Om kemiska förändringar vid metamorfos

Helge G. Backlund

To cite this article: Helge G. Backlund (1919) Om kemiska förändringar vid metamorfos, Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, 41:5, 383-395, DOI: [10.1080/11035891909446998](https://doi.org/10.1080/11035891909446998)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/11035891909446998>

Published online: 04 Jan 2010.

Submit your article to this journal [↗](#)

Article views: 3

View related articles [↗](#)

Om kemiska förändringar vid metamorfos.

Af

HELGE G. BACKLUND.

I en tidigare uppsats¹ har förf. ansett sig böra fästa uppmärksamheten på, att vid dynamiska deformationer af fasta berggrunden i sammanhang med vidtgående tektoniska rörelser inom jordskorpan bergarter af eruptivt ursprung kunna genomgå ganska omfattande kemiska förändringar, hvilka till en viss grad förändra bergartens karaktär, liksom den mekaniska deformationen förändrar dess fysionomi. Förf. anförde i samband härmed för honom bekanta analoga fall ur den tillgängliga litteraturen. Samtidigt betonades, att några vidtgående slutsatser beträffande dessa förändringars lagbundna karaktär ej kunde dragas, så länge denna företeelse ej ingående belysts och studerats genom ytterligare material från andra områden; att i det studerade fallet en viss lagbundenhet syntes göra sig gällande, i det myloniter af tvenne kemiskt från hvarandra afvikande, men geologiskt nära förbundna bergarter visade nära öfverensstämmelse sinsemellan och med en blandning i lika proportioner af bägge moderbergarterna, således med en mekanisk migmatit; slutligen att en viss försiktighet var af nöden vid bedömande af deformerade bergarters primära karaktär, när de tillhöra områden som genomgått så omfattande

¹ BACKLUND, Über chemische Veränderungen in mechanisch deformierten Gesteinen. Centralbl. f. Min. 1913. S. 593—600, 634—642.

tektoniska revolutioner, att enbart en kemisk analys lätt kunde misstyddas.

Detta uppslag har senare bemötts med kritik, utgående på att mylonitens moderberg och analyserade omgifvande berggrund primärt ägt olika kemisk karaktär; bemötande af denna art kan blott hävdas genom lokala studier. STAUB¹ söker genom en sammanställning af mylonitanalyser från olika delar af Alpena (*Windgälle* kvartsporfyr [C. SCHMIDT], *Roccabella* granit [H. P. CORNELIUS], *Corvatsch* granit [R. STAUB]) fastslå, att genom mylonitisering ej större kemiska förändringar kunna tänkas försiggå, än att de böra kunna direkt härledas ur moderbergartens primära kemiska variationer; QUENSELS² tidigare samt förf.-s egna uppslag frántager han all beviskraft, möjligen på grund af lokalernas exotiska (sydamerikanska) karaktär. Därvid frånser han fullkomligt, att i de af honom anförda exemplen moderbergarten *före* uppkrossningen genomgått en så omfattande omvandling genom sericitisering och epidotisering, att den vid hög temperatur konstituerade primära mineral-sammansättningen delvis ersattes genom en annan, som i jämförelse med den primära vid de nya tryck och temperaturförhållande uppvisar ett betydligt utvidgadt stabilitetsområde. I synnerhet gäller detta gentemot de förstärkta lösningsomsättningar, hvilka ju ofrånkomligt måste ledsaga en så pass intensiv dynamisk påverkan. Erfarenheten, såväl den experimentella som den på iakttagelser i fält grundade, visar, att mineralen epidot och i synnerhet sericit äro alltigenom lämpade att inleda glidrörelser inom bergarter dels genom morfologisk utbildning och mekaniska egenskaper, dels genom stark kemisk motståndskraft mot påfrestningar af den art, som kunna tänkas uppstå vid mylonitbildning³; genom ymnig sericitbildning har således moderberget på förhand försäkrat sig mot intensivare substans-

¹ R. STAUB, Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge Vierteljahrsschrift naturforsch. Gesellsch. Zurich 60. 1915. S: 82. (Sep. aftr.).

² Die Quarzporphyr- und Porphyroidformation in Südpatagonien und Feuerland. Bull. Geol. Inst. Upsala 12. 1913. s. 9.

³ Jmf. J. D. TRUEMAN, The value of certain criteria for the determination of the origin of foliated rocks. Journ. Geol. 20. 1912. 300.

förluster, hvilka ogensägligt måste äga rum, när bergarten utan föregående anpassning utsatts för mylonitbildning. Att såsom STRAUB¹ söka särskilja det mekaniska momentet af själfva uppkrossningen från det kemiska af förstärkta lösningsmöjligheter synes förf. olämpligt, då ju det senare vid intensiv mylonitbildning är en direkt följd af det förra.

BECKE² söker sammanfatta kontroverserna på detta område genom att påvisa, att i flesta fall en mylonitisering af eruptivbergarter leder till pelitisering, d. v. s. att den kemiska förändringen, som omedelbart står i sammanhang med själfva uppkrossningsprocessen, består i en anrikning af de baser, som äro karaktäristiska för lersediment. Samtidigt hänvisar han på en omvandling af den primära mineralkonstitutionen, som är orsaken till kemisk stabilisering i pelitisk riktning, nämligen att de primära fältspatmineralen ersättas genom de sekundära mineralen sericit (och epidot) af pelitisk karaktär. Han antager således för omvandlingen en förkortad metamorf cykel i LEITHS och MEADS mening³ utan att finna tillämpning för den energimängd, som frigöres vid så pass hastig och koncentrerad öfvergång från ett tillstånd med högre energiinnehåll till ett tillstånd med lägre sådant, och hvilken i den normala metamorfa cykelns katamorfa gren successivt förskingras (t. ex. vid vittring). Däremot och till följd häraf ansluter han sig fullkomligt till STRAUBS ståndpunkt i förhållande till de fall, som afvika från hans schema.

Man kan emellertid antaga, att i vissa fall en mekanisk deformation af en eruptiv bergart bör kunna inträda, innan eruptiven helt anpassat sig de nya förhållanden af tryck och temperatur, som inträdt efter afslutning af intrusiv-stelnings- och andra processer, som stå i samband med bergartens *mis-en-place*. I sådant fall kunna två möjligheter inträda.

¹ L. c. s. 83.

² Fortschritte der Min., Kristallogr. u. Petrographie 5. 1916. 235.

³ C. K. LEITH and W. J. MEAD, Metamorphic geolog. N. Y. 1915, samt mera skisseradt i Journ. Geol. 20. 1912. 353.

27—185408. G. F. F. 1919.

1) Uppkrossningen och mylonitiseringen sker omedelbart, utan att någon egentlig mineralnybildning äger rum; stora energimängder frigöras oafsedt den värmeenergi som utvecklas vid den mekaniska rörelsen. De utlösa omedelbart förstärkta lösningsomsättningar, ju större till sin kvantitativa effekt, ju komplettare mylonitisering föreligger, d. v. s. ju finare kornstorlek presteras. Bergartens konstituerande mineral utgå i allmänhet i ordning af relativ löslighet, ehuru dock lösningskomponenter kunna i betydande omfattning störa denna ordning. Som synes, antages i dessa fall ett lösningsmedel, som ju alltid i bergarten i en eller annan form förefinnes. 2) Uppkrossningen och mylonitiseringen sker i sådan form, att en nybildning af kemiskt homologa mineral med mindre energiinnehåll är möjlig, dels på grund af redan förut existerande »kristallgrodor» (»Kristallkeime») dels för att nybildningen tagit sin början redan under föregående utvecklingsstadium af bergarten. I sådant fall kan den kemiska omvandlingen af bergarten i sin helhet visa alla stadier af intensitet från maximala belopp i omedelbar anslutning till föregående fall till minimala, knappt skönjbara belopp som i de fall STRAUB anför. Den energi som frigöres, bindes i mindre mängd vid mineral med mindre energiinnehåll, åtgår till deras omkristallisering; den frivordna energien förbrukas vid lösningsomsättningar. Ju större fart nybildningen och omkristalliseringen tager, desto mindre urval af komponenter stå till lösningsenergiens förfogande och desto mindre blir äfven i många fall lösningseffekten eller kemiska förändringen af bergarten. De nybildade mineralen med mindre energiinnehåll äro i de flesta fall hydratiserade, därför bör i det ena extrema fallet mylonitbildning åtföljas af ökning i vattenhalten eller lösningsmedel, som ju sker vid den mekaniska »pelitisering». Å andra sidan bör det andra extrema fallet af mylonitisering åtföljas af minskning i vattenhalt; ett par antydningar i denna riktning föreligga i förf.-s tidigare uppsats. Svaret på frågan, om förändringen generellt yttrar sig i minskning eller ökning af SiO_2 -halten i bergarten, är af mera

komplex natur. Om stabila nybildningar af lägre energiinnehåll i tillräcklig mängd ha kunnat uppstå för att binda frigjorda baser eller föreningar, bör kunna tänkas, att en afföring af SiO_2 i märkbar grad äger rum, detta i samband med pelitiseringen; BECKES exempel belysa gången af denna förändring. Äfven i de fall, när bergartens primära beståndsdelar uppvisa ett så pass stort stabilitetsområde, att de äga existensmöjligheter och tillräcklig motståndskraft äfven under mylonitbildningens förändrade fysiko-kemiska förhållanden, bör förväntas, att en förändring i samma riktning försiggår. Om däremot de öfriga mineralkomponenterna ej ägt tillfälle att anpassa sig de nya betingelserna genom analoga nybildningar och deras stabilitetsområde afbrytes af den begynnande mylonitiseringen, är att förmoda, att de i första rummet äro underkastade upplösning och bortföring, medan bergarten i sin helhet relativt anrikas på SiO_2 och kvarts samt går en »kvartsitisering» till mötes. Exempelen på denna omvandlingsriktning äro talrika inom Skandinaviska högfjällsformationen och hafva senast belysts af QUEENSEL.¹

Hvar de i lösning gångna komponenterna åter aflagras och hvilken roll de spela i den geologiska komplex de tillhört, är en fråga, som ej omedelbart kan besvaras i detta sammanhang. En bestämd roll måste dock tillskrifvas dem, då de kvantitativt ej äro så alldeles underordnade. I annat sammanhang hoppas förf. kunna återkomma till denna fråga, liksom till en mera ingående belysning och genom bevismateriel illustrerad behandling af de i föregående antydda kemiska förändringarne.

Af denna sammanfattning framgår, att såsom förutsättning för att märkbara och kvarstående kemiska förändringar inom eruptivbergarter och dem nära stående tuffer och tuffiter kunna göra sig gällande, måste antagas en dynamisk inverkan, som inom komplexen utlöstes i glidrörelser, genom hvilka skapats

¹ P. QUEENSEL, Zur Kenntnis der Mylonitbildung etc. Bull. Geol. Inst. Upsala 15: 1916. 91.

cirkulationsvägar för de lösningsföreteelser och omvandlingar, som antydts i föregående. Förskiffringen, som uppstår härvid är afbildning af de glidytor, som beteckna glidvägarne.¹ Några andra vägar för kemiska förändringar som äro förbundna med allmän energidegradation, finnas ej, om man ej lyckas spåra den vanliga katamorfa grenen af den metamorfa cykeln, som representeras genom sekulär vittring och dylika företeelser. Ett hydrostatiskt tryck inverkar blott på volymen och den härmed förbundna volymenergien och åstadkommer ej kemiska förändringar af komplexen som helhet eller i dess olika afdelningar, åtminstone ej sådana, som kunna bestyrkas genom äfven rikhaltigt bevismaterial.

Under senaste år ha i uppsatser och föredrag GAVELIN² och QUENSEL³ sökt bevisa, att stora delar af den s. k. seveformationen inom de lappländska fjällbildningarna representera köligruppens fyllitiska skiffrar, klädda i en högre metamorf dräkt, d. v. s. att i seven en högre metamorf facies af den västliga siluren föreligger, och att således dessa delar af seveformationen representera mer eller mindre rena lersediment, att de framför allt äro sedimentogena. På grund af successiva öfvergångar från ena formationen till den andra, som iakttagits på olika ställen, anse sig GAVELIN och QUENSEL kunna stödja beviset från stratigrafiska och geologiskt-tektoniska sidan. HOLMQUIST⁴ vill däremot göra gällande, att anförda geologiska data ej äro tillräckligt beviskraftiga på grund af områdets synnerligen komplicerade tektonik; han framtager äfven de anförda

¹ Jmf. W. SCHMIDT, Mechanische Probleme der Gebirgsbildung. Mitteil. Wiener Geol. Ges. 8. 1915. 62—114. samt B. SANDER, Jahrb. Wien. Geol. Reichsanst. 64. 1914. 567.

² »Till frågan om de kristallina seveskiffrarnes ursprung och metamorfos» G. F. F. 41. 1919. 313.

³ »De kristallina sevebergarternas geologiska och petrografiska ställning inom Kebnekaiseområdet» G. F. F. 41. 1919. 19, samt »Nya data till kännedom om seve- och kölibergarternas kemiska karaktär» i detta häfte.

⁴ Diskussionsinlägg till föredragen vid mötet den 5 dec. 1918. G. F. F. 40. 1918. 907, samt »Några ord om de sedimentära seveskiffrarnas sammansättning och geologiska ställning» i detta häfte.

kemiska bergartsanalyserna, med hvilka GAVELIN och QUENSEL söka styrka sina geologiska erfarenheter och hvilka visa den mest önskvärda lersedimentkaraktär, all beviskraft, i det han citerar förf.-s inledningsvis anförda uppsats om kemiska förändringar vid mekanisk deformation. HOLMQUIST anser seveformationens bergarter i hufvudsak vara af tuffitiskt ursprung och att de genom »metamorfos» (af obekant slag) förlorat sin primärt eruptiva karaktär, att de pelitiserats enligt samma schema, som förf. anfördt för sydamerikanska granitmyloniter.¹

På grund af detta citat och till följe af geologiskt samarbete i fält² anser sig förf. föranlåten att bidraga till lösningen af denna kontrovers, men tillåter sig förutskicka, att han på grund af otvetydiga geologiska data fullt ansluter sig QUENSELS och GAVELINS ståndpunkt. Då ytterligare geologiskt-tektoniska och stratigrafiska bevis måste anstå tills den slutgiltiga fältutredningen afslutats, bör bidraget inrikta sig på tolkningen af föreliggande kemiska data.³

Antaget att vissa delar af »seveformationen» representera eruptivbergarter inklusive deras tuffer, så böra dessa gifva analyserna sin prägel. Analyserna visa i föreliggande fall, äfven enligt medgifvande från HOLMQUISTS³ sida, ej eruptiv karaktär. Således måste bergarterna ha undergått dynamisk deformation, i hög grad mylonitiserats, för att slutligen uppnå den kemiska sammansättning, som analyserna obönhörligen uppvisa. HOLMQUIST förnekar intensivare deformationer af bergarterna och anser den i vissa fall uppträdande bandningen hänföra sig till primär stratifikation.⁴ *Äfven kan mylonitisering, som är bunden vid vissa glidzoner, svårligen tänkas likformigt omvandla en hel formation.* Således återstår en möjlighet, att eruptiverna och deras tuffer genomgått den nor-

¹ H. BACKLUND, anförda ställe.

² Med professor P. QUENSEL.

³ Jmf. GAVELINS anförda uppsats.

⁴ Diskussionsinlägg till föredraget vid mötet den 7 mars 1918. G. F. F. 40. 1918. 270.

mala, ej förkortade metamorfa cykeln mot katamorfismens område, att de undergått en genomgripande vittring, som kemiskt likställt dem med sediment, och därefter omkristalliserats. Då skilja de sig ju på intet vis från normala sediment; beviset, att de sedimenterats på samma ort och ställe, där de genomgått den eruptiva cykeln af sin tillvaro, återstår att pres-tera.

För att ytterligare bevisa, huru pass otillförlitlig en metamorfoserad bergarts analys är, när det gäller att bedöma bergartens primära karaktär, anför HOLMQUIST¹ en rad exempel från olika områden, som dock alla hänföra sig till den kategori förf. i det föregående mera utförligt behandladt: moderberget är en eruptivbergart eller dess tuff, »metamorfosen» är intensiv mylonitisering med »pelitisering» som resultat af den kemiska förändringen.

En eruptivbergart är genom sin struktur predestinerad att vid uppkrossning, ledsagad af glidrörelser, vid mylonitisering, genomgå betydande kemiska förändringar, då rörelsen till stor del sker *intragranulärt*, genom glidrörelser inom kristallkornen och deras uppkrossning, hvarvid betydande energimängder frigöras. En sedimentbergart däremot, äfven en metamorfoserad sådan, med undantag af massformiga kontaktbergarter, har genom anordning af mineralkomponenterna under sedimentationen och genom denna erhållit en textur, som låter vänta, att uppstående glidrörelse, företrädesvis längs sedimentationsplanen, försiggår i hufvudsak *intergranulärt*, således med mindre energikutveckling och därför mindre möjligheter för kemiska förändringar förefinnas; i metamorfa, ej deformerade sedimentbergarter är mineralkomponenternas orientering delvis föreskrifven af sedimenteringsprocessen.

Däremot bör i massformiga metamorfa sedimentderivat, eller i de fall glidplanen ej följa de genom sedimentation föreskrifna texturplanen, glidrörelsen ske i enlighet med eruptivbergarter. En större kemisk förändring af den mylonitiserade bergarten

¹ Uppsats i detta häfte.

i sin helhet bör dock ej här kunna förväntas, då den föregående metamorfosen låtit mineral med jämförelsevis ringa energiinnehåll och stort stabilitetsområde uppstå, hvilka kunna anpassa sig den större påfrestningen. Energi frigöres i vida ringare kvantitet och förbrukas omedelbart till omkristallisering af den redan existerande mineralassociationen och till en del smärre nybildningar; för lösningsprocesser och lösningsomsättningar blir intet till öfers.

Vid kontaktinverkan på en metamorf serie från eruptivbergarts sida bör tvärtemot HOLMQUISTS åsikt i vissa fall en kemisk förändring kunna försiggå. Äfven kemiska förändringar af normalt sediment är ju genom exempel bevisad¹, fastän den är mindre vanlig, då den tillströmmande värmeenergien nästan fullständigt förbrukas till nybildning af mineral och deras tillväxt. När såsom i fallet af metamorfa bergarter en färdig mineralkomposition föreligger, så bör tillströmmande värme och annan energi förbrukas dels till öfverföring af en mineralassociation med lägre energiinnehåll till en sådan med högre, dels till kristallisation och tillväxt af kornstorlek, dels slutligen åtgår resten — en sådan rest bör i flesta fall förefinnas, när man jämför denna kontakttyp med den normala — till lösningsomsättningar, som kunna utmynna i kemiska förändringar.

Till sist anser sig förf. böra anföra ett par analyser, hvars publikation varit ämnad ske i annat sammanhang; de illustrera en svag, men dock tydlig kemisk förändring vid kontaktinverkan af granit på en kalkfyllitisk bergart. Lokalen är visserligen »exotisk», men bör väl kunna godtagas, då den ej är transocean.

Västra Sajanernas i ENE strykande, brant uppresta predevoniska skiffrar, omfattande kvartsitskiffrar (i norr), kvartsfylliter, fylliter och milda, sericitrika skiffrar samt grönaktiga

¹ T. ex. H. A. BROUWER, Über einen Granitkontakthof in Mittel-Sumatra. Geol. Rundschau 5. 1915. 554; O. H. ERDMANNSDÖRFFER, Petrographische Untersuchungen an einigen Granit-Schiefer-Kontakten der Pyrenäen, N. J. B. B. 37. 1914. 739. o. a.

kalkfylliter med inlagrade kalkstenar (i centralare delar), genomsettes i centralare delar af en rad i strykriktningen utdragna granitlakkoliter, hvars intrusion försiggått efter sedan bergveckningen och de tektoniska rörelserna i hufvudsak stagnerat. Graniten är grof- och jämnkornig, mot kontakten något finkornigare, sällan porfyrisk. Kontakten är dels en uppfläckningskontakt (i strykriktningen) med inneslutna skollar och begynnande arteritbildning, dels en skarp rätlinig »normal» kontakt (vinkelrätt mot strykningen). Vid kontakten är den grågröna, något strimmiga kalkfylliten omvandlad till en gråsvart till brunsvart bergart, utan synlig tillväxt i kornstorlek och utan att strimmigheten försvunnit.

Graniten¹ är kvartsrik och består af stora kvartsindivider med antydan af idiomorf begränsning, af mer eller mindre idiomorft prismatiska, albitstreckade plagioklasindivider (albitoligoklas med 16—17 % anortithalt), af formlösa, flammiga, enhetliga mikroklinpertitmassor, delvis omslutande de öfriga mineralen, ringa mängder af ett ärggrönt hornblende med liten utsläckning och kringvuxet af ett färglöst hornblende med högre dubbelbrytning, samt slutligen af en brun biotit med intensiv, något olivfärgad pleokroism. Apatit, zirkon och malmmineral kunna ej upptäckas, däremot uppträder klar albitnybildning på gränsen af kali och kalknatronfältspat; den senare är ofta centralt saussuritiserad och visar i samband härmed invers zonarstruktur.

Kalkfylliten är mycket finkornig och tydligen något uppkrossad. Bandningen, som möjligen motsvarar primär skiktning, består af alternerande bredare, ljusa och smala grågröna och gräsgröna stråk. De ljusare bestå af ett mycket finkornigt aggregat af kvarts och (ej sällan tvillingstreckad) albit med något epidot, de grågröna, något diffust begränsade i hufvud-

¹ Beskrifningen hänför sig till bergarterna från Irgaki-gruppen; genom erosion har lakkoliten, liksom på flere andra håll delvis blottlagts och framstår som vildt alpint, glacialeroderat och ännu lokalt nedisadt krön på de eljes flackt vågformiga, släta, genom relativt trånga längsdalar åtskilda Sajankammarne.

sak af sericit, klorit, epidot samt mattgråa fläckar af leukoxen (titanit); de gräsgröna, skarpt begränsade slutligen bestå öfvervägande af klorit med något sericit och leukoxen. Apatitkorn synas ganska jämnt fördelade i stråken, malmmineral däremot samt kalcit och organiska substanser fattas fullständigt.

Den mörka, kontaktmetamorfa bergarten, af hvilken den analyserade stuffen är slagen i strykningsriktningen af föregående profstuff, är äfven bandad i samma relativa bredd och äger ett något gröfre korn. De ljusa stråken bestå af kvarts och andesin (ostreckad, 43 % anortithalt), de diffusa af en ljusbrun, något blek biotit med skarpa konturer och något divergentstrålig i kvarts och plagioklas; de skarpare och något mörkare stråken af stora, i sektorform tvillingsdelade, aflånga cordieritindivider, genomväxta af finkornig biotit och kvarts samt något andesin; cordieritindividerna äro skarpt afskurna af stråkets gränser. Grafit är en rikligt tillkommen ny komponent, apatiten visar gröfre korn, men eljes synas inga nybildningar.

Stråken i bägge sistnämnda bergarterna motsvara hvarandra så fullkomligt i bredd, fördelning och innehåll, att analyser af dem och den inverkan de graniten syntes äga intresse. Analyserna ha utförts af Dr. NALMA SÄHLBOM och äro sammanställda i tab. 1.

Äfven om analys 2 omräknas till samma SiO_2 -halt (jmf. 2 a) som analys 3, hvilket ju kan vara berättigadt, då lätt i analysmaterialet en något rikligare mängd af de kvartsrikare breda banden kan ha insmugit sig, så kvarstår dock en tydlig kemisk förändring genom kontaktinverkan, som ej enbart kan ha åstadkommits genom F-ångor (jmf. ökade halten af F från 2 till 3). Trots att fyllitens färgade samt delvis äfven de färglösa komponenterna öfverförts i en form med större energiinnehåll, synes dock ett energiöfverskott förefunnits, som inlett lösningsomsättningar. De färgade (i detta fall mindre lösliga) mineralens baser ha å mängd tilltagit, de färglösas aftagit.

Tab. 1.

	1.	2.	2 a.	3.
SiO ₂	77.09	61.97	57.69	57.69
TiO ₂	0.09	1.03	1.14	0.98
Al ₂ O ₃	12.70	17.00	18.35	21.09
Fe ₂ O ₃	0.41	1.69	1.89	2.80
FeO	0.41	4.64	5.16	5.59
MnO	0.02	0.11	0.12	0.16
MgO	0.01	2.60	2.90	4.02
CaO	0.79	3.78	4.20	2.06
Na ₂ O	3.47	3.40	3.79	2.67
K ₂ O	4.81	1.33	1.48	1.82
P ₂ O ₅	0	0.21	0.23	0.22
BaO	0	0.01	0.01	0.01
Cl	0.04	0.03	0.03	0.03
F	0.15	0.06	0.06	0.26
H ₂ O - 105° . . .	0.12	0.14	0.15	0.16
H ₂ O + 105° . . .	0.38	2.19	2.44	0.63
CO ₂	0	0	0	C. . 0.32
	100.49	100.24	100.24	—

1. Granit från Irgakis SW-utlöpare. Westsajanerna.
2. Kalkfyllit från vattendelaren mot Bolschaja Oja, Irgaki, Westsajanerna.
- 2 a. Analysen omräknad på samma SiO₂-halt som följande.
3. Kontaktbergart (cordieritgnejs) från rätlinig kontakt Som 1.

Tab. 2.

	1.	2.	2 a.	3.	Lera (normal)
Si	72.6	60.2	56.0	55.6	58
U	14.5	28.0	30.6	33.1	25
L	12.9	11.8	13.4	11.3	17
C Ca Al ₂	12	49	50	54	
A {	Na Al	46	40	32	
	KAl .	42	11	14	
F {	Al . .	22	16	30	
	Mg . .	1	36	48	
	Fe . .	77	48	22	

Klarast framträder förändringen i tabell 2, i hvilken enligt BECKES¹ förslag *Si* uttrycker kiselsyrehalten (Si+Ti) i metallatomprocent, *U* de olösliga komponenterna (Al+Fe+Mg) och *L* de lösliga (Ca+Na+K) i samma termer. *C* och *A* angifva förhållandet mellan den vid Ca, Na, K bundna lerjorden (fältspatmineralen) samt *F* förhållandet mellan lerjordsöfverskottet till Mg och Fe, samtliga beräknade på 100 delar.

Grafithalten är ny och torde vara af eruptivt ursprung. Ett tiotal slipprof af samma fyllit visa ej ett spår af organiska ämnen.

Den sajänska kalkfyllitens analys visar ganska nära öfverensstämmelse med den af QUENSEL² gifvna analysen N:o II, af en kalkfyllit från södra Lappland; den är möjligen något intensivare omvandlad, såsom jämförelse med *Si U L*, hänförande sig till normalt lersediment, visar. Analysen 3 aflägsnar sig betydligt mera från normalt lersediment i likhet med de högre metamorfa seveskiffrarna.

Åbo Akademi i oktober 1919,

¹ Denkschr. Wien. Akad. 75. 1913. 150.

² Jmf. uppsats i detta häfte.