

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING.

SER. C.

Afhandlingar och uppsatser.

N:o 124.

STUDIER

ÖFVER

DE GLACIALA AFLAGRINGARNA I UPLAND.

AF

A. G. HÖGBOM.

AFTRYCK UR GEOL. FÖREN. I STOCKHOLM FÖRHANDL. BD 14. H. 4. 1892.

Pris 0.25 kr.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING.

SER. C.

Afhandlingar och uppsatser.

N:o 124.

STUDIER

ÖFVER

DE GLACIALA AFLAGRINGARNA I UPLAND.

AF

A. G. HÖGBOM.

AFTRYCK UR GEOL. FÖREN. I STOCKHOLM FÖRHANDL. BD 14. H. 4. 1892.

STOCKHOLM, 1892.

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER.

Vid de besök, som jag upprepade gånger i sammanhang med mina undersökningar öfver den kemiska sammansättningen hos glaciallerans årsskikt¹ gjorde i lertägterna kring Upsala, frapperades jag af den petrografiska skiljaktigheten mellan de i glacialleran inneslutna stenarna å ena sidan och morängrusets och rullstensåsarnas material i samma trakt å andra sidan.

Under det att moränen och rullstensåsarna som bekant till alldeles öfvervägande del sammansättas af bergarter, som finnas anstående i trakten närmast intill, saknas dessa bergarter i glacialleran, hvars inneslutna block och stenar samtliga härleda sig från bergarter anstående många mil längre bort. Så äro t. ex. i Upsalatrakten block af ortocerkalk och Östersjökalk så sällsynta i det egentliga morängruset och rullstensåsarna, att det kan betraktas som en synnerligen gynsam slump, om något sådant anträffas, under det att dessa bergarter i glacialleran bilda en högst betydlig del — i vissa lertägrter 20 %—40 % och mera — af stenarna. Exempelvis må anföras en stenräkning vid Polacksbacken, der bland 80 utplockade stenar funnos 28 ortocerkalk, 4 östersjökalk, 2 sandsten; resten urberg. I morängruset på samma plats iakttogos ej ett enda siluriskt block bland flera hundra granskade. Samma förhållande har jag iakttagit i Stockholms

¹ Jfr G. F. F. Bd 11, sid. 263 o. f.

omgifningar. Så innehåller den yoldiaförande leran vid Sundbyberg enligt en stenräkning (135 stenar) 5 % Östersjökalk, 25 % ortocerkalk, 9 % sandsten, 1 diabasmandelsten, resten urberg, under det att bland 135 stenar ur morän på samma ställe ej erhöles en enda kambr. silurisk bergart.

Då glaciallerans block vanligen äro repade, så har man skäl anse dem till största delen härstamma ifrån bottenmoränen i en trakt, der denne hade en sammansättning, som ungefärligen kan uttryckas genom procenttalen för de bergarter, hvaraf lerans block bestå. En bottenmorän till sin petrografiska sammansättning jemförlig med glaciallerans block i Upsalatrakten eller vid Stockholm finner man icke närmare än i nordligaste Upland vid Geflebugten och Ålands haf. Man torde deraf kunna sluta att landisens kant vid tiden för glaciallerans afsättning i dessa trakter legat åtminstone så långt bort, och att de isberg, som afsatte blocken i den under bildning varande glacialleran brutits lös från den så belägna iskanten.

Under denna förutsättning syntes det mig antagligt, att ett jemförande studium af glaciallerans block inom ett större område, t. ex. Upland och angränsande landskap, skulle kunna göra det möjligt att parallelisera skiktserier, som voro samtidigt bildade; blocken borde kunna användas såsom ledfossil på så sätt, att samtidigt bildade lerlager inom ifrågavarande område skulle öfverensstämma i afseende på de inneslutna blockens petrografiska beskaffenhet. Då inga block bättre lämpa sig som ledfossil för denna trakt än just de i södra Bottenhafvet anstående siluriska kalkstenarna, så blef min första uppgift att söka bestämma syd- och sydvestgränsen för dessas förekomst i glacialleran. Denna gräns borde på samma gång angifva, till huru stort afstånd från iskanten jökelelfvarnas slam — materialet till glacialleran — fördes vid den tid, då iskanten låg i nordöstra Upland, innan det fullständigt afsatte sig.

En sammanställning af egna observationer och de notiser, som finnas i kartbladsbeskrifningarna, gån det från början oväntade resultatet, att glacialleran innehåller siluriska block

relativt rikligt åtminstone så långt ifrån deras moderklyft som angifves af kartan (tafl. 7), hvaraf synes framgå, att jökelslammet spridt sig öfver hela Upland, östra Vestmanland och norra Sörmland, innan det fullständigt utfälldes sig. Det betyder med andra ord, att glacialerans årsskikt ha en öväntadt stor horisontalutbredning.

Det är ett känt förhållande, att suspenderade partiklar afsätta sig långsammare i rent vatten än i saltlösningar.¹ För att pröfva, huruvida denna erfarenhet vore tillämplig på jökelslammets sedimentation, och speciellt om dettas vidsträckta spridning i det haf, som utbredde sig öfver östra Svealand, möjligen kunde ge några upplysningar öfver dåtida salthalten, har jag gjort några experiment angående sedimentationens hastighet vid olika salthalter. Till försöken användes en direkt ur lertäkten vid Ekeby nära Upsala tagen glaciallera, som uppslammades innan den ännu varit torkad. (Det har visat sig fördelaktigare att använda fuktig lera än förut torkad sådan, emedan den senare ej ger ett lika homogent slam.) Det gjordes samtidigt tvenne försöksserier å prof tagna från undre (bruna) och öfre (grå) delen af ett och samma, ungefär 1 *dm* mäktiga, årsskikt. Dervid visade profven vid fullkomligt likartad behandling ej någon annan olikhet i sedimentationens förlopp, än att märkbar bottensats bildade sig något, ehuru helt litet, hastigare af det bruna slammet. Det kan därför vara nog med att anföra endast den ena serien, hvarvid jag väljer den som utfördes på det grå slammet.

I hvardera af fyra likformiga bägare, A, B, C och D, haldes 100 *cm*³ destilleradt slamblandadt vatten, hvars slamhalt i ett annat lika stort prof bestämdes till 0.2 *g* på 100 *cm*³. I bägaren A tillsattes ytterligare 50 *cm*³ destilleradt vatten, i bägarne B, C och D lika kvantiteter koksaltlösningar, så att salthalten i bägaren B blef 0.07 %, i C 0.20 % och i D 0.75 %.

¹ Jfr t. ex. BARUS: Subsidence of fine solide particles in liquids; Bull. U. S. Geol. Survey N:o 36.

Afsättningens hastighet tedde sig då på följande sätt:

Tid.	D (0.75 % NaCl)	C (0.2 % NaCl)	B (0.07 % NaCl)	A (dest. vatten)
1 timme	riklig bottensats; vätskan grumlig af för ögatskönjbara partiklar. ¹	ingen bottensats, opaciteten mindre närmast ytan.	ingen bottensats, vätskan jemnt opak.	ingen bottensats, vattnet jemnt opakt.
4 timmar	fullständig afsättning; vätskan klar.	märkbar bottensats.	antydna till bottensats.	ingen bottensats.
1 dygn	— —	större delen afsatt; vätskan dock starkt opak.	tydlig bottensats; vätskan opak.	tydlig bottensats, vätskan opak med antydna till skiktning.
3 >	— —	vätskan ännu opalescent.	det mesta afsatt; vätskans opacitet aftagande uppåt.	bottensatsen ökad och opaciteten mindre.
7 >	— —	vätskan klar.	vätskan ännu opalescent.	vätskan ännu opalescent.

Af denna tabell framgår att hafsvattnets salthalt måste hafva i hög grad inverkat på jökelslammets utfällningshastighet, på så sätt att redan en salthalt af 0,75 % varit tillräcklig att åstadkomma en mångfaldigt hastigare sedimentation och följaktligen, under föröfrigt likartade förhållanden, jämförelsevis tjocka årsskikt och liten horisontalutbredning hos dessa, under det att i saltfritt eller nära saltfritt vatten sedimentationen skett ytterligt långsamt och årsskikten kunnat få en stor utbredning. Det senare bör hafva varit händelsen i östra Sveriges glacialhaf, som endast genom trånga och grunda sund kommunicerade med vesterhafvet i trakten norr om Vettern, och därför under då rådande klimatologiska förhållanden bort ega en minimal salthalt; det förra bör deremot hafva inträffat vid bildningen af vestra Sveriges glaciallera. Det torde ej vara osannolikt, att glaciallerans olika be-

¹ Det kan förtjena att, såsom i någon mån belysande det fysiska förloppet vid utfällningen ur saltlösning, omnämnas att den sammanbakning af partiklarna, som förorsakas af salttillsatsen, upphäves, om lösningen sedan utspädes, och att sedimentationen derefter försiggår med samma hastighet, som om slammet icke förut varit utfaldt.

skaffenhet i östra och vestra Sverige till god del beror just på ofvan antydda olika sedimentationsvilkor.

Det skulle visserligen vara af intresse att jemföra djupt och ytligt liggande skikt i samma trakt eller lertag i afseende på de inneslutna blockens beskaffenhet för att möjligen deraf kunna sluta till förändringar i iskantens läge under loppet af en längre tidrymd; att se om någon olikhet i detta hänseende förefinnes mellan skiktserier skilda från hvarandra af några hundra årsskikt, men detta möter praktiska svårigheter, derigenom att profiler genom en så stor följd af årsskikt knapt någonstädes erbjuda sig, då de flesta lertägter äro allt för grunda; hvartill äfven kommer att de inneslutna stenarna, som vid en dylik undersökning måste tagas in situ, i allmänhet äro allt för sparsamma att gifva ett för detta ändamål tillräckligt statistiskt material.

Genom några betraktelser öfver den kalkhaltiga glaciallerans kemiska sammansättning inom ifrågavarande område kan emellertid denna fråga vinna någon belysning.

Såsom generel regel kan på grund af kartbladsbeskrifningarna för denna trakt sägas, att den kalkfria glacialleran, der sådan förekommer, öfverlagrar den kalkhaltiga, och att ju kalkrikare den senare är desto mindre mäktighet har den förra, så att i nordligaste Upland, der kalkhalten når sitt maximum, ännu de närmast dagytan liggande årsskikten äro kalkhaltiga. Visserligen skulle man möjligen af samma beskrifningar kunna förledas till den slutsatsen, att glaciallerans kalkhalt i allmänhet ökas mot djupet; detta torde dock ega sin giltighet endast för de obetydliga djup, några få fot, till hvilka de flesta borrhningarna vid rekognosering drifvas, men gäller icke för större djup. Vid Ekeby v. om Upsala, der jag borrhadt i glaciallera till 18 *m* djup, synes genomsnittskalkhalten för årsskikten vara anmärkningsvärdt lika, hålla sig mellan 20 och 30 %. I de öfversta (tunna) årsskikten är dock differensen mellan skiktets öfversta och understa del vida större (exem-

pelvis: 35.5 %—2.2 %) än i de tjocka djupt liggande årsskikten (ex. 26.2 %—12 %). Af detta exempel, som torde kunna anses som typiskt för trakten, framgår, att det slam, som afsatte sig under den varma årstiden, hade en större kalkhalt i slutet af glaciallerans bildningsepok än i början, hvaraf man kan sluta att iskanten undergått en förflyttning mot södra Bottenhafvets silurområde, hvarom också den öfverst hastigt minskade mäktigheten af årsskikten vittnar. Den höga genomsnittskalkhalten på ifrågavarande lokal (20—30 %) visar, att materialet till glacialleran måste vara taget från bottenmoränen i detta siluområdes omedelbara närhet, sannolikt norr om Roslagen, då blott i allra nordligaste delen af Upland bottenmoränens kalkhalt någon gång når detta belopp. Detta blir ännu sannolikare, om det togs i betraktande, att glaciallerans kalkhalt, till följd af kalkens partiela utlösning innan slammet afsatte sig, är betydligt mindre än den måste ha varit i den bottenmoräns bergartsmjöl, ur hvilken leran härleder sig. Den kalkrika bottenmoränen i Roslagen innehåller i allmänhet 2,5—4 delar magnesiumkarbonat mot 100 delar kalciumkarbonat under det relationen hos ifrågavarande glaciallera är 7—13 af det förra mot 100 af det senare,¹ hvilket ger vid handen att denna glacialleras kalkhalt är ungefär blott $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$ af kalkhalten hos den morän, hvarur den härleder sig; med andra ord att moränen varit till öfvervägande del bildad af kalkdetritus, sålunda legat på eller omedelbart invid det sydbottniska silurgebitet. Det slam, som bildade Upsalatraktens glaciallera, synes hafva egt ungefär lika sammansättning med det slam, hvilket afsatte sig närmast söder om Geflebugten, t. ex. inom kartbladsområdet *Leufsta*, der glaciallerans kalkhalt är i medeltal 32 % och relationen mellan $MgCO_3$ och $CaCO_3 = 4 : 100$. Då nu motsvarande tal för bladet *Upsala* äro 17,8 % och 7 : 100 (se. tab. sid. 292), så är olikheten beroende derpå, att ungefär halfva kalkhalten hann utlösas medan slammet var suspenderadt

¹ Jfr A. G. HÖGBOM: Kalcium- och magnesiumkarbonat etc. G. F. F. Bd 11, sid 263 o. f.

i hafsvattnet under sin spridning från Geflebugten till Upsalatrakten.¹

Tillämpande denna förklaring af vexlingarna i glaciallerans relativa magnesiahalt på hela det område, öfver hvilket man, på grund af de inneslutna blockens beskaffenhet, kunde antaga att slammet från den kalkrika moränen i nordost spridt sig, har jag beräknat genomsnittshalten af kalk- och magnesiakarbonat för hvarje särskildt kartblad inom detta område (se tab. sid. 292) och utsatt relationstalen på sina respektive platser å vidstående karta. Rörande dessa tal må framhållas, att deras tillförlitlighet såsom sannolika medelvärden är mycket olika dels af den grund, att antalet analyser, hvaraf de äro media, är mycket olika (från 1 till 30), såsom framgår af tabellen, dels af den grund, att de särskilda analyserna ej äro utförda med samma noggrannhet. Isynnerhet förekomma i de äldre kartbladsbeskrifningarna åtskilliga analyser, der magnesiahalten ej är bestämd med en för ifrågavarande ändamål tillräcklig noggrannhet. Särskildt synes detta vara fallet med bladen *Rånäs* och *Lindholm*. På det senare har magnesiahalten utfallit abnormt högt, hvilket tydligen är analysfel, då samma abnorma värden förekomma äfven på bladet *Sigtuna* just för de analyser, hvilka utförts af samma analytiker.² På bladet *Rånäs* äro åter magnesiahalterna abnormt låga i jämförelse med närmaste analyser från kringliggande blad, och, då samtliga analyserna äro utförda af en analytiker, torde detta bero på analysmetoden.

¹ Att verkligen anrikningen på magnesia i de kalkfattigare lerorna, såsom jag i min uppsats l. c. har sökt visa, beror på partiel utlösning af kalken, har jag sedermera experimentelt bekräftat genom att uppslamma kalkhaltig lera i kolsyrehaltigt vatten, då det visade sig, att CaCO_3 gick i lösning under det att magnesian såsom $\begin{matrix} \text{Mg} \\ \text{Ca} \end{matrix} \text{CO}_3$ endast i ringa grad löstes. En närmare redogörelse för dessa ännu ej afslutade experiment har jag för afsigt att lemna framdeles i sammanhang med några undersökningar öfver magnesiahaltiga kalkstenar och kalkorganismer. Här må dock framhållas, att det icke är MgCO_3 såsom sådant utan den svårlösliga dolomitspaten, som anrikas, under det att kalkspaten utlöses. I leror med någorlunda hög kalkhalt kan dock, som ofvan skett, för enkelhetens skull mängden af det utlösta approximativt uttryckas genom halten af magnesiumkarbonat, såsom lätt framgår af en enkel beräkning.

² Jfr A. ERDMANN: Sveriges quartära bildningar, sid. 180 och 183.

Relationstalen för nämnda två bladområden har jag af dessa grunder, med förkastande af dithörande analyser, uttryckt genom att taga medelvärdena för de analyser, som ligga närmast omkring dessa områden. Vidare har jag sammanslagit analyserna från bladet *Köping*, der kalkhaltig lera förekommer endast i nordöstligaste hörnet, med dem å det närmast i norr liggande bladet *Ramnäs*. De tre nalyserna för bladet *Trosa*,¹ der likaledes kalkhaltig lera är inskränkt till blott östra delen, har jag öfverfört till de angränsande bladen *Nynäs* och *Hörningsholm*.

Tabell öfver karbonathalterna i glacialleran.

Kartblad.	CaCO ₃ %.	MgCO ₃ %.	Relationstal.	Antal analyser.
Leufsta.....	32	1.2	3.7	14
Öregrund.....	20.2	1.1	5.7	12
Svenska stenarne...	19.2	1.1	5.5	1
Örbyhus.....	23	1.4	6.1	6
Penningby.....	9.7	0.6	6.2	12
Rydboholm.....	11	0.7	6.4	17
Lindsbro.....	18.3	1.2	6.5	21
Salsta.....	21.7	1.5	6.9	10
Sigtuna.....	11.4	0.80	7.0	29
Svenska Högarne...	20.5	1.5	7.3	1
Upsala.....	17.8	1.3	7.2	8
Forsmark.....	14.2	1.1	7.7	5
Vaxholm.....	9	0.7	7.7	7
Möja.....	12.3	1.0	8.1	20
Lindholm ²	(10.5)	—	(8)	(3)
Gustafsberg.....	7	0.6	8.6	10
Svartklubben.....	10.8	1.0	9.2	8
Rånäs ²	(15)	—	(9)	(14)

¹ De i denna kartbladsbeskrifning publicerade analyserna gifva högre relationstal (112) än det teoretiska maximum (84), hvilket lätt i betraktande af den ringa karbonathalten kan bero på analysfel.

² Relationstalet beräknadt ur analyser å vidliggande kartblad (se texten).

Kartblad.	CaCO ₃ %.	MgCO ₃ %.	Relationstal.	Antal analyser.
Grisslehamn ¹	7.9	0.7	8.9	8
Skattmansö	12.3	1.2	9.7	13
Sandhamn.....	7.3	0.7	9.7	6
Norrtelje	8.1	0.8	10	10
Furusund	8	0.8	10	9
Rådmansö	7	0.7	10	7
Hamrånge ²	10	1.0	10	2
Alunda	9.2	1.0	11	11
Årsta	6.3	0.7	11	22
Söderfors ²	8.2	1.0	12	1
Grundkallegrund....	8.2	1.0	12	2
Fånö.....	11.9	1.9	16	9
Gefle ²	9.1	1.4	15	2
Sala.....	5.3	0.8	15	18
Stockholm.....	8.1	1.3	16	13
Nynäs	3.5	0.7	20	1
Vesterås	3.5	0.8	23	2
Ockelbo ²	1.2	0.3	25	1
Kungsfors ²	2.3	0.7	30	1
Hammarby ²	3.7	1.0	28	1
Ängsö	5.1	1.6	31	9
Enköping	8.7	2.8	32	7
Hörningsholm.....	3.3	1.2	36	17
Dalarö.....	3.7	1.3	35	14
Södertelje.....	7.6	2.8	37	9
Ramnäs ³	2.3	0.9	39	5
Strengnäs	6.0	2.8	47	8
Eskilstuna.....	4.2	2.2	52	3
Skultuna.....	5.9	3.7	63	4

¹ Analyserna från detta ännu ej publicerade kartblad hafva af E. ERDMANN godhetsfullt ställts till mitt förfogande.

² Siffrorna hemtade ur A. ERDMANN: Sveriges kvartära bildningar, sid 194.

³ Här medtagna analyser från bladet *Köping* (se texten).

Om man betraktar relationstalens fördelning öfver kartområdet visar sig omisskänligt, att talen blifva högre i samma mån man går mot sydvestra gränsen för kalkhaltiga lerans utbredning, hvilket innebär, att kalkslammet upplösts alltmera ju längre det förts ut i hafvet från den kalkrika moränen i nordost, så att den i närheten af gränsen afsatta leran, af dessa relationstal att dömma, endast innehåller ungefär en tiondedel af den kalk, som slammet egde, när det af jökeelfvarne fördes ut i hafvet framför landisens bräm. Anmärkningsvärda äro de jemförelsevis låga värdena från Leufstabugten (4) ända ned till Sigtuna (7), hvilket möjligen kan bero på en hastigare och ymnigare slamtillförsel och sedimentation efter detta strök.

Längst i sydvest skulle man kunna vänta relationstal som närmade sig det teoretiska maximum 84, men det är tydligt af sättet för talens erhållande, att denna siffra ej bör uppnås, då, under förutsättning af riktiga analyser, medelvärdena måste ligga under maximisiffran. Hvad den karbonatfria lera, som ligger söder om den å kartgränsen utmärkta, äfvenså de inom den kalkhaltigas område ytligt förekommande kalkfria glaciallerorna angår, hafva de efter all sannolikhet samma ursprung, ehuru utlakningen af karbonat innan dessas sedimentation blifvit fullständig.¹

Relationstalens hastiga stigning mot områdets sydvestra gräns är i öfverensstämmelse med den tolkning, som i det föregående gifvits. Under förutsättning af en likformig spridning af slammet från iskanten åt sydvest böra relationstalen växa med afståndet från denna i progressionen 4, 8, 16, 32, 64;² men det är antagligt att slammets spridning åt sydvest blef långsammare i samma mån som det kom längre ut i hafvet, hvarför progressionen längst i sydvest bör hafva blifvit ännu hastigare, under det att öfver nordöstra Upland sedimentationen kan hafva

¹ I glacialleran närmast ytan torde i många fall kalken hafva senare blifvit utlakad af atmosferilierna.

² Strängt taget blir progressionen något långsammare, emedan äfven något af magnesien går i lösning. Se not sid. 9.

skett med mera likformig hastighet och relationstalen därför blifvit mindre differerande. Det skulle vara af intresse att jemföra lerans mäktighet inom olika delar af området, då det af det nu sagda borde följa, att densamma i det stora hela skulle aftaga mot syd- och vestgränsen för sedimentationsområdet, men det föreligger allt för få och otillräckliga uppgifter häröfver för att kunna draga några slutsatser. Utom afståndet från iskanten ha förofrigt de topografiska förhållandena i stort och smått varit i hög grad bestämmande för sedimentationens riktighet, så att mäktigheten hos årsskikten och dessas antal visar betydande afvikelser i lerbäcken inom samma trakt, hvilket också till någon del kan bero på slamhaltens siiriga förekomst i hafsvattnet och förändringar i dettas strömningsförhållanden.

Det synes icke oantagligt, att den mesta glacialleran, ej blott den kalkhaltiga, i vårt land deriverar från silurbergarter, och att den af urbergsdetritus bildade bottenmoränen gifvit material till endast obetydliga glaciala lersediment. Man torde knapt på annat sätt kunna förklara det ofvan i korthet påpekade förhållandet att inom hela det område, öfver hvilket sedimentation af kalkslam från Geflebugten och Ålandshaf egde rum då iskantens läge var i eller vid dessa, — att inom hela detta område icke någon underliggande kalkfri glaciallera, afsatt medan iskanten låg söder om den kalkrika bottenmoränens område anträffats. Det kan ej antagas, att detta skulle kunna bero på väsentligen olika nivåförhållanden, såsom t. ex. att vid tiden för iskantens läge närmast norr om Mälaren hafvet ej skulle ha betäckt den isfria trakten närmast söderut, ty såsom längre fram visas har isens återgång inom kartområdet skett i det stora hela kontinuerligt, så att glaciallerans bildningstid och iskantens läge vid nordöstra Uplandskusten tillhör samma återgångsskede som det, hvilket lemnat en serie ändmoräner efter sig i hela trakten mellan Mälaren och Dalelven.

Det är dock möjligt att nivåförhållandena under denna tid kunnat undergå tillräckliga förändringar att åstadkomma förändrade hafsströmmar och dermed andra sedimentationsvilkor,

men härmed är dock ej den totala frånvaron af kalkfri glacial-
lera under den kalkrikare förklarad.

Då den glaciala leran inom detta sedimentationsområdes
vestra del går upp emot det senglaciala hafvets maximihöjd —
öfversta marina gränsen — och denna här i rundt tal kan sättas
till 150 *m* öfver nutida hafsytan,¹ så måste djupet af det haf,
som vid denna tid utbredde sig öfver ifrågavarande trakter ha
varit 100 à 150 *m*. Häraf kan man göra en approximativ be-
räkning öfver mäktigheten hos landisen vid den tid, då de från
densamma lösbrutna isbergen ströko fram öfver detta sedimenta-
tionsområde och i mån af smältningen aflastade de från botten-
moränen medförda stenarna i det utfallande jökelslammet, den
under bildning varande glacialeran. Dessa isberg kunna icke
ha egt en mäktighet, som med mera än $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{9}$ öfversteg djupet
af det haf, i hvilka de simmade; men å andra sidan kan man
af de talrika rubbningar, sammanskjutningar och veckningar, som
de åstadkommit i glacialerans lager, sluta, att de ofta tangerat
botten och därför ej heller kunnat ha varit af mycket mindre
mäktighet än så.² Man torde äfven af de transporterade blockens
beskaffenhet (bottenmorän) och af det ofvan nämnda kunna sluta,
att isens kalfning vid detta skede försiggått på samma sätt, som
vid en del nutida grönländska glaciärer (se Meddelelser om Grönl.,
h. 4), att isen brutits lös genom vattnets lyftkraft.

Då vid denna tid östra Sveriges glaciala haf ej haft någon
annan förbindelse med vesterhafvet än genom sunden norr om
Vettern hafva utan tvifvel isbergen drifvits hän emot och ut
genom dessa sund. Om dessa varit för tränga och grunda för
en obehindrad passage af isbergen, böra dessas strandning och

¹ Jfr G. DE GEER: Skandinaviens nivåförändringar. G. F. F. Bd 10 och 12.

² Det torde böra framhållas, att näppeligen alla rubbningar i glacialeran
kunna ha denna orsak; ofta äro lagren äfven i djupt liggande sänkor i hög grad
veckade och förkastade under sådana förhållanden att isberg såsom orsak ej är
tänkbar. Ex. Ekeby, Upsala.

afsmältning i denna trakt ha kunnat gifva upphof till egenomliga glaciala aflagringar, bland hvilka block från södra Bottenhafvet skulle kunna påvisas. Det förtjenar kanske i detta sammanhang påpekas att bland de block, som vid en något senare tid, då glaciallerans bildning inom detta område redan var afslutad och iskanten befann sig längre mot norr, afsattes i dessa trakter ofvanpå alla de andra glaciala bildningarna, kunna anträffas sådana från Åland. En och annan gång såväl i Upsalatrakten som vid Stockholm har jag äfven funnit säkra Ålandsblock i glacialleran (granofyr lik den vid Gölby), hvaraf framgår att landisen nått åtminstone till Åland vid den tid då glacialleran i Upland afsatte sig. Mindre sällsynta torde dessa block vara på glacialleran. Från Upsalatrakten har jag några sådana fynd Ålandsgranit och diabas; denna senare liksom ett par af H. MUNTHE tillvaratagna block, torde dock kunna härleda sig från Vesternorrlands län. Äfven förekomma de på morängrusets yta, der detta ej är betäckt af glaciallera, och kunna då lätt förvexlas med stenar som verkligen tillhöra platsens morän, hvarigenom man får en oriktig föreställning om dennas verkliga sammansättning. Märkligt är dock att siluriska block nästan fullständigt saknas på morängruset, ehuru de äro så allmänna i glacialleran. Detta torde för kalkstenarnas vidkommande kunna bero på vittring.

Utan att återupptaga den mycket diskuterade frågan om *rullstensåsarnas* bildningssätt vill jag dock med anledning af de här ofvan dragna slutsatserna om isens mäktighet och glaciallerans bildningsvilkor fästa uppmärksamheten på ett par synpunkter, som hittills synas hafva blifvit föga beaktade vid försöken att förklara åsarnas tillkomst. Att åsarna bildats i elfvar framrinnande på isens yta är knapt tänkbart, om isen aflägsnats genom kalfning af isberg; ty i detta fall hafva dessa med ärmaterialet bortförts och en afsättning af sammanhängande åsryggar, sådana som förekomma allmänt äfven i norra Upland,

kunde då ej ega rum. Denna åsigt, som väl kunde synas plausibel, då man tänkte sig iskantens återgång bero uteslutande på afsmältning af ett närmast brämet jemförelsevis tunnt istäcke, blir tydligen mindre sannolik, om istäcket haft en tjocklek af några hundra fot, äfven på den grund, att åsarnes material, icke minst i nu ifrågavarande trakt, visar sig hastigt änderande sig med och beroende af förändringar i berggrundens beskaffenhet. Mera antagliga synes i betraktande af nu påpekade förhållanden de teorier, som förlägga åsarnes uppkomst och bildning till istäckets botten, ehuru väl äfven för dessa tolkningar den svårigheten reser sig, att förklara, genom hvilken drifkraft åsmaterialet erhållit sin karakteristiska beskaffenhet, då trycket af det flere hundra fot djupa haf, i hvilket isen här sköt fram, borde hafva hindrat den starka strömning af smältvattensmassorna, som plägar anses som orsaken till rullstensmaterialets fluviatila lagringssätt och struktur. Att dock sådana strömmar, trots mottrycket af det utanför liggande hafvet, egt rum, framgår af glaciala jättegrytors allmänna förekomst inom hela detta område (se kartbladsbeskrifningarna). Äfven glacialeran, hvars material enligt det föregående måste vara ur bottenmoränen, *under isen*, ursköldt slam, vittnar om en sådan under isen försiggående strömning af smältvatten.

Nordöstra Uplands moränartade bildningar äro i några afseenden olika de för östra Sverige i allmänhet typiska och hafva därför gifvit anledning till åtskilliga spekulationer öfver upprepade öfverisningar af detta område, hvarvid man äfven äberopat sig på de jemförelsevis mycket divergerande reffelriktningarna i samma trakt.

Det synes emellertid af den sammanställning af dessa bildningar, som fått sitt uttryck å vidföljande karta, som om inga giltiga skäl förefinnas att tolka dem på detta sätt; fastmera tala de faktiska förhållandena för en i det hela kontinuerlig återgång af isen utan större oscillationer.

Den kalkrika bottenmoränen i norra Upland (»pinimon», »hvitmon») och den likaledes kalkhaltiga moränleran i östra Roslagen äro endast petrografiskt ej till bildningstiden skilda från bottenmoränen längre vesterut och synas öfvergå i denna. Att de ej representera någon annan nedisningsfas framgår tydligt deraf, att reffloras riktning icke i ringaste mån beror af denna gräns (se kartan), och ännu mera deraf, att rullstensåsarne framgå utan afbrott öfver densamma och inom hela kartområdet te sig såsom en i stort sedt kontinuerlig bildning (se kartan). På åtskilliga ställen i norra Upland¹ och å bladet *Norrrelje* har man iakttagit glaciallera betäckt af moränartade aflagringar. Dessa lokala lagringsförhållanden kunna mycket väl ha tillkommit genom isberg, som strukit fram öfver botten och dervid lätt här och hvar fört ut grus öfver den i sänkor afsatta glacial-

Fig. 1.



Profil från Hargshamn. *a* och *c* morängrus, *b* glaciallera. Längd *c*: a 50 m
höjd 1.5–2 m.

leran. Såsom ett exempel på morängrus öfver glaciallera meddelas här en profil, som för några år sedan var blottad vid planeringsarbeten å Hargshamns stationsplan.

Den i profilens nordvestra ända iakttagna öfverlagringen torde snarare kunna tolkas såsom ett af strandade isberg uppökadt parti morän än uppkommet genom ett förnyadt framryckande af landisen, som borde ha lemnat några spår efter sig äfven längre åt SO i profilen. Någon petrografisk olikhet mellan det öfver- och det underliggande morängruset iaktogs ej.

Den så kallade »steniga åkerleran», en af jemnstora något vattenarbetade stenar rikligt uppblandad lera, som till en eller annan fots djup ofta betäcker glacialleran i Roslagen (se kar-

¹ A. ERDMANN: Sveriges kvartära bildningar, sid. 73 o. f.

tan) har af några¹ tolkats såsom morän, bildad vid ett framskjutande af den baltiska isen efter glaciallerans afsättning. Mot denna uppfattning skulle kunna anföras ungefär samma argument, som ofvan framställes mot tolkningen af den kalkrika bottenmoränen såsom uppkommen vid en särskild öfverisning af dess område, hvartill äfven kommer denna steniga leras för en morän ovanliga utseende, såsom stenarnas jemnstorlek m. m. Då det icke heller är påvisadt, att den i afseende på ingående bergarter skiljer sig från underliggande morän, så lär väl den i andra kartbladsbeskrifningar² uttalade meningen, att densamma blott är en af hafvet ursköld och på glacialleran nedsvämmad ursköljningsprodukt af moränen, ha större skäl för sig. Denna steniga åkerleras vestgräns är föröfrigt ej så skarp, som den på vidfogade karta enligt kartbladsbeskrifningarne utlagts; samma lera förekommer äfven på mindre lurfält vida längre vesterut, hvarpå A. BLOMBERG gjort mig uppmärksam. Att den har sin hufvudsakliga utbredning i Roslagen beror väl i första rummet på topografiska förhållanden: en småkuperad terräng med små lurfält, öfver hvilka vågsvallet lätt kan hafva utfört grus och stenar; under det att detta i allmänhet icke kan vara fallet på de stora lerslätterna i vestra Upland, der denna steniga åkerlera endast förekommer vid lurfältens gränser mot krossgrushöjderna och därför mindre ådrager sig uppmärksamheten.

När man på en öfversigtskarta, som omfattar ett större område, betraktar reffelriktningarna, är det nödvändigt för att ej af dessa förledas till oriktiga slutsatser om isens rörelse fasthålla i föreställningen, att de bevarade refflorna ej äro samtida och sålunda ej angifva, huru isen rörde sig vid den tid, då hela området ännu var betäckt af landisen, utan att de blott utmärka rörelseriktningen närmast isens bräm under dettas successiva förflyttning bakåt till följd af smältningen eller i vissa fall »kalf-

¹ Se beskr. till kartbladen *Norrtelje* och *Forsmark*.

² Se t. ex. beskr. till kartbladet *Svartklubben*.

ning». Det förtjenar vidare framhållas, att iskantens eller brämets läge icke med nödvändighet vid isens successiva återgång varit vinkelrätt emot dess rörelseriktning och de denna utmärkande refflorna. De talrika ändmoräner, som finnas isynnerhet mellan Mälaren i söder och Dalelfven—Norrtelje i norr visa detta, i det att dessas sträckning ofta under sned vinkel skär reffleriktningarna på samma platser. Så ha t. ex. de talrika ändmoränerna i ströket Märsta—Sigtuna—Örsundsbro en tendens att i stort och smått sträcka sig i ungefär riktningen $V20^{\circ}N$, under det att refflorna regelbundet komma från norr eller högst $N5^{\circ}-10^{\circ}O$. Med tillbörlig hänsyn tagen till nu påpekade omständigheter skall man icke uti reffloras riktning inom kartområdets olika delar finna något stöd för antagandet att de representera olika system i den meningen, att de delvis skulle tillhöra olika nedisningar eller mera betydande oscillationer under återgångsperioden. Det enda ställe der detta kan vara fallet är i trakten af Gefle, der de från NNO kommande refflorna nog äro yngre än de NV:liga refflorna, som ännu äro bevarade litet längre in i landet NNV om Gefle.¹

De nordvestliga riktningarna vid nordöstra Uplandskusten, som föranledt till åtskilliga spekulationer i vidkommande kartbladsbeskrifningar, äro deremot efter allt att dömma bildade såsom omedelbar fortsättning af de mera N—S:liga längre inåt landet och detta just vid den tid, då isen icke längre förmådde skrida in öfver Upland, utan af här rådande reliefförhållanden tvangs att böja af vid sydvestra gränsen för den insänkning, som nu representeras af Ålands haf. De mellan Gefle och Löfsta-bugten förekommande NNO:liga refflorna äro sannolikt bildade samtidigt med Roslagens NV:liga, då isen i den förra trakten (jfr djupkurvas lopp utanför Geflebugten) af reliefförhållandena tydligtvis lättare borde länkas åt SV än åt SO. I hvilket tidsförhållande de N—S:liga refflorna österut i Ålands haf och östra Uplands yttersta skärgård stå till de nämnda NV—SO:liga är

¹ Reffelobservationerna från Gestrikland och Helsingland hafva blifvit mig med största tillmötesgående meddelade af A. BLOMBERG.

kanske svårare att afgöra. Sannolikt synes, att åtminstone de förra liksom de på Åland äro bildade efteråt, då iskanten redan låg utanför den nuvarande kustlinien i nordöstra Upland, då väl, om de bildats samtidigt, refflorna på skäret Märket och Signildsskär bort i någon mån påverkats af de nordvestliga i Roslagen.

Iskanten skulle sålunda vid den tid, då de i kuststräckan mellan Gefle och Norrtelje befintliga refflorna inristades, i det stora hela hafva varit konformt med denna nutida kustlinie och helt obetydligt hafva skjutit in öfver densamma.

Man skulle möjligen häremot vilja anföra frånvaron af moränbildningar, som borde ha afsatt sig framför denna iskant, så mycket hellre som isen under en temligen lång tid — tiden för glacialerans afsättning öfver Upland och angränsande delar af Vestmanland och Sörmland — synes ha undergått endast ringa förflyttning. Denna invändning förfaller dock, om, såsom jag i det föregående sökt visa, isen aflägsnats genom kalfning af stora isberg, ej genom smältning på stället.

Öfversigt.

I öfverensstämmelse med den tolkning jag i det föregående sökt gifva af de glaciala aflagringarna och deras inbördes samband inom kartområdet, skulle man erhålla ungefär följande bild af dessa traktens yngsta glaciala historia.

Medan ännu isen betäckte hela området, rörde densamma sig i ungefär nordsydlig riktning fram öfver Upland. Från det vidsträckta sydbottniska silurfältet medsläpades i bottenmoränen ett ymnigt kalkstensdetritus, som dock i mån af isens vidare rörelse öfver det Upländska urberget blef allt mera uppblandadt med fragment af detta, ända till dess kalkhalten så småningom förträngdes, hvilket inträffade ungefär vid den på kartan markerade gränsen. Att den kalhhaltiga moränen har en annan karaktär i östra Roslagen (moränlera) än i norra Upland (»hvitmo»), tyder på tillvaron af andra bergarter i Geflebugten än i Ålandshaf.

När isens afsmältning fortgått så långt, att trakten söder om Mälaren blifvit isfri, torde iskanten i stort hafva legat ungefär normalt mot refflorna, men det synes af ändmoränernas förherskande riktning norr om Mälaren ända upp emot Upsala, som om under isens fortsatta återgång iskanten skulle ha undergått någon förändring i sin riktning, så att den legat ungefär i VNV—OSO; hvilket kan ha sin förklaring i en hastigare tillförsel i Bottenhafvets depression än längre i vester. När äntligen hela Upland blifvit isfritt, låg ännu isen kvar vid eller utanför dess nuvarande kust, måhända så långt söderut som till Rådmansö. De talrika både i storlek och intervaller likartade ändmoränerna i Upland visa, att små oscillationer i isens återgång vid denna tid egde rum. Dessa moräners ofta regelbundna upprepande på ett eller annat hundratal meters afstånd tyckes mycket väl förenligt med DE GEERS förmodan,¹ att de beteckna *årliga* oscillationer. Under denna förutsättning torde man, när de blifvit närmare undersökta inom hela Upland, få en hållpunkt för bedömande af den tid isens afsmältning från detta område tagit i anspråk. Beräknad efter moränvallarnas afstånd vid Sundbyberg och Märstatrakten skulle återgångstiden från Mälaren till Geflebugten ha varit mellan 500 och 1,000 år.

Då nu vid tiden för isens läge i nordöstra Upland hafvet till 100—150 *m* djup betäckte Upland, är det väl otvifvelaktigt, att de nämnda ändmoränerna, som bildats vid samma återgångsskede, äro submarina. Ett annat stöd härför ligger deruti, att rullstensåsarnes »skal» innehåller omedelbart under glacialleran stora block, hvilkas petrografiska beskaffenhet visar, att isbergstransport egde rum äfven under isens återgång öfver Upland. Så finnas i Upsalaåsen S. om sjukhuset väldiga block af hälleflinta och hornblendegranit från bladen *Salsta* och *Alunda* omedelbart under glaciallerans horisont och på strid rullstenssand.

Men har hafvet nått intill isbrämet under landisens återgång öfver södra och vestra Upland, är det dock ett oväntadt för-

¹ Se DE GEER: G. F. F. Bd 11, s. 395, äfven HÖGBOM: Vägledning vid geologiska exkursioner i Upsalatrakten, Upsala 1891.

hållande, att ingen sedimentation af jökelslam deri egt rum, utan att glaciallerans afsättning inom detta område först synes hafva börjat när isbrämet låg i närheten af det sydbottniska silur-området, eller åtminstone inom den kalkrika bottenmoränens område, eftersom all glacialleran ända till söder om Mälaren är eller före sedimentationen varit mycket kalkrik. I hvad mån förändringar af nivåförhållanden och strömriktningar kunna antagas såsom förklaringsgrund härtill är tillsvidare en öppen fråga.

Siluriska blocks rikliga förekomst i glacialleran inom detta område vittnar, liksom sjelfva lerans karbonathalt, om iskantens läge i närheten af Bottenhafvets silur och om slammets långvariga suspension i hafvet innan det afsatte sig, hvilket åter finner sin förklaring i den ringa salthalten hos detta haf.

Under isens återgång afsattes rullstensåsarna, hvilka, af skäl som i det föregående blifvit anförda, måste antagas vara bildade vid isens botten ej i ytliga flodrännor på isen. Såväl åsarna som jättegrytorna och glacialleran vittna om en betydande cirkulation af smältvatten i landisens djupaste delar trots trycket af vattnet i det djupa haf, som utbredd sig framför isens bräm.

Liksom isbrämet i nordöstra Upland åt vester begränsades af haf, så synes detta äfven ha varit fallet i Gestrikland och södra Helsingland, om man får döma efter de ännu fåtaliga reffelobservationer och leranalyser, som föreligga (se kartan).

Detta förhållande, att isen i den baltiska depressionen kvarlegat längre än i trakterna närmast i vester synes gälla för hela vårt lands ostkust. De nordnordostliga refflorna på Öland jemförda med de nordvestliga på Smålandssidan och förekomsten der af en kalkhaltig lera, hvars kalkhalt aftar åt vester,¹ äfvensom af drifisblock af östlig härkomst upp till den marina gränsen vittna om landisens längre kvardröjande i Östersjön än i Småland. Likaså har man i norra Kvarken, på Holmöns ögrupp, reffelriktningar mellan N10—27°O, under det att både

¹ A. ERDMANN: Sveriges kvartära bildningar, s. 187 och kartan.

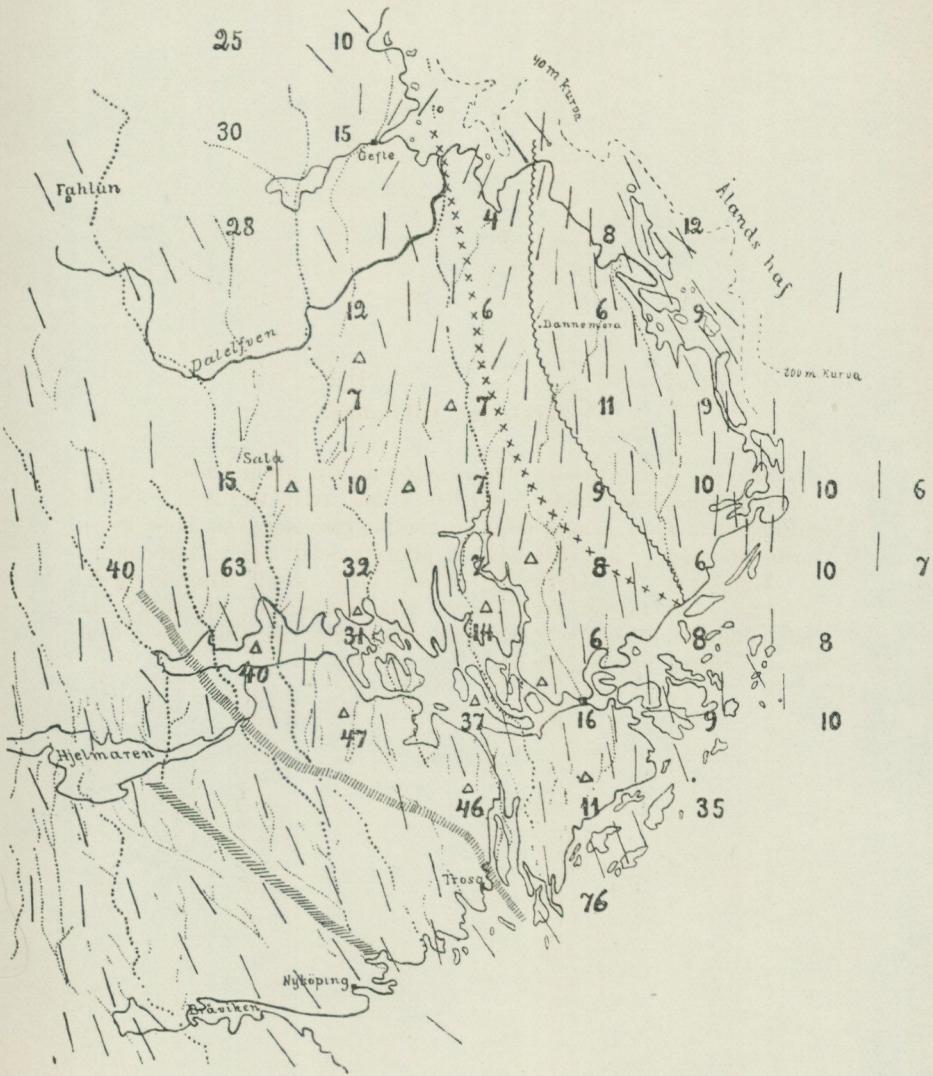
på svenska och finska fastlandet refflorna komma från NV eller NNV. Då nu på läsidan å en del ställen på Holmön denna senare reffelriktning är bevarad (på Ängsön N47°V), så tillhöra de NNO:liga refflorna på denna ögrupp tydligen en i Bottniska vikens riktning, efter isens försvinnande på fastlandet midt emot, kvarliggande eller framskjutande istunga.¹

¹ Jfr A. G. HÖGBOM: Glacialrepporna i Vesterbotten. G. F. F. Bd 5, s. 624.

Förklaring till taflan.

De på kartan utsatta siffrorna äro de till jemna enheter afrundade relationstalen i tredje kolumnen å tab. sidan 10 (292). De angifva sålunda huru många delar magnesiumkarbonat, som inom hvarje kartbladsområde i medeltal komma på 100 delar kalciumkarbonat.

Gränserna för »kalkhaltig morän» och »stenig åkerlera» hafva utmärkts blott för att åskådliggöra deras förhållande till öfriga glaciala bildningar; någon större geologiska betydelse tillkommer dem, såsom i texten närmare visats, icke.



// Refflor, √ Bullstensåsar,
 * V och S: gräns f. k. h. moränen,
 √ V: gräns f. stenig åkerlerä;

// SV: gräns f. k. h. glaciärra
 fr S. Bottenhafvet,
 // NO: gräns f. do fr Nerikes
 silurområde,
 △ Block af Bottenhafvets
 siluri glaciärran.

Kartskiss öfver de glaciala bildningarna i Upland.

Skala 1:2,000,000.