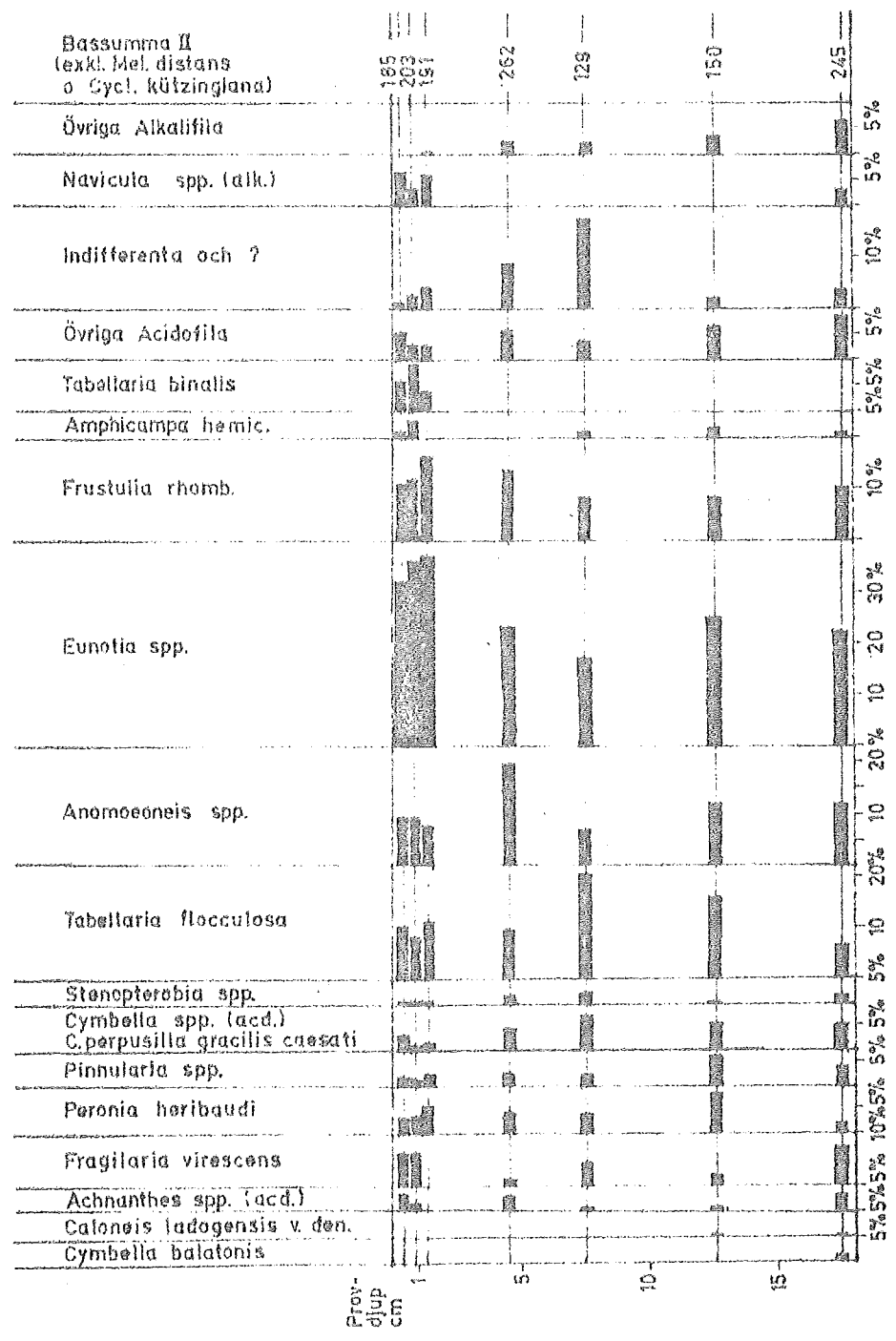


f) Successionen bland bottenformer och epifyter i propp 1. (Figur 5)

I det understa provet, 17-28 cm, dominerar *Eunotia*, *Anomoeoneis*- och *Frustulia*-arter med sammanlagt 45 %. I övrigt karaktäriseras floran av *Fragilaria virescens*, *Cymbella gracilis*, *Achnanthes marginulata* och *Tabellaria flocculosa*. Arter som endast förekommer i det understa provet är: *Anomoeoneis follis*, *Cymbella balatonis*, *Pinnularia brauni* v *amphicephala*, *Stauroneis laenburgiana*, *Surirella biseriata* och *Sur. tenera* samt *Tetracyclus lacustris*.

Fig. 5.

Stora Skarsjön  
 Diatoméfloran i propp 1  
 Bottenformer och epifyter  
 (enl. bassumma II)



12-13 cm-provet domineras av acida arter ur släkten *Eunotia*, *Tabellaria* och *Anomoeoneis* med sammanlagt 55 %. Övriga karaktäristiska arter är *Peronia heribaudi*, *Cymbella gracilis* och *Frustulia rhomboides*. Arter som endast uppträder i de två understa proven är: *Caloneis ladogensis* v. *denistriata*, *Neidium iridis*, *Nitzschia gracilis* och *Synedra parasitica*. Endast i 12-13 cm-provet förekommer: *Cymbella turgida*, *Navicula hassiaca*.

7-8 cm-provet: *Tabellaria flocculosa* har sitt maximum, *Eunotia* och *Anomoeoneis*-arter sina minima. Övriga karaktäristiska arter är *Stenopterobia intermedia* och *Cymbella perpusilla*. Endast här förekommande arter är: *Eunotia alpina*, *Nitzschia dissipata* v. *media*. *Pinnularia nodosa* och *Stauroneis phoenicenteron*.

4-5 cm-provet: *Anomoeoneis*-arter (*A. exilis*) har sitt maximum (19,5 %). I övrigt dominerar *Eunotia*-arter, *Frustulia rhomboides* och *Tabellaria flocculosa* med sammanlagt 46,5 %. Arter som endast förekommer i det provet är: *Achnanthes* cf. *austriaca*, *Cyclotella arenti*, *Eunotia flexuosa*, *E. grunowi* och *E. tenella*, *Navicula bryophila* och *Nitzschia palea*. Den extremt sura *Eunotia*-arten *E. exigua* börjar uppträda här och fortsätter med ökad frekvens uppåt (Stjerna-Pooth 1954).

1-2 cm-provet: *Eunotia*-arter och *Frustulia rhomboides* har sina maxima och förekommer med sammanlagt 53,5 %. Bland övriga arter märks *Tabellaria flocculosa*, *Peronia heribaudi* och *Anomoeoneis serians*. *Tabellaria binialis*, som tidigare endast förekommit i det understa provet, börjar uppträda igen och ökar uppåt. Lika så *Navicula cryptocephala*. Arter som endast förekommer i detta prov är: *Achnanthes minutissima*, *Cymbella aequalis*, *Navicula gregaria* (!) och *Neidium bisculatum*.

0,3-1 cm-provet: Kraftig dominans av *Eunotia*-arter (36 %). I övrigt karaktäriseras floran av *Frustulia rhomboides*. *Anomoeoneis*- och *Tabellaria*-arter, med *T. binialis* maximum (9 %). Även *Amphicampa hemicyclus* förekommer här med sitt högsta frekvensvärde (3,5 %). Endast i det provet förekommande art är *Eunotia triodon*.

0-0,3 cm-provet: I det översta provet minskar *Eunotia*-arter något, men deras summa utgör fortfarande huvudkomponenten (32 %). Sedan följer *Frustulia rhomboides*, *Tabellaria flocculosa* och *T. binialis* samt *Anomoeoneis*-arter. Arter som uppträder endast här är: *Achnanthes kryophila*, *Eunotia arcus*, *E. praerupta* och *Synedra amphicephala*. *Stenopterobia arctica* förekommer endast i det översta och understa provet.

g) Kväve-heterotrofa arter: (Tabell 1 och figur 3 B)

I propp 1 förekommer fyra representanter för denna grupp: *Navicula cryptocephala*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia gracilis* och *Nitzschia palea*. I propp 2 och 3 förekommer dessutom *Navicula seminulum*. Samtliga dessa med undantag av *Nitzschia gracilis* är alkalifila arter som hör hemma i eutrof (närringsrik), ofta förorenad miljö. *Nitzschia gracilis* är acidofil och ersätter (enligt Cholnoky 1968) i förorenat, surt vatten de vanliga föroreningsindikatorerna *Nitzschia palea* och *N. thermalis*.

I det undersökta materialet från Stora Skarsjön förekommer de kväve-heterotrofa diatoméarterna i samtliga prov, förutom det planktonrika provet 7-8 cm i propp 1. I figur 3, diagram B presenteras de som summakurva (i % av bassumma I). Dess högsta frekvensvärden i propp 1 förekommer i de tre översta och i det understa provet med maximum 5 % i 1-2 cm-provet. I prov 2 och 3 varierar dess frekvens mellan 2,7 och 6,4 % (understa provet i propp 2).

#### DIATOMÉER SOM INDIKATORER FÖR VATTNETS pH-VÄRDE

På försök uträknades förhållandet mellan acida enheter och acida taxa i de undersökta proven. Detta förhållande motsvarar index  $W$ , introducerad av Nygaard i samband med hans diatoméundersökningar av den danska sjön Store Gribsø (Nygaard 1956) och bygger på Hustedts indelning av diatoméer efter deras pH-krav i pH-spektrum (Hustedt 1937-39). Meriläinen (1967) har kontrollerat dess användbarhet i finska sjöar och funnit metoden tillförlitlig.

Acida enheter = summaprocent av acidobionta taxa multiplicerad med 5 + summaprocent av acidofila taxa.

Antalet acida taxa = antalet acidobionta + acidofila taxa.

(Anm. Enligt Nygaards metod bör man förutom index  $W$ , även räkna ut index  $\omega$  =  $\frac{\text{acida enheter}}{\text{alkaliska enheter}}$ , log index  $\omega$  och index  $\xi$  =  $\frac{\text{alk. enh.}}{\text{ant. alk. taxa}}$  samt förhållandet  $W/\xi$ .)

I Stora Skarsjön, propp 1, varierar index  $W$  mellan 3,5 och 10 vid bassumma I och mellan 4,4 och 12,3 vid bassumma II. (Tabell 4).

(Anm. Bassumman bör enligt metoden vara högre, minst 500 räknade diatoméer). Enligt Meriläinen (1967) motsvarar index  $W$  = 4 ungefär pH-värdet 5,5 och index  $W$  = 10 ungefär pH-värdet 4,5.

Vid jämförelse med publicerade pH-värden för Stora Skarsjön under åren 1943-71 (Almer 1972) pH 6,25 - 4,6 (4,4) finner man att överensstämmelsen trots den låga bassumman är mycket god.

#### SAMMANFATTNING AV FÖRSURNINGENS INVERKAN PÅ DIATOMÉFLORAN I STORA SKARSJÖN

- 1) Diatomémängden (frekvensen diatoméskal per mikroskoperingsvarv) i sedimenten minskar kraftigt uppåt. Viss minskning förekommer även av antalet genera, species och taxa i propp 1.
- 2) Planktonformer i förhållande till den övriga floran (bottenformer och epifyter) visar en tydlig minskning uppåt med minimum i proven 1-2 cm och 0,3-1 cm under bottenytan.
- 3) Diatoméer karaktäristiska för extremt sur miljö - acidobionter - (pH-optimum mindre än 5,5) ökar i den översta delen av sedimenten (Eunotia-arter, Tabellaria binalis, Amphicampa hemicyclus).

4) Även den alkalifila kväve-heterotrofa arten *Navicula cryptocephala* ökar i de översta proven av propp 1.

5) I det allra översta provet (0-0,3 cm) av propp 1 ökar planktonmängden något i förhållande till den övriga diatoméfloran.

6) Index  $W$  =

$$= \frac{\text{acida enheter}}{\text{acida taxa}} = \frac{\sum\% \text{ acidobionta taxa} \times 5 + \sum\% \text{ acidofila taxa}}{\text{antalet acidobionta} + \text{acidofila taxa}}$$

Indikator på vattnets surhetsgrad, visar en kraftig ökning mellan 18-0,3 cm under bottenytan, motsvarande ungefär en pH minskning från 6 till 4,5. I den allra översta delen av bottenlammet (0-0,3 cm) sker en minskning av index  $W$ , vilket kan tydas som en liten höjning av pH.

Anm. Sedimentmängden i det allra översta provet är betydligt mindre än i de övriga analyserade proven. Därför kan denna pH höjning vara av ytterst tillfällig art och kan utjämnas vid analys av större sedimentmängd.

I samband med denna undersökning har följande personer vid mikropaleontologiska laboratoriet, SGU medverkat:  
Elfi Gabriel svarar för det preparativa arbetet,  
Bengt Falkenström för analysarbetet, artbestämning och fotografering,  
Urve Miller för uttagning av prov från propparna, arbetsledning och sammanställning av föreliggande rapport.

#### LITTERATUR

- Almer, B. 1972. Försurningens inverkan på fiskbestånd i västkustsjöar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 12.
- Cholnoky, B.J. 1968. Die Ökologie der Diatomeen in Binnen-Gewässern. Cramers förlag.
- Cleve-Euler, A. 1951-55. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. I V. KVA Handl., 4:e serien.
- Foged, N. 1964. Freshwater diatoms from Spitsbergen. Tromsø Mus. Skrifter 11.
- Hustedt, Fr. 1927-62. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und Schweiz mit Berücksichtigung usw... I Rabenhorst Kryptogamenflora 7.
- 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). I Pascher, Süßwasserflora Mitteleuropas 10.
  - 1937-39. Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra usw... I-II. Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 15, 16.
  - 1957. Die Diatomeenflora des Fluss-systems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen usw... Abh. Naturwiss. Ver. Bremen 34.

- Meriläinen, J. 1967. The diatom flora and the hydrogen-ion concentration of the water. *Ann. Bot. Fenn.* 4.
- 1969. The diatoms of the meromictic Lake Valkiajärvi in the Finnish Lake District. *Ann. Bot. Fenn.* 6.
- Miller, U. 1971. Diatom Floras in the Sediments at Leveäniemi. Appendix 5 i Lundqvist, J.: The Interglacial Deposit at the Leveäniemi Mine, Svappavaara, Swedish Lapland. SGU C 658.
- Nygaard, G. 1956. Ancient and recent flora of diatoms and Chrysophyceae in Lake Gribsø. I Berg and Petersen: Studies on the humic, acid Lake Gribsø. *Folia Limnol. Scand.* 8.
- Stjerna-Pooth, I. 1953. Die Kieselalgenvegetation in zwei azidotrophen Seen des Küstengebietes von Nordschweden. Rep. Inst. Freshwater Research, Drottningholm 34.
- 1954. <sup>II</sup> Über die Einwirkung des Grubenwassers auf die Kieselalgenflora in einigen oligotrophen Seen in Västerbotten. Rep. Inst. Freshwater Research, Drottningholm 35.

Stora Skarsjön, Ljungskile

- a) Diatoméfloras indelning efter pH-krav (pH-spektra)
- b) Relativ diatoméfrenkvens per mikroskoperingsvarv
- c) Fördelningen mellan planktonformer och övriga diatoméer (bottenformer och epifyter)
- d) Summa-% kväveheterotrofa diatoméer, e) Summa-% acidobionter

Propp	1 (18cm)							2 (16cm)		3 (20cm)												
	0-0.3		0.3-1		1-2		4-5		7-8		12-13		17-18		0-2		14-16		0-2		18-20	
Provdjup, cm	%		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%	
a) pH-spektra																						
Alk. pH > 7	4.5	3	6.5	2	1	2	4.5	5.5	4	6	3.5											
Ind. pH $\leq$ 7 och ?	1	1.5	3	5	6.5	1.5	1.5	9	6	10	4											
Summa alk.+ind.	5.5	4.5	9.5	7	7.5	3.5	6	14.5	10	16	7.5											
Cyclotella kütz.	18.5	8	8	11	29	19.5	12	9.5	30.5	11.5	9											
SUMMA <sub>1</sub>	18	12.5	17.5	18	36.5	23	18	24	40.5	27.5	16.5											
Acid. pH < 7																						
Melosira distans	18.5	11	5	31	31.5	27	18.5	9	14	4	22											
Eunotia spp.	22	29	32	14	7.5	13.5	15.5	18	6.5	18	16											
övr. acid.	41.5	47.5	45.5	37	24.5	36.5	48	49	39	50.5	45.5											
SUMMA <sub>2</sub>	82	87.5	82.5	82	63.5	77	82	76	59.5	72.5	83.5											
Summa 1+2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100											
BASSUMMA I	268	250	220	450	324	280	354	281	274	320	290											
Ant. mikr.varv	3	2½	1½	1	½	½	<½	1½	<1	2½	1											
b) Rel. diat. frekv./varv	89	100	147	450	648	560	1000	187	400	128	290											
c) Summa-% Planktonformer	31	19	13	42	60	47	31.5	18.5	44	15.5	31											
Bottenf.-epif.	69	81	87	58	40	53	68.5	81.5	56	84.5	69											
d) Summa-% N-heterotrofa	4.5	2.8	5	1.1	-	0.5	2.8	5.4	6.4	4.1	2.7											
e) Summa-% acidobionter	20.8	30.8	24.7	15.1	12.5	18.1	13.6	35.2	13.4	27.3	26.4											

Alla värden som % av basumma I (samtliga diatoméer) OBS! gäller ej varv och frekvens.

## Stora Skarsjön, Ljungskile

Diatoméfloran exkl. planktonformerna *Melosira distans* och *Cyclotella kützingiana*

Propp 1

	Provdjup, cm	0-0.3	0.3-1	1 - 2	4 - 5	7 - 8	12-13	17-18
BASSUMMA II		185	203	191	262	129	150	245
Mikr.varv		3	2½	1½	1	½	½	<½
Rel.frekv.		67	81	127	262	258	300	~750
		%	%	%	%	%	%	%
<i>Achnanthes</i> spp. (acid.)		3	1.5	0.5	3	1	0.5	3.5
<i>Anomoeoneis</i> spp.		9	9	7.5	19.5	7	12	12
<i>Amphicampa hemicyclus</i>		1	3.5	-	-	1	2	1
<i>Caloneis ladogensis</i> v. <i>denistr.</i>		-	-	-	-	-	0.5	0.5
<i>Cymbella</i> spp. (acid.)		3	1	1.5	4.5	7	5.5	5.5
<i>Eunotia</i> spp.		32	36	37	23.5	17.5	25.5	22.5
<i>Fragilaria virescens</i>		6	6	-	1	4.5	2	7.5
<i>Frustulia rhomboides</i> et varr		11	12	16.5	13.5	8.5	8.5	10.5
<i>Peronia heribaudi</i>		3	3.5	5.5	4	4	8	2.5
<i>Pinnularia</i> spp.		2	1.5	2.5	2.5	2.5	6	4
<i>Stenopterobia</i> spp.		0.5	0.5	0.5	1.5	2.5	0.5	2
<i>Tabellaria binalis</i>		6	9	4	-	-	-	1
<i>Tabellaria flocculosa</i>		10	8	11	9.5	20.5	16	6.5
Summa:		86.5	91	86	82.5	76	87	79
Övriga acidofila		5.5	3	3	6	4	7	9
SUMMA acidofila och acidobionter		92	94	89.5	88.5	80	94	88
Indifferenta och pH okänd		1.5	2.5	4	9	17.5	2.5	4
<i>Navicula</i> spp. (alk.) N-het.		6.5	3.5	6	-	-	-	3
<i>Cymbella balatonis</i>		-	-	-	-	-	-	1.5
Övriga alkalifila		-	-	0.5	2.5	2.5	3.5	3.5
SUMMA alkalifila		6.5	3.5	6.5	2.5	2.5	3.5	8
Summa alk. + indiff.		8	6	10.5	11.5	20	6	12
Totalsumma		100	100	100	100	100	100	100
utanför bassumman, men i % av denna:								
<i>Melosira distans</i>		26.5	13	6	53	79	50	27
<i>Cyclotella kützingiana</i>		18.5	10	9.5	18.5	72	36.5	17.5



Stora Skarvåsa (1967)  
Diatomeer

pH-krav enl. 1967	ALFABETISK ARTLISTA, samt arternas %-välla fördelning i proven												
	acB= acidobient, pH<5.5 acF= acidofil, pH<7 ? = pH-krav okänt						alk. alkalifil, alkalibiont pH>7 ind= indifferent, pH vanl. 7						
	Propp nr :		1 (18cm)				2 (16cm)		3 (20cm)				
	Provdjup, cm u. by :		0-0.3	0.3-1	1-2	4-5	7-8	12-13	17-18	6-2	14-16	0-2	18-20
		<b>ACHANTHES Bory</b>											
alk 5.5-6	acF	cf AUSTRIACA Hustedt				0.2							
ind <7	acF	XRYOPHTLA R. Petersen	0.7										
ind 6.5-6.8	acF	LINEARIS (W.Sc.) Grun.				0.4							
acF	acF	cf MARCULATA Grun.	1.5	1.2	0.5	1.1	0.3	0.6	2.3	1.8	3.3	1.2	2.4
ind 7.5-7.8	alk	MINUTISSIMA Kützing				0.5				0.7		0.8	
		<b>AMPHICAMPA Ehrenberg</b>											
	5 acB	MENICYCLUS (Sbg.) Karst.	0.7	2.8			0.3	1.1	0.8	0.7	0.4	0.6	1.4
		<b>ANOMOEONEIS Pfitzer</b>											
alk 6.7	acF	EXILIS (Kütz.) Cleve	3.4	0.8		8.7	1.9	1.4	4.5	4.3	5.1	2.8	3.1
ind	acF	FOLLIS (Ehrenbg.) Cleve							0.3				
acB 5.2-5.3	acB	SERJANS et v.											
		<b>BRACHYSIRA (Bréb.) Hust.</b>											
ind <6	acF	STYRIACA (Grun.) Hust.	2.2	6.0	5.0	2.4	0.9	5.0	3.1	7.1	2.9	9.1	13.7
acF <6	acF	ZELLENSIS (Gr.) Cleve	0.7			0.2						0.3	0.3
		<b>BRACHYSIRA (Gr.) Hust.</b>											
	acF	GALONEIS Cleve											
		<b>LADGENSIS Cleve</b>											
		<b>v. DENOVYSPINATA (Hus.)</b>											
		<b>CYCLOPSELLA Kützing</b>											
	acF	ARENTE Kolbe				0.2							
alk	alk	COMTA (Ehrenbg.) Kütz.							0.3				
ind 0	ind	KUETZINGIANA Thwaites	11.9	8.6	8.2	10.2	29.0	18.9	6.2	7.4	6.9	8.8	3.8
	ind	v. RADIOSA Fricke	0.7			0.2			0.3		1.5	0.9	0.3
	ind	v. PLANETOPHORA Fricke				0.2		0.7	5.2	2.1	21.5	1.9	0.8
		<b>GYMSELIA Agardh</b>											
ind 7.3-7.5	ind	AEGALIS W. Smith			0.5							0.3	
	alk	BALATONIS Grunow							1.1				0.7
ind 6	acF	CESTATI (Rabenhorst) Gr.									0.4		
ind 6.3-6.5	acF	GRACILIS (Rabenh.) Cleve	1.1	0.8	0.5	2.0		2.1	3.1	0.7	2.2	1.3	1.4
alk 7.2-7	ind	MICHOCEPHALA Grunow									0.7		
acF 6-6.5	acF	PERPUSILLA A. Cleve	0.7		0.9	0.7	2.8	0.7	0.8	0.7	0.4	1.6	2.8
alk 7.5	alk	TURGIDA (Gregory) Cleve						0.7			0.4		
ind 7.7-7.8	ind	VENTRICOSA Kützing	0.4	0.4		0.9	0.3			0.4			0.3
		<b>EUROTIA Ehrenberg</b>											
acF 5	acB	ALPINA (Haugl.) Hust.					0.3						
ind 6-6.5	acF	ARGUS Ehrenberg	0.7									0.3	
acB 5.2-5.3	acB	EXIOVA (Bréb.) Rabenhorst	1.1	2.0	1.8	0.4				0.4		0.6	3.1
acF 5-5.5	acB	FADA (Ehrenbg.) Grun.			0.5				0.6			0.6	0.7
acF 5.2-5.5	acB	FLEXUOSA Kützing				0.4				0.4			
	5-5.5 acF	GRUNOWI A. Berg				0.2							
ind 5.5-6	acF	LUNARIS (Ehrenbg.) Grun.	5.6	5.6	7.7	3.1	0.6	2.9	3.7	2.1	2.6	4.1	3.4
acF 5.5	acF	cf NEISTERI Hustedt	1.1		0.5		0.6	0.4	0.6			0.3	0.7
acF 5	acB	NOBODON Ehrenberg					0.3	0.7	0.6				
acF 6.5	acF	PECTINALIS (Kütz.) Rabh.			0.5			0.4				0.3	
acF 5.5	acF	PRAERUPTA Ehrenberg	0.4										
acF 5	acB	ROBUSTA Ralfs et											
		<b>v. TETRAODON Ralfs</b>											
acF 5	acB	SEPTENTRIONALIS Ostrop	0.7					0.8	0.8	0.7			1.3
					0.2		0.7	0.3		2.8	0.4	0.3	0.7

Stora Skerjön (1967)  
Diatomeer

pH-krav enl.		ALFABETISK ARTLISTA, samt arternas %-satta fördelning i proven														
pH-krav 1967 (pH-krav) 1968 (pH-krav)	pH-krav 1969 (pH-krav)	pH-krav 1970 (pH-krav)	acB acidobiont, pH 5,5	alk alkalifil, alkalibiont pH > 7								ind indifferent, pH unkl. < 7				
			acF acidofil, pH > 7	in pH-krav okänt												
			Fröpp nr :	1 (18cm)				2 (16cm)			3 (20cm)					
Provdjup, ex u by :			0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-5	5-8	8-12	12-17	17-18	0-2	2-16	0-2	12-26	
			EUNOTIA Ehrenberg													
acF	5	-5,5	acB	SUDETICA-VERREIS O.Müller	3,4	6,0	4,5	4,5	1,2	1,4	0,8	3,2	0,7	0,5		
acF	5	-5,6	acF	TEPELLA (Grun.) Hust.			0,7									
				TRINAGRIA Krauske										0,3		
acF		< 5	acB	TRIODON Ehrenberg		0,8										
acF			acF	SPP.	2,0	14,8	16,8	4,0	4,0	6,4	0,2	7,5	2,9	10,3	6,6	
				FRAGILARIA Lyngbye												
alk		< 8	alk	VAUCHERIAE (Kütz.) Petersen											0,3	
ind	6,4-6,8		acF	VIRESCENS (Kütz.) C.Müll.	4,1	4,0		0,4	1,9	1,1	5,4	1,1	3,3	0,3	0,3	
				FRUSTULIA Agardh												
acF		6	acF	RHOMBOIDES (Ehrenbg.)	7,5	10,8	13,6	6,0	3,4	4,6	7,1	5,0	3,3	4,1	7,2	
acF			acF	v. AMPHIPLEUROIDES			0,5				0,3					
				CONPHOMEMA Agardh												
alk		8	alk	ACUMINATUM (Ehrenbg.) et				0,2			0,3					
			alk	CORONATUM (C.) W.Smith												
ind	7,2-7,4		alk	GRACILE Ehrenberg											0,3	
?			?	SP.				0,3			0,3					
				MELOSIRA Agardh												
acF		6,5	acF	DISTANS Moore S.L.	18,3	10,8	5,0	31,5	26,8	10,6	6,9	13,9	3,8	22,1		
alk			acF	ITALICA v. VALIDA (Gr.) Hust.					0,4	0,6						
				UNDULATA Kützling												
				UNDULATA Kützling			0,2									
				NAVICULA Bory												
				BRYOPHILA B. Petersen			0,4									
ind		5,5	acF	COCONEIFORMIS Gregory				0,6	0,4	1,7		0,4	0,3	1,4		
alk		8	alk	CRYPTOCEPHALA Kützling	4,5	2,8	4,5			2,0	2,1	2,2	2,2	0,3		
				GREGARIA Hust.												
				GREGARIA			0,5									
				HALOPHYLLA (Grun.) Cleve												
acF		6	acF	HASSIACA Krauske					0,7							
acF			acF	JÄRNREPELTI Hustedt							0,4		1,3	0,7		
ind	5,5-	6	acF	MEDIOCRIS Krauske	1,5		0,9			0,7	0,4	0,7	0,9			
alk	7,5-	8	alk	MINIMA Grunow									0,4			
ind	8	-8,5	alk	MUTICA									0,4			
ind		8	alk	PUPULA Kützling						0,6	0,4					
ind		> 7	ind	RADIOSA Kütz. aff.												
				v. SUBROSTRATA	0,4		0,7	1,5			1,8	2,2	0,3	0,3		
ind		7	ind	v. TENELLA			1,6		0,7	0,3						
				ROTEANA (Rabenh.) Grun.												
ind	7,5-	8	alk	SEMINULOIDES et SEMINULOIDES								0,4		0,9		
				AMM - Grunow							1,4		0,3			
acB		5,6	acB	SUBTILISSIMA Cleve	1,5		1,6	0,3		0,6	2,8	1,1	1,6			
				SP. of R. OSTENFELDI									0,6			
				SPP.	0,4	1,6	2,7	1,6	4,6	0,4	1,4	4,3	2,2	6,0	1,0	
				HEIDUUM Pfitzer												
alk		6	acF	APPINE (Ehrenbg.) Cleve										0,3	0,3	
		5	acF	BISCOLATUM (Lagerst.) Cl.			0,9									
ind		6	acF	TRIDIS (Ehrenbg.) Cleve						0,4	0,3					
				WITZSCHEA Hust.												
alk	7,5-	8	alk	aff. DISSIPATA (Kütz.) Gr.											0,7	
alk	7,5-	8	alk	DISSIPATA v. MEDIA (Rabenh.) Grunow				0,3								

Alora Skarajón (0.67)  
Diatomeer

pH-skýr gali.	ALFABETISK ARTLISTA, samt artanna fjölda fündainngir í próver													
	acB acidóskent, pH 5.5 acF acidófil, pH 7						alk alkálifil, alkáliskent pH 7 ind indifferént, pH vand. ~ 7							
	% próver skant													
Própp nr :		1 (18cm)						2 (16cm)		3 (20cm)				
Próvdjög, ma u by :		0-3	4-1	1-3	4-5	7-8	12-13	17-18	0-2	14-16	0-2	18-20		
		NITZSCHIA Kasall												
alk	5.5-6	acF					0.4	0.8	1.7	1.8	0.6	0.7		
ind	8.4	alk			1.1				1.5	1.5	1.2	1.7		
	8.2-8.8	alk				0.6	0.7	0.6				0.3		
			PERONIA Brébisson et Arnett											
acF	6	acF	1.9	2.8	4.5	2.2	1.5	4.3	1.7	3.2	2.2	6.3	2.1	
			PTMULARIA Ehrenberg											
			BICEPS Gregory											
acF	6	acF		0.5			0.4			0.4	0.3			
ind	6	acF						0.6				0.7		
ind	6	acF		0.4				0.3						
ind	5	acB										0.3		
ind	5.5-5.8	acF					0.3			0.4				
			v. HILSEANA (Jan) O. Müller											
			SPE											
			1.5	0.8	1.0	1.3	0.6	2.9	2.0	0.7	0.7	1.6	1.7	
			STAUROBOLIS Ehrenberg											
ind	7	acF							0.3			0.3		
ind	6.8	ind		0.8						0.7				
			ARCEPS Ehb. v. GRACILIS											
			PHENICENTENON (Kütz.) Ehb.											
			SP (et S. LAUBENBURGTANIA											
			STENOPTEROBIA Brébisson											
			ARCTICA A. Cleve											
acF	5.5	acF	0.4						0.8					
			INTERMEDIA (Lewis) V. Neur.											
			0.4	0.5	0.9	0.9	0.4	0.6	0.4	0.4	0.6	0.3		
			SURIRELLA Turpin											
acF	7	ind							0.3					
ind	5.2	acB					0.6	0.4	0.6			0.3		
			DELICATISSIMA Lewis											
ind	6	acF										0.3		
			LINEARIS W. Smith											
			TERERA Gregory											
			SYNDRA Ehrenberg											
	6.5-6.8	acF		0.4										
			ANPHICEPHALA Kützling											
	5.5	acF										0.9		
	7.5-	alk										0.9		
	7.5-	alk										0.9		
	6.4-6.8	acF					0.4	0.3	0.4			1.0		
			v. NEOGENA (Kütz.) B. Pat.											
			TABELLARIA Ehrenberg											
acB	5	acB						0.6	3.6	2.9	3.9			
acF	5.8	acF	0.4	1.6	1.9	0.9	1.1	1.1	1.4		0.9			
acF	5-5.3	acB	7.1	6.0	9.3	5.6	8.3	5.0	4.5	13.5	5.1	9.1		
			FLOCCULOSA (Roth) Kütz.											
			PETRACYCLUS Halfo											
acF	5	acB						0.3						
			LACUSTRIS Halfo											
			%											
			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
			BASISUMMA											
			268	250	220	450	324	206	354	281	274	320	290	
			Antal genera:											
			15	15	13	15	18	19	22	16	17	19	17	
			Antal species:											
			31	19	20	33	26	35	48	37	34	48	34	
			Antal taxa:											
			34	25	30	30	30	38	55	41	38	53	40	

Stora Skarsjön, Ljungskile

Propp 1

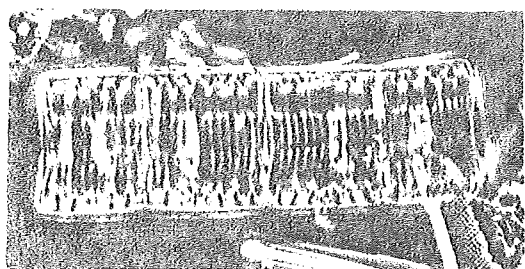
Antal acidobionta och acidofila taxa

Summa-% acidobionta och acidofila diatoméer

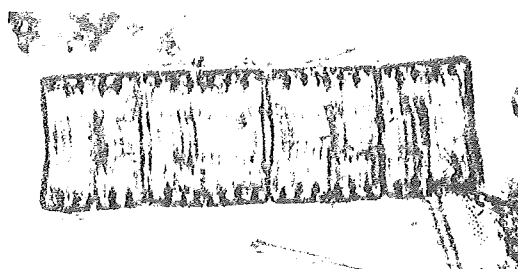
Index  $\omega$ 

enligt basumma I och II

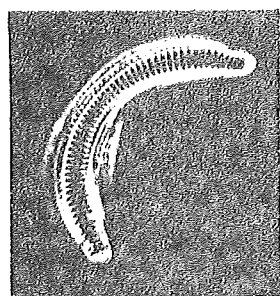
Provdjup om under bottenytan	Antal taxa		summa-%				index $\omega$	
	acidob. I	acidof. o.II II	basumma I		basumma II		enl.I	enl.II
	I	II	acidob.	acidof.	acidob.	acidof.		
0 - 0.3	8	20 19	20.8	61.2	30.1	61.9	5.9	8
0.3 - 1	7	14 13	30.8	56.7	37.9	56.1	10	12.3
1 - 2	6	17 16	24.7	57.8	28.5	61.0	8	9.3
4 - 5	7	22 21	15.1	66.9	25.9	62.6	4.9	7.6
7 - 8	9	12 11	12.5	51.0	31.4	48.6	5.4	10.3
12 - 13	8	22 21	18.1	58.9	33.8	60.2	5	8
17 - 18	11	28 27	13.6	68.4	19.6	68.4	3.5	4.4



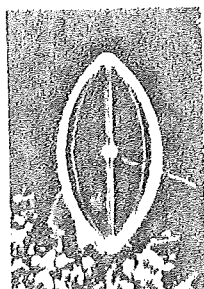
1a



1b



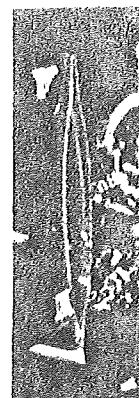
2



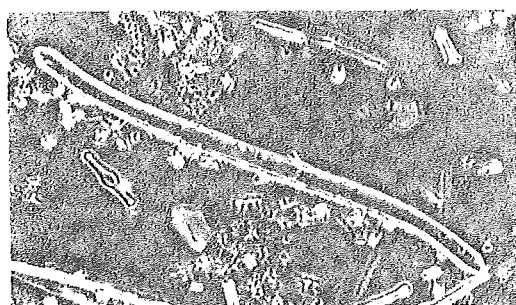
3



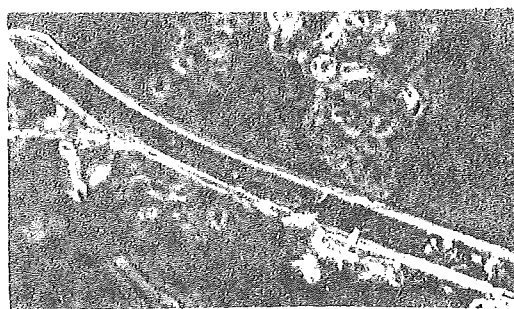
4



5



6a



6b

Några representanter för acida diatoméer. Stora Skarsjön

- 1 a. Tabellaria binalis (Ebg)Grunow, faskontrast, 1000x
- 1 b. Dito, vanligt ljus
2. Amphicampa hemicyclus (Ebg)Karsten, faskontrast, 1000x
3. Caloneis ladogensis v. denistriata Hustedt, faskontrast, 1000x
4. Nitzschia gracilis Hantzsch f. brevior, faskontrast, 1000x
5. Surirella delicatissima Lewis, faskontrast, 1000x
- 6 a. Stenopterobia intermedia (Lewis)Van Heurck v. capitata, faskontrast
- 6 b. Dito, 1000x 500x

## NÅGOT OM KEMIN I VÄSTKUSTSJÖAR

William Dickson, Statens naturvårdsverk

SJÖKARAKTERISTIKA	62
pH	
Ledningsförmåga	
Färg	
Alkalinitet	
Aciditet	
Närsalter	
Saltinnehåll	
NEDERBÖRDENS INNEHÅLL	65
SALTERNAS URSPRUNG	65
KEMISKA FÖRÄNDRINGAR	68
pH	
Sulfathalten	
Ledningsförmåga	
Rishagerödvattnet	
Svavelsyrans väg från nederbörd till sjön	
Ökat siktdjup i sura sjöar	
DISKUSSION	73
Lokala föroreningskällor	
Hydrologiska förändringar	
KALKNING	75
NÅGOT OM METALLER I VATTEN OCH SEDIMENT	75
SAMMANFATTNING	78
LITTERATUR	79
MEDVERKANDE	82
BILAGA OCH TABELLER	84

## NÅGOT OM KEMIN I VÄSTKUSTS SJÖAR

William Dickson

## SJÖKARAKTERISTIKA

Den större sjöinventeringen på västkusten, ur vilken de i denna publikation behandlade 50 sjöarna utvaldes, omfattade hösten 1970 314 sjöar och våren - försommaren 1971, 383 sjöar. Måhända kan det vara av intresse för läsaren att här redovisas vissa karaktistika för sjövattnen inom olika pH-områden ur detta större material. Materialet är hämtat ur Länsstyrelsens i Göteborgs och Bohuslän m.fl. pH-förhållanden i västsvenska sjöar 1970-1971, Åvergård 1972. Vad beträffar analysmetodik får hänvisas till naturvårdsverkets undersökningslaboratoriums stencilerade analysbeskrivningar 1968-72.

Det framgår av tabellerna 1 och 2 att omkring 30 % av sjöarna har pH lägre än 5.

Tabell 1

Mean values of 314 west coast lakes

Medelvärden av 314 sjöar i O, N och P län, november-december 1970

pH intervall	antal sjöar	pH	ledn. förmåga $\mu\text{S}$	färg mg Pt/l	alkalinitet $\mu\text{ekv/l}$	aciditet $\mu\text{ekv/l}$	$\text{NO}_3\text{-N}$ $\mu\text{g/l}$	Tot-N $\mu\text{g/l}$	$\text{PO}_4\text{-P}$ $\mu\text{g/l}$	Tot-P $\mu\text{g/l}$
$\leq 3,9$	15	3,8	101	109	0	245	91	260	2	9
4,0-4,9	97	4,5	68	53	5	163	110	250	2	8
5,0-5,9	67	5,4	71	45	29	142	138	290	3	12
6,0-6,9	116	6,5	96	39	192	149	246	400	6	13
$\geq 7,0$	19	7,3	189	35	767	214	451	800	9	24

Tabell 2

Mean values of 383 west coast lakes

Medelvärden av 383 sjöar i O, N, P, F och G län, april-juni 1971

$\leq 3,9$	4	3,7	72	79	0		78	230 <sup>3)</sup>	8	10
4,0-4,9	79	4,5	68 <sup>1)</sup>	40 <sup>1)</sup>	1		77	230 <sup>3)</sup>	12	15
5,0-5,9	129	5,5	66 <sup>1)</sup>	53 <sup>1)</sup>	18		117	250 <sup>3)</sup>	11	18
6,0-6,9	124	6,4	90 <sup>2)</sup>	45 <sup>2)</sup>	125		158	320 <sup>3)</sup>	17	25
$\geq 7,0$	47	7,6	146	41	513		284	510 <sup>3)</sup>	14	25

1) = antal sjöar 111    2) = antal sjöar 84

3) = kvävevärdena troligen något för låga (analysen har inte tagit allt organiskt kväve).

pH mättes potentiometriskt både i fält och på laboratorium. pH-fältvärdet var - för de suraste sjöarna - vanligen lägre än laboratorievärdet och - för de mer neutrala sjöarna - högre än laboratorievärdet. Ett pH, lägre än 4 lät sig sålunda inte gärna återreproduceras på laboratorium utan var då vanligen en bit över pH 4.

Uppenbarligen är det angeläget att undersökningar av pH-förhållandena i naturvatten baserar sig på fältmätningar, vilka ger värden av direkt relevans bl.a. för fisk-ekologiska bedömningar.

Jämför man höst- och vårmedelvärden i tabell 1 och 2, visar sig höstvärdena vara tydligt mera förskjutna åt det sura hållet, vilket delvis bör kunna förklaras med att vintern och våren var nederbördsfattiga och sålunda gav mindre tillförsel av surt smältvatten.

Ledningsförmågan är lägst vid pH 5,0-5,9 och högre i både mer sura och i mer neutrala sjöar.

Färgen är högre i de surare sjöarna. Spridningen är emellertid stor och det finns åtskilliga sura sjöar med ytterst klart vatten.

Alkaliniteten, vattnets innehåll av buffrande, basiska ämnen, i huvudsak bikarbonat, avtar snabbt i sjöar med pH lägre än 5,5 och saknas så gott som helt vid pH lägre än 5. Sambandet mellan alkalinitet, buffringsgrad och pH är sådant, att sjöar, vilka uppnått så låga pH-värden som under 5,5, i påtagligt accelererande takt kommer att ytterligare försuras, om tillförsel av syror direkt eller indirekt via nederbörden fortsätter.

Aciditeten ger ett mått på vattnets innehåll av surgörande ämnen, normalt i första hand kolsyra och andra svaga syror. Eftersom mer kolsyra kan lösas om det även finns bikarbonat (alkalinitet) i vattnet, så innebär detta - skenbart paradoxalt uttryckt - att ett vatten med hög alkalinitet även kan ha en hög aciditet. I de suraste sjöarna som givetvis kännetecknas av hög aciditet, är aciditeten i hög utsträckning betingad av starka syror.

Närsalter. En sjös egenskaper är till mycket stor utsträckning ett resultat av omgivningens beskaffenhet, genom tillförseln av salter och näringsämnen från åker och skog eller från avloppsutsläpp. Jämte utlakningen av i näringshänseende mer eller mindre indifferent salter, främst kalciumbikarbonat, äger från markområden med hög bonitet även en avsevärd transport rum av näringselement som kväve och fosfor. Sjöar med högre pH har därför större innehåll av närsalter.

Att sura sjöar är extremt näringsfattiga kan emellertid dessutom vara en sekundär pH-effekt. Av sådana effekter kan här nämnas att algernas fixering av luftkväve störs av lågt pH (EIFAC:s arbetsgrupp 1969) och att nedbrytningen av organiskt material i sjösedimentet blir ofullständig samt att fosfor lättare fälls ut i surt vatten, t.ex. i form av järn och aluminiumkomplex (Stumm, Morgan 1970; Werner 1970).

Saltinnehållet i ett antal sjöar av olika pH, redovisas i tabell 3.



Tabell 3a

The ionic composition in lakes of different pH, mean values  
(Höst- och vårundersökningens värden tabell 3, b, c sid 85)

pH intervall	Medelv. Höst-vår- unders.	pH fält	m.ekv/l								
			H	Na	K	Ca+Mg	Alk	Cl	SO <sub>4</sub>	Σ+	Σ-
≤ 4,9		4,4	0,04	0,30	0,02	0,26	0	0,35	0,22	0,62	0,57
5,0-5,9		5,6		0,30	0,03	0,33	0,04	0,36	0,26	0,66	0,66
6,0-6,9		6,4		0,37	0,04	0,48	0,15	0,39	0,35	0,89	0,89
≥ 7,0		7,2		0,38	0,05	0,82	0,39	0,45	0,43	1,25	1,27

De suraste sjöarna har det lägsta salt- (jon-) innehållet, men som tidigare sagts, en relativt sett förhöjd ledningsförmåga, vilket till stor del beror på att halten av fria vätejoner där gör sig gällande. Vätejonen har nämligen en mycket högre ekvivalent ledningsförmåga än andra jonslag i vattnet. Dominerande katjon är i de suraste sjöarna Na, i de mer neutrala (Ca+Mg) joner. Klorid är dominerande anjon i samtliga sjövattnen. Sulfatvärdena är praktiskt taget genomgående högre än bikarbonatvärdena. Sammansättningen är således ganska avvikande från s.k. "Standard Composition" (Rodhe, 1949), som har representerat ett genomsnitt av ett stort antal av världens insjöar och som kan tjäna som en användbar referensram i dessa sammanhang. Fördelningen i ekvivalentprocent är där den att kalcium och bikarbonat dominerar.

Tabell 3d

Ekvivalent %

	Ca	Mg	Na	K	Σ+	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Σ-
Standard comp.	63,5	17,4	15,7	3,4	100 %	74,3	15,7	10,0	100 %
Västkustsjöar	55		40	5	100%	17	37	46	100%
Havsvatten	3,4	17,6	77,3	1,6	99,9%	0,4	9,3	90,2	99,9%
Nederbörd Plönninge 1967-69	25,6	13,5	30,8	5,1	75 %	0	49,3	35,7	85 %

Av medelvärdena tabell 3 b, c framgår att de totala salthalterna är lägre efter snösmältningen på våren. Anmärkningsvärt är emellertid framförallt att sulfatvärdena är högre i de sura sjöarna.

Det bör dock påpekas att värmedelvärdena innefattar en del sjöar från längre in i landet, där totala salthalterna i nederbörden ligger lägre än vid kusten och där framförallt salter av marin härkomst utgör ett minskat och inte ett lika dominerande inslag i sjöarnas sammansättningar.

## NEDERBÖRDENS INNEHÅLL

Nederbördens pH och jonsammansättning registreras av Internationella Meteorologiska Institutet i Stockholm vid bl.a. Plöninge, Halmstad, och Bohus-Malmön, Lysekil. Tabell 4, visar den genomsnittliga sammansättningen för åren 1967-1969. Alla värden i tabellen utom pH och alkalinitet är viktade mot nederbördsmängd.

Tabell 4

The ionic composition in precipitation 1967-1969  
Nederbördens sammansättning 1967-1969

	Nederbörd m m	Na	K	Ca	Mg	H	Alk	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
		mekv/l										mg/l	
Plöninge Halland	680	0,096	0,016	0,080	0,042	0,043	-0,022	0,105	0,145	0,044	0,056	0,61	0,79
						pH 4,4							
Bohus-Malmön Bohus län	527	0,474	0,016	0,088	0,135	0,048	-0,016	0,619	0,152	0,041	0,029	0,58	0,40
						pH 4,3							

1970 var nederbördens årsmedelvärde av pH vid Plöninge 4,3 och vid Bohus-Malmön 4,5. Stationen på Bohus-Malmön ligger alldeles invid havet och uppvisar stort innehåll av havssalter Na, Cl och Mg i nederbörden. Vid jämförelser mellan nederbördens och sjövattnens sammansättning borde därför värdena för Plöninge vara mer relevanta. Stationen är nämligen belägen en halv mil från kusten och sjöarna någon till några mil från kusten.

### SALTERNAS URSPRUNG

Genom att jämföra saltinnehållet och dess relativa jonsammansättning i sjövattnen resp i nederbörd kan man få en viss föreställning om hur mycket i sjön, som härrör från nederbörd och hur mycket som kan tänkas vara utlakat från omgivningen. Härvid stöter man på flera osäkerhetsmoment. Vanligen finns ingen nederbördsstation ens i närheten av sjöns tillrinningsområde. Vidare finns variationer i nederbördens sammansättning, olika avdunstning och avrinning år från år, med åtföljande förskjutningar i sjövattnets sammansättning. Dessutom tillkommer en osäkerhet, då det är svårt att beräkna storleken av det torra utfallet av salter.

Man får emellertid räkna med att den totala depositionen av klorid och andra havssalter är avsevärt större än vad som enbart härrör från nederbörden (Eriksson 1955). Beräknar man därför till att börja med kvoterna mellan innehåll av respektive jonslag och natrium eller klorid i sjövattnen och jämför dessa med motsvarande kvoter i nederbörden, kan detta bara ge en mycket grov uppskattning om eventuella tillskott från marken i sjövattnets sammansättning. Beräkningssättet förutsätter då att allt Na och Cl härrör från nederbörd, och att inget heller fastläggs i marken. Vid kvoter större än nederbördens sker utlakning av ämnet i fråga, vid kvoter lägre, sker fastläggning.

Tabell 5

Quotient	Precipitation nederbörd Plönninge	Tot. dep. of Na and Cl pres.= 2 times precip. antaget tot. dep. av Na och Cl= 2 x ned.b.	Lakes with pH			
			Sjöar med pH			
			4,9	5,0-5,9	6,0-6,9	7,0
K/Na	0,17	0,09	0,07	0,10	0,11	0,13
Ca+Mg/Na	1,27	0,64	0,87	1,10	1,30	2,16
Alk/Na	(-0,23)0	0	0	0,13	0,41	1,02
Cl/Na	1,09	1,09	1,17	1,20	1,05	1,18
SO <sub>4</sub> /Na	1,51	0,75	0,73	0,87	0,95	1,13
-----	-----					
Na/Cl	0,91	0,91	0,86	0,83	0,95	0,84
K/Cl	0,15	0,08	0,06	0,08	0,10	0,11
Ca+Mg/Cl	1,16	0,58	0,74	0,92	1,23	1,82
Alk/Cl	(-0,21)0	0	0	0,11	0,38	0,87
SO <sub>4</sub> /Cl	1,38	0,69	0,63	0,72	0,90	0,96

Med detta resonemang skulle enl. tabell 5 bara (Ca+Mg) och HCO<sub>3</sub> (alk) utlakas till de mer neutrala sjöarna och övriga joner fastläggas i olika utsträckning eller ej påverkas.

Antar man därefter att den totala depositionen av Na och Cl (och endast dessa) är dubbelt så stor (se nedan) som i nederbörden, så tyder kvoterna på att utlakning av Ca+Mg, HCO<sub>3</sub> och SO<sub>4</sub> sker främst till sjöar med högre pH.

Betraktar man slutligen, som ett tredje försök att bestämma utlakningens storlek, nederbördsvärdena och därvid räknar med att 36 % av nederbörden avdunstar innan den når sjöarna (Stensjöns, Kungsbacka, nederbördsområde den senaste 10-årsperioden) så finner man att koncentrationen av salter av denna orsak blir 1,57 gånger högre än nederbördens.

Värderna blir för Plönninge:  
Precipitation concentrated 1,57 times  
Nederbördshalten koncentrerad 1,57 gånger

Na	K	Ca	Mg	H mekv/l	Alk	Cl	SO <sub>4</sub>	Σ <sup>+</sup> utom kvävedelen	Σ <sup>-</sup>
		0,19							
0,15	0,03	0,125	0,066	(0,07)	-0,03	0,16	0,23	(0,44)el 0,40	0,39

Dessa värden drages därefter ifrån sjökoncentrationerna inom de olika pH-områdena. Resterande halter tänkes då vara ett resultat av utlakning eller härröra från torrdeposition.

Tabell 6

Concentration in lakes minus precipitation, concentrated 1,57 times

Koncentrationen i sjöar minus nederbördens halt, koncentrerad 1,57 gånger. + = utlakning plus torrdeposition

- = fastläggning

+ = leakage and dry deposition

- = retention

pH-område	mekv/l Na	K	Ca+Mg	Alk	Cl	SO <sub>4</sub>	Σ+	Σ-
≤ 4,9	+0,15	-0,01	+0,07	+0,03	+0,19	-0,01	+0,21	+0,21
5,0-5,9	+0,15	0	+0,14	+0,07	+0,20	+0,03	+0,29	+0,30
6,0-6,9	+0,22	+0,01	+0,29	+0,18	+0,23	+0,12	+0,52	+0,53
≥ 7,0	+0,23	+0,02	+0,63	+0,42	+0,29	+0,20	+0,83	+0,91

Med detta beräkningssätt finner man att för de suraste sjöarna viss utlakning (och torrdeposition) av Ca+Mg bör ha skett och möjligen fastläggning av SO<sub>4</sub> och K.

De något mindre sura och de mer neutrala tillförs i ökad grad Ca+Mg, K och SO<sub>4</sub> i form av utlakning.

#### Sulfat och kalium

Sulfat- och kaliumförhållandena i de suraste sjöarna skulle likna vad Karlgren (1955) fann för mellersta och norra delarna av Sverige - nämligen att avsevärt mer svavel tillförs med nederbörden än vad som avrinner. Samma sak gäller också för kalium, fast mindre markerat.

Inte heller med beräkningssättet i tabellen 6 vågar man väl med större säkerhet påstå att det t.ex. sker en fastläggning av en del nederbördssulfat i eller kring de suraste sjöarna. Avdunstningen där dessa är belägna, ofta på hög höjd över havet, kan mycket väl tänkas vara lägre än för övriga sjöar, och den behöver bara vara obetydligt lägre (koncentrering av nederbörden med faktorn 1,48 i st.f. 1,57) förrän man konstaterar att innehållet i sjövattnet överstiger nederbördstillskottet.

Eriksson (1960) har tidigare gjort jämförelser mellan svavel i nederbörd och i flodvatten. Då nederbördsvärden för åren 1955-57 jämfördes med Erikssons (1929) avrinningsciffror gällde för västkusten att omkring 2 gånger mer svavel avran än som tillfördes med nederbörden. Det är också tänkbart att siffran blivit större om det även funnits avrinningsciffror från 50-talet. Med detta sjömaterial kommer man till värden mellan 0,97 och 1,9 om alla sjöarna medräknas. Om kvoten: svavel med avrinning/svavel med nederbörd verkligen har minskat skulle detta i så fall kunna tydas till att inte hela ökningen i svaveldeposition från luften, en ökning som iakttagits på senare år, rinner ut utan en viss fastläggning sker i marken, vilket antytts ovan.

### Natrium och klorid

0,15-0,23 mekv/l Na och något mer Cl härrör troligtvis till stor del från torrdeposition. (Av Ca-fåg) delen gäller då att omkring 0,04 mekv/l är torrdeposition med marint ursprung). Torrdepositionen av Na och Cl skulle då vara av samma storleksordning som det som kommer med nederbörden (härav i tabell 5 antaget tot. dep. av Na och Cl = 2 x nedb.). Sjöar med högt pH ligger ofta lågt över havsytan och där torde även en del härröra från marina avlagringar.

Liknande värden kom Eriksson (1955, 1960) fram till då klorid i nederbörd och flodvatten jämfördes. På västkusten beräknades den totala avrinningen av klorid vara 2-3 gånger större än vad som enbart kom med nederbörden. Torrdepositionen skulle alltså vara lika med eller upp emot dubbelt så stor som nederbördsdelen. White och Turner (1970) fann i ett maritimt område (Lancashire, England) att torrdepositionen av natrium var 2,5 gånger större än nederbördsdelen.

### Kväve och fosfor

Kvävehalten i sjöarna är som framgår av tabell 1 och 2, i de allra flesta fall, avsevärt lägre än i nederbörden.

#### Medelvärden av sjöarna

#### I nederbörden

Kväve 0,35 mg/l

Ammonium- + nitratkväve 1,19 mg/l

Fosfor 16 µg/l

20-30 µg/l (Odén; Ahl, muntl. 1972)

Ett stort antal skogsjöar i södra och sydvästra Sverige har, vilket sjöinventeringen 1972 visar, höga nitrathalter (100-300 µg kväve per liter) även under högsommaren, vilket skulle kunna tydas till att den avsevärda kvävedepositionen i denna del av landet medför ett jämförelsevis överskott av oorganiskt kväve i sjöarna i dessa trakter.

Även torde fosforhalterna i sjöarna i allmänhet vara betydligt lägre än i utfallet från luften. I England fann White och Turner (1970) att depositionen av fosfor var 0,46 kg per hektar och år, varav 0,34 kg härrörde från nederbörd. Utslaget på nederbörds mängden 1544 m m ger hela depositionen 30 µg per liter. I Tyskland erhöll Mayer (1971) fosfordepositionen med nederbörden (Solling-Hannover) 0,48 kg per hektar, motsvarande 40 µg per liter.

## KEMISKA FÖRÄNDRINGAR

### pH

Lysén (1960) nämner pH 6,6 som ett genomsnitt för södra Bohuslän under perioden 1947-52. Från västkusten ända upp till den sydvästra fjällkedjan förekommer dock numera sjöar med betydligt lägre pH-värden. Berggrund och jordarter är ofta kalkfattiga, vilket medfört att halten bikarbonat i sjöarna varit låg och vattnen känsliga. Sjöarnas egenfärg har, där förändringarna varit stora, övergått från brun till blågrön färg. Siktdjupet har stigit med åtskilliga meter. Äldre pH-värden, sjöfärg och siktdjup finns redovisade i tabell 7 a (tabell 6, Almer 1972, där referenser är angivna).

### Sulfathalten

Det beräknas att svavelemissionerna i Sverige årligen stigit med 5 % och för övriga Västeuropa med 3 % under 50- 60-talen. Även depositionen från luften av överskottssvavel (alltså det svavel som icke härleds från havssalter) beräknas ha stigit i samma storleksordning (3 %) (Munn, Rodhe 1971, Granat 1972). Sälunda är depositionen av överskottssvavel i nederbörd (Granat 1972) på västkusten för närvarande av storleksordningen 60-70 mekv sulfat per m<sup>2</sup> och år, mot hälften av detta i mitten på 50-talet (bilaga 1 sid 84). Även depositionen av kväve har stigit på ett liknande sätt.

Berner (1971) räknar med att i storleksordningen en tredjedel av sulfathalten i floder på vårt klot härrör från mänsklig aktivitet. För Europa utgör denna del mer än hälften.

Om man som ett grovt medeltal antar att av nederbörden på västkusten avrinner 400 mm (400 liter per m<sup>2</sup>) per år (Tamm 1959 samt tar hänsyn till en observerad 11 % ökad avrinning den senaste 10-årsperioden figur 3,4) blir sulfathalten av överskottssvavel i avrinningsvattnet (om inget fastläggs i marken)  $\frac{60 \text{ till } 70}{400} = 0,15-0,18$  mekv. per liter.

Siffran torde enligt vad som nyss sades ha varit vid pass hälften så stor på 50-talet.

Sulfathalten synes också ha stigit i floder och sjöar. Odén (1968) fann för Åtran en ökning om 0,17 mekv/l då perioden 1909-1914 och 1962-1967 jämfördes och anger som orsak tillskottet från atmosfären.

En jämförelse av jonsammansättningen i sjöarna nu och tidigare, skulle givetvis ge värdefull information om förändringar, som kan ha inträffat. En del data från äldre tider finns, och trots riskerna med att jämföra ett fåtal värden skall här ändå några jämförelser göras.

Ett par värden från Kolbengtserödssjön 0 64, och Grinnerödssjön 0 81, tabell 7 b, sid 88, pekar mot att halten av sulfat 1972 var 0,15-0,16 mekv högre jämfört med under slutet av 50-talet. Utslaget över hela perioden motsvarar detta en årlig ökning på 3-6 %. 1958-59 (och -60) var extremt svavelfattiga nederbördsår (Munn, Rodhe 1971) varför ökningen för Grinnerödssjöns del (äldre analys från 1959) kan synas "onormalt" stor. Siffran 3 % som årlig ökning är därför måhända troligare.

Ledningsförmågan är allmänt högre hos vattnen nu än tidigare. Detta har iakttagits även i andra delar av södra Sverige. Tabell 8 sid 94 visar några exempel på detta. Från 18 sjöar är ökningen jämfört med äldre värden i medeltal 16 µS. (18 µS om den ökade vätejonkoncentrationens ledningsförmåga medräknas). Kloridvärdena ligger på samma nivå som tidigare eller lägre. Även alkaliniteten (bikarbonathalten) är numera lägre (0,03-0,05 mekv. lägre per liter, tabell 7 b). Följaktligen bör ökningen på anjonsidan rimligen hänföras till sulfat.

Antar man att sulfaten når vattnet som kalciumsulfat, motsvarar 16 µS 0,13 milliekvivalenter av vardera sulfat och kalcium.

$$\begin{array}{ll}
 x \cdot 71,1 + x \cdot 53,4 = 16 & \text{(om ekvivalentledningsförmågan se} \\
 & \text{tabell 9)} \\
 x \cdot 124,5 = 16 & 1 \text{ mekv Ca}^{2+} \rightarrow 53,4 \mu\text{S } 20^{\circ}\text{C} \\
 x = 0,13 & 1 \text{ " SO}_4^{2-} \rightarrow 71,1 \text{ " } \\
 & 1 \text{ " HCO}_3^{-} \rightarrow 40,1 \text{ " } \quad )
 \end{array}$$

Men om en del av sulfaten tillförs som svavelsyra, så överförs en ekvivalent mängd bikarbonat i vattnet till koldioxid.



Att ledningsförmågan

även i detta fall stiger beror på att sulfatjonen har en högre ekv. ledningsförmåga än bikarbonatjonen.

Eftersom bikarbonathalten i vattnen synes ha sjunkit med ätm. 0,03-0,05 milliekvivalenter kan man förmoda att "svavelsyra-sulfaten" har stigit i samma utsträckning.

Om 0,05 mekv.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  alltså tillförs ett bikarbonatvatten skulle ledningsförmågan stiga med  $0,05 \cdot 71,1 - 0,05 \cdot 40,1 = 1,5 \mu\text{S}$ -enheter.

Skall man således försöka beräkna den totala sulfatökningen utifrån en ledningsförmågeökning på 16  $\mu\text{S}$ , bör den bli något större än 0,13 mekv. per liter eller ca 0,15-0,20 mekv per liter.

$$(0,05 + \frac{14,5}{124,5} \rightarrow 0,17 \text{ mekv per liter})$$

Detta stämmer ganska väl med de femma värdena från Grinnerödssjön och Kolbengtserödssjön och vad som i det följande beräknas för Rishagerödsvattnet 079.

#### Rishagerödsvattnet

Kloridvärdet i sjön, (tabell 7 b sid 89 och 9 sid 95) är något lägre i april 1972, än under perioden 1947-52. Alkaliniteten, dvs. innehållet av bikarbonat, har emellertid försvunnit. pH har sjunkit från i medeltal 5,8 till 4,9-5,0. Några sulfatanalysen från äldre tider finnes ej, men eftersom antalet positiva och negativa joner skall vara lika, kan värdet approximativt beräknas till att ha varit omkring 0,1 (0,09) mekv per liter (tabell 9). Detta framräknade värde måste givetvis betraktas med försiktighet. 1972 gav analysen 0,33 mekv per liter, alltså 0,24 mekv högre. Höjningen skulle utslaget över hela perioden innebära en ökning på 6 % årligen.

Ledningsförmågan har på samma sätt stigit. Andelen i ökningen tillskrivs i första hand sulfaten, som har hög ekvivalentledningsförmåga. Även (Ca+Mg)-värdet är högre (0,15 mekv/l), vilket delvis kunde vara en effekt av att katjondepositionen stigit något, och delvis av att den ökade syradepositionen under senare år medfört en ökad utlakning av katjoner från mark till vattendrag. (Även Na och K värdena bör därvid stiga i vattnet).

Betydelsen av denna utlösning diskuteras bl.a. av Odén 1968, Odén, Andersson 1972, Eriksson 1969, Wiklander 1970, Wiklander, Andersson 1972, Troedsson 1971, Jonsson, Sundberg 1972 liksom riskerna för att vi i framtiden härigenom får en minskad skogstillväxt.

Svavelsyrans väg från nederbörd till sjöar

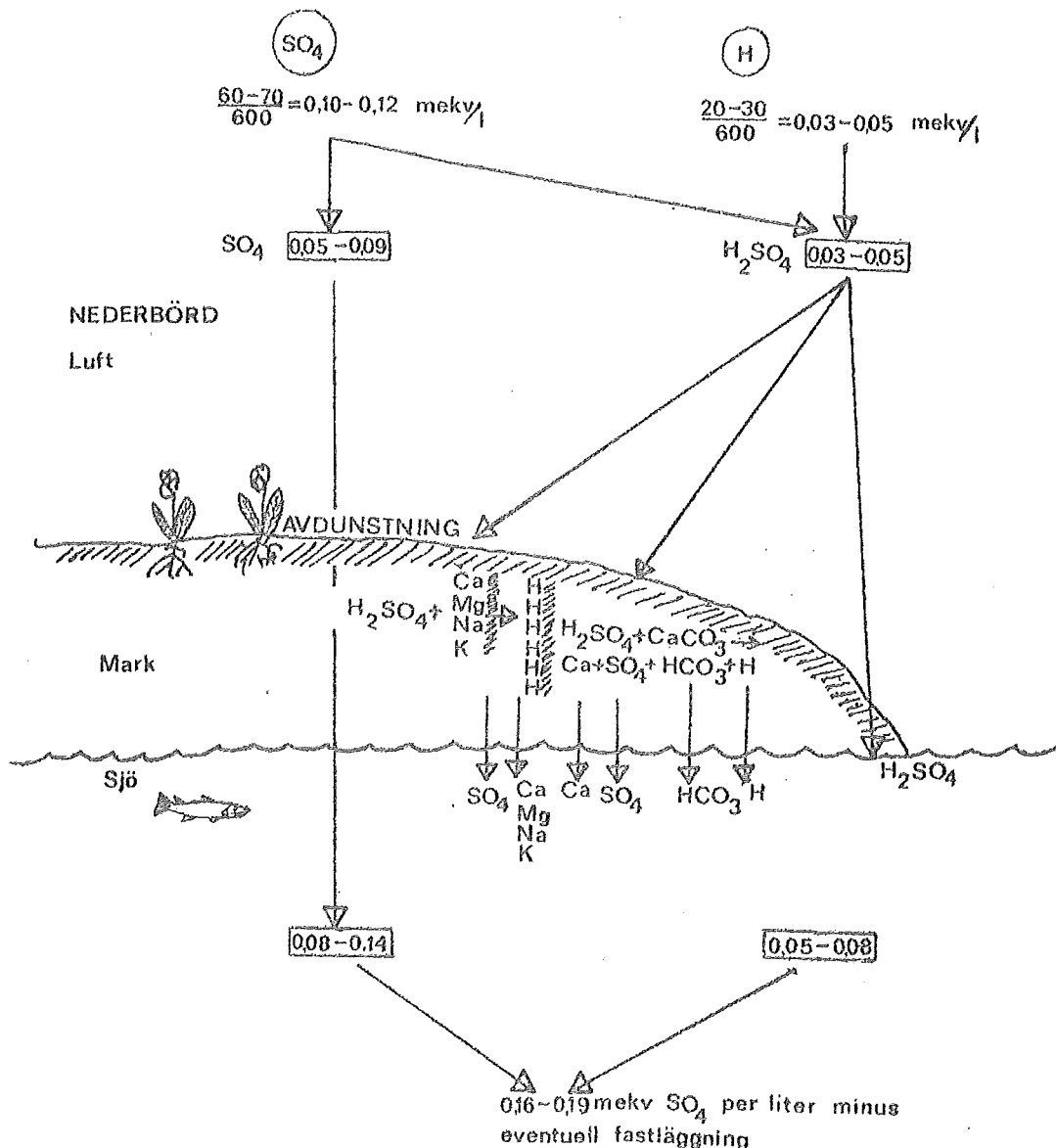
Nettosyran i nederbörden (bilaga 1 sid 84) synes på västkusten vara av storleksordningen 20-30 mekv per m<sup>2</sup>. Det är denna som kan lösa ut baskatjoner ur marken - till vattendragen. Med 400 l avrinning per m<sup>2</sup> och år skulle koncentrationen av dessa då kunna stiga med  $\frac{20-30}{400} = 0,05-0,08$  mekv per liter. Wiklander et.al. (1972) påpekar dock att utlakningen i sura jordar (pH 3-4) är lägre än den teoretiskt möjliga. Av det funna högre (Ca+Mg) värdet från 1972 i Rishagerödvattnet på 0,15 mekv per liter borde således allra högst hälften av detta vara resultat av syrautlakning. Jämför man som i tabell 6, en 1,57 ggr koncentrerad nederbörd med halten i sjön skulle utlakningen plus torrdeposition motsvara 0,13 mekv per liter.

Överkottssvavlets (här som SO<sub>4</sub>) och nettosyrans väg från nederbörden till sjöarna på västkusten skulle förenklat bli, om vi antar att nederbörden är 600 mm. (Plönninge och Bohus Malmön)

Fig. 1

The way of the "net sulfur and acid", from precipitation to lakes, very simplified.

Överskottssvavel (60-70 mekv per m<sup>2</sup>) överskottssyra (20-30 mekv per m<sup>2</sup>)





Alltså ett ökat tillskott till sjövattnen om 0,16-0,19 mekv/l (minus eventuell fastläggning) av sulfat och lika mycket tillsammans av väte-, kalcium-, magnesium-, natrium- och kaliumjoner. En ökning av sulfathalten av denna storleksordning stämmer ganska väl med den funna. Hur det förhåller sig på katjonsidan får ännu vara osagt. Här är fler joner involverade. Tydligast är dock att vätejonhalten har stigit.

I fig. 1 har inte kvävet roll i nederbördsförsurningen medräknats. En siffra omkring 20-30 % av den totala försurningen har nämnts som tänkbar (Rodhe H. muntl. 1972).

### Ökat siktdjup i sura sjöar

En något annorlunda bild än ovan beskrivna Rishagerödvattnet ger Stora Skarsjön O 67, (tabell 7). pH har sjunkit kraftigt och bikarbonatinnehållet är helt borta. Men någon ökning av baskatjonerna går inte att utläsa åtminstone inte sedan slutet av 50-talet, inte heller någon markant förändring i ledningsförmågan. Vattnets färg och permanganatförbrukning verkar vara lägre nu. Högbom (1921) har (i elektrolytrikt vatten) beskrivit avfärgningen som en utfällning av humusämnen i sur och sulfatrik miljö. I stora Skarsjön har även förändringar skett i planktonfloran (Hörnström, Ekström, Miller denna publ.) Siktdjupet i sjön har som en följd av dessa faktorer stigit (fig. 2) med åtskilliga meter.

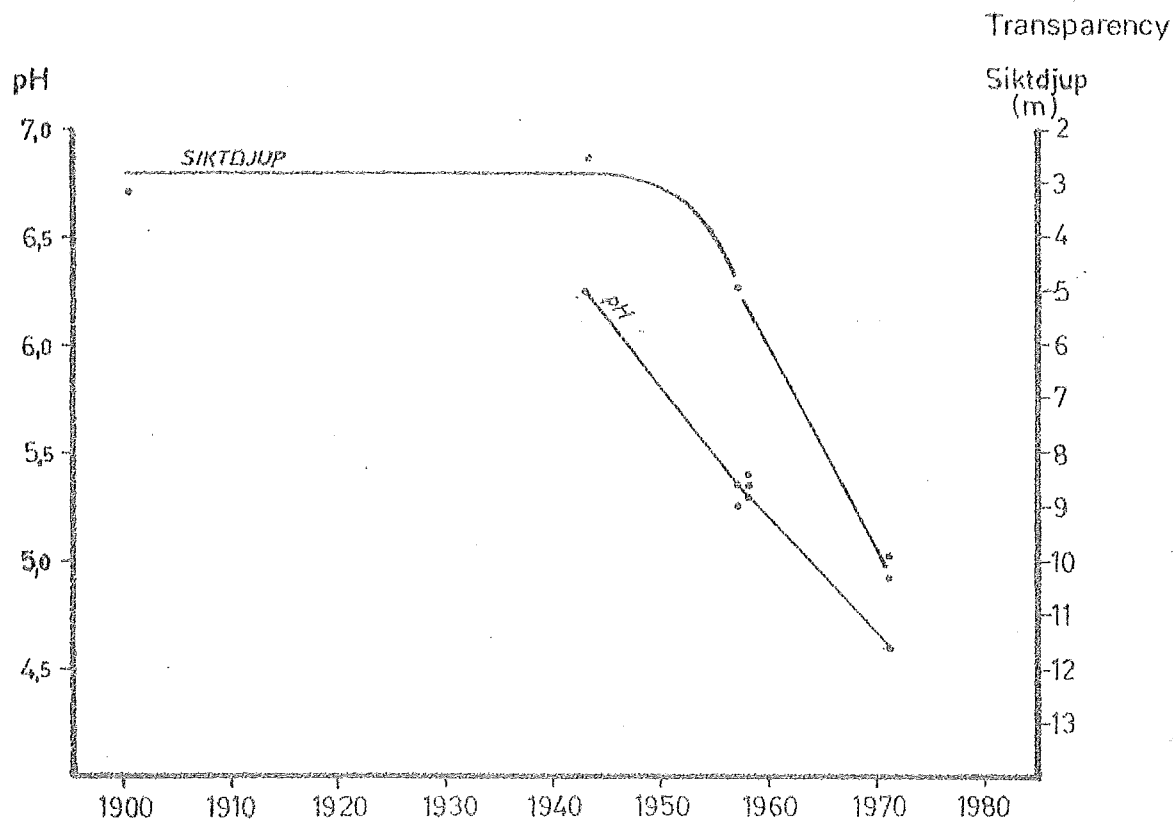


Fig. 2 pH- och siktdjupsförändringar i Stora Skarsjön (Ljungskile)

## DISKUSSION

Att fler faktorer än enbart nederbördsförsurningen kan bidra till en ökad försurning av det vatten som tillförs sjöarna är otvivelaktigt. Bland dessa andra orsaker kan anföras:

- oxidationsprocesser i en del marker vid grundvattensänkningar
- minskad användning av kalk i jordbruket och ökad användning av sura kvävegödselmedel
- ökat inslag av barrträd i våra skogar
- kalavverknings (ökad ytvattenavrinning),
- dikning av myrmarker

Försurningen av västkustsjöarna kan emellertid enligt förf:s uppfattning fullt väl förklaras som en effekt av luft- och nederbördsförsurningen.

Denna har troligen pågått sedan länge, men har närmare studerats först under de senaste decennierna. Mörten, som visat sig vara en mycket känslig fisk, (Almer 1972) med reproduktionssvårigheter redan vid pH strax under 5,5, har försvunnit från några sjöar redan på 1920- 30-talen. Även återinplantering misslyckades då. Det är troligt att dessa sjöar naturligt varit mycket känsliga, med pH vid 5,5-6,0. Nederbördsförsurningen har därför snart haft snabbt insättande verkan. Sjöarna har nu pH 4,0-4,5.

Försurningen har även nått upp till vår södra fjällkedja. På Fulu fjället i norra Dalarna har man sett sig tvungen att kalka en del sjöar för att få behålla värdefulla bestånd av ädelfisk (Andersson et.al. 1971).

Utvecklingen följes i området. Berggrunden är kalkfattig och sjöarna mycket elektrolytfattiga (ledningsförmåga 10-12  $\mu$ S). En icke kalkad sjö i området hade i mars 1972 pH 4,9-5,0, sulfathalten 0,08 mekv per liter och totalkvävehalten 0,3 mg per liter. Snöprofilen hade vid samma tillfälle pH 4,2, sulfat 0,18 mekv per liter och totalkväve 1,0 mg per liter (0,04 mekv  $\text{NO}_3\text{-N}$ , 0,02 mekv  $\text{NH}_4\text{-N}$  per liter). Efter snösmältningen sjönk pH i sjön till 4,5 och steg sulfathalten till 0,11 mekv per liter och kvävehalten till 0,60 mg per liter. Självklart måste fiskynglet ta skada av sådana pH-sänkningar. Under sommaren minskade sulfat- och kvävehalten, medan pH-värdet höll sig omkring 4,7-4,8. (SNV. Undersökningslaboratorium 1972).

#### Lokala föroreningskällor

Granat och Rodhe (1972) fann att en mycket ringa del, 1-6 % av svavelemissionen från Stenungsund föll inom de närmaste 15 kilometrarna under nederbördsperioder, senhösten 1971. Uträknat på emissionen även under torrperioder, blev siffran bara några få promille.

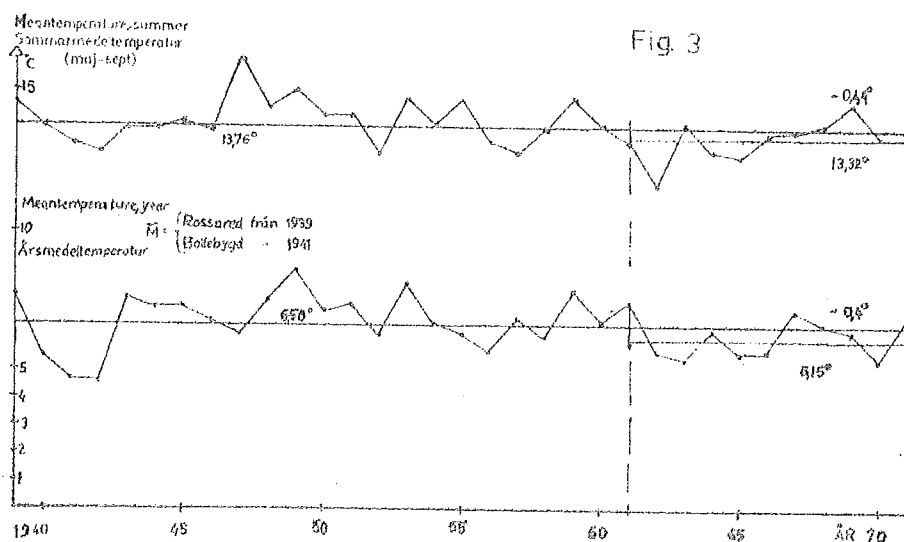
Flera extremt sura sjöar ligger emellertid just i Göteborgs-Stenungsundsområdet och med den kännedom som finns om luftföroreningsförhållandena i och kring tätorter och industriområden, där

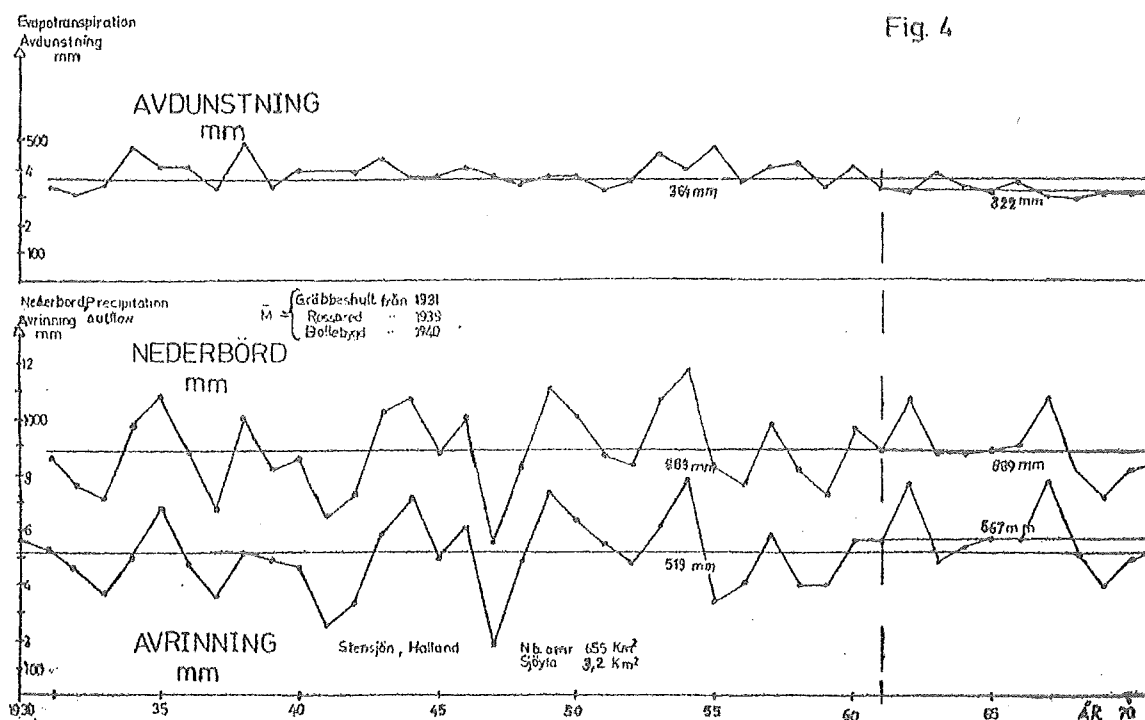
adsorption av svaveldioxid sker till stoff och sotpartiklar, måste man för längre perioder räkna med att det även sker en avsevärd lokal påverkan (Brosset, muntl. 1972). Detta har för Uppsala visats av Andersson (1969) och Högström, (under publ.) liksom i Canada vid gruvindustri av Beamish och Harvey (1972).

Ledningsförmågan (efter korrigerings för vätejonens ledningsförmåga) har i några sjöar i Stenungsunds-Göteborgsregionen stigit med i medeltal 25  $\mu\text{S}$  sedan perioden 1947-52, mot i medeltal 15  $\mu\text{S}$  i sjöar i Halland-Småland sedan 1935 (tabell 8).

### Hydrologiska förändringar

Den kraftiga försurningen av västkustvattnen, som iakttagits, har säkerligen också sin orsak i de ändrade klimat- och hydrologiska förhållanden, som kan konstateras för den senaste 10-årsperioden. Fig. 3-4 visar temperatur, nederbörd och avrinning för Stensjöns nederbördsområde, i närheten av Kungsbacka. Årsmedeltemperaturen har sjunkit med  $0,4^{\circ}$ . Medan nederbörds mängden i stort sett varit densamma som tidigare, har avrinningen ökat med 11 %. Nederbörds koncentrationen blir räknat för hela perioden 1930-1971, 1,70 gånger, men för den senaste 10-årsperioden 1,57 gånger. Sjövattnen liknar alltså nederbörden mer nu än tidigare - och har blivit mer känsliga för nederbördspåverkan. (Data från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI.)





## KALKNING

För att rädda värdefulla fiskbestånd kan kalkning tillgripas. Det fordras 1 - 4 gram CaO per m<sup>3</sup> sjövattnet för att få upp pH-värdet till omkring 6. Kalkningen måste upprepas med vissa intervaller, beroende på genomströmningen av vatten. Räknet på sjöns nederbördsområde åtgår i storleksordningen 0,5-1 ton CaO per kvadratkilometer och år för att motverka försurningen. Om kalkstensmjöl används fordras dubbla mängder.

## NÅGOT OM METALLER I VATTEN OCH SEDIMENT

I sur miljö underlättas betingelserna för mangan- och järnhydroxidkomplexen i sedimenten att reduceras, varvid deras förmåga att binda tungmetaller minskar (Stumm, Morgan 1970). Manganet löses vid sänkt pH tidigare än järnet.

För att utvärdera eventuella effekter av dessa fenomen togs i mars 1972 ett antal vattenprov och sedimentproppar på olika nivå från fyra sjöar med olika pH inom Uddevalla-området.

Sjöarnas omgivning framgår summariskt av tabell 10.

Tabell 10

Sjönamn	Omgivning	(Ur SGU:s Geologisk karta)
Kolbengtserödsjön O 52 (36 m ö h) 1972 pH 6,4	skog, åker	pegmatit grå gnejs morängrus, krosstensgrus sand <u>lera</u>
Grinnerödsjön O 51 (98 m ö h) pH 6,0	skog, åker	grå gnejs morängrus, krosstensgrus rullstensgrus sand
Mällsjön O 54 (112 m ö h) pH 4,9	skog, myr	grå gnejs gnejsgranit <u>torv</u> morängrus, krosstensgrus
Stora Skarsjön O 57 (123 m ö h) pH 4,5	skog	pegmatit grå gnejs morängrus, krosstensgrus

De med pH över 6 är belägna på lägre nivå över havet och har en del åker i omgivningen. Mällsjön har inslag av torv. Analysresultaten redovisas här utan längre utläggningar.

Järn- och manganinnehållet i sedimentet (tabell 11 sid 96, 97) är högre i de två med pH över 6, järnhalten på omkring 4-6 % i respektive sedimentskikt mot i de två sura 1-3 %. Manganhalten är avsevärt högre 0,2-0,8 % mot i de sura 0,03-0,1 %. Medeltalen av kvoten järn:mangan blir 14-25 i de över pH 6 mot 36-44 i de sura. För ytsedimentet är kvoten 7-17 mot 38-51 i de sura sjöarna.

Manganvärdet i vattenfasen är, som framgår av tabell 7b något högre i de sura sjöarna. Halten synes ha ökat sen äldre tider. I Stora Skarsjön O 57, var manganhalten i vattnet i slutet av 1950-talet cirka 0,05 mg per liter mot 0,2 - 0,4 mg per liter 1972. pH har under samma tid sjunkit från över 5 ner mot 4,5. Sjön används för övrigt som vattentäkt för Ljungskile, och vattnet har på senare tid bedömts som med tvekan tjänligt vad avser manganhalten.

Även zinkvärderna i vattenfasen är högre i de sura sjöarna än i pH-normala inom samma område, 0,03 mg mot 0,01 mg/l (Göteborg-Uddevalla) tabell 7b.

Övriga undersökta metaller i vatten och sediment visar med använd analysmetod inga större skillnader, de sura och neutrala sjöarna emellan. De sedimentprover, som i sjöarna tagits vid större sjödjup har högre värden, och de översta sedimentskiktet har i allmänhet högre värden än de från djupare lager.

Blyvärdena är anmärkningsvärt höga - i de djupare delarna av sjöarna omkring 150  $\mu\text{g}/\text{gram}$  sediment, vilket är i storleksordningen 3 gånger högre än vad man i allmänhet påträffar i "orörda" sjöar (Lithner 1972, Gorham et.al. 1965). Rühling och Tyler (1972) har även funnit förhöjda blyvärden i bladmossor i södra och sydvästra Sverige. De beräknar utifrån blyupptagning i vitmossa (Skåne) att depositionen per år där var 0,45 kg Pb per hektar, och halten i nederbörden således kanske 50  $\mu\text{g}$  per liter.

Det kan på goda grunder antas att halten av tungmetaller är högre i nederbörden än i sjöarna. Henriksen (1972) har visat att snö från södra Norge, således ett med detta ganska jämförbart område, innehöll avsevärda mängder av koppar, zink, bly och kadmium 30, 65, 14 och 3  $\mu\text{g}$  per liter respektive. Troligen har de högre zinkvärdena i de sura sjöarna i huvudsak sin förklaring just i att deras sammansättning är mer likartad nederbördens.

När snön smälter på vårvintern blir ofta kvar slöjor av sot på blankisen. Då sedan isen smälter driver sotslöjorna ihop längs vassar och i utflödet från sjöarna. Liknande luftburen ytfilm kan iakttagas även under andra årstider och har beskrivits av Hultberg och Stensson (1970).

I samband med SNV's vattenprovtagningar uppsamlades i april 1972 sådant oljigt slem, som drivit samman i de nedre delarna av Surtesjön 0 107 och Rishagerödsvattnet 0 79. Filmen innehöll bly, c:a 200  $\mu\text{g}$  per gram torrsubstans, zink, järn m.m. enligt tabell 12 i ungefär de mängder man finner i sedimenten.

Tabell 12

Metals in oilfilm on the surface of the water

Metaller i oljefilm på vattenytan 1972-04-12.

	Pb % av torr- vikt	Mn % av torr- vikt	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Cd	Pb	TS%	GR%
	µg/g av torrsvikt										
Surtesjön	2,4	0,03	110	280	30	<1	20	<0,3	230	0,31	26,1
Rishageröd- vatten, brunt slem	1,9	0,02	50	200	10	<1	30	<0,3	160	0,79	13,2
Rishageröd- vatten, svart slem	2,4	0,03	50	410	20	<1	50	1	210	1,08	16,0

## SAMMANFATTNING

Omkring 30 % av sjöarna på västkusten hade 1970-71 pH lägre än 5. Iakttagna förändringen de senaste decennierna har varit upp till 1,8 pH-enheter. Största förändringen har skett i skogssjöar. Sulfathalten har stigit åtminstone 0,15 mekv. per liter sedan äldre tider. Försurningen tillskrivs nederbörden.

Manganhalten och zinkhalten är förhöjd i sura sjöar. Sedimentprover från sjöar (inom olika pH områden) visade på avsevärt förhöjda blyvärden.

## LITTERATUR

- Almer, B. 1972. Försurningens inverkan på fiskbestånd i västkustsjöar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (12) 47 pp.
- Almestrand, A. 1957-61. Analysoprotokoll. Sydsvenska ingenjörbyrå AB, Malmö.
- Anderassen, G., Gustafson, K.-J., Lindström, P. <sup>1971</sup>. Rödningen i Rösjöarna på Fulu fjäll. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (8) 18 pp.
- Andersson, Y. 1969. Small - scale variations of the contamination of rain caused by washout from the low layers of the atmosphere Tellus 21.(5):688-692.
- Avergård, I. 1972. pH-Förhållanden i västsvenska sjöar 1970-71. Länsstyrelserna O, N, P, F, G län, Fiskeristyrelsen, Naturvårdsverket, 88 pp.
- Beamish, R.J., Harvey, H.H. 1972. Acidification of the la Cloche Mountain Lakes, Ontario, and Resulting Fish Mortalities. J. Fish. Res. Bd. Canada 29:1131-1143.
- Berner, R.A. 1971. Worldwide Sulfur Pollution of Rivers. J. Geophys. Res. 76.(27):6597-6600.
- Ekström, C. 1973. Försurningens inverkan på djurplankton i sjöar på västkusten. Denna publ.
- EIFAC:s arbetsgrupp 1969. Kriterium på vattenkvalitet för europeiska insjöfiskar. Om extrema pH-värden och sötvattenfisket. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (2). 29 pp.
- Eriksson J.V. 1929. Den kemiska denudationen i Sverige. Medd. Stat. Met.-Hydrogr. Anst. 5(3) 96 pp
- Eriksson, E. 1955. Air Borne Salts and the Chemical Composition of River Waters Tellus VII (2):243-250.
- 1960. The yearly circulation of chloride and sulfur in nature: Meteorological, geochemical and pedological implications. Part II. Tellus XII (1):63-109.
- 1969. Svaveldioxid och nederbördens försurning - fakta och spekulationer, IVL-konferensen 1968:86-96.
- Gorham, E., Swaine, D.J. 1965. The influence of oxidizing and reducing conditions upon the distribution of some elements in lake sediments. Limnol. Oceanog. 10.(2):268-279.
- Granat, L. 1972. Deposition of sulfate and acid with precipitation over northern Europe. Supporting studies to Swedens Case Study for the United Nations conference on the human environment. 30 pp.
- , Rodhe, H. 1972. A study of fallout by precipitation around an oil - fired power plant. Report AO-ZZ. Inst. Meteorology, Stockholm 42 pp.
- Henriksen, A. 1972. Quantitative Chemical analysis of Snow. Vatten (5):409-412.



- Hultberg, H., Stensson, J. 1970. Försurningens effekter på fiskfaunan i två bohuslänska småsjöar. Fauna och Flora 65. (1):11-20.
- Högbom, A.G. 1921. Om vitriolbildning i naturen såsom orsak till massdöd av fisk i våra insjöar. Svensk fiskeritidskrift 30. 41-51
- Hörnström, E. 1973. Försurningens inverkan på växtplankton i sjöar på västkusten. Denna publ.
- Internationella Meteorologiska Institutet. Meteorologiska Institutionen, Stockholm 1967-69. Kemiska analyser av nederbörd. Tabeller över månadsvärden.
- Jonsson, B., Sundberg, R. 1972. Has the acidification by atmospheric pollution caused a growth reduction in Swedish forests. Rapp. uppsats f. Instn. Skogsprod., Skogshögsk. 20, Supporting Studies to Sweden's Case Study. 46 pp.
- Karlgren, L. 1955. Vattenbeskaffenheten och växtplankton i Motala ström vid Norrköpings stads vattenverk, Fiskeby 1954-55. I Vattenbeskaffenheten. 65 pp.
- Lithner, G. 1972. Personligt meddelande.
- Lysén, G.A. 1960. Sjöarnas ålder och näringsstandard i södra Bohuslän. Lunds Univers. Årsskr. N.F. Avd. 2. 56.(9). 40 pp.
- Mayer, R. 1971. Bioelement - Transport im Niederschlagswasser und in der Bodenlösung eines Wald-Ökosystems. Göttinger boden Kundl. Berichte 19. 120 pp.
- Miller, U. 1972. Diatoméundersökning på material av bottenproppar, Stora Skarsjön (067) Ljungskåle. Denna publ.
- Munn, R.E., Rodhe, H. 1971. On the meteorological interpretation of the chemical composition of monthly precipitation samples. Report AC-10 Inst. Meteorology, Stockholm. 41 pp.
- Odén, S. 1968. Nederbördens och luftens försurning - dess orsaker, förlopp och verkan i olika miljöer. Ekologikommittén (1) 86pp.
- , Andersson, R. 1972. The longterm changes in the chemistry of soils in Scandinavia due to acid precipitation. Supporting Studies to Sweden's Case Study. 20 pp.
- Rodhe, H. 1972. A Study of the sulfur budget for the atmosphere over Northern Europe. Tellus XXIV (2):128-138.
- Rodhe, W. 1949. The ionic composition of lake waters. Verh. int. Ver. Limnol. X:377-386.
- Rühling, Å. och Tyler, G. 1972. Nedfallet av tunga metaller över Skandinavien. Lunds universitet, juni 1972. 37 pp.
- Statens naturvårdsverk, undersökningslaboratoriet, Drottningholm. Kemiska analysmetodbeskrivningar 1968-1972. Stenciler succesivt utgivna.
- 1972. Analyser från Särnamannasjöarna, Fulufjället. Stenciler.
- Stumm, W., Morgan, J.J. 1970. Aquatic Chemistry an Introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. 583 pp.
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut 1972. Protokoll över nederbörd vid Bollebyggd, Gräbbeshult och Rossared samt medelvattenföringen vid pegel 106-1235 Stensjön.

- Tamm, O.F.S. 1959. Studier över klimatets humiditet i Sverige.  
Kungl. Skogshögskolans skrifter (32) 48 pp.
- Thunmark, S. 1937. <sup>U</sup>Über die Regionale Limnologie von Südschweden.  
SGU Årsbok 31.(6) 160 pp.
- Troedsson, T. 1971. Marken bortglömd faktor i miljödebatten.  
Forskning och Framsteg (5):19-22.
- Werner, J. 1970. Self purification of polluted lakes in temperate  
regions - phosphorus binding mechanisms. IVL B 85 26 pp.
- White, E.J. och Turner, F. 1970. A Method of Estimating Income  
of Nutrients in Catch of Airborne Particles by a Woodland  
Canopy. J. Appl. Ecology 7.(3):441-461.
- Wiklander, L. 1970. Utlakning av näringsämnen. I. Halten i dräne-  
ringsvatten. Grundförbättring 23.(3-4):117-141.
- Wiklander, L., Andersson, A. 1972. The replacing efficiency of  
hydrogen ion in relation to base saturation and pH.  
Geoderma 7:159-165.
- Åberg, B., Rodhe, W. 1942. <sup>U</sup>Über die Milieufaktoren in einigen  
Südschwedischen Seen. Symb. Bot. Ups. V.(3) 256 pp.

Medverkande i denna sjöundersökning, i planläggning, provtagning, analys- eller sammanställningsarbete, har bland andra varit:

Kungliga fiskeristyrelsen

byråchef Ingemar Sörensen  
 professor Gunnar Svärdson  
 fiskerikonsulent Brodde Almer  
 fil. kand. Björn Andersson  
 herr Preben Christensen  
 fil. stud. Tomas Samuelsson  
 fiskerikonsulent Sven-Ola Öhlund

Lantbruksnämnden i Göteborgs och Bohus län

praktikant Bo Lidman  
 fiskerikonsulent Inge Lundh

Lantbruksnämnden i Älvsborgs län

fiskerikonsulent Sune Sander

Hushållningssällskapet i Älvsborgs län

fiskerilinstruktör Lars Andreasson

Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län

länsingenjör Per Olof Lindquist  
 byrådirektör Lars Thorell  
 fil. kand. Inger Avergård  
 " " Haud Lith  
 fil. stud. Roland Olin  
 1:e byråingenjör Christina Ramberg

Länsstyrelsen i Hallands län

byrådirektör Sigfrid Fleischer  
 1:e byråingenjör Jan Fritzon

Länsstyrelsen i Älvsborgs län

byrådirektör Hans Berglund  
 1:e byråingenjör Arne Johansson

Länsstyrelsen i Jönköpings län

byrådirektör Rolf Eriksson  
 1:e byråingenjör Åke Borgcrantz  
 " " Gunnar Gustafsson

Länsstyrelsen i Kronobergs län

byrådirektör Ulf Lettevall  
 1:e byråingenjör Elice Andersson

Sveriges geologiska undersökning

1:e statsgeolog Urve Miller  
 laboratorieassistent Elfried Gabriel  
 " Bengt Falkenström

Statens naturvårdsverk, undersökningslaboratoriet

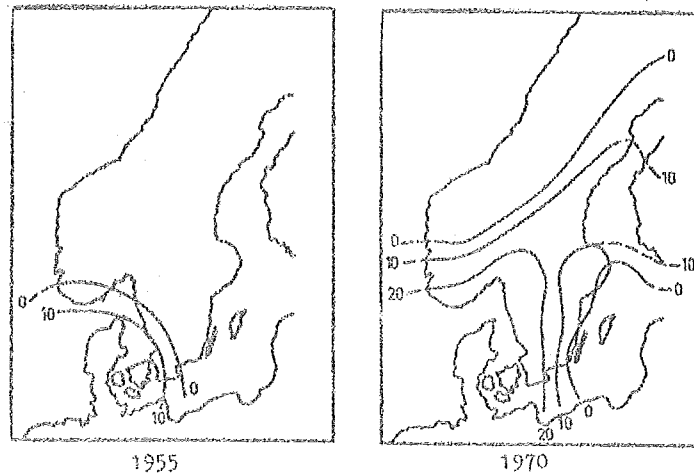
docent Eric Vasseur  
 laborator Lars Karlgren

laboratorieassistent Inger Brummer  
1:e byråinspektör William Dickson  
laboratorieassistent Jörgen Ek  
1:e byråinspektör Christina Ekström  
herr Sven Hagström  
1:e laboratorieassistent Kerstin Hagwall  
assistent Einar Hörnström  
" Claes-Göran Johansson  
laboratorieassistent Anne-Marie Karlsson  
" Elisabeth Lindell  
" Ulla Lehtönen  
ritare ULF Lövgren  
vatteninspektör Östen Lindgren  
assistent Bernt Rändell  
laboratorieassistent Inger Sandén  
" Jan Öhrn  
fil. kand. Linda Karlsson

## DEPOSITION OF NET ACID THROUGH PRECIPITATION

The two maps show the areal distribution of the increase in deposition of net acid

The values are in principle obtained from linear regression lines fitted to the data of each station and applies to 1955 and 1970. Values are in  $\text{mmol/m}^2$ , year.



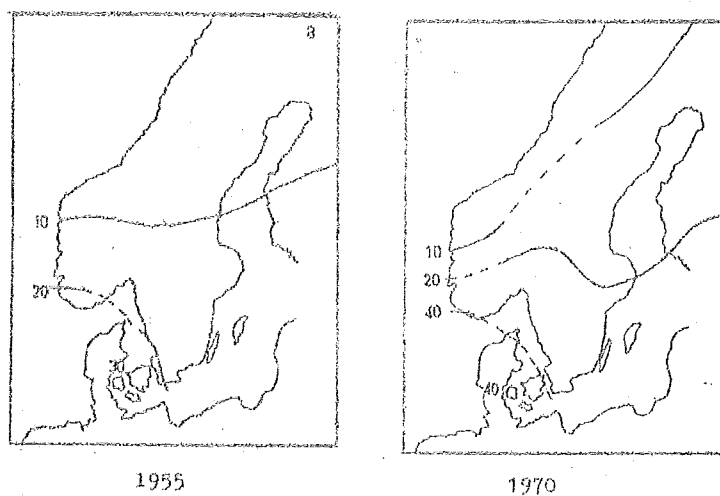
Smoothed values

## DEPOSITION OF EXCESS SULFUR THROUGH PRECIPITATION.

The two maps show the areal distribution of the increase in deposition of excess sulfur

The values are in principle obtained from linear regression lines fitted to the data of each station and applies to 1955 and 1970.

Values are in  $\text{mmol/m}^2$ , year. 1  $\text{mmol Sulfur} = 2$  mekv. Sulfur



Smoothed values

Ur Lennart Granat: "Deposition of Sulfate and Acid with Precipitation over Northern Europe." Supporting studies to Sweden's case study for the United Nations conference on the human environment, Stockholm 1972.

Tabell 3b Medelvärden av 49 sjöar i O, N och P län, november-december 1970

pH- intervall	antal sjöar	pH- fält	H	Na	K	Ca+Mg m.ekv/l	Alk	Cl	SO <sub>4</sub>	Σ+	Σ-
4,9	12	4,3	0,05	0,33	0,02	0,28	0	0,44	0,20	0,68	0,65
5,0-5,9	13	5,5		0,33	0,03	0,37	0,05	0,42	0,24	0,73	0,71
6,0-6,9	20	6,4		0,39	0,04	0,58	0,23	0,43	0,36	1,01	1,02
7,0	4	7,1		0,38	0,05	1,19	0,64	0,51	0,54	1,62	1,69

Tabell 3c Medelvärden av 57 sjöar i O,N,P,F och G län, april-juni 1971

pH- intervall	antal sjöar	pH- fält	H	Na	K	Ca+Mg m.ekv/l	Alk	Cl	SO <sub>4</sub>	Σ+	Σ-
4,9	18	4,4	0,04	0,26	0,02	0,23	0	0,25	0,24	0,55	0,49
5,0-5,9	27	5,6		0,26	0,02	0,28	0,02	0,29	0,27	0,56	0,58
6,0-6,9	10	6,3		0,34	0,03	0,37	0,06	0,34	0,34	0,74	0,74
7,0	2	7,3		0,37	0,04	0,44	0,13	0,39	0,31	0,85	0,83

Tabell 7a

Sjö	Datum	pH	pH-förändring	Siktdjup	Siktdjups- förändring	Sjöfärg	Referenser
Högsjön	20.8.1951	-		3,0		brun	(12)
"	23-25.8.1965	-		6,9		-	(13)
"	28.7.1970	4,9		9,0		-	(14)
"	4-5.8.1971	4,65		11,5	+ 8,5	blågrön	se tab. 5
Bossejön	24.7.1935	6,8		2,7		gul	(12)
"	4-5.8.1971	5,0	- 1,8	8,6	+ 5,9	grön gul	se tab. 5
St. Hårsjön	8.8.1935	6,7		5,0		-	(15)
"	26-27.7.1971	4,9	- 1,8	10,5	+ 5,5	blågrön	se tab. 5
Stora Skarsjön	26.7.1900	-		3,15		något brunaktig	(16)
"	25.9.1943	6,25		2,5		ljusgul	(17)
"	2.8.1957	5,25		-		gul	(18)
"	21.8.1957	5,35		4,95		grön gul	(18)
"	11.6.1958	5,3		-		-	(18)
"	14.7.1958	5,4		-		-	(18)
"	18.8.1958	5,35		-		-	(18)
"	20-21.7.1971	4,6		9,9		grönblå	se tab. 5
"	25.9.1971	4,6	- 1,65	10,3	+ 7,15	grönblå	se tab. 5
Stockesjön	4.7.1933	6,3		5,0		grön gul	(12)
"	27-28.7.1971	4,9	- 1,4	15,0	+ 10,0	blågrön	se tab. 5
Ålevatten	27.8.1935	-		4,4		gulgrön	(47)
"	6.9.1948	6,5		6,0		gulaktig	(17)
"	15-16.7.1971	5,1	- 1,4	10,5	+ 6,1	blågrön	se tab. 5
Stora Holmevatten	5.9.1948	6,0		7,0		gulgrön	(17)
"	14-15.7.1971	4,65		13,0		blågrön	se tab. 5
"	30.8.1971	4,65	- 1,35	11,0	+ 4,0	blågrön	tid. ej redov.
Rishagerödvatten	20.9.1945	6,5		3,0		gulbrun	(17)
"	16-17.7.1971	5,15	- 1,35	7,0	+ 4,0	grönblå	se tab. 5
Trästicketn	4.8.1949	6,5		4,5		-	(15)
"	19-20.8.1971	5,35	- 1,15	7,9	+ 3,4	grön gul	se tab. 5
Skottesjön	7.8.1936	6,5		3,6		-	(15)
"	24-25.8.1971	5,4	- 1,1	6,0	+ 2,4	gulgrön	se tab. 5

Tabell 7a (forts).

Sjö	Datum	pH	pH-förändring	Siktdjup	Siktdjups-förändring	Sjöfärg	Referenser
St. Neden	somrarna 1957-60	6,3-6,6	-	-	-	-	(19)
"	3-4.8.1971	5,35	omk - 1,0	13,3		blågrön	se tab. 5
Nordvamsjön	29.9.1949	6,0		6,0		svagt gul	(17)
"	25-26.8.1971	5,1	- 0,9	9,0	+ 3,0	ljusgrön	se tab. 5
Häljerödssjön	24.7.1900	-		3,2		gulaktig	(16)
"	22.9.1943	7,0		3,0		svagt gul	(17)
"	16-17.8.1971	6,45	- 0,55	3,5	+ 0,3	gulbrun	se tab. 5
Tvetvattnet	27.9.1949	7,0		5,0		gulaktig	(17)
"	26-27.8.1971	6,7	- 0,3	4,1	- 0,9	brungul	se tab. 5
Mällsjön	27.7.1943	-		2,0		gulbrun	(17)
"	18-19.8.1971	4,9		2,2	+ 0,2	brun	se tab. 5
Färingsen	10.6.1949	6,75		5,0		svagt gul	(17)
"	26-27.8.1971	6,85	+ 0,1	5,9	+ 0,9	gröngul	se tab. 5
Lilla Hälsjön	23.8.1933	6,6		5,6		gulaktig	(12)
"	27-28.7.1971	6,8	+ 0,2	7,0	+ 1,4	ljusgrön	se tab. 5

Tabell 7a forts.

Änn. De äldre pH-värdena colorimetriskt bestämda och oftast i fält.



Tabell 76

Sjönamn o nr Referens	Dat	Djup	pH	H + Na	K	Ca	Mg	Alk	SO <sub>4</sub>	Cl	Lednv form.	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Fräs	Perm	Temp	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Tot-N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	Tot-P
Färingsen C7 SNV	2.5. -71		6,2	0,34	0,03	0,34	0,34	0,07	0,23	0,41	81						30									
Grind 057 Lysén, S.A.	1947-52 medelv.		7,1			0,32	0,27	0,27	0,43								29	37								
Grinnerödsjön 051 Lysén	1947-52 vtan		5,9- 6,70			0,21	0,07	0,07	0,39	50,9x)							23	55								
Almssvåna 051 Lysén	vatten 1951-1959 4 provtag.		6,70			0,11- 0,71	0,15	0,15	0,14- 0,31	22- 63x)	0,10- 0,58	0,05 0,06					7- 45	13- 40								
Lantbruksskolan 051 SNV	8.7 7.2 vstan		6,1	0,36	0,02	0,36	0,04	0,25	0,35	86	0,06	0,05					20	16	0,4	14,90	103	0,41	< 5	60	2	6
Grinnerödsjön 051 Lysén	7.5 8.5 (botten)		5,0	0,36	0,02	0,36	0,04	0,04	0,34	82	0,05	0,04					20	15	1,0	14,90	104	0,40	< 5	45	3	6
Grinnerödsjön 051 Lysén	12.4. utvl. 1972		6,0	0,35	0,02	0,34	0,04	0,04	0,31	82	0,06	0,04					20	14	1,3	13,75	98	0,40	< 5	55	2	5
Grinnerödsjön 051 Lysén	12.4. utvl. 1972		6,0	0,36	0,02	0,34	0,04	0,04	0,31	75	0,14	0,07	< 0,005	0,009	< 0,010		26	36								
Grinnerödsjön 051 Lysén	1947- 52 medelv.		7,0			0,23	0,20	0,20	0,34																	

Sjönamn o nr Referens	Dat	Djup	pH	H + Na	K	Ca	Mg	Alk	SO <sub>4</sub>	Cl	Lednv form.	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Fräs	Perm	Temp	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Tot-N	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	Tot-P
Grinnerödsjön 051 Lysén	28.7 -70		4,9			0,35	0	0,21	-	53							5	32	16,2	8,92	93					
Grinnerödsjön 051 Lysén	5 10 14		4,4 4,8 4,9	0,21	0,01	0,35	0	0,21	-	54	0,13	0,54	0,008				5	38	16,3	8,97	94					
Grinnerödsjön 051 Lysén	15 -71		4,6	0,19	0,02	0,25	0	0,23	-	32	0,37	0,57	0,005				40	42	12,0	5,74	55					
Grinnerödsjön 051 Lysén	15 -71		4,6	0,20	0,02	0,18	0	0,19	0,19	50	0,06	0,42	< 0,004				5	6	21,0	8,51	96	0,43		320	2	5
Grinnerödsjön 051 Lysén	5 6		4,6	0,17	0,02	0,16	0	0,19	0,19	50	0,06	0,42	< 0,004				0	5	21,0	9,00	103	0,38		165	2	6
Grinnerödsjön 051 Lysén	15 -71		4,6	0,20	0,02	0,18	0	0,19	0,19	58							0	6				0,75		215	3	7
Grinnerödsjön 051 Lysén	15 -71		4,6	0,20	0,02	0,18	0	0,19	0,19	55	0,32	0,41	< 0,004				50	13	8,2	3,60	52	0,49		330	4	8
Grinnerödsjön 051 Lysén	31.1 -57		6,65			0,53	0,20	0,26	0,40		0,40	< 0,05					35	25		12,54						
Grinnerödsjön 051 Lysén	57 vstan		6,3	0,41	0,02	0,58	0,13	0,42	0,45	109	0,13	0,06					35	26	0,2	13,90	95	0,80	< 5	240	3	8
Grinnerödsjön 051 Lysén	6 6		6,4	0,40	0,02	0,56	0,15	0,42	0,42	106	0,13	0,06					40	26	1,4	11,17	78	0,69	< 5	190	3	6
Grinnerödsjön 051 Lysén	6 (botten)		6,4	0,41	0,02	0,58	0,15	0,42	0,42	108	0,13	0,06					40	25	1,8	13,75	98	0,74	< 5	225	2	7
Grinnerödsjön 051 Lysén	12.4 -72		6,4	0,37	0,02	0,52	0,15	0,36	0,37	93	0,23	0,12	< 0,005	0,009	< 0,010		40	25								
Grinnerödsjön 051 Lysén	Medelvärde 1972								0,41																	

Tabell 76





Tabell 8

Sjönamn	Datum	Provtagare	pH	$\kappa_{18}^{\circ}$	$\kappa_{20}^{\circ}$	$\Delta$ pH	$\Delta \kappa_{20}^{\circ}$ 1970/72 minus äldre värde och $\kappa$ pH
Fegen (N21-22)	29.6.1935	m	6,7	41,6	→ 44		
	23.7.1970	SNV	5,7-5,8		53-56		
	9.11.1970	O	5,0-5,4		47-51		
	4.5.1971	O	5,2-5,5		59-65		
				<u>5,4</u>		<u>55</u>	1,3
Fjällan (F19) (Lissan)	1.7.1935	T	6,7	41,6	→ 44		
	5.5.1971	F	5,4		63		19 - 1,3 = 17,7
						1,3	
Linnerödssjön (O81)	1947-1952	L	<u>6,6</u> 7,1	60,9	→ 64		
	vinter 1959	A	5,9-6,7	22-63	54 <sup>59</sup>		
				51			
	15.11.1970	O	6,0		72		
	6.5.1971	O	5,6		78		
	8.3.1972	SNV	6,1		86		
12.4.1972	SNV	6,0		76			
			<u>6,0</u>		<u>78</u>	0,6	19
Nytterydssjön (P81)	27.7.1935	T	7,2	92,4	→ <u>97</u>		
	11.11.1970	O	6,3		133		
	4.5.1971	O	6,9		111		
				<u>6,6</u>		<u>122</u>	0,6
Lansjön (F16)	29.6.1935	T	6,6	47,0	→ <u>49</u>		
	5.5.1971	F	5,7		73	0,9	24 - 0,7 = 23,3
Lansjön (F16)	3.8.1935	T	6,8	38,7	→ <u>41</u>		
	21.7.1971	SNV	6,1-6,2		55-56	0,6	15

Sjönamn	Datum	Provtagare	pH	$\kappa_{18}^{\circ}$	$\kappa_{20}^{\circ}$	$\Delta$ pH	$\Delta \kappa_{20}^{\circ}$ 1970/72 minus äldre värde och $\kappa$ pH
			6,7-7,5	(83,0-136)			
Kollungerödvatten (064)	1947-1952	L	<u>7,0</u>	102	→107		
	13.11.1970	O	6,5		150		
	5.5.1971	O	6,6		131		
			<u>6,6</u>		<u>141</u>	0,4	34
Lagmanshagasjön (Nissan)	3.8.1935	T	7,0	44,4	→47		
	21.7.1971	SNV	6,5-6,7		64	0,4	14
Marjebosjön (P79)	27.7.1935	T	6,6	38,2	→40		
	11.11.1970	O	4,6		58		
	7.5.1971	O	5,0		54		
			<u>4,8</u>		<u>56</u>	1,8	16 - 5,2 = 10,8
Rishagerödvatten (079)	1947-1952	L	5,3-6,9	45,6-63,6			
			<u>5,8</u>	52,4	→55		
	15.11.1970	O	4,5		83		
	6.5.1971	O	4,7		87		
	16-17.7.1971	Fi	5,2		90		
	12.4.1972	SNV	4,9		80		
			<u>4,8</u>		<u>85</u>	1,0	30 - 5,2 = 24,8
Simlängen N 81	2.7.1935	T	6,3	39,2	→41		
	13.11.1970	O	5,0		51		
	25.4.1971	O	5,3		47		
					<u>49</u>	1,1	8 - 1,6 = 6,4
St Skarsjön (067)	1958-1959	A	5,1-5,2	56-93	75	→	<u>79</u>
	17.11.1970	O	4,4		76		
	6.5.1971	O	4,1		83		
	21.7.1971	Fi	4,6		78		
	8.3.1972	SNV	4,5		92		
	12.4.1972	SNV	4,6		76		
			<u>4,4</u>		<u>81</u>	0,8	2 - 10,0 = - 8

Sjönamn	Datum	Provtagare	pH	$\kappa$ 18°	$\kappa$ 20°	$\Delta$ pH	$\Delta$ $\kappa$ 20° 1970/72 minus äldre värde och $\kappa$ pH
Stengårdshultasjön (Nissan)	3.8.1935	T	6,8	34,1	→ 36		
	21.7.1971	SNV	4,5-5,4		45-55		
			<u>5,0</u>		50	1,8	14 - 3,3 = 10,7
Stora Färgen (F 4 Nissan)	29.6.1935	T	6,6	41,0	→ 43		
	5.5.1971	F	5,6		63		
	20.7.1971	SNV	5,8		58		
			<u>5,7</u>		<u>60</u>	0,9	17 - 0,7 = 16,3
Stora Hällungen (O 72)	1947-1952	L	6,5-7,3 <u>6,8</u>	67,9-79,0 72,5	→ 76		
	17.11.1970	O	6,5		94		
	5.5.1971	O	6,5		96		
					<u>95</u>	0,3	19
Stora Neten (N 8)	1957-1961	A	<u>6,3</u> 5,9-6,6	35-80			
	10.11.1970	O	5,7	54	→ 57		
	4.5.1971	O	4,6		74		
	3-4.8.1971		5,4 <u>5,2</u>		57	1,1	6 - 2,0 = 4,0
					<u>63</u>		
Utby Lång (O78)	1947-1952	L	7,0	77,2	→ 81		
	15.11.1970	O	6,8		97		
	6.5.1971	O	6,8		107		
	14.7.1971	Fi	7,5 <u>7,0</u>		120		
					<u>108</u>	0	27
Örsjön (F 15)	29.6.1935	T	6,4	40,1	→ 42		
	5.5.1971	F	5,5		64	0,9	22 - 1,0 = 21,0

	$\Delta$ pH	$\Delta$ N <sub>20</sub>	$\Delta$ N <sub>20</sub> pH	Antal sjöar	
1970-72 minus 1935	- 1,05	+ 16,8	+15,4	11	sjöar i Halland-Småland
1970-72 minus 1947-52	- 0,46	+ 25,8	+24,8	5	sjöar i södra Bohuslän
Hela materialet	- 0,9 0 till -1,8	+ 17,9	+15,9	18	totalt (+ 2 sjöar analyserade 1957-1959).

Förkortningar under rubriken Provtagare:

A: Almestrand

F: Länsstyrelsen i F-län

Fi: Fiskeristyrelsen

L: Lysén

O: Länsstyrelsen i Göteborgs- och Bohus-län

SNV: Statens naturvårdsverk

T: Thunmark

Tabell 9

Jordsammansättning och ledningsförmåga, medeltal för perioden 1947-52 och 12.4.72, delvis funna värden delvis hypotetiska.

Risbagerösvatten

	Ersén 1947-1952		Statens naturvårdsverk 12.4.72		Ändring i ledn. 1972 minus 1947-52	Ekvivalentledningsförmåga	20°	18°
	mekv/l	ledn µS 18°	mekv/l	ledn µS 18°				
pH 5,3 - 6,9 (pH medel 5,6)								
H	0,002	0,6	H 0,013	4,1	M +0,011	+3,5	H	325
Na ①	0,34	14,9	Na 0,36	15,7	Na +0,02	+ 0,9	Na	45,5
K ②	0,02	1,3	K 0,02	1,3	K	0	K	67,6
Ca+Mg ③	0,17	8,3	Ca+Mg 0,52	22,4	Ca+Mg +0,15	+ 7,9	1/2Ca <sup>2+</sup> 1/2Mg <sup>2+</sup>	53,4
SO <sub>4</sub> ④	0,09	6,1	SO <sub>4</sub> 0,33	22,4	SO <sub>4</sub> +0,24	+16,3	1/2Ca <sup>2+</sup> 1/2Mg <sup>2+</sup>	47,7
Cl ⑤	0,41	26,9	Cl 0,56	23,6	Cl -0,05	-3,3	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	40,1
Alk ⑥	0,03	1,1	Alk 0	0	alk -0,03	-1,1	Cl <sup>-</sup>	68,5
ledn. förm. beräkn. ⑦		59,5		63,1	ändr. teor.	+23,8	1/2SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	71,1
ledn. resp. konc.				76	"	verkl.	(Ca+Mg)	50
ledningsförmåga, funnen		52,4						

- ① Beräknat ur förhållandet i havsvatten Cl/Na=1,2 (troiligen sällt för näringsfattiga insjö-vatten på västkusten)
- ② Antaget värde
- ③ Ur dH = 9,556 mekv (Ca+Mg)/l
- ④ Beräknat som skillnad mellan K<sup>+</sup> och E<sup>-</sup> joner
- ⑤ Funnet värde mg/l omräknat till mekv. per l
- ⑥ Beräknat ur funnet värde ml-l-H HCl per l prov minus 0-prov (0,06 mekv/l, Åberg, Rodhe 1942 s 91)
- ⑦ Ekvivalentledningsförmåga ur tabeller, här beräknat vid 18°C.



Sedimentpropparna tagna mars 1972,  
analys på glödningsrest ej utförd.

Grinnerödssjön 081

Djup m	Sed.skiikt cm	TSS%	% av torrsv.		µg/g torrsvikt						
			Fe %	Mn %	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Cd	Pb
2,5	0-1,5	20,3	1,9	0,32	11	990?	19	19	15	4	59
	1,5-3,5	29,8	1,3	0,07	8	140	14	12	11	2	32
	3,5-5,5	74,7	3,7	0,53	22	100	27	24	31	1	19
	5,5-7,5	54,3	3,8	0,06	22	80	28	29	33	3	24
8,0	0-1,5	10,7	8,8	2,0	27	460	29	39	28	6	160
	1,5-3,5	16,4	6,0	0,38	29	440	33	34	28	4	150
12,5	0-1,5	9,3	6,6	0,14	27	350	25	24	31	5	170
	1,5-3,5	15,4	4,6	0,10	30	340	26	24	29	4	150

Kolbengtserödssjön 068

3,5	0-1,5	19,8	2,5	0,25	12	150	16	14	16	1	42
	1,5-3,5	18,4	2,5	0,17	14	130	17	20	22	1	47
6,5	0-1,5	11,4	4,6	0,30	19	280	29	26	34	4	66
	1,5-3,5	14,9	4,7	0,19	20	270	24	23	27	2	64
8	0-1,5	9,8	4,3	0,16	20	280	25	23	29	4	73
	1,5-3	14,8	4,2	0,14	21	270	25	24	29	2	72
	3-5	21,1	6,2	0,19	31	320	33	40	48	5	96
10	0-1	9,6	3,6	0,16	22	270	24	19	26	3	73
	1-3	13,1	3,7	0,14	20	270	26	21	27	3	75

## forts tab 11

## St Skarsjön 067

Djup m	Sed. skikt cm	TS %	% av torrsv.		µg/g torrsvikt						
			Fe %	Mn %	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Cd	Pb
1,5	0-1,5	11,6	1,9	0,02	60	76	23	15	34	2	41
	1,5-3	7,2	0,65	0,01	6	19	10	7	5	< 1	5
	3-5	10,8	0,90	0,10	12	42	15	10	8	2	10
2	0-1	7,8	1,7	0,02	25	95	23	20	22	4	110
	1-3	15,2	1,5	0,02	18	270	18	19	20	2	90
6	0-1,5	6,2	4,0	0,13	29	170	22	39	34	5	130
	1,5-3,5	8,2	5,6	0,16	25	130	15	39	26	3	120
10	0-1,5	5,3	3,3	0,03	25	210	27	44	26	5	160
	1,5-3,5	6,9	3,1	0,04	24	180	24	47	25	5	130

## Mällsjön 054

2	0-1	6,9	1,1	0,02	22	250	18	16	15	5	110
2,5	0-1	5,4	0,97	0,03	19	990?	18	13	11	4	74
4	0-1	5,3	1,4	0,03	21	270	19	17	15	4	125
	1-2,5	5,7	1,4	0,03	21	260	20	15	19	5	170
	2,5-4	6,9	1,4	0,03	21	180	17	15	14	2	100
	4-7	8,8	0,77	0,02	14	61	14	11	14	1	38
4	0-2	5,6	1,1	0,03	21	110	22	17	18	< 1	85
	2-4	6,5	1,6	0,03	22	240	18	12	20	5	120

Vatten stående över sedimentproppar från

Kolbengtserödssjön mg/l

m	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Co	Cr	Cd	Pb
3,5	2	6	<0,005	0,009	<0,008	<0,007	<0,008	<0,005	0,018
10	18	4	0,005	0,028	<0,008	<0,007	<0,008	<0,005	0,027
Skarsjön									
6	6	0,4	0,005	0,014	<0,008	0,007	<0,008	<0,005	0,036
10	4	1	0,025	0,090	<0,008	0,014	<0,008	<0,005	0,018