

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 323.

ÅRSBOK 17 (1923) N:o 4.

# SJÖN LEKVATTNET I VÄRMLAND

EN LIMNOLOGISK ORIENTERING

AV

G. LUNDQVIST OCH H. THOMASSON,



MED EN TAVLA

*Pris 1 kr.*

STOCKHOLM 1924

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

240848

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 323.

ÅRSBOK 17 (1923) N:o 4.

# SJÖN LEKVATTNET I VÄRMLAND

EN LIMNOLOGISK ORIENTERING

AV

G. LUNDQVIST OCH H. THOMASSON



MED EN TAVLA

STOCKHOLM 1924

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

240848



## INNEHÅLL.

	Sid.
Allmän översikt . . . . .	4
Vattenbeskaffenhet . . . . .	5
Ytgyttjornas mikrobiologi och kemi . . . . .	9
Fossila sediment . . . . .	21
Ljusfenomenet . . . . .	35
Zusammenfassung . . . . .	37
Litteratur . . . . .	39

På uppdrag av chefen för Sveriges geologiska undersökning uppgjorde vi föregående vinter en djupkarta över sjön Lekvattnet i Värmland. Anledningen till uppdraget var att Fil. lic. N. H. Magnusson i en berättelse över ett ofta förekommande ljusfenomen i den ifrågavarande sjön förordat en dylik undersökning.

Med djuplodningen skulle kombineras insamling av en del bottenprov. Denna undersökning utvidgade vi emellertid så mycket som tiden medgav för att erhålla en någorlunda allsidig limnologisk orientering över sjön. Då denna givit helt nya såväl metoder som resultat av principiell betydelse för den limnologiska forskningen förtjänar den att offentliggöras. Delvis avse vi härmed även ett program för kommande limnologiska utredningar.

Enär fältarbetena utförts under vintern blir givetvis bilden i vissa avseenden ofullständig, då sommarförhållandena ej kunnat beaktas. Då vi ej ha utsikter att kunna utvidga arbetet till att omfatta även dessa, få vi nöja oss med att publicera resultaten i det skick de föreligga. Samtidigt vilja vi emellertid understryka, att denna undersökning till de flesta delar utfördes efter helt nya principer och med tillhjälp av för limnologien nya metoder, som vi då höllo på att utarbeta. Sedan dess ha vi emellertid utvecklat och skärpt dessa i betydlig grad. — Som underlag för djupkartan ha vi använt Ekonomiska kartverkets konceptblad i skalan 1:20,000, förstörad till 1:10,000. Konturerna ha dock måst korrigeras i fält. Vid djuplodningen använde vi Naumanns dubbellod och antecknade provet i stora koppen. Då emellertid detta lod ger en ofullständig bild av sedimentstratigrafien, hade vi tänkt att använda en mera rationell bottenteknik, nämligen djup-



bestämning med dubbellod och sedimentbestämning med rörlod, å varje observationspunkt. På grund av bristande tid kunde vi tyvärr endast ofullständigt genomföra denna metod.

För insamling av ytgyttjeproven har Naumanns rörlod förbättrade modellen med 30 cm:s glaströr använts. Det okonsoliderade ytlagret, som oftast är av ungefär samma mäktighet å olika punkter, har avhållts och tillsatts med formalin. Vi vilja uttryckligen framhålla, att denna metod är den enda användbara, då det gäller att studera bottenformernas (av mikrotyp) ekologi. Undersökningar grundade å andra arbetsmetoder äro av föga värde.

De synnerligen viktiga proven till kemisk analys av ytgyttjorna ha tagits med rörlod modell E (Lundqvist 1923), vilka sedan kloroformfixerats. De fossila proven till såväl kemisk som mikrobiologisk analys ha huvudsakligen tagits med Hillers torvborr, på djupen har rörlod modell D (Lundqvist 1923) använts. Plankton har insamlats med håvar av Müllergas n:o 4, 10 och 20.

Vattenproven togos med Naumanns (1919) hämtare, varvid vi iakttago den försiktighetsåtgärden att använda kolsyrefyllda flaskor, som sedan omedelbart paraffinerades.

Av stor vikt för det bekanta ljusfenomenets förklaring ansågs gasprov vara. Försök att i en c:a 5 l. stor gasklocka insamla eventuell gas gav dock fullständigt negativt resultat.

Arbetsfördelningen oss emellan har i stort varit att Thomasson behandlat vattnet och det recenta materialet och Lundqvist det fossila, dock med den modifikation att diatomacébestämningarna huvudsakligen utförts av den förre och pollenundersökningarna av den senare. Vattenanalyserna ha utförts av Fil. Dr. A. Bygdén och sedimentanalyserna av Fil. kand. Alice Assarsson.

### Allmän översikt.

Sjön Lekvattnet (eller Lekvattensjön) ligger i en dalgång i socknen Lekvattnet i norra Värmland. Längden är c:a 3 km och bredden c:a 400 m samt arealen c:a 90 har.

Huvudtilloppet utgöres av Rottnaälven, som även utgör avlopp. Tillrinningen sker dessutom genom en del småbäckar från de branta dalsidorna.

Stränderna utgöras dels av rullstensgrus och mjåla, dels av morän samt å ett par obetydliga sträckor i norra delen av fast berg (en ljusröd järnnejs, på något avstånd därifrån förekommer även hyperit).

Djupförhållandena i sjön framgå tydligast av kartan (tavl. 1). Djupen äro räknade under lågvattenytan. Enligt uppgift lär dock vårhögvattnet under kort tid kunna nå nära 2 m högre. Bottentopografien bestämmes dels av den långsmala dalgång, i vilken Lekvattnet ligger, och dels av den rullstensås, som



genomlöper hela området. Denna uppdelar nämligen det i och för sig tämligen enkla och regelbundna bäckenet i sju olika djupbassänger eller snarare åtta, då den bredvid liggande Stortjärn bör medräknas. Rullstensåsen, som är hög och smal, alltså topografiskt väl markerad, börjar å sjöns sydvästra strand, som den sedan följer utmed en tredjedel av sjön. Å östra sidan uppgår djupet till 23.5 m och å västra till c:a 20 m (Stortjärn); mitt för denna är dock djupet å östra sidan endast c:a 9 m. Från ovan åsyftade punkt fortlöper åsen i sjön c:a  $\frac{1}{3}$  av sin sträckning inom området. Inom södra delen härav når den å flera ställen över vattenytan. Å ömse sidor om åsen å denna sträcka ha vi intill 21 å 24 m. Strax N om den nordligaste lilla ön antyder bottenprofilen, att åsen delar sig. Den östra grenen försvinner snart medan den västra hög och skarp följer dalbotten. Den når upp till högst en halv meter under vattenytan men ligger vanligen på 2—4 m. Djupet är i denna del av sjön å ömse sidor åsen 20 till över 30 m. S om Käcktorp följer åsen en kort sträcka östra landet men sneddar snart två gånger över sjön. Djupet är inom södra delen av denna sträcka å västra sidan högst 25 m men längre mot N endast 10—12 m. Där åsen första gången å åsyftade sträckor sneddar över sjön är djupet 2—3 m, å den andra sträckan endast c:a 0.5 m.

Den högre vegetationen, speciellt övervattensamhällena, i sjön är tämligen minimal. *Phragmites*- och *Equisetum*-bältena äro ytterst klen utbildade och finnas egentligen endast kring öarna och å de högre delarna av rullstensåsens sträckning under vattenytan.

Vilken utsträckning *Nymphaeace*-bältena och de submersa samhällena: *Isoetes*, *Litorea* och *Lobelia* ha, kunna vi knappast avgöra enbart å vinterundersökningar.

Botten i Lekvattnet utgöres av klapper, sand, mjåla och gyttja, i undantagsfall finnes lokalt diatoméockra så gott som i ytlagret.

Mjålan utgör vanligen den fasta mineralbotten över sedimentationsgränsen, som ligger på ytterst växlande djup.

### Vattenbeskaffenhet.

Enligt numera kända åsikter bildar vattnets kemiska sammansättning den huvudsakliga bakgrund, mot vilken de biologiska foreteelserna måste ses, för att man skall kunna erhålla en ej blott kvalitativ utan även kvantitativ distinktion av produktionen inom de skilda sjöområdena, och samtidigt bli därför de kemiska förhållandena utslagsgivande för halten och storleken av de nedbrytningsprocesser, vilka försiggå såväl i det fria vattnet självt, vid organismernas avdöende och sjunkande, som framförallt inom bottenzonen, där det slutliga överförandet av sjöarnas autochtona och allochtona beståndsdelar till färdigbildade sediment åger rum — en process, som i ifrågavarande sjö kan påräkna speciellt intresse.



Sjöns vatten kan allmänt karakteriseras som ett humusvatten med distinkt ehuru ej extrem brunfärgning. Vid undersökningstillfället var färgen av den beskaffenhet, att vitskivan (diameter 14 cm) på 1 m:s djup syntes punschfärgad, och vattnets transparens i mulet och dimmigt väder uppgick till ca 1.8 m. I den bredvid liggande Stortjärn var färgen på 1 m tebrun och transparensen under likartade väderleksförhållanden ca 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> m; alltså betydligt mindre, vilket är lättförklarligt, då Stortjärn i norr och söder kantas av torvbildningar, som bidraga att öka vattnets humushalt.

Vattnet företer ingen som helst obehaglig lukt eller smak, och fiskdöd förekommer enligt utsago av ortsbefolkningen ej. — Då det kunde förmodas, att ett avdöende, eventuellt högproduktivt, plankton så kort tid efter isläggningen ännu borde göra sig gällande i sjöns förråd av oupplösta organiska ämnen, undersöktes tre vattenprov från södra djuphålan å respektive 1, 10 och 23 m medelst centrifugering på sitt detritusinnehall och det visade sig då, att de två översta proven icke lämnade någon som helst centrifugrest. I det understa provet (23 m) fanns spår men ej mätbara mängder ( $< 1/1000$  cm<sup>3</sup> per dl. vatten) av detritus, utan alla levande mikroorganismer. — Det kan sålunda fastslås, att sjöns detritusförråd är ytterligt ringa i jämförelse med näringsrikare vatten, där detsamma vintertid vanligen uppgår till  $3/1000$  cm<sup>3</sup> per dl. (Drevviken söder om Stockholm) och däröver, och i vilket fall som helst överstiger ovannämnda minimisiffra. Troligt är därför, att någon rikligare planktonproduktion ej ägt rum, åtminstone icke omedelbart före isläggningen. De dekompositionsprocesser, som sålunda nu kunna försiggå i det fria vattnet, måste därför vara av ringa omfattning och ha ej någon som helst inverkan på de med sjön förknippade fenomenen.

För noggrannare kännedom om vattnets kemiska egenskaper insamlades fem vattenprov till analys, vardera om 1 l. och tagna med Naumanns vattenhämtare. — Dessa prov fördelade sig så, att ett togs i tilloppet i norr och ett i avloppet samt en serie av tre prov i södra djuphålan på 1, 10 och 21—22 m:s djup. — En översikt av de erhållna analysresultaten bifogas i nedanstående tabell, siffrorna uttryckta i mg. per l.

**Tabell 1.**

Provet torkat vid 110°.

	Total subst.	Glödgn. förl.	Glödgn. rest.	SiO <sub>2</sub>	(AlFe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O + MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Tilloppet . . .	51.3	17.2	34.1	7.8	1.2	0.07	3.8	1.3	14.2	0.09
S. djuphålan 1 m	48.9	18.5	30.4	7.6	1.0	0.06	4.3	1.3	12.2	ej best.
D:o 10 >	45.9	18.3	27.6	5.3	0.9	0.06	3.1	1.0	11.7	ej best.
D:o 21 >	51.8	18.5	33.3	5.1	1.2	0.06	3.8	1.3	14.1	ej best.
Avloppet . . .	53.0	18.2	34.8	8.5	1.0	0.04	3.6	1.3	14.6	0.08

Då vattenmängderna voro för små att tillåta fullständigare analys, måste huvudvikten läggas på de ur biologisk och sedimentbildande synpunkt viktigaste beståndsdelarna. Därför fastställdes i motsats till vad brukligt är i



vattenanalyser för biologiskt ändamål mängden av mangan, skälet härtill skall längre fram motiveras. Däremot gjordes ej någon kvävebestämning, då proven ej blivit desinfekterade. Järn och aluminium ha i analysen ej åtskilts, men enligt Dr. Bygdéns upplysning utgöres huvudparten av järn; samma sak gäller om natrium och magnesium. Magnesium förekommer enligt Dr. Bygdén blott i små mängder. Fosforsyran bestämdes endast i till- och avloppet. Alla analyserna avse filtrerat vattenprov.

Vid första blick på analys Tabellen frapperas man därav, att sjöns vattenskiikt på 10 m:s djup visar från de övriga betydligt avvikande värden. Den totala torrsubstansen uppgår här till en siffra, som är lägre än i övriga vattenskiikt. Denna minskning är ej beroende på motsvarande minskning av organisk löst substans (glödgningsförlusten torde praktiskt taget blott innesluta denna) utan av de mineraliska beståndsdelarna. Största nedgång bland dessa visar Na-Mg-summan och CaO. Kiselsyran företer nedåt en kontinuerlig minskning, som i understa provet kompenseras av en betydlig ökning av  $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$ . Att förklara ursprunget till denna vattenskiiktning låter sig naturligtvis ej göra utan detaljundersökning. Då tilloppet från Snijtjärn vid undersökningstillfället var igenfruset, kan man ju knappast antaga någon inkilning av därifrån kommande vatten med skiljaktig specifik vikt.

Granskar man nu de enskilda värdena, kan man om den totala torrsubstansen säga, att siffran ligger högre än för våra norrländska sjöar och något högre än i tillgängliga analyser från andra värmländska vattendrag och sjöar, där ej lokala föroreningar spela in, men når naturligtvis ej upp till de högre värden, som man finner i södra och mellersta Sveriges näringsrikare vattentyper (se K. Sondén 1914). Glödgningsförlusten (alltså huvudsakligen mängden av löst organisk substans) ligger inom normalvärdena för svenska urbergsvatten, men överstiger vida de, man finner inom exempelvis det engelska sjöområdet (Pearsall 1921), vilket erhåller sin förklaring genom en större mängd lösta humusämnen inom Sveriges oligotrofa, bruna vatten.

I samband med den rika humushalten står också rikedomens på kiselsyra. Maximivärdet för kiselsyran uppgår i ovannämnda engelska sjöar till 4.3 och medelvärdet är ca 2.5, under det att densamma i Lekvattnet stiger upp till ett högsta värde av 8.5.

Då, som längre fram skall visas, en stark järnutfällning äger rum i sjön, kunde man förmoda att järnhalten i vattnet skulle vara hög, så är dock icke fallet. Enligt Aarnio (1918) uppgår järnhalten i en malmförande finsk sjö Salovesi till 2.4 mg. per l. Från svenska sjövattnen må nämnas, att i Klotentjärnarna i Västmanland (Alm m. fl. 1921) uppgår densamma maximalt till 2 mg. per l. och ligger vanligen under Lekvattnets sammanslagna värden. Fil. lic. G. Assarsson har godhetsfullt meddelat ur sina analysresultat från Anebodatraktens sjöar utförda hösten 1923, att vattnet i sjön Fiolen — svagt malmförande sjö — håller 1.0 mg. per l.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ . Samma summa är i analyserna från engelska sjöar (Pearsall 1921), utom i ett fall, under 0.7 mg. per l. Lekvattnet har alltså i jämförelse med dessa en



vida större järn-aluminiumhalt och siffran torde väl enligt ovan antydda jämförelser representera ett medelvärde för den näringsfattiga sjötypen.

Mangan och kalihalten kunna icke jämföras med andra svenska sjöar, då analysiffror härifrån saknas.

Då Na och Mg ej äro skilda åt i analysen, men ett närmevärde för magnesium är önskvärt, kan med hänvisning till kända analyser från Värmland antagas ett belopp av högst 1.5 mg. MgO per l. Sannolikheten här för styrkes dels därav, att Dr. Bygdén uppgivit magnesiahalten såsom ringa, och dels därav, att i Norsälven, som avbördar Frykens och sålunda även Lekvattnets vatten till Väneren, uppgår magnesiahalten till 1.0.

Kalkhalten är låg om också icke minimal. — För bedömande av fosforsyrans storleksordning står endast en jämförelsesiffra till buds inom landet, även den godhetsfullt meddelad av Fil. lic. G. Assarsson och ävenså här rörande från sjön Fiolen, vars vatten håller 0.045 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, alltså blott hälften av vad Lekvattnet för. Då fosforsyran är ett av de ämnen, som äro bestämmande för storleken av sjöarnas produktion, förtjänar här omnämnas (Naumann 1923), att den eutrofa, »baltiska», högproduktiva sjötypen endast har en fosforsyremängd av 0.04, alltså av samma storlek som i Fiolen. Dock är här att märka, att fosforsyran ej torde kunna i samma grad utnyttjas i urbergssjöar som i näringsrikare, vatten, då den hålles adsorberad av kolloidal järnoxid.

Jämför man det i sjön inkommande vattnet med det avrinnande, torde man för att iakttaga nödvändig försiktighet, enär differenserna äro små, endast kunna påpeka den tendens till lägre värden i avloppet, som just de ämnen visa, vilka anrikas i sjöns bottensediment.

Kvävet tillät på grund av förut nämnd orsak ej någon bestämning, men det finnes ju ingen anledning att antaga, att det ej skulle gå i minimum i en sjö av en sådan typ som Lekvattnet, vilken huvudsakligen matas av vatten från myr- och skogsmarker.

Av det sagda torde framgå, om undantag göres för fosforsyran, att sjöns vatten är av näringsfattig art, präglad av sin ringa tillgång på kalk, magnesia och förmodligen kväve, men samtidigt åtminstone ganska rikt på kolloidalt förekommande humusämnen och kiselsyra. Utgående från den förut angivna maximala siffran för MgO — 1.5 mg. per l. — uppnår den av Pearsall (1921) som mätare av vattnets produktiva kraft införda kvoten  $\frac{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{CaO} + \text{MgO}}$  ett medelvärde av c:a 2.5, d. v. s. vattnet företer, som urbergsvatten oftast göra, en relativt hög alkalihalt. I sina sammanställningar över engelska sjöarnas fytoplankton och dettas förhållande till vattenkemien, kommer Pearsall till det resultatet att en hög kvotsiffra på just c:a 2.5 biologiskt betyder, att sjöarnas fytoplanktonutveckling präglas av stor artrikedom på desmidiaceer men att det kvantitativa omfånget därav är ringa. Nu är det bekant (Teiling 1919), att just i västra och norra delarna av Värmland denna fytoplanktontyp är förhärskande, och med all sannolikhet hör därför även Lekvattnet hit. I samband med den kvantitativt låga utvecklingen av



fytoplankton står även, efter vad jag själv i dessa trakter erfarit, en ringa zooplanktonproduktion och vintertid vid undersökningstillfället var detta djurbestand glest och bestod av *Cyclops strenuus* och *Leuckarti*, *Diatomus gracilis*, *Notholca longispina*, *Bosmina coregoni* var. *longispina*, *Anuraca aculeata* och nauplier, konstituerande zooplankton i nämnd ordning. Sammanfattningsvis synes mig således, att mot den näringsfattiga vattentypen svarar en fattigdom i det fria vattnets produktion, som gör, att det material av avdöda organismer, som härifrån levereras, spelar en ringa roll vid ytsedimentens bildning och därför ej heller blir bestämmande för omfattningen av de kemiska förändringar, ytgyttjorna vid sin diagenes undergå. Dock är det klart, att det under vegetationsperioden i sjön inkommande allochtona detritusförrådet ej låter sig rekonstruktivt till sin storlek uppskattas.

### Ytgyttjornas mikrobiologi och kemi.

Materialet i ytsedimenten har många källor utom det ovan behandlade planktoga detritusmaterialet. De lösa jordlagren runt om lämna huvudparten av de minerogena beståndsdelarna, och botten och påväxtens växt- och djursamhällen en större eller mindre mängd organogent material, allt efter respektive samhällens produktiva omfång. Bestå växtsamhällena av övervägande diatomacéer få vi också en anhopning av dessas kiselskelett.

Till sist kommer genom de i vattnet försiggående fysikaliskt-kemiska förändringarna med eller utan ingripande av biologiska processer ett i många sjöar högst betydande tillskott av ur det fria vattnet utfällda ämnen, främst järn, mangan och kalk.

Det gäller nu för att kunna få en uppfattning om arten av de reaktioner, som kunna försiggå vid bildandet av ytsedimenten och vid deras överförande i definitivt slutstadium vid gyttjebildning, att ta reda på, varifrån materialet härleder sig och i vilka proportioner de olika källorna äro delaktiga däri.

Men dessförinnan måste nämnas ett par ord om de arbetsmetoder, som kommit till användning vid fältarbete och vid senare bearbetning. Ytsedimenten i allmänhet förete inom samma sjö stora växlingar till sin sammansättning på olika djup och skiljaktigheter däri kunna bli oerhörda redan på ett vertikalavstånd av  $\frac{1}{2}$  m eller t. o. m. mindre. De största olikheterna äro tillfinnandes inom litoralområdet, under det att de bli mindre inom sjöns profundala delar. Den enda möjligheten, att skaffa sig en uttömmande kännedom om ytsedimenten är därför att underkasta desamma undersökning från skilda djup och helst så, att vertikalavståndet mellan proven inom litoralområdet göres så litet som möjligt —  $\frac{1}{2}$  m torde vara maximum. Så har ock skett vid provtagning i Lekvattnet, i det att två i profil lagda serier av ytgyttjor tagits med Naumanns profflod i sjöns södra del. Bägge utgå från östra stranden. Den ena sammanfaller med den sydligaste lodlinjen, börjar på  $1\frac{3}{4}$  m och slutar på c:a 11 m. Den andra serien är tagen utefter den norr härom belägna lodlinjen, sammanfallande



med linjeprofilen för borrningarna. Den börjar på 0.5 m och slutar på  $3\frac{3}{4}$  m och var avsedd för undersökning av de på det grundaste vattnet bildade ytgyttjorna. Möjlighet finnes sålunda att noggrant bestämma de vertikala förändringarna. Samtidigt upptogs med rörlod, modell E, en serie ytgyttjor för kemisk analys utefter södra lodlinjen med provpunkterna sammanfallande med dem för den ovannämnda serien. Ytgyttjorna mikroskopades preliminärt i fält.

När det gäller att utröna den procentuella sammansättningen av beståndsdelarna genom mikroskopisk analys, så måste man naturligtvis för att kunna jämföra de olika nivåerna arbeta med lika stora eller tidsidentiska volymer, så har ock skett här. Närmare redogörelse för denna absoluta volymmetod kommer inom kort att lämnas i Abderhaldens Handb. der biol. Arbeitsmethoden och hänvisas därför dit. Framhållas bör dock att arbetsmetoderna efter föreliggande undersökning erhållit en vida noggrannare och mera precisionsartad utbildning och därför komma blott de slutsatser här att dragas, som bearbetningsmetoden vid tidpunkten för undersökningen tillät.

Eftersom sjön är belägen inom sand och mjälavlagringar, böra naturligtvis de allochtont minerogena beståndsdelarna spela en stor roll inom gyttjorna. Så är också fallet. Mineralkorn av en storlek som överstiger den av ett björkpollen (c:a  $25\ \mu$ ) förekomma i växlande antal från 1,200—4,400 per volym. (Fiolen 220—1,000.) En annan oorganisk beståndsdel ehuru av organogent ursprung utgöra de vid diatomacéernas avdöende kvarblivande kisel skeletten. För att närmare klargöra detta och för att fastställa vissa nivåer likaväl som mikrosamhällets produktionskraft, behöves en närmare utredning av kiselalgernas förekomst uti sjön. Förut har framhållits (Lundqvist och Thomasson 1923), att strikt vertikal zonerings av arterna förekommer inom de sjöar, som kort kunna benämnas lerslättsjöar, och som grundorsak till denna zonerings har framhållits den med djupet avtagande ljusintensiteten. — Se vi nu till hur det förhåller sig i Lekvattnet, så framgår av diagrammen från den norra på grundare vatten tagna profilen (fig. I överst) att nästan alla släkten visa en utomordentligt stark nedgång på  $3\frac{3}{4}$  m, och det är bara en grupp, *Surirella robusta*, vars produktionskurva visar tendens till ökning nedanför denna nivå. Detta framgår än klarare av jämförelse med södra profilen (fig. I underst), där *Surirella robusta*-kurvan visar en toppunkt på  $4\frac{1}{2}$  m eller måhända på något grundare vatten under det att alla andra diatomacéer praktiskt taget saknas. Klart är sålunda, att den understa zonen i denna sjö bildas av *Surirella robusta* och att det vid assimilationen verksamma ljuset upphör nedanför en linje på c:a  $4\frac{1}{2}$ —5 m:s nivå. Blott mellan denna och vattenytan komma därför de assimilerande växterna att kunna utvecklas, alltså inom en relativt smal vertikal zon, enär sjöns djup uppgår till 30 m. Det är vidare klart, att denna gräns på  $4\frac{1}{2}$  m erhåller sin utbildning under sommaren, när ljusets verkningar äro som störst, och erfarenheten lär, att vattenfärgen på sommaren är svagt tebrun och att vitskivan synes på c:a  $2\frac{3}{4}$ —3 m, ett inom de brunare vattnen vanligt förhållande.



Återgå vi nu till diatomacésamhällena ovan *Surirella robusta*-området, så finner man att dessa samhällen få sin prägel genom dominans av *Pinnularia*, *Frustulia rhomboides* och *Eunotia*-arter. De förra äro bottenformer, *Frustulia* övervägande påväxt på högre vegetation men även bottenform och *Eunotia*-arterna alternativa påväxt- och bottenformer. Planktiska former saknas nästan fullständigt.

I fråga om diatomacéskalens förekomst i ytgyttjan kan man urskilja tre grupper inom profilen. En representeras av de rena påväxtformerna (*Gomphonema* och *Tabellaria*), vilket visar att dessa, som äro bundna vid den högre vegetationen, endast förekomma avfallna i profilens allra översta del

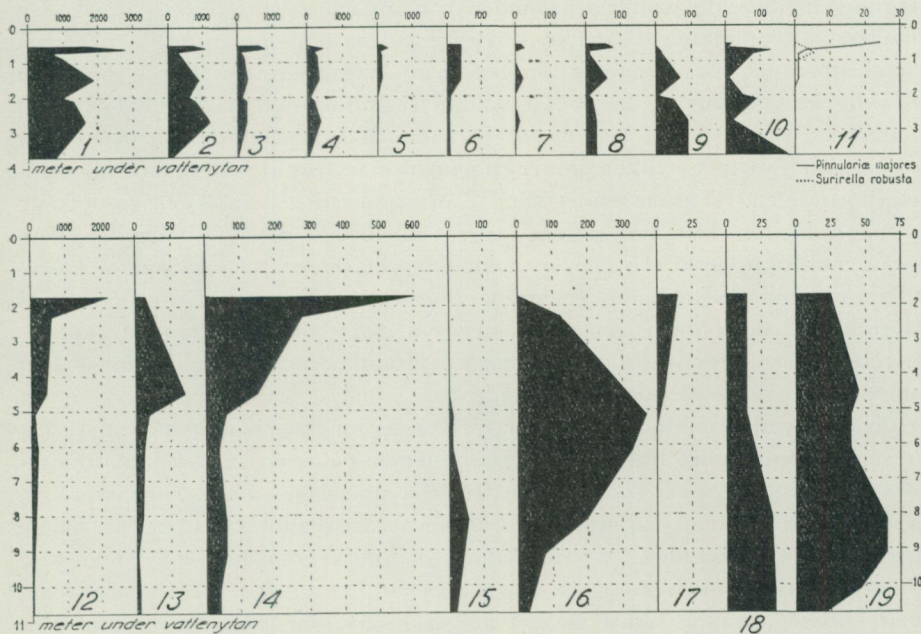


Fig. 1. Ytgyttjornas mikrofossilinnehåll. Övre raden ur norra profilen, nedre raden ur södra profilen.

1. Totalsumma av diatomacéskal. 2. *Pinnularia*. 3. *Frustulia*. 4. *Eunotia*. 5. *Tabellaria*. 6. *Gomphonema*. 7. *Cymbella*. 8. *Melosira*. 9. *Surirella*. 10. Järnkoproliter. 11. Levande diatomacéer. 12. Totalsumman av diatomacéer. 13. *Surirella*. 14. *Pinnularia*. 15. »*Cladotrix*». 16. Järnkoproliter. 17. Litoralcladocerer. 18. *Bosmina*. 19. Rhizopoder. (1—10 och 12—16 per 1 volym, 11 per 20 volymer och 17—19 per 10 volymer).

men knappast spelar någon roll i den understa. Den andra gruppen är *Surirella*, som förut behandlats, och den tredje gruppen kan sägas utgöras av alla övriga släkten.

Som av diagrammen framgår hava produktionskurvorna för dessa tre topppunkter, en på c:a 0.6, en på 1 $\frac{1}{2}$  och en på 2 $\frac{3}{4}$  m. Särskilt skarpt markerad är den höga men i vertikal led föga mäktiga zonen på 0.6 m. Det är ju klart att för alternativa påväxt-bottenformer kan den betyda en skalanhopning uppkommen genom från högre vegetation vid denna nivå nedfallande avdöda diatomacéer, men när det gäller bottenformer som *Pinnu-*



*laria* måste det betyda, att dessa levat inom denna skarpt utbildade rayon under någon årstid, och i själva verket torde man nog kunna säga, att denna årstid varit vintern. För den skull bifogas ett diagram över de vintertid levande diatomacéerna och deras inbördes förhållande. För undvikande av oreda genom ett större antal kurvor har här blott medtagits två grupper dels *Pinnularia majores* och dels *Surirella robusta*. Man kan icke undgå att finna att förhållandet mellan dessa i miniatyr återger samma relationer som för skalresiduet i södra profilen; det hela tack vare genom isläggnigen försämrade fotiska förhållanden skjutet betydligt uppåt. Det vid assimilationen verksamma ljuset når sålunda under de vid provtagningen rådande vinterförhållandena knappast 1 m:s djup. Vad den mellersta toppunkten beträffar, föreligger den möjligheten, att den endast är skenbar och åstadkommes därigenom att ytgyttjeprovet från 2 m genom felaktighet vid provtagning blivit volumetriskt för litet. Skulle det tvärtom motsvara verkligheten, ligger det ju nära till hands att denna nivå svarar mot vårhögvattnet, vilket under högst 1 månads tid hålles inne för timmerflottningen. Vattenståndet kan då med ända till 1<sup>3</sup>/<sub>4</sub> m överstiga det vintertid rådande. Det finnes, som längre fram skall visas, förhållanden, som peka mot riktigheten av den sistnämnda förklaringen. I ovannämnda profil framkommer sålunda ingen artzonering av det slag som förut omnämnts (Lundqvist och Thomasson 1923), dels emedan släkterna behandlats kollektivt och dels därför att som på annat håll skall visas i bruna vatten en helt annan zoneringsföljd gör sig gällande.

Två lätt identifierbara lednivåer till diskussion av resultaten från de kemiska analyserna ha framkommit, nämligen korsningen mellan kurvorna för *Pinnularia* och *Surirella robusta* dels i sommarläge och dels i vinterläge. Vidare finner man i diagrammen över den totala skalförekomsten från bägge profilerna att huvuddelen av de avdöda diatomacéerna kvarbliver inom produktionsområdet och blott en ringa procent utsvämmas till djupare delar, varigenom litoralgyttjorna få sin alldeles särskilda prägel av detta skalresiduum. Totalsiffrorna ge oss också en möjlighet att uppskatta storleken av den produktion på diatomacéer, som förekommer inom Lekvattnets litoralområde. Tar man som jämförelse sjön Fiolen, så växla de absoluta värdena av den totala skaltillgången inom skilda nivåer av litoralregionen från 10—15 per volym, under det att samma tal inom Lekvattnets motsvarande nivåer ligga mellan c:a 300—3,000. Här råder alltså en så väsentlig skillnad, att man inte tvekar att rubricera produktionen inom Lekvattnet som jättelik. Särskilt om det framhålles att i alla mina opublicerade diagram från undersökta sjöar, man aldrig kommer upp till så höga siffror, utan 200—300 per volym är ett maximalt, som sällan nås. Här ha vi sålunda i motsats till det fria vattnet ett limniskt område, där mikrovegetationen, men blott den, ej den högre, går i högproduktionens tecken och där också den kraftigaste minskningen av vattnets näringsförråd äger rum, samtidigt som här ock till ytgyttjorna avlämnas den största mängden av vid assimilationen uppbyggd organisk substans.



För att erhålla en allmän föreställning om vad diatomacéskalen betyda vid ytgyttjornas bildning, kan nämnas att exempelvis i provet på 0.6 m i norra profilen c:a 2,750 diatomacéskal rymmas i en volym med vatten utspädd ytgyttja motsvarande två ordinära vattendroppar. Dess volym i torkat tillstånd torde understiga 1 kbmm. — Här har hittills endast varit tal om diatomacéerna, men jämfört med dessa spelar den övriga mikrofytvegetationen, vilken huvudsakligen utgöres av myxophycéer av släktena *Haplo-siphon* och *Scytonema*, en så underordnad roll, att den praktiskt taget saknar betydelse för sedimentbildningen. Även den högre vegetationen har förut framhållits som betydelslös. Bland icke gröna växter är anmärkningsvärt, att järnbakterier förekomma i den södra profilen, inkommande där de gröna växterna sluta med *Surirella robusta* och med sin rikligaste utveckling på 8—9 m:s djup, ett hittills okänt förhållande. Järnbakterierna utgöras av två arter, dels en trådformig förmodligen släktet *Cladothrix*, ehuru några pseudoförgreningar ej kunnat påvisas, och dels en cocc-formad möjligen tillhörande släktet *Sideroderma* (Naumann 1922)<sup>1</sup>. Förekomsten registreras av produktionskurvan för »*Cladothrix*»; de skola vidare beröras i samband med ytgyttjornas järnhalt. Av faunans mikroformer bevaras i sedimenten endast rhizopoder och en del cladocerer. Rhizopoderna förekomma i antal växlande från 22 till 66 per 10 volymer och i högsta antal på 8—9 m eller i samma område, där ovannämnda bakterier äro talrikast. Litorala cladocerer uppgå i översta provet från södra profilen till 16 per 10 volymer, avtaga jämnt nedåt och finnas ej nedanför 5 m eller sommarens biologiska ljusgräns. Av de pelagiska cladocererna förefinnas *Bosmina*-rester i ett antal av c:a 15 ut till 6 m sedan konstant c:a 35 ut till 23 m, allt per 10 volymer. Cladocer-resternas förekomst framhäver ju skillnaden i avlagringssätt för former, som leva planktiskt och de som äro bundna till litoralregionen, och visar åtminstone i detta fall återigen, huru det, som alstrats inom ett bestämt område, till större delen kvarbliver där vid sedimentationen. Om de större djurformerna låter sig med visshet ingenting sägas, men av de prov, som togos med användande av Ekman-hämtare, tyckes framgå, att mollusker blott i ringa mån förekomma.

Sammanfattningsvis kan sålunda sägas att av alla de källor, som kunna spåras i ytsedimentens organiska rester, endast en kan anses riklig: diatomacéproduktionen. De övriga äro mer eller mindre torftigt utbildade.

Det ligger därför nära till hands att förmoda att om någon biologisk faktor skall kunna influera på ytgyttjornas kemiska konstitution just denna diatomacéproduktion direkt eller genom diatomacéernas livsprocesser indirekt kan verka bestämmande därpå. Huru härmed förhåller sig kan blott avgöras ur de kemiska analyserna av de absoluta ytgyttjorna.

<sup>1</sup> Då benämningarna »*Cladothrix*» och »*Sideroderma*» anföras bör framhållas, att dessa begrepp här endast äro att betrakta som relativa kollektivbegrepp. En verkligt säker bestämning måste ovillkorligen grundas på fältkulturer (Naumann i Södra Sveriges Fiskeriförening 1915) med användning av glasskivemetoden. Dessvärre ha vi ej haft tillfälle därtill. I princip torde det dock för föreliggande uppgift vara tillräckligt att hava konstaterat järnbakteriernas närvaro, oavsett den närmare systematiska grupperingen.



Proven för dessa analyser äro, som ovan nämnts, tagna med Lundqvists lod (modell E). Förutom å samma punkter som i södra profilen, togos även ett prov på 15 m i jämnhöjd med norra profilen och ett på 23,5 m i södra delens djupaste område. Tyvärr visade sig vid analysen, att den vid varje prov erhållna kvantiteten ytgyttja var för liten att utom av övriga ämnen även tillåta en bestämning av kväve och svavel. För att ändå få en orienterande uppfattning om dessa ämnens förekomst har en sammanslagning måst ske av prov från närliggande nivåer. Dessa nivåer äro 4,5 och 5,1 m samt 10,2 och 10,7 m, varjämte provet från 15 m användes för samma ändamål. De erhållna resultaten äro uppförda i tabell 2. Då det

Tabell 2.

Djup under v.y.	1.75	2.25	4.5— 5.1	6.1	8.1	9.1	10.2— 10.7	10.0	4.5	15.0	23.5
Aska . . .	73.63	79.12	77.04	78.35	72.89	73.01	70.98	73.29	73.91	66.50	68.30
SiO <sub>2</sub> . . .	60.60	52.00	46.30	41.30	38.55	44.55	40.81	40.70	51.75		54.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	8.53	19.18	20.28	27.34	24.72	21.04	21.52	22.22	16.53		7.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	3.34	3.66	4.29	3.79	5.80	3.49	5.37	4.84	3.77		4.60
MnO . . .	0.20	3.41	3.71	3.18	3.01	2.08	2.56	4.46	0.45	0.31	0.24
CaO . . .	0.25	0.27	0.55	0.35	0.56	0.77	0.45	0.42	0.35		0.51
K <sub>2</sub> O . . .	0.16	0.19	0.45	0.16	0.44	0.32	0.30	0.32	0.29		0.35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	0.17	0.37	0.62	0.68	0.59	0.57	0.51	0.58	0.29		0.48
N . . . . .			0.36				1.59			1.13	
S . . . . .			spår				—			—	

emellertid visade sig att kiselsyrehalten var så dominerande, att den ställvis förryckte värdena för övriga askbeståndsdelar, har för att lämpligare åskådliggöra de zonala förhållandena en omräkning av dessa värden i procent på utlöst substans ägt rum (tabell 3). För att ytterligare underlätta översikten bifogas ock en grafisk framställning (fig. 2) av dessa senare värden.

Tabell 3.

Djup under v.y.	1.75	2.25	4.5— 5.1	6.1	8.1	9.1	10.2— 10.7	10.0	4.5	23.5
Utlöst . . . . .	13.03	27.12	30.74	37.05	34.34	28.46	30.17	32.59	22.16	13.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	65.5	70.7	66.0	73.0	71.9	74.0	71.3	68.0	74.9	51.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	26.0	13.5	14.0	10.0	16.8	12.2	17.8	14.8	17.4	33.0
MnO . . . . .	1.6	12.6	12.1	8.5	8.7	7.3	8.5	13.7	2.4	1.7
CaO . . . . .	1.9	1.0	1.8	1.1	1.6	2.7	1.5	1.3	1.6	3.7
K <sub>2</sub> O . . . . .	1.2	0.7	1.5	0.4	1.3	1.6	1.0	1.0	1.3	3.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	1.3	1.4	2.0	1.8	1.7	2.0	1.7	1.8	1.3	2.5



Då dessa analysammansställningar äro det första försöket att närmare lära känna de kemiska problem, som äro bundna vid ytgyttjorna för att på så sätt söka utröna den växelverkan, som råder mellan biologiska och kemiskt-fysikaliska faktorer, torde det vara lämpligt att påpeka, vad analys-siffrorna illustrera och vad de eventuellt borde illustrera. Förut har fram-

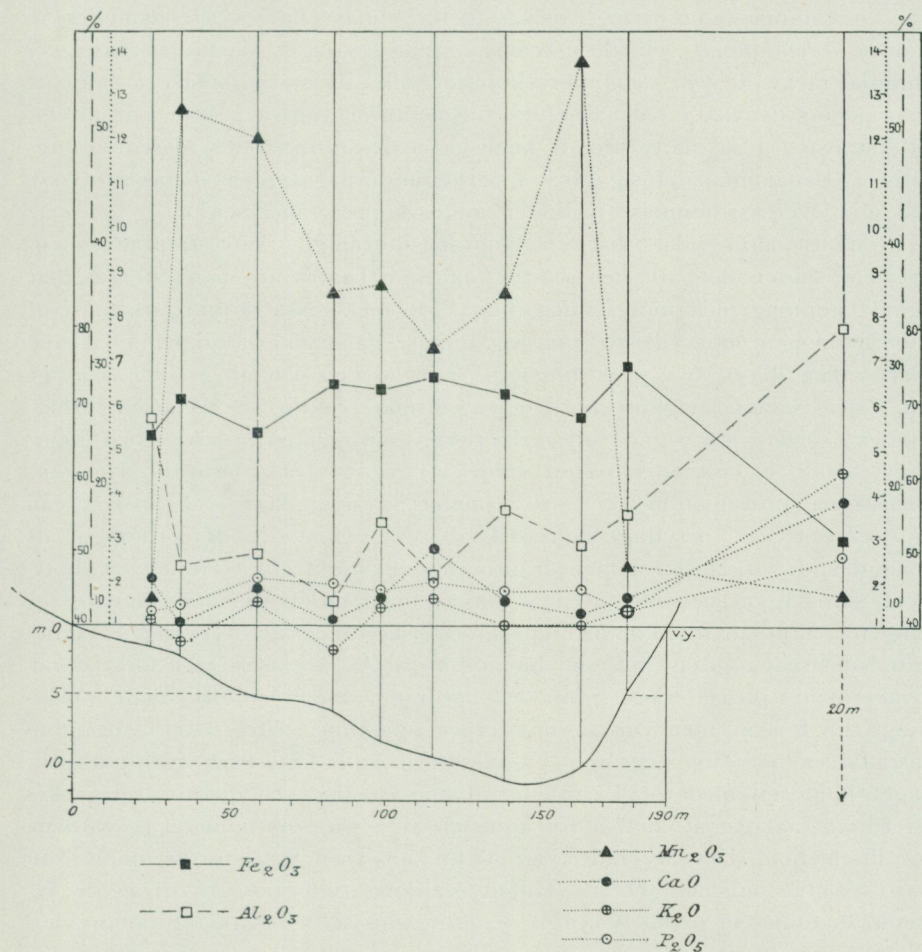


Fig. 2. Diagram över ytgyttjornas kemiska sammansättning, procent på askans utlösbara substans. Resp. kurvlinjer lika beteckningarna å motsvarande vertikalskalor. Undre delen visar sjöns bottenkonfiguration.

hållits, att det allochtona mineraliska materialet spelar en betydande roll i sjöns sediment. Detta gör att ett flertal ämnen ha ett tvåfaldigt ursprung. Kiselsyran kommer sålunda dels från insvämmande mineraliskorn, dels har den organiskt ursprung, anhopad i diatomacéernas skalrester. På samma sätt förhåller det sig med de övriga ämnena, och analys-siffrorna innesluta därför i sig, dels för sjön främmande, insvämmande, dels genom sjöns egen verksamhet anhopade mängder av de olika beståndsdelarna. Detta spelade



naturligtvis ingen roll, om mineralkornen företedde en likartad fördelning över allt och felkällan sålunda över allt vore densamma. Så är emellertid ingalunda fallet i allmänhet och ej heller i Lekvattnet, där någon regelbunden fördelning ej låter sig påvisas, möjligen kan dock framhållas, att mineralkornen öka i antal på de största djupen. Gäller det därför att få fram en förekommande zonerings, lyckas detta endast ifall större mängder av ämnet förekommer och den kemiska analysen äger därför härvidlag ej samma räckvidd som den mikroskopiska, till vars starka sida ock hör, att man genom den kan erhålla absoluta (tidsidentiska) värden — som man ytterst eftersträvar. I så måtto äro de kemiska analysiffrorna tillsvidare blott relativa. Redan nu låter sig dock i de kemiska diagrammen spåras en i vissa fall god överensstämmelse med den mikroskopiska analysen.

Profilens östra sida visar en långsam sluttning ut mot djuprännan vid 10.7 m under det att den västra, där sjön kantas av en rullstensås, har brant stupning ned mot samma djup. De mekaniska störningarna i sedimentbildningen böra därför göra sig mindre gällande på förstnämnda sida. När vidare blott två prov föreligga från västra sidan, så är det naturligt att östra sidans diagram bör ge en riktigare bild av de kemiska förhållandena. Det visar sig nu att i alla prov, som ligga på tio meter och högre upp, håller sig askhalten på ett värde av c:a 73 % och däröver. De sammanslagna proven från 10.1—10.7 meter ha något lägre och proven från 15 och 23.5 m betydligt lägre askhalt; det vill med andra ord säga, att mängden av organiska ämnen är procentuellt störst i det område av botten, som ligger nedanför 10 m:s kurvan, men tack vare provsammanslagningen på 10 m framkommer ej någon diskontinuerlig övergång. Askbeståndsdelarna utgöras till sin huvudsakliga del av kiselsyra. Mest därav finner man i provet från 1.7 m, och härifrån vidtager en fortgående minskning till 8.1 m men vid 9.1 m sker en uppgång. Ute på 23.5 m:s djup inträffar en betydlig stegring. Ut till 8.1 m löper kiselsyrekurvan praktiskt taget konformt med totalkurvan för diatomacéerna, och det torde ej anses överdrivet antaga, att det är förekomsten av dessa, som influerar på värdena av kiselsyran. Det stegrade värdet för analysen från största djupet kan bero på två omständigheter. Hit ut svämmas tydligtvis en del av de avdöda diatomacéer, som vuxit i det för vågsvallet utsatta litoralområdet. Antalet är c:a 5,000 per volym, sålunda en högst betydande siffra, men alla äro små, t. o. m. mycket små, och planktiska former, med undantag för enstaka *Tabellaria fenestrata*, saknas liksom bottenformer. Att detta påverkar värdet för kiselsyran är självklart, men det torde ej heller vara utslutet att mineralpartiklarna ock spela någon roll. De större mineralkornen (> björkpollen) visa ingen ökning (c:a 2,500 st.) men gyttjan innesluter en massa mineralpartiklar under c:a 25 m, som ej förefunnits i den grad i ovan liggande prov, och tänkbart är ju, att även detta skall hava något inflytande. Omvänt mot kiselkurvan förlöper kurvan för utlösta askbeståndsdelar.

Främst bland dessa står järnet, som t. o. m. kan utgöra 75 % av askans lösbara substans och till 25 % konstituera gyttjan, så att denna sålunda får



en järnhalt, som närmar sig de järnfattigare sjöalmernas. Procentuellt ter sig järnhalten i analyserna så att det lägsta värdet fås i de djupaste och grundaste delarna och det högsta mellan 6—9 m. Här framkommer med tydlig skärpa bristen hos de kemiska metoderna. Zonala skillnader låta sig helt enkelt icke med tillräcklig pregnans framställas genom relativt arbetssätt. Därför skall här järnet diskuteras ur de mikroskopiska analysernas synvinkel.

Järnets förekomst i de limniska bildningarna särskilt i form av sjöalm har sedan länge haft hävdvunnet intresse.

Typisk sjöalm saknas inom sjön. Blott på ett enstaka ställe har i lodningsprotokollet anmärkts malmsand. Men nu förekommer också järnet såsom Naumann (1919) visat utfällt kring gyttjornas koprogena bildningar etc., alltså i fall av större mängder i järnkoprolitfält, och såsom Lundqvist (1924 a) närmare utrett i form av litorala ockerbankar av växlande färg. Bägge förekomstsätten äro representerade i Lekvattnet och det sistnämnda behandlas på sidan 24. Härtill kan i förhandenvarande sjö läggas ännu ett hittills för sjöarna okänt, nämligen bakteriell järnanhopning, och denna må behandlas först.

Förut har omtalats förekomsten av två järnbakterier, ehuru de ej med säkerhet kunnat angivas ens till släktet. Förekomsten i den limniska zoneringsen illustreras av ett diagram öfver »*Cladothrix*» (fig. 1: 15). Något liknande diagram öfver »*Sideroderma*» kan ej lämnas därför att den i sin maximala zon 7—9 m är i det närmaste oräknelig. Järnanrikningen i dessa bakteriers slemmantlar visar alla övergångar från diffus, svag gul färgning till svart-brun, varvid kantkonturen skarpt framträder. Då jag hoppas inom kort kunna lämna en mera uttömmande redogörelse för järnutfällningarnas plats inom den limniska zoneringsen och de fallande orsakerna, skall här blott påpekas, att den bakteriella järnutfällningen är från den som nedan kommer att behandlas till sina betingelser väsentligt skiljaktig men att den i föreliggande fall spelar en högst betydande roll för järnets ackumulation i yttgyttjorna på 7—9 m:s nivå.

Den förjärning av gyttjan, som äger rum inom järnkoproliternas fält, träffar visserligen öfvervägande de koprogena bildningarna, men även ehuru i mindre grad övriga gyttjekonstituenten: mineralkorn, diatomacéskal (*Su-rirella*, *Pinnularia*), cladocerskal, pollen etc. Förjärningen kan understundom bli så stark att den fullständigt dominerar synfältet. Dessutom förekomma enstaka voluminösa koagulat av blekt blågrön färg och av samma typ som beskrives i de färdigbildade varviga sedimenten (sid. 24). Som av södra profilen synes (fig. 1: 10) äro järnkoproliterna väl zonerade med sin märktigaste förekomst på c:a 5 m. Ovan 2 m och nedanför 9 m spela de knappast längre någon roll och på ännu större djup — 23.5 m — uppgår deras antal till blott 4 stycken per volym, så att gyttjan här företer en i det närmaste järnfri detritus. Analysernas värden i östra och södra profilen äro sålunda sammansatta av järn från två skilda håll: bakteriogent järn och koprolitjärn och eftersom dessa förekomma i sin starkaste utbildning på skilda nivåer torde man ej kunna förvänta mera av analysiffiffrorna än att



de skola visa låga procentuella värden på minsta och största djupen, vilket ock är fallet. Mera gåtfullt förefaller det låga värdet på 4.5 och 5.1 m, där den absolut starkaste förjärningen dock är belägen.

Kasta vi nu också en blick på den norra profilens mikroskopiska analyser över förekomsten av järnkoproliter så finnas där tre utpräglade maxima på 0.7, 2.1 och ett ej avslutat på  $3\frac{3}{4}$  m, vilket senare sannolikt motsvarar övre delen av det stora fält, som förekom i södra profilen. Här börjar ju detta med den nivå där den kraftiga nedgången av *Pinnularia*- och samtida stegringen av *Surirella*-skalen äger rum, och så är ju ock förhållandet i norra profilen. Denna övre koprolitzon faller, som synes i diagrammen, på den punkt, där kurvorna för de levande *Pinnularia* och *Surirella robusta* skära varandra. Det vill således synas, som om den övre zonen vore att hänföra till vinterbildningarna och den undre till sommarbildningarna; den bestämda platsen i den limniska zonerings talar ju starkt därför. Vad åter beträffar den mellersta koprolitzonen i norra profilen, faller den under det mellersta maximet av skal, alltså i ett på mikrofytter fattigt område. Denna parallellitet med de övre och undre järnkoprolitzonerna styrker riktigheten av att den mellersta produktionszonen för diatomacéer ej framkommit genom fel vid provtagning, utan utgör en verklig högproduktionsnivå möjligen effektuerad vid tiden för vårhögvattnet, som i så fall blir bestämmande för den mellersta järnzonens läge. Här möter oss således en för järnutfällningen strängt genomförd vertikal lokalisation. Utan att ingå på orsakerna till denna, skall här blott framhävas att de fällande faktorer, som antagas inverka vid sjömalternas uppkomst här äro uteslutna. Om dessa orsaker ha i den nyare litteraturen framträtt två förklaringsgrunder. Den ena företrädes av Odén (1919), som anser att järnutfällningen försiggår tack vare det vid växternas assimilation uppträdande syret, som oxiderar de kolloida humaterna, varvid järnet frigöres i jonform och koagulerar andra humusämnen. Därför uppträder malm bildning övervägande i elitoralen. Denna förklaringsgrund är här otänkbar för järnkoproliterna, enär de förekomma i de vegetationsfattigaste områdena och i massutveckling nedanför assimilationsgränsen.

Lika otänkbar är Aarnios (1918) hypotes om grundvattens inträde på bestämda nivåer, varvid järnet i grundvattnet fälles genom dettas utspädning med sjövattnet. I så fall måste grundvattnet inträda i denna sjö på tre nivåer och noga utvälja de, där ytgyttjorna äro fattigast på diatomacéskal. Svårt är ju ock att tänka sig grundvattnet uppträngande genom djupa gyttjebäddar. Den starka järnutfällningen synes vara lokaliserad till södra delen av sjön. Från norra delen stå till förfogande en profil och några ströprov. I alla dessa visa järnkoproliterna vida mindre frekvenstal. Största antalet järnkoproliter i norra delen håller ett prov, även detta från 5 m, med 67 per volym, övriga ligga därunder. I jämförelse med andra av mig kända sjöar måste Lekvattnets järnutfällning anses riklig. I Förhultssjön (vid Aneboda) är i den nivå som svarar mot Lekvattnets undre järnkoprolitzon maximisiffran för järnutfällningarna c:a 100; denna sjö är dock starkt malmförande.



Något annorlunda än järnet förhåller sig mangan i det kemiska diagrammet. Här tycks på östra sidan finnas ett markerat maximum mellan  $2\frac{1}{4}$ — $4\frac{1}{2}$  m (ända till 13 % mangan av utlöst substans), alltså en zonerings, som ligger på högre nivå än järnet. Manganutfällningen är till sin natur obekant. Till någon del torde mangan väl anrikas i ovannämnda järnbakteriers slemmantlar. På lägsta och största djup spelar den ej längre någon nämnvärd roll vid ytgyttjornas konstituerande. Egendomligt är mangans förhållande på västra sidan av profilen. Under det att järnet som sig bör har ett lågt värde på 10 och högt på  $4\frac{1}{2}$  m, visar mangan en tydlig anhopning på 10 m:s djup. Gyttjan består här av ganska mycket grå och ljusgrå detritus, de svartbruna till mörkbruna järnkoproliterna uppgå till högst 20 per volym, »*Cladotrix*» förekommer till ett antal av ca 30, alltså normalt, men dessutom förekommer stora koagulatliknande fällningsanhopningar av en mattbrun färg, således ej järnkoprolitfärg. Huruvida dessa äro mangan har ej låtit sig avgöra och om de här befinna sig in situ eller nedsvämmats från högre områden, kan knappast heller avgöras, varför frågan måste lämnas obesvarad.

Hos de övriga ämnena: aluminium, kalk och fosfor kan man knappast spåra några tendenser, då den ökning, som sker i djupaste delen, måhända blott är skenbar, framkallad av en stark minskning av den absoluta järnmängden. Kalkkurvan företer rätt betydande stegring på 9.1 m. På detta djup men också på 8.1 m och något på 10 m förekomma i gyttjan små spolformiga kristallnålar av kalciumkarbonat. Denna bestämning har genom noggrann optisk undersökning verifierats av statsgeologen Fil. Dr N. Sundius. In situ i gyttjan förekomma dessa kristaller stundom massvis i de yttre delarna av »*Sideroderma*»-mantlarna. Då de blott anträffas, där järnbakterierna förefinnas, men ej inom området för de gröna assimilerande växterna ledes tanken osökt därhän att det äger rum en kemosyntetisk assimilation av  $\text{CO}_2$  från järnbakteriernas sida. Om den förefinnes och huru den tillgår, kan naturligtvis ej här avgöras. — Fosforsyretillgången i ytgyttjorna måste betraktas som riklig, när de här erhållna värdena jämföras med de analysiffror från fossila gyttjor, som finnas tillgängliga i Sveriges geologiska undersöknings torvinventerings analysmaterial och vilka av statsgeologen Dr L. von Post ställts till förfogande. I analyserna av »detritusgyttjor» (66 analyser) ligger fosforsyran här ständigt under 0.40 % och utgör i medeltal 0.05—0.20 % av askans beståndsdel. Av »sjödy» föreligga 51 analyser. Sjödyn visar i allmänhet något högre fosforhalt och i 2 fall överstiger denna 0.40 % (maximalt 0.58 %) av askan. Medelvärdena ligga här inom något högre gränser 0.10—0.25 %.

Jämför man och härmed analyserna av de visserligen ej oklanderliga proven från Lauenburgs sjöar (Bärtling 1923), så kommer ingen gyttja från dessa säkerligen näringsrika sjöar upp till så höga värden i fråga om fosforsyra, som här är fallet. Hög fosforsyrehalt i vatten och sediment stå sålunda i Lekvattnet i korrelation till varandra även om ackumulationen härav ej når samma storlek som för järn och mangan.



Återstå så blott svavel och kväve. Svavel saknas som av analysen framgår. På 4.5—5.1 m. finnes spår härav. I en analys från ett generalprov taget av Fil. Lic. N. H. Magnusson i februari 1922 fanns ej heller några spår av detta ämne och det tycks som regel ej förefinnas i ytgyttjorna, varför svavelbakterier också fullständigt saknas i sjön.

Kväveanalyserna äro tyvärr för få att tillåta några säkra slutsatser. Men det högsta värdet finnes på 10.2—10.7 m, d. v. s. inom det område, där järnbakterierna, speciellt »*Sideroderma*» ännu spela någon roll. Därför må det anses av vikt att vid kommande undersökningar utröna, huruvida en anhopning av organiska kväveföreningar åstadkommes av dessa järnbakterier, i så fall så mycket intressantare, som rhizopoderna tydligtvis äro till finnandes rikligast på dessa bakteriefält, och det ej är uteslutet att det kväverika näringssubstratet kan förorsaka detta.

Skulle vi nu försöka att sammanfatta de erfarenheter, som föreliggande undersökning givit vid handen för att belysa premisserna till det fenomen, som riktat intresset på Lekvattnet, så måste med hänvisande till vad som sagts om de limniska företeelserna denna sammanfattning i flera delar bli hypotetisk. Betänkas måste ock att allt vad här funnits måst göras efter nya arbetslinjer och metoder inom limnologien och mycket, som ansågs ligga utanför det vid undersökningens tidpunkt centrala problemet, har under bearbetandet visat sig framstå som faktorer primo movens. Är ett ljusfenomen bundet till en sjö så är det ju självklart, att det måste ses och tolkas i belysning av de särdrag, som präglade just detta limniska områdes självverksamhet, och ej ställas i lös kontakt med elektricitet, magnetism m. m. men man får inte glömma, att det ej går att sätta likhetstecken mellan fenomenet självt och dess orsaker, som äro det primära. Fenomenet självt hava vi aldrig sett och kunna således icke tolka detta. Sjön hava vi lärt känna i den mån materialet det tillåter och funnit inom densamma rådande karakteristiska förhållanden, som i bestämd riktning påverka det produktionsbiologiska förloppet och skapa de ovannämnda premisserna.

En kort rekapitulation av de för sjön säregna dragen i de kemiska och biologiska processerna må därför vara på sin plats.

Vi ha för oss en sjö med brunt vatten rikt på humuskolloider och fosforsyra. Den senare har ju alltid ansetts produktionsstegrande. Vi konstatera dock armodet av sjöns fytoplankton, där studiet av ytsedimenten lär att planktiska diatomacéer nästan fullständigt saknas, och måhända beror detta på att fosforsyran ej av dessa kan utnyttjas i den form den i vattnet föreligger. Vi veta vidare att en faktor, som ej närmare berörts, men som är mer eller mindre verksam i alla sjöar utfaller järn ur sjöns vatten i stora mängder och tydligtvis *mest i södra delen*. Förmodligen ackumuleras vid detta utfällande fosforsyran i en eller annan form, antagligen som järnfosfat och blir samtidigt användbar för vegetationen. På bottnen och på *Isoëtes*- och *Lobelia*-ständen uppspirar därför en diatomacévegetation av jättelika dimensioner. Bland dessa diatomacéer förekomma flera arter, som



vi annars äro vana att finna bland plankton, vilket de kunna till väsentlig grad konstituera, men ej så här. Det styrker ju riktigheten av vårt resonemang. Järnets utfällande eller rättare den process som åstadkommer detta är sjöns faktor primo movens och den skapar i och för sig sjöns tvenne karakteristika: ytsedimentens fosforriktighet och litoralzonens massvegetation, två tillräckligt tydliga linjer i sjöns självverksamhet, som utgöra det primära — premisserna.

### Fossila sediment.

*Stratigrafi och mikrobiologi.* De viktigaste fossila sedimenten äro mjåla och gyttja.

Mjålan finnes utom som fast botten (se sid. 5) inlagrad i gyttjan speciellt i dess övre del. Lokalt och särskilt i norr kan översta mjålagret vara c:a 5 cm. Mjålan är praktiskt taget fossilfri.

Upptagas med rörlod propelare, som sedan medelst glasskivor itudelas, visar det sig, att dessa mjålagret icke äro ett enda mäktigt lager utan snarare äro en växellagring mellan tunna mjål- och gyttjelager alltså en oregelbunden skiktning. Denna är dock under inga förhållanden att förväxla med den normala årsskiktningen. Teoretiskt böra mjålagren motsvara högvattensperioderna.

I pollenanalytiskt undersökta fall har det visat sig, att mjålagren icke äro inskränkta till subatlantisk tid. Visserligen visar mjålagrens tillväxt såväl i mäktighet som antal en kraftig ökning strax över gränshorizonten, men detta kan möjligen endast vara en tillfällighet.

Om mjålagrets genetik torde det vara försiktigast att ej yttra sig med bestämdhet. Av ovanstående framgår ju, att det knappast kan ha förorsakats av det vid klimatomslaget sannolikt höjda vattenståndet, som skulle medfört ökat erosionsområde. Inte heller kan det ju ha förorsakats av timmerflottningen, dels därför att det finnes åtminstone redan under bronsåldern och dels därför att det även finnes i Stortjärn, som icke beröres av flottningen. Möjligen registrera mjålagren katastrofala vattenståndsförändringar såsom t. ex. under extrema högvattenår. För detta talar även den omständigheten att mjålagret, som sagt, tyckes vara mäktigare mot N, d. v. s. mot inloppet. Rent lokalt kan det naturligtvis utgöra distallager av utrasade mjålpartier, t. ex. vid ravinbildning.

Gyttjan av olika typer är det kvantitativt dominerande sedimentet i sjön. Gränsen mellan den fasta mineralbotten och den lagerföljdsbildande gyttjan, sedimentationsgränsen, är starkt växlande, beroende på exposition för strömmar av olika slag. Värdet varierar mellan  $\frac{1}{2}$  och 4 m. I stort sett gäller den principen, att proximalt och i mera exponerat läge strukturen är grövre: grovdetrusgyttja, medan strukturen ut mot djupen och i skyddat läge blir finare: findetrusgyttja.



För att få någon uppfattning om de fossila sedimenten, sedimentationsprinciperna och sedimenttillväxten, uppborrades en linjeprofil (fig. 3) i södra delen av sjön nära utloppet. Jag vill här uttryckligen framhålla, att detta var ett av de första trevande försöken å området. Då emellertid fältarbetena ej kunnat göras om, ha resultaten av mina senare noggrannare undersökningar i andra trakter även tillgodogjorts för en del konstruktioner och resonemang.

Profilen uppborrades från östra stranden i viken N om dammbyggnaden vid utloppet och går ut mot djupet V därom. Tyvärr har jag endast en litoral och en profundal provserie. I profilen märkes emellertid följande.

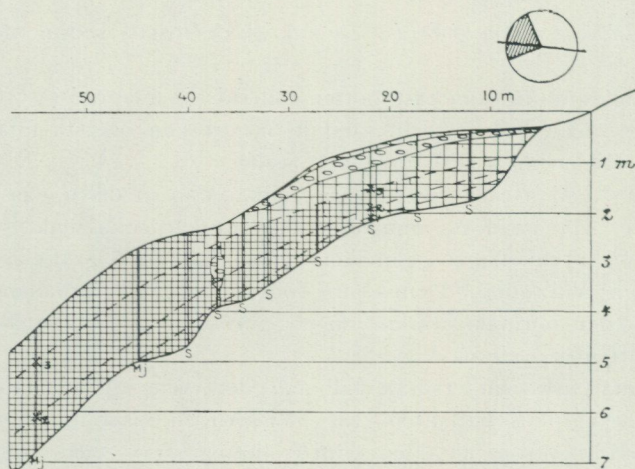






Fig. 3. Linjeprofil uppbordad nära Lekvattnets utlopp. Märk dels sedimentytans insänkning 30—40 m från land, dels att de äldsta sedimenten saknas i borrhprofilen 55 m från land. — De genomgående vertikala linjerna äro borrhprofiler utan provserier.

 Grovdetritusgyttja.

 Finedetritusgyttja.

 Diatoméockra.

 Sand och mjäla.



Schematisk kompassros, N-strecket lagt uppåt; streckat parti utmärker vindexpositionen; genomgående linjen är profilriktningen.

Påfallande är dels den ovanligt starka sedimentationen proximalt och dels den ovanligt högt liggande sedimentationsgränsen. Jag hade a priori väntat, att såväl expositionen för V-vindar som närheten till avloppet skulle sänka denna gräns och förorsaka klenare sedimentation.

De i profilen representerade organogena sedimenten äro gyttja av flera typer samt diatoméockra. Litoral utgöres gyttjan av en grovdetritusgyttja, d. v. s. den grova fanerogam- och kärlkryptogamdetritus är proportionsvis dominerande. Denna typ är representerad särskilt över den unge-



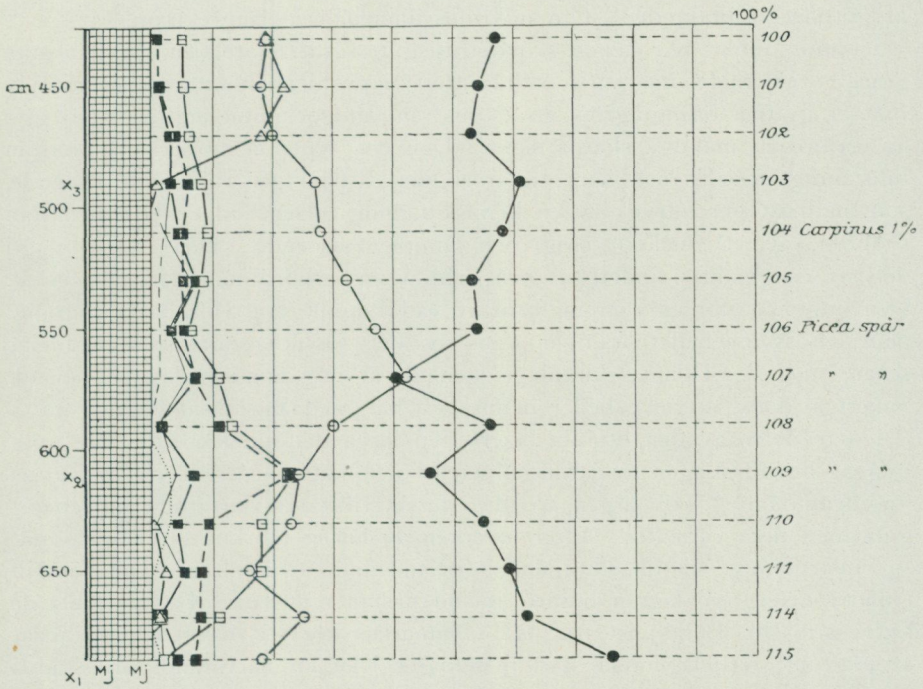


Fig. 4. Pollendiagram ur profundalprofilen c:a 55 m från land i linjeprofilen.

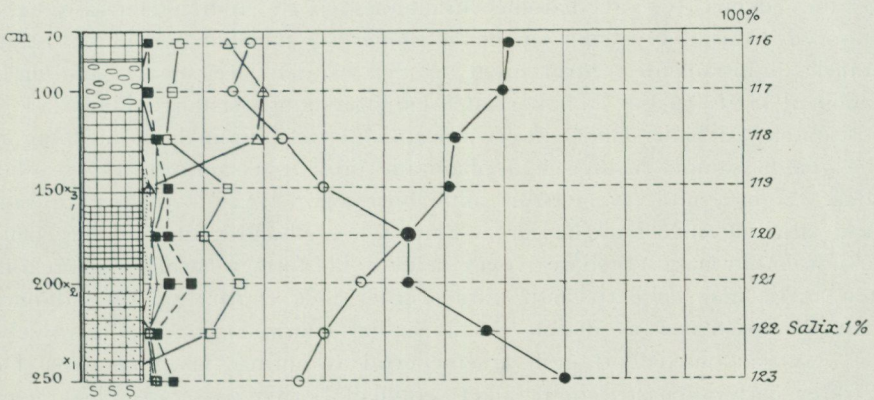


Fig. 5. Pollendiagram ur littoralprofilen c:a 22 m från land i linjeprofilen. Jfr kurvorna inom de abiegna partierna i båda diagrammen.

- |       |        |         |       |             |
|-------|--------|---------|-------|-------------|
| ⊕     | ○      | ●       | □     | ■           |
| Salix | Betula | Pinus   | Alnus | Ekblandskog |
| ---   | △      | —       | △     | ■           |
| Ulmus | Tilia  | Quercus | Picea | Corylus     |



färliga nivån för klimatomslaget. Vid denna nivå och naturligtvis underst är gyttjan starkt sandig. Om mikrofossilinnehåll se längre fram.

Ut mot djupet blir denna grovdetritusgyttja allt finare och övergår utan gräns i en findetritusgyttja, allra ytterst i profilen av rätt egenartad typ. Inåt är gyttjan brungulgrön, en 45 m från land och utåt är den uppbyggd av ca  $\frac{1}{2}$  cm mäktiga skarpa skikt. Den ena typen är mörkblågrön nästan fullständigt fossilfri och har i mikroskopet ett flockigt strukturlöst utseende, som närmast ger intryck av en kemisk fällning. Den andra typen är nästan rödbrun, av ett luckert, oljigt och klimpigt utseende. Den är uppbyggd dels av en gulaktig findetritus och dels av en oerhörd massa diatomacéskal. Den utgör därför en extrem form av vad Potonié (1908) kallade diatomépelit. Fossilinnehållet framgår f. ö. av det fossildiagram som meddelas senare (fig. 9). Denna skiktningens genetik är mig ännu så länge obekant. Säkert är dock, att icke heller denna typ har med årsskiktning att göra.

I övre delen av den litorala lagerserien ligga diatoméockrorna. De uppbyggas huvudsakligen av järnutfällningar och diatomacéer eller i synnerhet fragment därav. Till färgen äro de i färskt tillstånd klart röda till senaps-gula med flera varianter. Efter inverkan av luften mörkna de, få en smutsig anstrykning och bli slutligen i torrt tillstånd citrongula. Lokalt, särskilt i undre delen, äro lagren ljusare, ibland nästan rent vita. De innehålla då föga järn (jfr Lundqvist 1924 a). Anmärkas bör att dessa ockror täckas av ett tunt gyttjelager och därför möjligen icke för närvarande äro stadda i bildning, åtminstone ej i sin renare form.

I detta sammanhang må nämnas att dylika ockror även finnas V och N om den stora ön (tavla 1).

Utom denna typ av diatoméockra finnes ca 38 m från land å 3—4 m djup en likartad typ, som emellertid skiljer sig därifrån genom sitt stratigrafiska uppträdande. Strukturellt är den lik den föregående. Färgen är vanligen klart ljusgul och konsistensen ytterst lös, nästan vällingartad. I horisontell led hade den å observationspunkten så minimal utsträckning att alla genom samma hål i isen upphämtade prov från samma nivå voro helt olika. Som resultat av ett stort antal borringar å ca  $\frac{1}{2}$  m<sup>2</sup> stor yta framgick, att diatoméockran här är av ytterst oregelbunden utsträckning och i huvudsak blir något bredare i övre delen. Till formen närmar sig förekomsten i viss mån en hattsvamp, vars överdel dock ej når upp till sedimentytan. Konsistensen av diatoméockran är här, som redan framhållits, mycket lös. Gyttjan omedelbart intill är emellertid av normal, fast konsistens. Det märktes därför genast genom vilket sediment borren passerade. Just denna lösa konsistens liksom också det förhållandet att diatoméockran ej når upp till sedimentytan synas mig ge lösningen till dess genetik. Sannolikt är nämligen även denna typ i likhet med det lokala fallet i Rasjön (Lundqvist 1924 a) bildad åtminstone genom partiell urspolning vid ett källutflöde.

Sedan nu sedimenten granskats, kan det vara av ett visst intresse att göra en sammanställning av dessas tillväxt i sjön. Visserligen tillåta ej



enbart dessa två profiler några detaljerade slutsatser, men med tillhjälp av mina resultat från andra områden (Lundqvist 1924 b) kunna dock en del antydningar erhållas.

För detta ändamål har jag pollenanalyserat de båda provserierna, vilkas fossilinnehåll behandlas senare. De båda pollendiagrammens (fig. 4 och 5) inbördes överensstämmelse torde icke vara svår att uppfatta. Mest iögonfallande äro väl gran-, tall- och björkkurvornas inbördes likheter. Alkurvan ligger i litoraldiagrammet (fig. 5), upptill något högre än i det andra. Möjligen beror detta på närheten till stranden. Absolut överensstämmelse kan man knappast fordra, då det ju är ytterst osannolikt, att man med dessa relativt glesa (20 c:ms) prov lyckas träffa exakt samma nivåer i båda serierna. Vid liknande undersökningar i annat sammanhang har jag i pollendiagrammen använt tre regionalt lätt igenkännliga nivåer  $X_1$ ,  $X_2$  och  $X_3$  (Lundqvist 1924 a och b).  $X_1$  är den nivå, där alkurvan börjar. Den ligger inom al-hasselzonen (von Post 1920) och torde åtminstone inom stora delar av Sydsverige ligga ungefär i närheten av nivån för *Ancylus maximum*.  $X_2$  markerar i stort sett ekblandskogens kraftigaste blomstringsperiod och torde sammanfalla ungefär med *Litorina maximum*.  $X_3$  är den nivå, där grankurvan börjar. I stort sett torde den i lagerföljden motsvara nivån för klimatomslaget. Den äldsta nivån,  $X_1$ , återfinnes endast i det litorala diagrammet. Det är icke någon tillfällighet utan snarare regel att de äldsta lagren ligga just på litoralbranten och saknas längre ut, åtminstone inom det vertikalområde jag kunnat nå med borren (8 m under vattenytan).

$X_2$ -nivån är föga markerad, men desto mera iögonfallande är nivån strax under den: där tall- och björkkurvorna mötas. Nivån antyder en betydligt kraftigare ökning av sedimentationen ut mot djupet. Denna regel understrykes så mycket kraftigare av  $X_3$ -nivån d. v. s. endast av sedimentzonen  $X_2$ — $X_3$ . Hur stratigrafien förhåller sig vid det vertikala ockra-partiet har tyvärr ej kunnat fastställas. Den förmodade regeln brytes fullständigt av sedimentzonen över  $X_3$ . Denna nivå ligger ju i båda profilerna c:a 70 cm under sedimentytan och antyder alltså så gott som exakt samma sedimentation. Troligen beror det endast på en tillfällighet, att jag råkat placera borrprofilerna så. I flera fall från andra sjöar känner jag nämligen, att mellan de litorala och profundala sedimentationszonerna ligger ofta en övergångszon med minimal sedimentation. I en del fall har jag ifrågasatt denna zon till en erosionszon (Lundqvist 1924 b). En dylik zon antydes ju i ifrågavarande profil genom sedimentytans nedsjunkning å c:a  $2\frac{1}{4}$  m under vattenytan. Tyvärr har jag ej haft material till att bestämma nivåns förlopp inom det kritiska området, vars existens vid tiden för fältarbetena var okänt.

Sedimentationen tillväxer sannolikt mot djupet, såvida inga störningar, såsom t. ex. vattenströmningsförhållanden, minimal sedimentbildande planktonproduktion etc. förefinnas.

I viss mån ett bevis för denna tillväxt och frånvaron av dylika störande faktorer inom södra delen av sjön, utgör undersökningen av en provpelare, upptagen med rörlod från 20 m:s djup utanför profilen.



I provpelarens översta del ligger ett nära 2 cm mäktigt mjällager. Då jag icke känner hur lodets inslag inverkar på provpelarens kompression, då ett fastare lager vilar å ett lösare, är det svårt att uttala sig med bestämdhet. Framhållas bör emellertid, att jag i andra likartade gyttjor utan täckande fastare ytlager funnit, att provpelaren vanligen utgör  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{7}$  av ursprungliga längden (Lundqvist 1922, 1923). Mjällagret torde öka sammanpressningen, men antaga vi som minimummått  $\frac{1}{7}$ , skulle alltså den 14 cm långa pelaren ursprungligen varit c:a 1 m, troligen dock avsevärt mera.

Ett pollendiagram genom provpelaren (fig. 6) visar, att botten i densamma är yngre än  $X_3$ -nivån. Förekomsten av *Carpinus* i näst understa provet antyder dock, att nivån befinner sig strax under botten i pelaren (jfr även fig. 4). Sedimentationen skulle alltså här å observationspunkten utgöra något över 1 m sedan klimatomslaget, en siffra, som dock nämnes med all reservation.

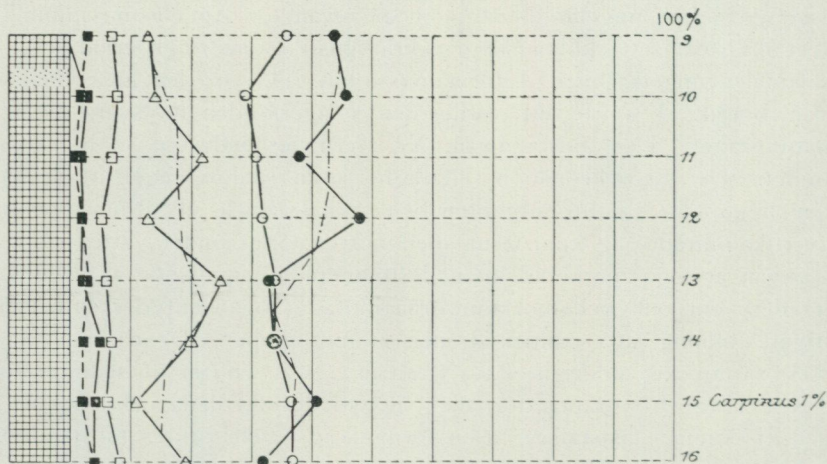


Fig. 6. Pollendiagram ur provpelare från 23 m:s djup i södra delen av Lekvattnet. Jfr medeltalskurvornas gång med motsvarandes inom de föregående diagrammens abiegn partier.

Pollendiagrammet visar emellertid en annan och viktigare sak av principiell betydelse, nämligen att pollenanalysen, såsom den användes inom torvgeologien, ej direkt kan tillämpas inom limnologien.

Av en jämförelse mellan diagrammen fig. 4 och 6 framgår ju omedelbart, att de subatlantiska kurvorna för gran, tall och björk i det första diagrammet, d. v. s. å 4—5 m djup ligga å c:a 20, 55 och 19%. I diagrammet från 20 m ligga i stället kurvorna kring c:a 18, 40 och 33% i samma ordning som förut. Detta visar alltså, att relativtalen för gran och tall minska, medan samma tal för björk stiga. Malmström (1923) har teoretiskt och experimentellt framhållit detta genom att visa att gran- och tallpollen flyta bättre än övriga pollenslag och därför ha större utsikter att driva mot land och förstöras. Detta skulle alltså resultera i en såväl absolut



som relativ minskning av dessa båda pollenslag mot djupet, vilket ju rent matematiskt medför en relativ uppgång av de övriga kurvorna.

För att pröva hur Malmströms åsikt ställer sig i naturen har jag genomgått de förut av Thomasson diskuterade ytproven och behandlat pollenfrekvensen i dem såväl absolut som relativt.

Det framgår ju av diagrammet fig. 7 med all önskvärd tydlighet, att de absoluta kurvorna för gran och tall sjunka mot djupet i förhållande till björkkurvan. Alkurvan tyckes tämligen indifferent. Anmärkningsvärt är ju, att de olika absoluta kurvorna svänga fram och tillbaka och nära nog antyda en zonerings av pollenet. Särskilt markant är ju pollenminimet å ca 5 m. Anledningen till denna nedgång kan bero på att pollenet till

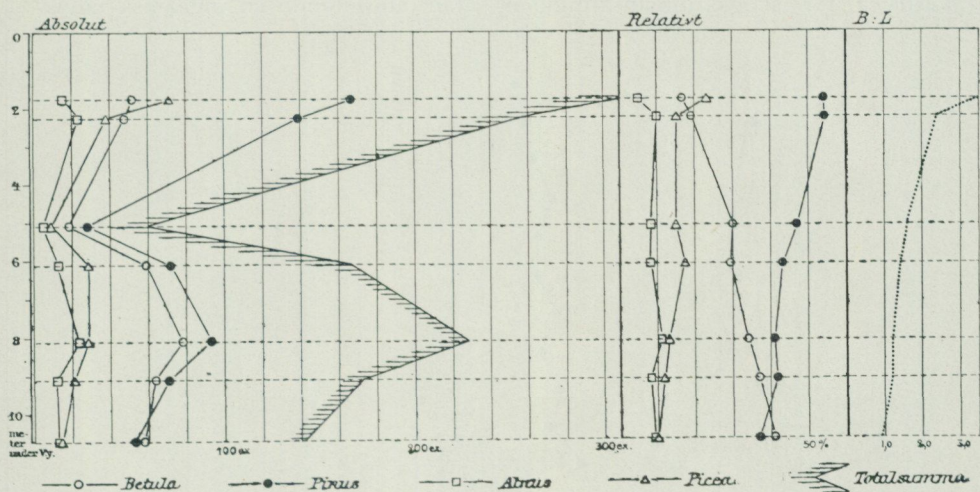


Fig. 7. Diagram belysande den absoluta (till vänster) och den relativa pollenfördelningen (i mitten) samt till höger förhållandet mellan barrträds- och lövträdspollen (B:L) inom ytgyttje-profilen i södra delen av Lekvattnet. Barrträdspollenets relativa nedgång framkommer ju tydligt.

stor del är bortspolat från denna zon, eller att det är förstört eller att det är osynligt på grund av den ytterst starka järninkrustationen å denna nivå. Ett indirekt stöd för den första möjligheten är den redan förut antydda omständigheten att å just denna nivå är sedimentationen i många sjöar ofta minimal.

Pollenets zonala destruktion är en möjlighet, som ingalunda kan negligeras. Den föregående utredningen om ytgyttjornas kemi visar till fullo, att även de kemiska förhållandena äro zonerade, och man kan knappast förneka, att pollenet förstöres. Särskilt gäller detta i sjöar med starkt järnhaltiga sediment, och speciellt björkpollenet är då ofta så starkt destruerat, att man måste ha rätt stor vana för att kunna se det.

Under alla omständigheter visa de nu behandlade kurvorna, att absoluta tal inom pollenanalysen kunna vara mycket tvivelaktiga. De relativa talen (fig. 7, mittfältet) äro i flera fall betydligt säkrare. Speciellt gäller detta om man vill följa synkrona nivåer med ej allt för stora djupdifferenser.



Uttryckas de föregående absoluta talen relativt, erhålles diagrammet fig 7 mittpartiet.

Detta diagram visar ju trots de glesa proven synnerligen vackert tendensen i kurvornas gång: stigning för lövträdspollen och sjunkning för barrträdens. Förhållandet barrträdspollen: lövträdspollen (B:L), som ger samma värde, vare sig vi utgå från absoluta eller relativa tal, representerar så att säga barrträdspollenets förstöringskurva och framgår av fig. 7 högra fältet. I detta förhållande har jag ej inräknat ekblandskogs- och hasselpollen, då de förekomma i så låga frekvenser. Tendensen i kurvan är ju tydlig, i det att den sjunker från 3.6 å 1.7 m till 0.9 å 10.7 m. Min mening med denna kurva är naturligtvis icke att ange något botaniskt förhållande, något uttryck för skogssammansättningen, utan uteslutande en mekanisk effekt.

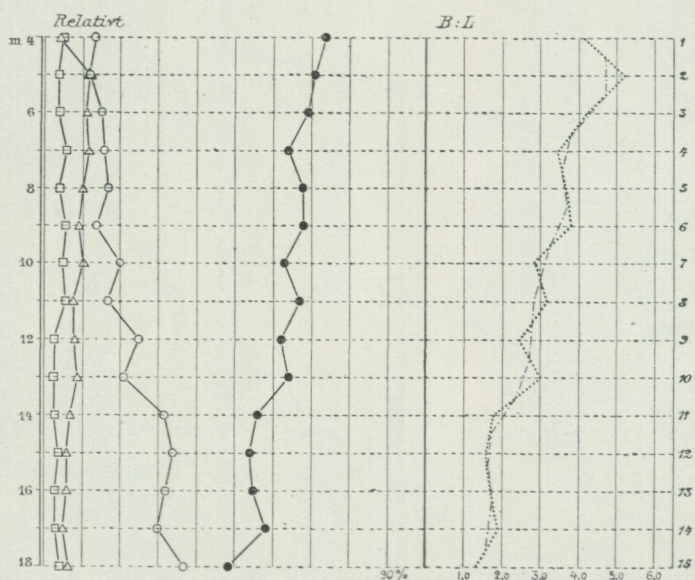


Fig. 8. Diagram över den relativa pollenfördelningen i en ytgyttjeprofil i nordvästra viken av Sommen. Till höger B:L, jfr denna kurvas gång med motsvarandes i fig. 7.

För att visa, att den nu relaterade principen för de olika pollenkurvornas gång icke är ett specialfall gällande enbart för Lekvattnet utan torde vara en generell regel, har jag genomgått en serie ytprov från Sommen. De tillåta dock icke användning av absoluta metoder.

Detta diagram (fig. 8) visar ännu skarpare än föregående hur björkkurvan stiger, medan gran- och tallkurvorna sjunka mot djupet. Detta sista kan även möjligen vara fallet med alkurvan, men de små värdena tillåta intet bestämt uttalande. Grankurvan sjunker från 13 till c:a 6% och tallkurvan från 74 till 48%. Samtidigt stiger björkkurvan från 13 till 37%.

Tendensen i förhållandet B:L är ju synnerligen skarpt markerad här, i det att högsta värdet är 5.2 och lägsta 1.3. (Översta provet, 4.2 kan möj-



ligen vara orent.) Märk att B:L-kurvorna i såväl Sommen som Lekvattnet äro så gott som alldeles parallella.

Dessa stora skiljaktigheter å relativvärdena från olika djup förefalla ganska riskabla för pollenanalysen, men så är i verkligheten icke händelsen.

Båda diagrammen (fig. 7 och 8) visa, att de mest markanta skillnaderna förefinnas mellan de översta och nedersta proven. Dessa prov har man sällan användning för inom limnologien, det översta (omedelbart invid sedimentationsgränsen) emedan lagerföljden praktiskt taget saknas där. Det största djup, man når vid borringar, begränsas av borrens längd, som vanligen är 8 m, och över denna nivå äro variationerna ej så riskabla. Använder man större borrlängd eller rörlod, måste man givetvis vara mycket försiktig och under inga omständigheter bestämma nivåer enbart efter de olika kurvornas relativa talvärden. Nöjer man sig emellertid huvudsakligen med nivåer, där olika, i allmänhet högre liggande, pollenkurvor börja eller sluta, torde felrisken vara rätt liten.

Med kännedom om sedimentationsförhållandena i allmänhet misstänker jag, att pollensorteringen (alltså förhållandet B:L) i viss mån är beroende av profilens exposition. (Jfr Malmström 1923.)

I detta sammanhang vill jag framhålla, att relativkurvornas förlopp även kan bero på enbart uppgång av absoluta björkkurvan. I Lekvattnet är detta, som ovan visats, icke fallet, men här torde råda mera ovanliga kemiska förhållanden, som kunna förorsaka olika destruktion av pollensorterna.

Under alla omständigheter visar det föregående, att Malmströms åsikt principiellt är riktig, men att det av honom påpekade förhållandet i praktiken spelar föga roll. Kännedomen om det faktiska förhållandet är emellertid nödvändig, speciellt inom limnologien.<sup>1</sup>

En mikrobiologisk analys av de båda profilerna antyder en del av ekologiskt intresse. Jag vill dock genast framhålla, att speciellt för denna undersökning två provserier ej äro tillräckliga, och dessutom fordras jämförelsetal från andra sjöar.

De bifogade diagrammen angiva absolut antal per mm<sup>3</sup> gyttja i naturligt tillstånd av resp. arter eller artgrupper. Senare gjorda undersökningar ha visat, att ett särhållande av de olika arterna ger skarpere resultat; men då proven redan äro hoptorkade och alltså otillgängliga för kvantitativa analyser, är en reparation av denna bristfällighet omöjlig. Av denna anledning vill jag ej så ingående diskutera kurvförloppen.

<sup>1</sup> Inom torvgeologien torde felriskerna vara ännu mindre, då de djup, å vilka sedimenten under torvmarkerna bildats, sällan uppgått till mer än några få meter. L. von Post, som för att verifiera mina resultat, gjort en kontrollundersökning av subatlantisk högmosstorv i Dagsmosse och samtidig gyttja i Tåkern, har, enligt muntligt meddelande, här funnit mycket överensstämmande relativa pollenfrekvenser. Förhållandet B:L blir i medeltal för torven (4 nivåer) 1.34 och för gyttjan (6 nivåer) 0.93, då hela pollenfloran medräknas. Om alen, som på grund av närheten till stranden a priori måste komma att överväga i gyttjan, utelämnas bli motsvarande tal 1.44 och 1.27. Dessa siffror visa visserligen en svag tendens i överensstämmelse med den av Malmström förfäktade meningen, men icke större än att differenserna i praktiken kunna negligeras.



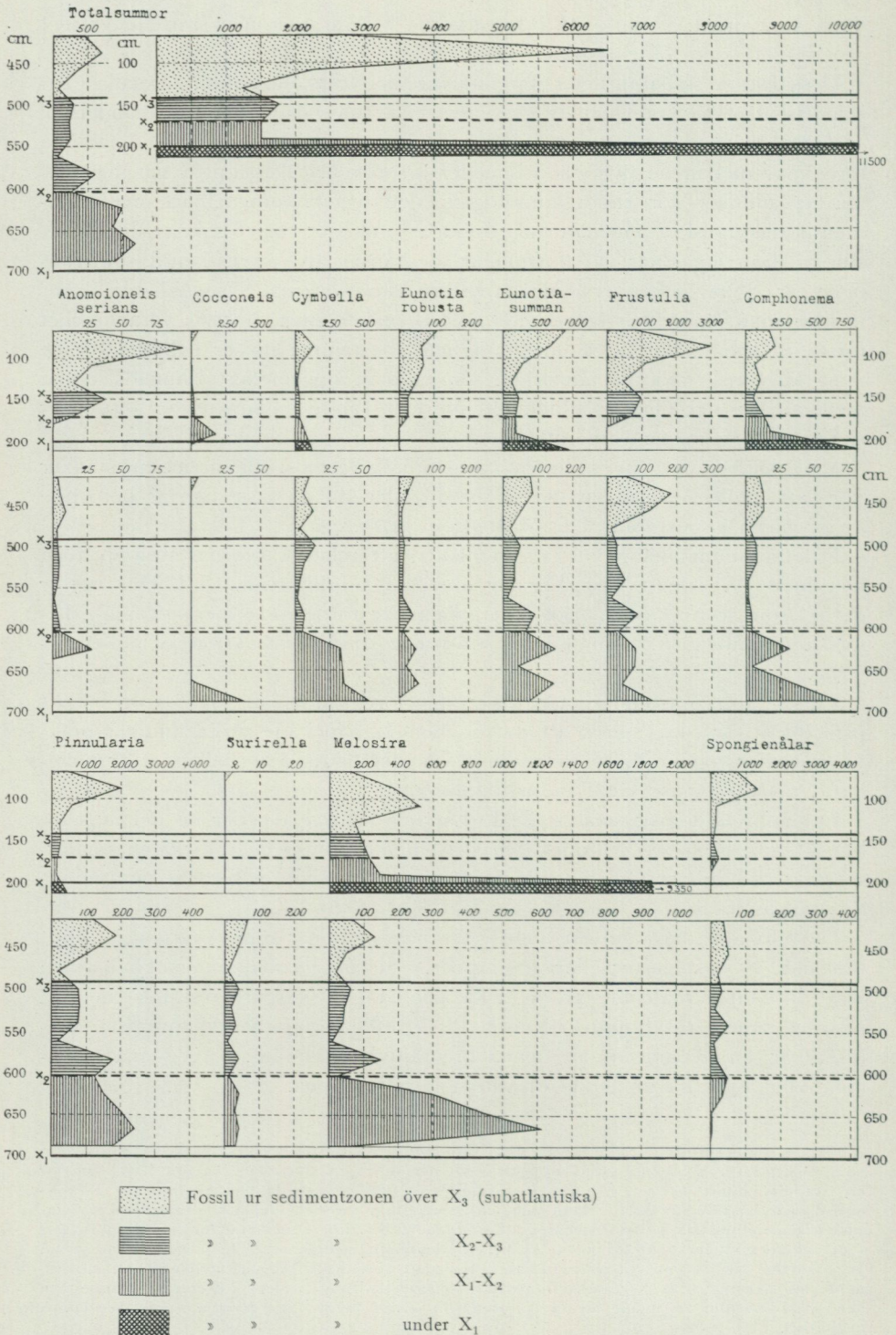


Fig. 9. Diagram över några microfossils kvantitativa fördelning per kubikmillimeter i profundal- och littoralprofilerna. Den första diagramraden visar hela antalet microfossil i de båda profilerna (profundalprofilen till vänster). Den andra och den fjärde diagramraden utvisar antalet microfossil i littoralprofilen. Den tredje och den femte utvisar antalet av samma microfossil i profundalprofilen.



Av vikt är att fasthålla de olika skalorna i den yttre och den inre profilen; den senare är nästan alltid en tiondel av den förra, vilket direkt angiver, att i stort sett är litoralproduktionen c:a 10 gånger kraftigare. Vidare vill jag framhålla kurvornas lägen i förhållande till de redan förut behandlade nivåerna, vilka även i helt annat sammanhang visat sig vara av stor betydelse (Lundqvist 1924 b).

De absoluta diagrammen (fig. 9) äro av ett visst intresse, då de representera resultatet av en helt ny arbetsmetod: införandet av absoluta frekvenser å fossila sediment, åldersbestämda i såväl vertikal som horisontell led<sup>1</sup>. Ett kort omnämnande av kurvorna kan här vara på sin plats.

*Anomoineis serians* har ett äldre litet maximum, som profundalt är mera utpräglat. Litoralt ligger ett mycket kraftigt subatlantiskt maximum i diatoméockran. Märk likheten mellan denna litoralkurva och den för *Frustulia* men observera även den stora produktionsskillnaden.

*Cocconeis flexellum* finnes ej i det allra äldsta litoralprovet men ökar i det ovanför varande hastigt till c:a 150 per mm<sup>3</sup>. Dess maximum faller mellan X<sub>1</sub> och X<sub>2</sub>. Profundalt saknas den utom i de äldsta och yngsta proven.

*Cymbella* har dels ett gammalt maximum profundalt och dels ett ungt litoralt. Det sista är dock ej så utpräglat.

*Eunotia* äro dels *E. gracilis* och liknande och dels *E. robusta*. Den sistnämnda saknas i de äldsta proven medan *E. gracilis* m. fl. där gå i högproduktion. Båda få tidigt sitt första maximum mellan X<sub>1</sub> och X<sub>2</sub> och ett senare i sensubatlantisk tid. Speciellt rikliga äro de i diatoméockrorna. Av intresse är att *E. robusta* inkommit senare än de andra arterna.

*Frustulia* saknas i de äldsta lagren litoralt, men anmärkningsvärt nog tyckes den profundalt finnas i något äldre lager än litoralt. Möjligen skulle detta förhållande kunnat förklaras med tillhjälp av en mellanprofil. Även *Frustulia* har ett gammalt maximum och ett subatlantiskt, fortfarande i diatoméockran.

*Gomphonema*, huvudsakligen *G. acuminatum*, äro rikligast i de allra äldsta lagren, minska under postarktiska värmetiden och öka sedan parallellt med *Eunotia*.

*Melosira* utgöres av ett flertal arter, som borde hållits isär, oaktat de kontinuerliga övergångarna däremellan. Frappant är ju det oerhörda litorala subarktiska maximet, som uppgår till c:a 9,400 exemplar per mm<sup>3</sup>. Senare håller frekvensen sig dock litoralt kring c:a 200 och är profundalt vid pass en tiondel därav. Inkongruensen mellan de båda *Melosira*-kurvorna synes mig visa, att de föreliggande *Melosira*-arterna i Lekvattnet till övervägande delen äro bottenformer.

*Surirella*, övervägande *S. robusta* och *elegans*, finnas endast profundalt. Kurvorna hålla sig i allmänhet under 50 per mm<sup>3</sup> men har en upp-

<sup>1</sup> En närmare redogörelse för mina arbetsmetoder är under tryckning i Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden.



gång i yngre subatlantikum. Eventuella deciderade maxima utsuddas, då arterna ej isärhållits.

*Pinnularia*. Den meddelade kurvan representerar summan men även de olika gruppernas (Lundqvist 1924 a) särkurvor följa samma princip. Även *Pinnularia*-summan visar profundalt ett maximum mellan  $X_1$  och  $X_2$ , som dock ej kommer till synes litoralt, och ett subatlantiskt, som är särskilt påtagligt i diatoméockran. Detta senare har även ett motsvarande profundalt maximum.

*Spongia*-nålarnas kurvor visa sinsemellan en ganska stor överensstämmelse. Båda börja mellan  $X_1$  och  $X_2$ , ha ett maximum vid  $X_2$  och ett på den vanliga subatlantiska nivån. Dock är här att märka, att motsvarande profundala maximum saknas.

Av diagrammen framgå med ganska stor tydlighet en del förhållanden beträffande de olika arternas uppträdande. Procentuellt äro de flesta i stort sett representerade ungefär lika under de olika tiderna. Inom de äldsta lagren måste dock en stark nedtryckning av samtliga arter ske genom den oerhörda *Melosira*-övervikten.

Diagrammen över arternas summor visa ju, hur oerhört mycket högre litoralproduktionen är, ett förhållande som knappast kan förklaras med en uttänjning av den profundala lagerföljden: de subatlantiska delarna äro ju lika mäktiga. I denna litorala högproduktion ingå samtliga arter med undantag av *Surirella*. *Surirella*, som saknas litoralt utom överst, har alltså alltid haft sitt produktionsmaximum på större djup än botten i litoralprofilen = c:a 2 m.

En annan grupp utgör *Melosira*, huvudsakligen bottenformer, möjligen fakultativt planktonisk. Den är dessutom frappant genom sin oerhörda subarktiska högproduktion litoralt.

En tredje grupp, som skiljer sig från övriga, bildar *Cocconeis*, vars uppträdande ju återspeglar de övrigas gamla och unga maxima, tillskärpta genom praktiskt taget frånvaro under mellantiden.

En fjärde grupp slutligen utgöra *Anomoioneis serians*, *Eunotia robusta*, *Frustulia* och *Spongierna*, vilka praktiskt taget saknas i de äldsta lagren och finnas först i  $X_1$ - $X_2$ -zonen.

Dessa arter tyckas alltså bilda en ekologisk konstellation för sig.

I viss mån en motsats till denna grupp äro de övriga arterna, vilka redan haft sin första högproduktion, när denna grupp inkommer, men som få ett subatlantiskt maximum parallellt med den ifrågavarande gruppen.

Av stort intresse är vidare det förhållandet, att de flesta arterna visa en relativt låg produktion under  $X_2$ - $X_3$ -tiden d. v. s. från ungefär tiden för Litorina-maximet och fram mot subatlantiska tiden. Enligt mina på sista tiden gjorda undersökningar i andra sjöar förefaller det, som om nyssnämnda lågproduktion ej skulle vara så ovanlig i sjöarna.

Om orsakerna till de ovannämnda kvantitativt olika förhållandena under de olika tiderna vill jag fatta mig kort, då materialet ju ej tillåter några detaljerade slutsatser.



Anledningen till högproduktionerna fram till c:a  $X_2$  torde vara, att under denna tid urlakningen inom sjöns vattenområde ej var så långt gången och sjön vida näringsrikare (jfr sid. 35). Under postarktiska värmetiden torde även Lekvattnet så småningom fått lägre vattenstånd. Den allmänna nedgången av produktionen under en stor del av denna tid kan möjligen förklaras åtminstone delvis genom sulfatbildning å den sålunda i ganska stor utsträckning blottlagda gyttjebotten. Högbom (1922) har ju påvisat sulfatbildning förorsakande fiskdöd inom humushaltiga vatten från år 1914, som var ett katastrofalt lågvattenår. Givetvis måste denna sulfatbildning inverka icke endast på fiskbeståndet utan även på det limniska områdets hela biologi. En biologisk undersökning under av Högbom omtalade förhållanden kunde därför möjligen vara av generell betydelse för förståelsen av värmetidens biologiska miljöer.

Den postglaciala vattenståndshöjningen ungefär strax före  $X_3$  medförde en återgång till äldre vattenstånd. Vittringen och urlakningen hade under den torrare  $X_2$ — $X_3$ -tiden fortskridit och detta i sin tur bl. a. förorsakat gynnammare ekologiska förhållanden i sjön, då den utbredd sig över sitt gamla område.

Kurvorna visa även en annan sak, som jag funnit vara ytterst vanlig eller nästan regel. Om de flesta arterna framhölls ju, att de hade ett gammalt och ett ungt maximum. Anmärkningsvärt är ju det undre, som antyder en hastig invandring. Just denna hastiga stigning å kurvorna underst och avtagande uppåt finner man mycket ofta även i pollendiagrammen. Förhållandet synes antyda att, för att invandring skall kunna ske, fordras vissa minimumlivsvillkor, men, när denna undre gräns är uppnådd, sker invandringen nästan katastrofalt. Då arterna däremot en gång fått fast fot inom ett område, ha de lättare att anpassa sig till miljöförändringar.

Givetvis kunna ej några detaljerade slutsatser dragas av fossildiagram från endast en sjö. Diatomacéekologien, som är en grundförutsättning för dylika slutsatser (Lundqvist och Thomasson 1923) har nämligen först med Thomassons undersökningar fått någorlunda fasta fötter under sig.

*Kemiska analyser av några fossila sediment.* Av stort intresse hade givetvis varit att få en kemisk utredning även av de fossila sedimenten i vertikal och horisontal led, men av vissa skäl har detta ej kunnat göras. Jag vill därför endast omnämna de kemiska egenskaperna för två av dem, nämligen den litorala grovdetrusgyttjan (underst i litoralprofilen) och diatoméockran, alltså typer för de äldsta och yngsta sedimenten. Givetvis äro de här meddelade analyserna för få att bygga på.

De meddelade proven förskriva sig, utom från det äldsta litorala bottenlagret, från diatoméockran såväl i bankpartiet som i det isolerade.

Om  $\text{SiO}_2$ , som i bottenlagret når upp till 67.14 %, må märkas, att en mycket stor del därav utgöres av diatomacéskal. Det är nämligen i detta lager *Melosira* nå sin högsta utveckling.

I ockrorna, som likaledes äro ytterst diatomacérika, ligger kiselkurvan å ungefär samma nivå. Det voro givetvis av allra största intresse, om man



Tabell 4.

	Övre delen i BP. 4. C:a 80 cm u. y.	Undre C:a 100 cm u. y.	Vertikala ockre- lagret i BP. 7. 350 cm u. y.	Botten- lagret i BP. 3. 190 cm u. y.
Aska . . . . .	87.84	87.31	87.60	76.10
SiO <sub>2</sub> . . . . .	45.71	77.97	63.22	67.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	36.93	3.70	14.22	3.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.38	3.70	8.52	3.90
MnO . . . . .	0.84	0.40	0.10	0.05
CaO . . . . .	0.06	0.16	0.13	0.32
K <sub>2</sub> O . . . . .	0.18	0.21	0.17	0.24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.15	0.13	0.24	0.10
N . . . . .	0.16	0.35	0.28	0.72

Tabell 5.

	Övre delen i BP. 4 C:a 80 cm u. y.	Undre C:a 100 cm u. y.	Vertikala ockre- lagret i BP. 7. 350 cm u. y.	Botten- lagret i BP. 3. 190 cm u. y.
Utlöst substans .	42.15	9.34	24.38	8.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	87.6	39.5	58.3	33.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.1	39.5	35.0	43.9
MnO . . . . .	2.0	4.3	0.41	0.56
CaO . . . . .	0.14	1.7	0.5	3.6
K <sub>2</sub> O . . . . .	0.43	2.3	0.7	2.7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.36	1.4	1.0	1.2
N i % på askan	0.18	0.4	0.32	0.94

kunde skilja på organisk SiO<sub>2</sub> (huvudsakligen diatomacéer och Spongienålar etc.) och oorganisk (sandkorn etc.). I sitt närvarande skick bli givetvis kiselanalyserna tämligen intetsägande.

I fråga om Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> må märkas en anmärkningsvärt liten skillnad mellan bottenlagrets 33.6 % och undre gula ockrans 39.5 %, räknat å utlöst substans. Dock är här av intresse, att den röda ockran är betydligt järnrikare, 87.6 %, än den gula, såsom fallet även var i Rasjöns ockror, där skillnaden dock ej var så markant (Lundqvist 1924 a).

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> antyder en anrikning nedåt, vilket även var fallet i Rasjöns ockror.

MnO, som är mycket likt motsvarande värden från Rasjön, antyder en ökning uppåt, d. v. s. i yngre lager, såsom det även rent teoretiskt bör vara.

CaO visar ett märkbart avtagande uppåt. Rent makroskopiskt åskådliggöres detta stratigrafiskt inom kalktrakter, då kalksedimenten alltid ligga underst.



$P_2O_5$  visar avtagande uppåt. Dock må märkas den relativt höga fosforhalten i den gula ockran, vilken kvantitativt håller mera diatomacéer etc. ( $SiO_2$ ) men mindre järn än den övre röda.

Kurvan för kväve, räknat i % å den utlösta askan, går nästan fullkomligt parallellt med fosforkurvan. Detta är av stort intresse, då man härigenom kemiskt får en viss uppfattning om de å organismer kvantitativt rikare nivåerna.

Som sammanfattning av ovanstående vill jag anföra följande, dock under uttryckligt framhållande av att analyserna äro för få för att visa annat än tendenser. Lättlösligare ämnen förekomma rikligast i de äldsta lagren (ex.  $CaO$ ), svårlosligare däremot i de yngsta (ex.  $Fe_2O_3$  och  $MnO$ ). Kväve- och fosforkurvorna gå parallellt och giva ett visst uttryck för halten av organismer. I de fall, då dessa utgöra diatomacéer, erhålles i viss mån en korrektion av uppfattningen om kiselkurvan och den roll det organiska kiset däri spelar.

Oaktat dessa siffrors fåtalighet antyda de alltså detsamma, som stratigrafien inom områden med extremare kemiska egenskaper i ena eller andra riktningen (t. ex. kalk eller järn) visa. Det är denna de olika ämnernas ganska regelbundna ordningsföljd inom en lagerföljd, som möjliggör de regionala förhållandena inom limnologien. Det bör dock uttryckligen betonas, att åldersbestämning av proven är av största vikt för en rätt förståelse såväl av hithörande problem som av de fossila sedimentens kemiska egenskaper överhuvudtaget.

### Ljusfenomenet.

Till sist må här nämnas något om ljusfenomenet och dess relation till föregående resultat. Som redan nämnts, ha vi ej själva iakttagit detsamma. Däremot lyckades Fil. lic. N. H. Magnusson i februari 1922 få se det, och huvudinnehållet av hans rapport till chefen för Sveriges geologiska undersökning är följande:

Fenomenet observerades av Magnusson samma kväll (13. 2. 1922) fyra gånger under loppet av en halvtimme. De första gångerna såg han det från backen nedanför Nergården och sista gången på endast 20 m:s avstånd. Det var då möjligt att på detta korta avstånd följa fenomenet så gott som nästan från dess uppkomst nere vid sjöstranden tills det försvann över trädtopparna. Platsen för dess uppkomst var nedanför gården Södra Ängarna i södra delen av sjön. Kvällen var ovanligt mörk och luftfuktigheten påfallande hög.

Förloppet var följande. Fenomenet visade sig nära sjöytan som ett blekt, blåvitt ljusklot, c:a 3 m i diameter. Då ljusballongen, som i sin helhet var lika starkt lysande, passerade genom en liten skogsdunge invid stranden, syntes trädstammarna omkring svagt upplysta. Efter c:a  $\frac{1}{2}$  minut höjde sig ljusballongen och krympte, varunder färgen ändrades till gult och slutligen rött. Under det att ljuset drev horisontellt i dalgångens riktning, delade



det sig flera gånger, varunder farten saktades. Samma förlopp hade fenomenet alla fyra gångerna Magnusson iakttog detsamma.

Ett likartat ljusfenomen observerades även strax invid sjöns utlopp (nära vår linjeprofil).

Enligt samstämmiga uppgifter om ljusfenomenet i Lekvattnet kan detta alltså anses vara knutet till sjön, och de närmaste orsakerna äro alltså att söka inom det limniska området. Då sjön är isbelagd, äro naturligtvis vakar och sprickor i isen en grundförutsättning för förbindelse mellan vattnet och luften, där den iakttagbara slutprocessen utspelar sig. Men vakar etc. kunna ju förefinnas överallt, ej blott i södra delen. Företeelsen måste alltså anses vara limniskt lokaliserad och dess framträdande beroende på uppkomsten av en gasformig kropp. Uppsamlandet av denna misslyckades, som sagt, för oss, och i och med detta äro vi i avsaknad av medel för det definitiva klarläggandet av orsaken till själva ljusfenomenet.

I en sammanställning till tidningspressen av kända förhållanden i samband med dylika fenomen framhåller överdirektör A. Gavelin, att dylika ljusfenomen torde »häröra från gaser, bildade av förruttande organiska substanser, vilka i luften syrsättas och bliva lysande». Dylika gaser, som skulle kunna ifrågakomma såsom orsaker till ljusfenomen äro bl. a. vissa fosfor-, svavel- och flyktiga kolföreningar.

Magnussons observationer över ljusfenomenets förlopp visa, att ett luminiscensfenomen föreligger. Svavel kan ej ifrågakomma, då analyserna visa mycket låg svavelhalt hos bottensedimenten. Återstår alltså av de tre möjligheterna endast fosforsyra, vilken ju här visat sig förefinnas i extrema kvantiteter.

En bidragande orsak torde i Lekvattnet även de av den ovanligt rika diatomacévegetationen ackumulerade organiska ämnena utgöra.

Förutsättningen för att de endast svagt lysande ljusfenomenen skola bli synliga är givetvis vissa yttre förhållanden. Sålunda framhöll Magnusson den höga luftfuktigheten. Sannolikt utgöra daggdropparna kondensations- och oxidationscentra för den från sjön härstammande gasen, och kring själva daggdropparna framträder luminiscensen som resultatet av en syrsättning. Färgförändringen torde sammanhänga med gasens koncentrationsförändringar, som i sin tur äro beroende på förbrukning, tryckförändringar etc. i likhet med vad man vet om de luminiscensfenomen, som äro närmare studerade.

Det är givetvis ej möjligt att utan jämförelsematerial lämna en definitiv lösning på fenomenet. Därför vore det av största intresse, att undersökningar, inriktade på denna punkt, utfördes även inom andra sjöar, där ljusfenomen säkert iakttagits. Anträffades även i dessa sjöar extremvärden liknande ovannämnda, vore det ett starkt stöd för den förmodan, som ovan uttalats. Av intresse i detta sammanhang är, att i en sjö i Arvikatrakten, där ljusfenomen även förekomma, vivianit anträffats, vilket ju även det pekar i samma riktning.

Det förhållandet, att ljusfenomenet ej visade sig vid tiden för vår undersökning i Lekvattnet, är knappast ägnat att förvåna den, som är det minsta



förtrogen med de limniska företeelserna. Dessa visa nämligen i stort sett en med årstidernas växlingar parallellt löpande förändring, varom en uttömmande kännedom blott kan ernås genom över längre tid utsträckta observationer. En till en kort tidsperiod förlagd undersökning, då livet i sjön dessutom är starkt begränsat, kan därför blott ge möjlighet till en ofullständig rekonstruktion av det limniska händelseförloppet, vars sannolikhet måste prövas med tillhjälp av jämförelser från andra sjöar inom regionalt likartat område.

Sv. geol. unders. febr. 1924.

### Zusammenfassung.

Diese Untersuchung, zu welcher die Feldarbeiten im Dezember 1922 ausgeführt wurden, wurde durch das in Schweden sehr bekannte Lichtphänomen in dem See Lekvattnet veranlasst.

Wir hatten damals keine genauen Arbeitsmethoden, da wir selbstverständlich schon am Anfang die älteren, sehr ungenügenden limnologischen Methoden verwarfen.

Die Untersuchung giebt eine ganz eingehende mikrobiologische und chemische Vorstellung von den Sedimenten, sowohl den unkonsolidierten Flächensedimenten, als auch den fossilen Sedimenten von verschiedenen Typen. Daneben haben wir eine Tiefenkarte über den See angefertigt. Die grösste Tiefe ist etwa 30 m.

Hinsichtlich der Beschaffenheit des Wassers gehört der See Lekvattnet den oligotrophen, braunen Urgebirgsgewässern an. Die von Humusstoffen verursachte Braunfärbung ist ganz stark, und das Wasser ist relativ reich an Kieselsäure — bis etwa 8 mg per l — und auch an Phosphorsäure — 0.09 mg per l — nach den leider zu wenigen Zahlenangaben zu urteilen.

Die Menge des Eisenoxyds erscheint als ein Mittelwert für Seen in Urgebirgsgegenden. Das Verhältnis  $\frac{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{CaO} + \text{MgO}}$  ist ganz sicher höher als 2.5. Also zeigt das Wasser des Sees einen relativ hohen Alkaligehalt infolge der kleinen CaO- und MgO- Werte. Dieses deutet darauf hin, dass das Phytoplankton des Sees zum Desmidiaceentypus (Pearsall 1921) gehört, und Teiling (1916) hat ja gezeigt, dass dieser Planktontypus in diesen Gegenden verwirklicht ist. Dieser Planktontypus ist bekanntlich durch Armut der quantitativen Produktion ausgezeichnet, und das Material an planktonem Detritus in den Flächensedimenten ist darum ganz unbedeutend. Bemerkenswert ist, dass die Schalen von planktischen Diatomeen nur äusserst wenig in den Flächensedimenten vorkommen. *Melosira* und *Cyclotella* fehlen vollständig und von *Tabellaria* kommt nur die eine oder andere Schale vor.

In den litoralen Flächensedimenten dagegen ist das Verhältnis ganz anders (Fig. 1). Das Vorkommen von spec. *Eunotia*, *Frustulia* und *Pinnularia*-Resten nähert sich gigantischen Dimensionen, eine ganz kräftige



Produktion hier andeutend. Mineralkörner sind sehr reichlich, Tierteile spärlich. Unterhalb der unteren Grenze der grünen Mikrophyten kommt eine Zone mit Eisenbakterien vor.

In chemischer Hinsicht (Tab. 2 und 3 und Fig. 2) zeigen die Flächensedimente einen grossen Gehalt an Kieselsäure sowohl im flachsten, als auch im tiefsten Wasser; die Variationen sind ganz deutlich durch das Vorkommen der Diatomeenschalen bestimmt. Der Eisengehalt ist gross über der Tiefenkurve für 10 m, ausser an dem flachsten Observationspunkte (etwa  $1\frac{3}{4}$  m.). Das Eisen kommt als bakteriogene Ansammlung zwischen 7—10 m und als Eisenkoprolitenfeld vor mit der grössten Eisenkoprolitenzahl in 5 m Tiefe. Die Eisenausfällung scheint im südlichsten Teil des Sees am grössten zu sein. Das Mangan erscheint auch in einer guten Zonierung, deren Ursachen uns noch unbekannt sind.

Von sonstigen Stoffen ist die Phosphorsäure von grösstem Interesse. Ein Vergleich mit Analysen von fossilen Sedimenten zeigt, dass der Phosphorsäuregehalt ungewöhnlich hoch ist.

Ganz sicher wird die Phosphorsäure bei der Ausfällung des Eisens als Phosphat akkumuliert und erscheint als produktionssteigernder Faktor, der die reichliche Diatomeenvegetation am Boden und *Isoëtes* verursacht. Eben diese Vegetation liefert an und für sich das wichtigste Material zu der Konstitution der Flächensedimente.

Die fossilen Sedimente sind Gytija von Grob- und Feindetritustyp und Diatomeenocker (Lundqvist 1924 a).

In Zusammenhang mit der Untersuchung der fossilen Sedimente, bei welcher die pollenanalytische Methode (von Post 1916) von grossem Wert ist, wird eine Darlegung der Sedimentation der verschiedenen Pollenarten gegeben. Dabei geht aus dem Studium der absoluten und relativen Pollenmengen in den Flächensedimenten folgendes hervor, wie vorher Malmström (1923) experimentell angedeutet hat. Die Pollenkörner der Nadelholzarten sind absolut und relativ gegen die Tiefe hin spärlicher vertreten, als die der Laubholzarten. Das Quantum des Nadelholzpollens im Verhältnis zum Laubholzpollen (B:L in den Diagrammen) sinkt also mit steigender Tiefe (Fig. 7). Die Ursache liegt sicherlich darin, dass der Laubholzpollen schneller sinkt als Nadelholzpollen, und daher weniger der Zerstörung ausgesetzt ist.

Dieses obengenannte Princip ist für pollenanalytische Altersbestimmungen in der Limnologie sehr wichtig. Auf das Allerschärfste ist hier zu betonen, dass Sedimentenuntersuchungen ohne Altersbestimmungen ganz verfehlt sind.

Für die Altersbestimmung in dem Profil (Fig. 3) sind drei Niveaus,  $X_1$ ,  $X_2$  und  $X_3$  in den Pollendiagrammen Fig. 4 und 5 benutzt worden, die chronologisch ungefähr bekannt sind (siehe näher Lundqvist 1924 a und b). Der Verlauf der synchronen Niveaus zeigt, dass die ältesten Sedimente sich nicht im äusseren Teil des Profils vorfinden, was auch ganz gewöhnlich in anderen Seen ist.



Die fossilen Sedimente sind nach einer neuen Methode quantitativ untersucht worden und die Frequenzzahlen beziehen sich auf 1 mm<sup>3</sup> Sediment in nassem natürlichen Zustand. Zu bemerken ist die ausserordentlich viel grössere Litoralproduktion (Fig. 9 die kleineren Diagramme) die den höchsten Grad in dem Diatomeenocker (siehe auch Lundqvist 1924 a) erreicht.

Die ökologischen Artenkombinationen, ihre Beziehungen zur Tiefe und ihre Stellung in der Entwicklungsgeschichte des Sees geht sehr deutlich aus Fig. 9 hervor.

Leider sind an den fossilen Sedimenten keine chemischen Analysen in horizontaler und vertikaler Richtung ausgeführt worden. Im Litoralpartie aber sind einige Proben von den ältesten und jüngsten Sedimenten analysiert worden.

Die Resultate, die einstweilen noch als Richtlinien zu betrachten sind, lassen sich folgendermassen zusammenfassen (siehe Tab. 4 und 5). Die löslicheren Stoffe, z. B. CaO, sind in den ältesten Sedimenten reicher, da sie schneller aus der Umgebung des Sees ausgelaugt geworden sind. Parallel damit geht selbstverständlich, dass schwerlösliche Stoffe (z. B. Eisen und Mangan) in den jüngsten Sedimenten reicher sind.

Von Interesse ist auch, dass der Stickstoff und Phosphorgehalt in den ältesten oder, besser gesagt, in den fossilreicheren Sedimenten höher ist.

Das wichtigste Resultat dieser Untersuchung ist die Feststellung, dass in den Seen alle Prozesse, die chemischen, mikrobiologischen u. s. w., streng lokalisiert sind, sowohl in zeitlicher als räumlicher Hinsicht. Darum ist bei allen Seenuntersuchungen ein sehr genaues Achtgeben auf diese Faktoren notwendig, und brauchbare Resultate sind ohne unsere exakten Methoden nicht zu erhalten.

Die Ursache des Lichtphänomens ist sehr wahrscheinlich von der unerhörten litoralen Diatomaceenproduktion und dem ausserordentlich hohen Phosphorsäuregehalt abhängig. Doch ist es unmöglich sichere Resultate ohne weitere Untersuchungen in Seen mit Lichtphänomenen zu bekommen.

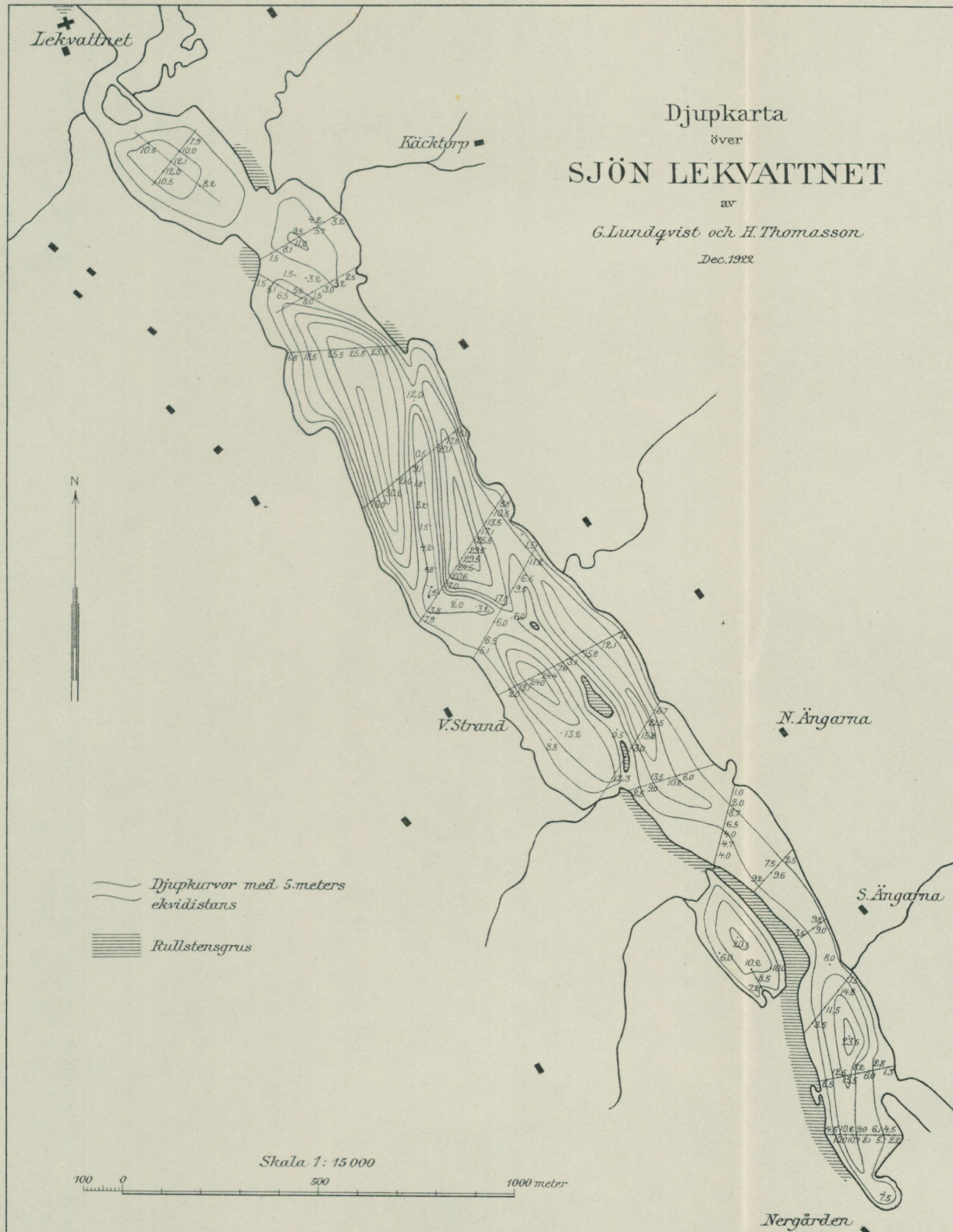
### Litteratur.

- Aarnio, B. 1918. Om sjömalmera i några sjöar i Pusula etc. — Geol. Kommissionen i Finland. Geotekn. Medd. 20. Helsingfors.
- Alm, G., m. fl. 1921. Klotentjärnarna. — Medd. från K. Lantbruksstyrelsen n:o 237.
- Bärtling, R. 1922. Die Seen des Kreises Herzogtum Lauenburg mit besonderer Berücksichtigung ihrer organogenen Schlammabsätze. — Abh. d. Preuss. Geol. Landesanst. H. 88.
- Högbom, A. G. 1922. Über einige geologisch und biologisch bemerkenswerte Wirkungen sulfathaltiger Lösungen auf humose Gewässer. — Bull. Geol. Inst. Upsala. Vol. XVIII.
- Lundqvist, G. 1922. Principerna för rörlodens arbetssätt. — Geol. Fören. Förh. Bd 44.
- 1923. Några nya rörlodtyper. — Skrifter utgivna av Södra Sveriges Fiskeriförening.
- 1924 a. Limnisk diatoméockra och dess bildningsbetingelser. — S. G. U. Årsbok 17 (1923): N:o 1.
- 1924 b. Sedimentationstyper i insjöarna. En orientering. — Geol. Fören. Förh. Bd 46.



- Lundqvist, G. och Thomasson, H. 1923. Diatomacéekologien och kvartärgeologien. — Geol. Fören. Förh. Bd 45.
- Malmström, C. 1923. Degerö Stormyr. En hydrobiologisk etc. översikt. — Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt. — Diss.
- Naumann, E. 1916. Om provtagning av bottengyttjor vid djuplodning. — Sv. Geol. Unders. Årsbok 9 (1915): N:o 3.
- 1917. Om profilodning i gytte- och dyavlagringar. — Sv. Geol. Unders. Årsbok 10 (1916): N:o 5.
- 1919. En förbättrad anordning för provtagning av djupvatten i sjöar. — Skrifter utgivna av Södra Sveriges Fiskeriförening.
- 1922 a. Södra och mellersta Sveriges sjö- och myrmalmer. — Sv. Geol. Unders. Årsbok 13 (1919): N:o 6.
- 1922 b. Die Eisenorganismen Schwedens. I. — K. V. A. Handl. Bd 62.
- 1922 c. Die Sestonfärbungen des Süßwassers. — Archiv f. Hydrobiol. Bd XIII.
- Odén, S. 1919. Die Huminsäuren. — Koll. Beiheft. Bd XIII.
- Pearsall, W. C. 1921. The Development of Vegetation in English Lakes. — Proc. of the Royal Soc. Ser. B. Vol. 92. Nr 647.
- Potonić, H. 1908. Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätte. — Kgl. Preuss. Geol. Landesanst. Abhandl. Neue Folge. H. 55.
- von Post, Lennart. 1916. Skogsträdpollen i sydsvenska torvmosselagerföljder. — Forhandl. ved 16. Skand. Naturforskermöte.
- 1920. Postarktiska klimattyper. — Geol. Fören. Förh. Bd 46.
- Sondén, K. 1914. Anteckningar rörande svenska vattendrag. Enl. uppdr. av Dikningslagskommittén. I—II. Stockholm.
- Teiling, E. 1916. En kaledonisk fytoplanktonformation. — Sv. Bot. Tidskr. Bd 10.
- Thomasson, H. Se Lundqvist.
-







**SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGS SENAST  
UTKOMNA PUBLIKATIONER ÄRO:**

Ser. Aa Geologiska kartblad i skalan 1:50 000 med beskrivningar.

	Pris kr.
N:o 150 <i>Mjölby</i> av N. H. MAGNUSSON, H. MUNTHE och S. ROSÉN 1922 . . . . .	2,00
» 151 <i>Väse</i> av R. SANDEGREN, A. HÖGBOM och F. SVENONIUS 1922 . . . . .	2,00
» 152 <i>Burgsvik</i> jämte <i>Hoburgen</i> och <i>Ytterholmen</i> av H. MUNTHE 1922 . . . . .	2,00
» 153 <i>Torönsborg</i> av B. ASKLUND och R. SANDEGREN 1923 . . . . .	2,00

Ser. Ba Översiktskartor.

N:o 10 Karta över Sveriges åkerareal, av C. J. ANRICK. 1:1 mill. 1921. Med beskr.	8,00
---	------

Ser. C. Avhandlingar och uppsatser.

N:o 140 HÖGBOM, A. G., Geologisk beskrivning över Jämtlands län. Med 2 kartor. <i>Andra omarbetade upplagan</i> 1920 4:o . . . . .	8,00
--	------

*Årsbok 16 (1922).*

» 311 HÖRNER, N. G., Om några främmande länders officiella grundvattensundersökningar. 1922 . . . . .	0,50
» 312 SUNDIUS, N., Grythyttfältets geologi. Med 2 tavlor. English summary of the contents. 1923 . . . . .	5,00
» 313 HEDSTRÖM, H., On »Discinella Holsti Mbg.» and <i>Scapha antiquissima</i> (Markl.) of the division Patellacea. With 1 plate. 1923 . . . . .	0,50
» 314 HEDSTRÖM, H., Remarks on some fossils from the diamond boring at the Visby cement factory. Prel. rep. With 2 plates. 1923. . . . .	1,00
» 315 HEDSTRÖM, H., Om vårt lands uran-(och radium-) haltiga bergarter och mineral. 1923 . . . . .	0,50
» 316 HEDSTRÖM, H., Contributions to the fossil fauna of Gotland. I. With 5 plates. 1923 . . . . .	1,00
» 317 HEDSTRÖM, H., Om en ny fyndort för mineralet nickelin i Sverige. 1923	0,50
» 318 HEDSTRÖM, H., Om vanadinhaltigt stenkol i Västergötlands kambrosilur. 1923 . . . . .	1,00
» 319 LUNDBERG, H., Practical experience in electrical prospecting. With 4 plates. 1923 . . . . .	2,00

*Årsbok 17 (1923).*

» 320 LUNDQVIST, G., Linnisk diatoméockra och dess bildningsbetingelser. 1924 . . . . .	0,50
» 321 GEIJER, P., Some Swedish occurrences of bornite and chalcocite. 1924	1,00
» 323 LUNDQVIST, G. och THOMASSON, H., Sjön Lekvattnet i Värmland. En limnologisk orientering. Med en tavla. 1924 . . . . .	1,00

Ser. Ca. Avhandlingar och uppsatser i 4:o.

N:o 18 WESTERGÅRD, A. H., Sveriges olenidskiffer. I. Utbredning och lagerföljd. II. Fauna. I. Trilobita. Med 16 tavlor. Summary of the contents. 1922	8,00
---	------

Ser. D. Torvmarkskartor med beskrivningar.

N:o 32 Kartbladet Göteborg } . . . 3,00	N:o 42 Kartbladet Vänersborg . . . 3,00
» 33 » Borås } . . . 3,00	» 43 » Skara . . . . . 3,00
» 34 » Ulricehamn . . . 3,00	» 44 » Hjo . . . . . } . . . 3,00
» 41 » Uddevalla } . . . 3,00	» 45 » Linköping } . . . 3,00
» 51 » Fjällbacka } . . . 3,00	» 52 » Upperud . . . . . 3,00
» 61 » Strömstad } . . . 3,00	» 53 » Mariestad } . . . 3,00
	» 54 » Karlsborg } . . . 3,00

**OBS.!** Samtliga arbeten distribueras genom Bokförläggaren  
LARS HÖKERBERG, *Stockholm.*