

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
STOCKHOLM 50

Rapporter och meddelanden i stencil
Nr 4

Bidrag till kännedomen
om den radioaktiva strålningens fördelning
inom den svenska berggrunden

English summary

Bidrag till kännedomen om den radioaktiva strålningens fördelning
inom den svenska berggrunden.

av

Göran Stålhös

I avsikten att utröna den radioaktiva strålningens fördelning i den svenska berggrunden ha på bekostnad av AB Atomenergi under somrarna 1956 och 1957 ett 10-tal extrageologer under ledning av statsgeolog B. Dahlman utfört strålningsmätningar med portabla Geiger-Müller räknare över delar av Norrland, norra Svealand, Värmland, Dalsland, Blekinge och Bohuslän. Rekognoseringsarna ha till stor del företagits per bil utmed samtliga framkomliga vägar och endast i mån av behov, såsom i fjälltrakterna, kompletterats med förflyttningar till fots. Det största antalet av de ca 10 000 mätobservationerna är därför utförda i vägs kärningar. De använda Geigerinstrumenten ha samtliga varit av typen Hoffman Countmaster. Mätningarna, som utförts på blottlagda hälltytor, ha tillgått så, att den fritt rörliga geigerrörshylsan hållits parallellt med bergytan exakt 40 cm från densamma, och antalet i räkneverket registrerade impulser per 2 min har noterats. För att man i möjligaste mån skall kunna undvika lokala yteffekter i hällytan, har β -strålningen avskärmats,^{x)} varför mätningarna endast omfatta γ .

Jämsides härmed ha på samma sätt mätningar utförts på den s k relativa bakgrundsstrålningen, som sammansättes dels av den radioaktiva kosmiska strålningen och dels av strålningen från radioaktiva element (väsentligen K^{40} , se nedan) i de lösa jordlagren, såsom morän, lera m m. Mätningarna ha i detta fall gjorts vid någon godtyckligt vald punkt i terrängen, såsom över en myr, äng eller skogsbacke (obs ej i närheten av berghällar).

De i berggrunden förekommande radioaktiva komponenter, som i denna undersökning ha behandlats, äro uran, thorium och den i konstanta mängder uppträdande radioaktiva isotopen K^{40} i kalium ($K^{40} = 0.012\%$ av K^{39} enligt Rankama, 1950). Ingen hänsyn har tagits till andra radioaktiva ämnen än de uppräknade, såsom t ex rubidiumisotopen Rb^{87} m fl, då dessa i allmänhet

x) Med hjälp av en rörlig ca 1 mm tjock aluminiumskärm kan Geigerröret om så önskas avskämmas från praktiskt taget all β -strålning.

uppträda i mycket små mängder i den ordinära berggrunden.

Bearbetningen och sammanställningen av det insamlade materialet, bl a omfattande ett par tusen stuffer, har skett av undertecknad hösten -57 och våren -58. Arbetet har bl a bestått i att med hjälp av tillgängligt geologiskt kartmaterial i möjligaste mån försöka konstatera i vilka olika bergartsgrupper eller formationer, som mätobservationerna utförts, för att sedan kunna genomföra en gruppering av de olika leden. På så sätt har det blivit möjligt att upprätta frekvensdiagram över strålningens fördelning i olika bergartsgrupper och formationer (figur 1). En relativt stor osäkerhet och många svårigheter ha givetvis förelegat, då det gällt att hänföra en viss observation till den ena eller den andra bergartstypen. Bl a har materialets kvalitet i hög grad växlat beroende på de olika extrageologernas förmåga, och ha bedömningarna varit särskilt svåra i områden, där endast föråldrade geologiska kartblad varit tillgängliga. I de fall där osäkerheten varit påtaglig, ha observationerna helt utelämnats, vilket gäller ca 5 - 10 % av materialet.

Om de inmätta berghällarna äro alltför små (ca 3-5 m radie på hällen bör i allmänhet vara tillräcklig), uppstå ofta förskjutningar i mätresultaten på så sätt, att bergarter med låg strålningsaktivitet få denna förhöjd genom instrålning från eventuellt omgivande morän, lera el dyl, som genom en relativt hög halt av kali och följaktligen också av den radioaktiva isotopen K^{40} lämnar bidrag till den totala strålningsaktiviteten. I det fall då bergarten har en hög aktivitet, komma de omgivande jordlagren också att lämna sitt bidrag till slutvärdet i form av strålning, men detta motverkas mer än väl av den förlust i strålningsaktivitet, som uppstår på grund av den avskärmande effekt, som jordlagren ifråga ha på de delar av hällen, som äro övertäckta. Denna avskärmande effekt tilltager snabbt med ökat jorddjup, och vid ca $\frac{1}{2}$ - 1 m jordtäckning, beroende på diverse faktorer, har praktiskt taget all strålning från underliggande berghäll blivit bortfiltrerad. För att man i görligaste mån skall kunna eliminera ovannämnda felkällor vid utförandet av strålningsmätningarna ha extrageologerna strävat efter att om möjligt endast utföra mätningarna på hällar av tillräckligt stort omfång.

Man kan förmoda, att områden med rikligt blottad berggrund i allmänhet komma att ge något högre mätvärden relativt sett än motsvarande i dåligt blottade områden, där det ibland kan vara svårt att hitta tillräckligt stora hällar lämpliga att mäta.

Den kosmiska bakgrundens (eller om man så vill den absoluta bakgrundens) variationer från stund till stund är relativt stor, vilket framgår av en serie mätningar företagna på olika ställen ute på Brunnsvikens snötäckta is under 3 olika dagar. 30 mätningar visa en maximal bakgrundsvariation från 25 - 45 impulser/2 min vid avskärnad β -strålning, vilket innebär maximala avvikelser på ca 35 % från det härur beräknade bakgrundsmedelvärdet 33. Den snabba variationen i bakgrunden belyses av att den nyss nämnda största skillnaden i mätvärden erhöles vid tvenne observationer med endast 10 minuters mellanrum. Den relativa bakgrunden (se sid 1) har en genomsnittlig storlek av ca 45 - 50 imp/2 min, vilket utgör ett representativt medeltal av samtliga bakgrundsmätningar, som utförts i samband med våra undersökningar. Den kosmiska medelstrålningen 33 impulser/2 min dragen från nämnda belopp ger ett mått på det genomsnittliga bidraget i form av strålning, som kommer från de lösa jordlagren på markytan, vilket uppgår till ca 10 - 15 imp/2 min.

Ett studium av medelvärdena i histogrammen (fig 1) visar, att fyra grupper karakteriserade av bestämda strålningsmedelvärden i grova drag kunna särskiljas inom urberget (se äv tab I).

		K %
Grönstenar - diabaser och urkalksten	45-55 imp/2 min	~ 1
Urgranit, leptit och samtl gnejser	65-90 "	~ 3
Yngre graniter i allm grovk eller ögonförande, Dalaporfyr	80-100 "	~ 4
Yngre graniter vanligen finkorniga	110-150 "	~ 4.5

Fig 1 visar ytterligare strålningsfördelningen från olika formationer och bergartsled i fjällkedjan. Följande tre huvudgrupper kunna där särskiljas med hänsyn till medelstrålningen:

		K %
1 Amphiboliter i seven, eokambriska kvartsiter och ortocorkalk	45-55 imp/2 min	~ 1
2 Sparagmiter, Dalasandsten, seven- och köli-seriernas bergarter	65-70 "	~ 2.5
3 Ordoviciska gråvackor	75 "	~ 3

Kalihalterna för de olika bergartstyperna utgöra medelvärden av tillgängliga äldre kemiska analyser ^{x)} och kunna anses relativt tillförlitliga

x) Analyser utförda före 1932 äro hämtade från en sammanställning av W.Larsson, 1933: Chemical analyses of Swedish rocks. Bull. Geol.Inst.Uppsala, Vol 24. Efter denna tid har endel av analyserna erhållits ur de vid S.G.U.:s kemiska laboratorium arkiverade analysprotokollen fram till år 1958. För övrigt har en betydande del av analyserna hämtats ur de i litteraturförteckningen förprickade arbetena.

i de fall, där många analyser föreligga. I flera fall, speciellt där kemiska analyser saknas, ha kalivärdena beräknats ur tillgängliga planimetriska analyser.

De olika bergarternas respektive formationernas medel γ -intensitet ställd i relation till deras kaliumhalt uttryckt i % framgår av diagram 1. Ett tydligt lineärt samband (streckade linjen) mellan nämnda storheter synes råda åtminstone upp till 3 à 4 % kalium, där punkterna uppvisa en allt större avvikelse från den räta linjen i riktning mot högre kalihalter.

Sistnämnda förhållande kan sägas bero på att den i bergartspulverna relativt dominerande kalistrålningen i tilltagande omfattning överlagras av strålningen från övriga radioaktiva komponenter, i första hand uran och thorium. Denna överlagrande strålning ökar i riktning mot surare bergarter med högre kalihalter, vilket bl a framgår av en undersökning i en kalifornisk intrusiv batolit (Larsen 1948), där uranhalter i gabbroida bergarter växla från ca 0 till 1 ppm med en medelhalt av 0.3 ppm, i kvartsdioriter från 0.5 - 3 ppm och i graniter från 2 - 6 ppm. På analogt sätt visa punkterna i diagram 1 i x-axelns riktning en allt större avvikelse uppåt från den streckade räta linjen, liktydligt med ökade strålningsbidrag från andra radioaktiva komponenter än isotopen K^{40} i kalium.

Sammanfattningen i diagram 1 av de hittills utförda strålningsmätningarna visar, att vi i fortsättningen kunna bortse från den relativa bakgrunden och endast behöva befatta oss med värdet av den kosmiska bakgrundsstrålningen, emedan det av diagrammet ifråga framgår, att vid 0 % kalium (där prickade linjen skär ordinatan) bakgrunden antar just samma värde som den tidigare direkt beräknade kosmiska bakgrunden, och att följaktligen instrålningsbidraget från de mätta hållarnas omgivning i huvudsak varit av underordnad betydelse.

Den approximativa lutningen av den linje, som enbart skulle bero av K^{40} -strålningen, i diagram 1 kan man få på följande sätt. Man kan utgå från att praktiskt taget alla bergarter och formationer i genomsnitt innehålla större eller mindre mängder av uran och thorium, vilket framgår av ett flertal arbeten, t ex Adams och Weaver 1958. På grund härav bör den linje, som representerar den rena K^{40} -strålningen förlöpa nedanför samtliga punkter i diagram 1. Vidare låter man linjen träffa ordinatan vid 33 imp/2 min, vilket värde dels motsvarar genomsnittsvärdet för den absoluta bakgrunden enl en tidigare ommänt mätserie och dels är identisk med

den punkt, mot vilken den först uppritade, genom punktgruppen dragna räta linjen (streckad) pekar.

Ett mera bestämt läge för den tilltänkta linjen erhålles, om vi till en början approximera innehållet av uranekvivalenter i diabaserna till 0 (se ovan, gabbroida grönstenar innehålla endast i genomsnitt 0.3 ppm uran) och sålunda låta linjen L_1 förlöpa genom punkt 1 (punkten för medelstrålningen i samtliga diabaser) och skära ordinatan vid 33 imp/2 min. Diabaserna visa sig på grund av sina låga strålningsvärden vara de bergarter, som innehålla de minsta kvantiteterna av radioaktiva komponenter utöver K^{40} och äro följaktligen mest lämpade för ovanstående approximation.

Diagram 1 grovkalibreras härefter med hjälp av den uppritade linjen L_1 och det i medelbohusgraniten beräknade uranekvivalentinnehållet 16.5, för vilket värde en utförlig redogörelse lämnas å s. 11 och 12. Avståndet från punkt 26 (medelstrålning för Bohusgranit) till den uppritade linjen $L_1 = 68 \text{ } \gamma \text{-imp}$, vilket belopp skall motsvara 16.5 uranekv. Härav erhålles att $1 \text{ } \gamma \text{-imp} = 0.24 \text{ uranekv}$.

Vi kunna nu med hjälp av ovanstående samband frångå den tidigare approximationen och draga en ny linje L_2 . Vi antaga då istället, att diabasernas medelinnehåll av uranekvivalenter närmare ansluter sig till medelvärdet 0.3 ppm uran eller $= 0.5^x)$ uranekvivalenter för gabbroida bergarter i enlighet med Larsen 1948 än det tidigare approximativa värdet 0 uranekv. I ovannämnda syfte avsättes en punkt på ett avstånd motsvarande 0.5 uranekv. nedåt från punkt 1 ($2 \text{ } \gamma \text{-imp} = 0.5 \text{ uranekv}$). Med samma utgångspunkt på ordinatan som tidigare drages nu linje L_2 genom den inritade punkten. En finkalibrering av diagram 1 göres sedan med hjälp av linje L_2 , varvid 16.5 uranekv kommer att motsvara $74 \text{ } \gamma \text{-imp}$, vilket ger $1 \text{ } \gamma \text{-imp} = 0.22 \text{ uranekv}$.

Ur linjen L_2 :s lutning erhålles vidare att $1 \text{ } \% \text{ kalium} = 10 \text{ } \gamma \text{-imp}$.

Diagrammet kan utnyttjas praktiskt vid prospektering med Geiger-Müller räknare för att snabbt kunna avgöra i vad mån ett visst i fält innmätt γ -värde kan anses härröra från enbart kalium i bergarten, eller om inblandningar med radioaktiva komponenter föreligga. Man kan nämligen

x) Halterna uran och thorium i eruptivbergarter bruka stå i ett visst mängdförhållande till varandra. Detta förhållande antages allmänt vara $\sim 1/3$. Härav erhålles att ovannämnda 0.3 ppm uran åtföljes av 0.9 ppm thorium. Totala antalet uranekvivalenter blir enligt diagram 3: $0.3 \text{ ppm U} + \frac{0.9}{4.2} \text{ ppm eU} = 0.51 \text{ eU}$. (eU = Uranekvivalenter)

med någon vana uppskatta den ungefärliga kalihalten i en bergart och sedan gå in i diagrammet och se, vilket impulsvärde detta motsvarar. Alla värden, som överstiga det nämnda, måste antingen bero på närvaron av radioaktiva mineral, vilkas förekomst är större ju kraftigare avvikelser från kalilinjerna är eller på det förhållandet, att en extremt kalirik varietet av bergarten ifråga förekommer. Sålunda visa i diagram 1 såväl Bohus-, Spinkemåla- som Malingsbogräniterna i genomsnitt en relativt hög halt av radioaktiva mineral jämfört med övriga bergarter. Genom kalibrering mot diagram 1 kunna även andra Geiger-räknare än den här använda Hoffman Countmaster utnyttjas på motsvarande sätt.

De olika histogrammens form i fig. 1 kunna i viss mån ge besked om homogeniteten i en bergart, vad kalihalten beträffar, men under förutsättning, att uran-thoriumhalterna äro små. Ett stapeldiagram med bred bas antyder sålunda i nämnda fall stora variationer av kaliumhalten i bergarten, medan ett smalt diagram betyder det motsatta, som t ex i fallet diabas och gabbroida grönstenar. Den stora spridningen av staplarna och de relativt höga värdena i småkorniga graniter av typerna Bohus-, Malingsbo-, Stockholms- och Spinkemåla- visar, att strålningsbidragen från uran och thorium här spela en stor roll. Den stora växlingen i halterna av nämnda komponenter döljer nämligen det faktum, att graniterna ifråga kunna räknas till de mest homogena i vårt urberg med tämligen konstant kalihalt mellan 4-5 %. Ett stapeldiagram med betydligt snävare gränser vore att vänta av ovan nämnda graniter, om ej de radioaktiva komponenterna stört helhetsbilden. Redan Stockholmsgraniten ger på grund av sin betydligt lägre halt av radioaktiva mineral ett mera samlat stapeldiagram än Malingsbogränit-typen trots den större homogeniteten hos den sistnämnda (Magnusson 1938).

Tillförlitligheten hos de olika histogrammen är starkt växlande beroende på antalet utförda mätobservationer. Ett mycket stort antal observationer ha utförts i vissa fall såsom i de mellansvenska urgraniterna och Revsundsgraniterna med ca 1.000 vardera. I de heterogenare bergarterna t ex gnejserna äro procentuella antalet felbedömningar i avseende på bergartsklassifikationen givetvis betydligt större än i homogenare och lättare igenkännbara granitbergarter.

Följande kommentarer kunna göras till några av histogrammen. Det höga strålningsmedelvärdet och den högre kalihalten hos gnejsgraniterna i västra och östra Blekinge jämfört med gnejsgraniterna i Mellansverige stöder det av R. Norin (1936 s 536-37 och 558) uttalade förmodandet, att gnejsgraniterna i Blekinge i själva verket icke äro av svionisk ålder utan snarare äro att anse såsom mer eller mindre metamorfa ekvivalenter till Smålandsgraniterna, med vilka de ha ett direkt sammanhang. Dessa graniter synes i nedtal ha en något högre halt av kalium än urgraniterna.

Den finkorniga grå kustgnejsen i Blekinge visar även en oväntat hög aktivitet och tillika kalimedelhalt jämfört med övriga gnejsformationer. En förklaring härtill kan vara, att en del material, som rätterligen bort hänföras till Spinkemålagraniterna kommit att införlivas med kustgnejsen, då sagda bergarter ej sällan visa gradvisa övergångar till varandra. På grund av det nära kemiska och mineralogiska släktskapet mellan Spinkemålagraniten och kustgnejsen anser R. Norin, att förstnämnda bildats genom en "palingenes in situ" ur kustgnejsen.

Den primorogena Haparandagraniten ingående i den Karelska cykeln (Ödman 1957) visar, som man borde vänta strålningsmedelvärden, vilka ganska nära ansluta sig till motsvarande för de primorogena urgraniterna av svionisk ålder.

Den utomordentligt likartade strålningsfördelningen i de huvudsakligen grå granatgnejserna från olika delar av landet är vidare anmärkningsvärd och tyder sannolikt på en relativt konstant medelhalt av kalium i dessa formationer.

I fig 1 kan man vidare konstatera den stora överensstämmelse, som föreligger mellan Revsunds-, Rätan- och Dala-Järnagranit m fl yngre granittyper, vilka alla i stor utsträckning äro grova och vanligen porfyrisk till sin utbildning. Kontrasten gentemot de tidigare omnämnda finkorniga graniterna är mycket påtaglig.

Skillnaderna i strålningsmedelvärdena mellan gabbro - dioriter och diabaserna i fig 1 bero förmodligen på att de något surare och följaktligen såväl kalium- som uran-thoriumrikare dioritbergarterna ingå i förstnämnda grupp (märk kalimedelv 1.2 %), medan diabaserna i genomsnitt äro mera basiska (1.1 %).

Histogrammet för Linagraniterna ansluter sig till sitt utseende när-

mare till urgraniterna än till de yngre graniterna. Linagranitbegreppet (Ödman 1957) innefattar numera granittyper av tämligen varierande sammansättning med mycket stor utbredning, varför en tolkning av histogrammet ifråga skulle komma att inrymma flera osäkerhetsmoment.

Pegmatiterna äro sammanförda i tvenne histogram, av vilka det ena innefattar santliga pegmatiter utom Bohuspegmatiten. Strålningsmedelvärdet är här så lågt som 90, vilket visar, att kalihalten i genomsnitt ej är så framträdande. De lägre och medelstora värdena härröra i stor utsträckning från mindre pegmatiter, samhöriga med Revsundsgraniten, medan de högre värdena huvudsakligen komma från pegmatiter associerade med Bergslagens serocrogengraniter (Malingsbo m fl). Det andra histogrammet över Bohuspegmatiten ensam ger betydligt högre medelvärde på 121 och har dessutom avsevärt större variationsbredd, vilket dels tyder på en relativt högre kalihalt dels på rikligare inblandning av radioaktiva komponenter.

Bohuspegmatitens strålningsmedelvärde, 121, visar sig vara lägre än motsvarande för Bohusgraniterna, 150. Till samma slutsats kommo W. Larsson och L. Bergström i rapporter till Sveriges geologiska undersökning över uranprospekteringen i Bohuslän sommaren 1952, där om möjligt ännu större differenser mellan nämnda bergartsled påvisades. Dessa rapporter visade bl a också det icke oväntade förhållandet, att röda Bohusgraniter i medeltal gävo högre mätvärden än rödgrå, som i sin tur gävo högre värden än grå. De grå respektive röda graniternas strålningsmedelvärden visade sig härvid avvika från strålningsmedelvärdet på santliga Bohusgraniter (ger i föreliggande fall samma strålningsmedelvärde som de rödgrå graniterna) med ett belopp på ca \pm 10 %. Överfört till den här använda graderingen motsvarar detta i stort sett en maximal differens i kalihalt på 2 % mellan ordinära grå och dito röda Bohusgraniter (jfr även kemiska analyserna s. 11).

Tab I sammanfattar de återstående strålningsmätningar, som utförts inom olika bergartsgrupper men ej medtagits i fig 1 på grund av ett alltför ringa antal observationer. Medelvärdena för de olika bergartstyperna i tabellen överensstämmer mycket väl med de tidigare i fig 1 anförda.

Tabell I.

Sammanställning av resultat från strålningsmätningar i fält (β), utförda på bergartsled, vilka icke blivit grafiskt återgivna i fig 1.

Results from the field-observations of β -activity in different rock units, which are not graphically represented in Fig. 1.

	Antal obs.	Impuls/2 min	
		Medelvärde	Variationsbredd
1. Ottfjällsdiabas	16	41	25 - 65
2. Serpentin - täljsten	5	45	45
3. Urkalksten	16	51	35 - 75
4. Ortocer- o. pentameruskalk	34	52	35 - 75
5. Basiska vulkaniter, Kiruna-Arvidsjaur	11	53	35 - 75
6. Kalkstenar i kölin	9	56	45 - 75
7. Grå gnejser, Sydoster	20	63	45 - 85
8. Servskollen (sparagmitskiff, kvartsiter n m)	36	66	45 - 85
9. Kvartsitskiff ur Strömskvart-sitformationen	15	70	45 - 95
10. Kiruna-Arvidsjaurleptiter o. porfyrer	38	70	35 - 105
11. Ögongnejssonen, Härjedalen	31	76	45 - 105
12. Växjögranit	39	76	65 - 105
13. Div. pressade graniter inom fjällkedjeranden	24	90	55 - 135
14. Sorselegranit	13	97	75 - 105

Genom mätningar i laboratoriet av β -aktiviteten hos finkrossade bergartspulver kan uranekvivalentinnehållet beräknas i dessa (apparat: Tracerlab geigerblykkammare).^{x)} Den del av β -aktiviteten, som härrör från K^{40} i kalium, måste emellertid först elimineras, vilket sker genom att upp-rätta en experimentell kurva över sambandet mellan β -aktivitet och kali-halt. För detta ändamål ha β -analyser utförts på syntetiserade finpulveri-serade blandningar av analysren KCl och kvarts i ovannämnda apparatur. Kvartspulvret har härvid tjänat som moderator av strålningen och gjort, att strålningsbetingelserna för K^{40} i standardproven blivit likartade med dem som råda i ett ordinärt kaliumförande bergartspulver. Ett perfekt lineärt samband visar sig råda mellan nämnda storheter (diagram 2).

^{x)} Samtliga noterade impulsvärden i denna rapport äro medeltal av tvenne mätningar på vardera 10 min.

K^{40} -koncentrationen i det kalium, som ingår i kaliumkloriden, är enligt tidigare publicerade undersökningar (bl.a. av Smythe 1939) lika stor som i det kalium, vilket uppträder i bergartsmineralen. β -intensiteten i finpulveriserade kalihaltiga bergartspulver bör sålunda följa den uppgjorda standardkurvan i den mån strålningen endast kan antas härröra från kalium (K^{40}). Vid närvaro av andra radioaktiva komponenter, såsom uran och thorium, komma strålningsvärdena att gruppera sig ovanför den uppgjorda kaliumstandardlinjen. Storleken på avvikelserna från nämnda linje ger ett mått på summaintensiteten från uran och thorium i likhet med vad som var fallet i diagram 1 för γ -värdena i fält.

Den mängd uran och thorium uttryckt i ppm, som motsvaras av ett visst antal strålningssimpulser i Tracerlabs geiger, framgår av diagram 3, vilket uppgjorts med hjälp av en uran- och en thoriumstandardserie, varvid försöksbetingelserna varit identiska med de, som gällt vid kaliumstandardkurvans konstruktion. 1 β -impuls visade sig härvid motsvara 2.75 ppm uran eller 4.2 ggr så stor mängd thorium.

Genom följande tillvägagångssätt kan nu diagram 1 utnyttjas till approximativbestämningar av såväl uran som thoriumhalterna i de olika bergartsformationerna.

Sju stycken ordinära Bohusgraniter (märk, ej speciellt utvalda) insamlade av dr W Larsson 1952, ha utnyttjats för kalibrering mellan diagram 1 och 2. Den genomsnittliga halten av kalium i Bohusgraniten är ganska noga fixerad till 4.4 %, beräknad såsom medelvärde av 9 kemiska analyser (Asklund, 1946). 7 st av dessa analyser visa relativt små variationer i kalihalterna från 4.2 till 4.7 %, medan 2 analyser gav större avvikelser med resp 3.3 % och 5.2 % (se inlagda strecken i diagram 1).

Det maximala procentuella fel, som kan uppstå i Bohusgraniternas medeluranekvivalenthalt, enligt diagram 1, på grund av ovan nämnda växlingar i kalihalterna, är av storleksordningen ± 15 %.

Om endast hänsyn toges till de 7 jämnare analysvärdena, komma felgränserna att nedgå till omkring ± 5 %.

De kemiska analyserna kompletteras i ovannämnda uppsats av Asklund med 38 st planimetriska analyser. Beräknas kalimedelhalten ur dessa, erhålles siffran 5.4 %. Detta värde kan tyckas för högt jämfört med 4.4 % för de kemiska analyserna. Emellertid innehåller den vid de planimetriska analyserna urskilda mikroklinpertiten betydande mängder med albit, i undantagsfall ända upp till 30 % (Asklund s. 50). Om man förmodar ett medeltal av c:a 20 % albit i mikroklinpertiten och samtidigt uppskattar den i plagioklasen

(oligoklas) lösta kalifältspaten till 7 % (nämnda procenttal äro från Winchell, 1946)^x, kommer den totala kalihalten härigenom att sjunka till samma värde som det kemiskt erhållna. Genom ovanstående analyser kan man med ganska god säkerhet säga, att Bohusgranitens kalimedelhalt ligger någonstans i intervallet mellan 4 och 5 %.

Vidare ha uranbestämningar utförts av AB Atomenergi på ovannämnda av W Larsson insamlade 7 graniter, vilka gävo ett medelvärde av 11 ppm uran med variationer från 5 - 20 ppm (eterextraktionsmetoden och fluorimetrisk slutbestämning i NaF-smälta). Ett medelvärde för antalet impulser/min vid radiometrisk β -bestämning av nämnda graniter i Tracerlabs geiger gav siffran 16.6. Detta värde kombinerat med kalihalten 4.4 % infört i diagram 2 ger, att Bohusgraniter i medeltal innehåller 16.5 ppm uranekvivalenter.

Skillnaden mellan antalet uranekvivalenter erhållna vid den radiometrisk β -analysen och medelhalten av uran från de fluorimetriska bestämningarna eller $16.5 - 11 = 5.5$ ppm uranekvivalenter måste antas föreligga i form av thorium, vilket motsvarar 23.1 ppm (diagram 3). Enligt ovanstående utgör sålunda strålningsbidraget från thorium i Bohusgraniten $\frac{\text{Th}}{\text{U+Th}} = 5.5/16.5 = \frac{1}{3}$ av totala antalet uranekvivalenter.

Förhållandet mellan mängden av uran och thorium enligt ovanstående blir $\frac{11 \text{ ppm U}}{23.1 \text{ ppm Th}} = \frac{1}{2.1}$. Enligt en sammanställning av Fleischer 1953 ger 6 av 8 modernare beräkningar av förh. mellan U/Th i jordskorpan en kvot, som varierar mellan $1/4$ och $1/2$ med tyngdpunkten på $1/3$, vilket sistnämnda värde framför allt gäller för beräkningar utförda endast på jordskorpan eruptiva bergarter. Detta värde stämmer sålunda tämligen väl med det ovanstående i Bohusgraniten erhållna.

Med kännedom om medelbohusgranitens totala innehåll av uranekvivalenter kan nu med lätthet diagram 1 kalibreras med avseende på diagram 2. Den del av ordinaten för Bohusgraniter i diagram 1, som ligger ovanför begränsningslinjen för kalistrålningen, skall enligt ovanstående motsvara 16.5 uranekvivalenter. Grafiskt erhålles härur att en γ -impuls motsvarar 0.22 uranekvivalenter (diagram 1). Med hjälp av detta samband kan sedan lätt antalet uranekvivalenter, som ingår i de övriga bergarterna och formationerna, beräknas i sistnämnda diagram. Tabl. II ger en sammanfattning härav. Fördelningen av uranekvivalenterna på respektive uran och thorium har skett enligt det ovan anförda förhållandet $1/3$ gällande för eruptivbergarter.

x) I samtliga fall, där kalihalten framräknats ur planimetriska analyser, har hänsyn tagits till den inbördes lösligheten mellan kalifältspat och plagioklas.

Tabell II.

Antal uranekvivalenter (och därur kalkylerade uran-thoriumhalter) erhållna på grafisk väg ur diagram 1, baserat på \bar{X} -medelaktiviteten för respektive bergarter.

Number of eU (and uranium-thorium content calculated from this) graphically obtained from diagram 1, based on the mean \bar{X} -ray activity of the different rocks.

	Uranekvivalenter ppm		Uran ppm	Thorium ppm
<u>Fink graniter</u>				
Bohusgranit	16.5 (16.5)	7.2	11 (11.0)	23 (23.1)
Spinkemålagranit	12 (12.3)		7 (6.9)	23 (22.7)
Malingsbogranit	12 (12.3)		7 (6.9)	23 (22.7)
Stockholmsgranit	6 (6.0)		4 (3.5)	11 (10.5)
<u>Grovk graniter</u>				
Karlshamnsgranit	6 (6.2)	2.2	4 (3.6)	11 (10.9)
Rapakivigraniter	5 (4.6)		3 (2.7)	8 (8.0)
Filipstadsgraniter	4 (4.2)		2 (2.4)	7 (7.4)
Rätangraniter	3.5 (3.5)		2 (2.0)	6 (6.3)
Dala - Järnagraniter	3 (3.3)		2 (1.9)	6 (5.9)
Åmål - Kroppefjällsgraniter	3 (2.9)		2 (1.7)	5 (5.0)
Revsundsgraniter	2 (2.4)	1 (1.4)	4 (4.2)	
Linagranit ¹⁾	2 (1.8)	1.0	1 (1.0)	3 (3.4)
Dalaporfyr	5 (4.6)	2.7	3 (2.7)	8 (8.0)
<u>Gnejsgraniter</u>				
Gnejsgraniter i V- o- O-Blekinge	5 (4.6)	2.2	3 (2.7)	8 (8.0)
Bergslagen - Upplands urgraniter-gnejsgraniter	3 (2.9)		2 (1.7)	5 (5.0)
<u>Gnejser</u>				
Kustgnejs, Blekinge	5 (4.8)	2.4	3 (2.8)	8 (8.4)
Granatgnejs, Stockholm - Roslagen	4 (3.6)		2 (2.1)	6 (6.3)
<u>Leptit - glimmerskiffer</u>				
Leptitformationen	2 (2.4)	1.3	2 (1.4)	4 (4.2)
Glimmerskiffer ur leptitformationen	2 (2.1)		1 (1.2)	4 (3.8)
<u>Sandsten</u>				
Fjällrandens sparagmiter	3 (2.8)	1.4	2 (1.6)	5 (5.0)
Dalasadsten	3 (2.8)		2 (1.6)	5 (5.0)
Eokambrisk kvartsit	2 (1.8)		1 (1.0)	3 (3.4)
<u>Seve - köli</u>				
Köliseriens bergarter	3 (2.8)	1.5	2 (1.6)	5 (5.0)
Seveskollans gnejser o. glimmerskiffer	2 (2.3)		1 (1.3)	4 (4.2)
Haparandagranit	1 (1.1)	0.6	1 (0.6)	2 (2.1)
<u>Grönstenar</u>				
Gabbro-diorit-amfibolit	1.5 (1.5)	0.6	1 (0.9)	3 (2.5)
Åsby-Öjediabas + div. andra ²⁾	0.5 (0.5)		0 (0.3)	1 (0.8)

1) Mycket osäkert värde (se tidigare härom).

2) Värdet hämtat ur litteraturen.

Samma förhållande visar sig i stort sett även kunna tillämpas för sedimentära bergarter. Man måste dock förutsätta, att radioaktiv jämvikt råder i samtliga här avsedda bergartsformationer mellan uran - thorium och deras respektive dotterprodukter i den radioaktiva sönderfallskedjan.

Uraninnehållet enligt tab II är i de finkornigare graniterna i genomsnitt 7.2 ppm, medan övriga yngre graniter ge 2.2 (Linagr. ej med) och urgraniterna i Mellansverige 1.7. Lägsta värdena ge kvartsiter och sandstenar med 1.4 ekvivalenter i medeltal, leptiter och glimmerskiffrar 1.3 och slutligen grönstenar 0.6.

I en sammanställning av data över uraninnehållet i olika bergartstyper baserad på de viktigaste hittills utgivna arbetena inom detta område (Klepper och Wyant 1957) angivas för basiska plutoniter halter på < 1 ppm, för intermediära plutoniter < 2 ppm och slutligen för sura dito < 4 ppm. I sandstenar uppges halten till 1 ppm.

En sammanslagning av de intermediära och sura plutoniterna skulle närmast komma att motsvara bergarter av granitisk sammansättning och ger ett genomsnittsvärde av uran på < 3 ppm. Detta belopp är något större än det här erhållna värdet, 2.2 ppm uran för de grövre yngre granittyperna i tab II.

Om emellertid till sistnämnda värde fogas de finkorniga graniterna med deras höga medelhalt av uran, och hänsyn tages till dessa graniters ringa utbredning, erhålles ett värde, som närmar sig < 3 ppm.

Graniter med uranmedelhalter lika höga som i de här nämnda finkorniga varieteterna äro ovanliga, men omnämns dock bl a i ett fall från New Hampshire uranmedelhalter på upp till 11 ppm i Conway-graniten (Un.Nat.pub., Geneve, 1955).

Uranmedelhalten för sandstenarna 1.4 ppm är i motsats till förhållandet hos graniterna något större än världsgenomsnittets 1 ppm. Grönstenar ge här värdet 0.6 ppm jämfört med ovanstående världsgenomsnitt < 1 ppm.

Om man med utgångspunkt från de i tab II angivna uranvärdena för olika bergartsled genomför en grov uppskattning av uranmedelhalten i den svenska berggrunden, kommer man till ett värde, som ligger någonstans omkring 2 ppm. Detta överensstämmer väl med den för jordskorpan beräknade uranmedelhalten 2 ppm (Fleischer, 1953, fig 2).

En sammanställning av i laboratoriet företagna radiometriska β - mätningar på bergartspulver från stuffer tagna i samband med strålnings-

mätningarna i fält framgår av tab III. Strålningsbidraget från kalium har dragits från nettoimpulsvärdena med hjälp av diagram 2, varefter antalet uranekvivalenter framräknats i enlighet med diagram 3.

Stufferna ifråga, ca 2.000, äro tagna av extrageologerna närhelst högre aktiviteter noterades i berggrunden vid mätningarna eller i fall, där osäkerhet rådde beträffande bergarternas klassificering. Genom ytterligare urval i laboratoriet genom att grovmäta β -aktiviteten i stufferna, ha endast 136 st av de mest radioaktiva av dessa representerande ett urval av olika bergarter använts vid pulvermätningarna, på vilka sedan värdena i tab III äro baserade.

Tabell III

Uranekvivalentinnehållet i olika bergartsled erhållna på grundval av radiometrisk β -analyser av bergartspulver i laboratoriet (se diagr.2 och 3). Apparatur: Tracerlab G.M. med manual sample changer. (Små behållare.)

Content of uranumequivalents (eU) in different rock units obtained with radiometric β -ray analyses of rock powder in the laboratory (see diagr.2 and 3). Apparatus: Tracerlab G.M. with manual sample changer (small containers).

	Antal β -strålning, prov	β -strålning, inp/min, netto	Resterande β -strålning efter från- räknat kali- bidrag, imp/ min(diagr 2)	Uranekvi- val.ppm (diagr 3)	U ppm	Th ppm
Malingsbogrånit	13	22.4	13	36	21	63
Spinkenålagrånit	10	20.2	9.7	27	16	46
(Bohusgrånit	7	16.6	6.0	16.5	11	23)
Grå granatgnejs	3	16.5	10.1	28	16	50
Stockholmsgrånit	5	15.9	3.5	10	6	17
Linagrånit	18	15.4	4.9	13.5	8	23
Urgrånit	11	14.9	8.0	22	13	38
Rätangrånit	9	14.2	4.7	13	8	21
Rapakivigrånit	13	13.9	3.9	11	6	21
Revsundsgrånit	18	13.3	3.8	10.5	6	19
Dalaporfyrrer	8	12.9	3.1	8.5	5	15
Kölibyllit - glimmerskiffer	2	12.5	7.0	19	11	34
Leptitgnejs	5	12.4	5.4	15	9	25

Av det sagda framgår att värdena i tab III i viss utsträckning giva en antydning om storleksordningen av de maximala uranekvivalenthalter, som kunna påträffas i olika bergartstyper med reservation för de fall, där endast ett fåtal analyser anförts (t ex Sörmlandsgnejs och köli). Enda undantag utgör givetvis Bohusgraniten, som ju både i pulverform (s.10) och i fält representerar genomsnittstyper.

Om vi jämföra uranekvivalenthalterna i tab II och III med varandra, kunna vi få en viss uppfattning om homogeniteten i de radioaktiva komponenternas fördelning i de olika bergartstyperna. Som ett uttryck för denna kan man uppställa kvoten: $\frac{\text{Maximala uranekv.medelhalten}}{\text{Normala uranekv.medelhalten}}$ Om kvoten är stor, innebär detta, att de radioaktiva komponenterna äro ojämnt fördelade. Liten kvot betyder motsatsen. Denna kvot blir för de finkorniga yngre graniterna 1.5 - 3.0, för övriga yngre graniter 2 - 4.5, för Dalaporfyr 1.5 - 2, för urgranit i Mellansverige ca 7, för Sörmlandsgnejs 7.5 - 8 och för köli-bergarter ca 7.

Vi se härav genast, att den jämnaste fördelningen av radioaktiva ämnen förekommer i bergarter, som även makroskopiskt sett visa den största homogeniteten, såsom Dalaporfyrerna och de unga graniterna. Bergarter med suprakrustalt ursprung däremot, såsom Sörmlandsgnejsen och kölin, ha höga kvoter och följaktligen låg homogenitet. De ofta kraftigt metamorfa urgraniterna (gnejsgraniterna) i Mellansverige visa också låg homogenitet vad avser fördelningen av radioaktiva substanser.

U-bestämningar med papperskromatografi

Uranbestämningar med hjälp av papperskromatografi ha utförts jämsides med β -analyserna på samtliga bergartspulver (Hunt C., North A.R. och Wells R.A. 1955). Pulverna behandlades med utspädd HNO_3 i konc. 1:3. Den mängd uran som utlöses härvid beräknas ligga mellan 55 och 60 % av totalhalten, vilket framgår av försök gjorda på finpulveriserade graniter, vilka behandlats med växlande HNO_3 -koncentrationer (E.S.Larsen, 1948). Endast i några fall ha påvisbara mängder av uran noterats, såsom t ex i en vittrad karbonatitgång invid Bergeforsen i Alnöområdet med 55 ppm U en grå flusspatförande diorit från området ca 5 mil VSV om Sundsvall med 20 ppm samt i en grov grå muskovitförande pegmatit i Härnösandstrakten med 30 ppm. En radiometrisk β -analys av ovannämnda tre bergarter har vidare utförts (tab IV).

Tabell IV.

	β -imp netto	β -imp frändraget	(kali uranekv. ppm)	Antal uranekv. ppm	U ppm kem analys (syralöslig del 55 %)	U ppm verklig halt	Th ppm	Th/U
Karbonatitgång, Bergeforsen	138	136		320	65	118	848	7:1
Grå diorit med flusspatnineration, SSV Sundsvall	67	54		150	20	36	479	13:1
Grå pegmatit, Härnösandsomr.	50	39		105	35	64	172	2,7:1

I såväl karbonatitgången som i den grå dioriten äro kvoterna $\frac{Th}{U}$ anmärkningsvärt höga, medan pegmatiten visar ett för urberget tämligen ordinärt förhållande (Jfr tidigare förh. i Bohusgraniten, 2,1:1).

Det framgår av tab III, att uranhalterna i bergartspulverna vanligen variera mellan 5 och 15 ppm och i enstaka fall uppgå till några och tjugo ppm. Om vid det här använda analysförfarandet den syralösliga uranmängden utgör ca 50 %, innebär detta, att de påvisbara halterna av uran i bergartspulverna ligger mellan 2.5 - 7.5 ppm och i enstaka fall vid 10 - 12 ppm.

Utöver ovan nämnda värden i tab IV ha inga uranhalter med säkerhet kunnat påvisas vid tillämpningen av papperskronatografien. Detta beror på att vid halter < 10 ppm bedömningen vid avläsningarna på pappersremsorna blir mycket subjektiv och i praktiken ger först halter på 10 - 15 ppm entydiga utslag.

En kort sammanfattning av de hittills vunna resultaten i samband med de företagna strålningsmätningarna framgår av följande punkter:

- 1) En kalibrering har kunnat genomföras mellan de i fält på berggrunden utförda mätningarna av γ -aktiviteten och i laboratoriet företagna β -analyser på bergartspulver. Detta har möjliggjort dels en kvantitativ uppskattning av uranekvivalentinnehållet i många olika bergartsled och dels en uppskattning av uranmedelhalten i den svenska berggrunden.
- 2) Sammanställningen i fig 1 och tab I samt diagram 1 ger oss möjligheter att studera de olika bergartsformationernas särdrag i avseende på kalihalter och fördelning av radioaktiva element.

3) Vid användandet av Hoffman Countmaster geiger i fält under här givna betingelser gäller, att 1 % kalium ger samma γ -intensitet som 2.2 ppm uran.

På motsvarande sätt gäller för β -intensiteten mätt i laboratoriet med Tracerlab geiger, att 1 % kalium motsvarar 6.5 ppm uran.

4) En jämförelse mellan värdena på uranmedelhalterna i tab II och III visar också, att sannolikheten för att påträffa högre koncentrationer av uran i områden med höga uranmedelhalter (fink.graniterna m m) ej nödvändigtvis är större än i områden med låga uranmedelhalter (suprakrustal-gnejs m m).

Contribution to the knowledge of the distribution of radioactivity
in the bed-rock of Sweden

The γ -ray activity has been studied in the rocks of Sweden with Hoffman Countmaster geiger apparatus. The γ -ray intensity distribution in different rock units is shown in percent on the histogram Fig.1, which comprises more than 10.000 observations. Depending on the shape of the histograms and the mean values of γ -ray activity in each histogram, certain conclusions can be made about the content of radioactive components (uranium etc.) and potassium present in different rocks.

In diagram 1 the mean values of total γ -ray radiation from different rock units are plotted against per cent potassium which was calculated as a mean value from analyses given in the Swedish literature.

To obtain the line L_1 in diagram 1, the content of uranium-equivalents (eU) is regarded to be zero in doleritic rocks (point 1). The line L_2 is deduced from L_1 by assuming that the (eU) content of the dolerites reaches the figure of 0.5 eU, based on a mean value for gabbroic rocks (Larsen 1948).

The line L_2 gives the upper limits of that part of the total radiation which emanates from K^{40} . The vertical distance between the different points down to L_2 on the diagram thus will give a relative measure of that part of the radiation which emanates from radioactive components other than K^{40} , with preference for uranium and thorium.

With the fine-grained homogeneous Bohusgranite as a standard, diagram 1 has been compared with diagrams 2 and 3, the first of which is based on β -ray examinations (thousand scale readings) of KCl powders in the laboratory and the second on a combination of β -ray activities from a uranium-thorium standard series. From this it has been possible to calculate the (eU) contents of the different rock units graphically.

A combination of seven fluorimetric uranium analyses and β -analyses performed on Bohusgranite rock powders gave the ratio $\frac{\text{Th}}{\text{U}} = 2.1$.

When calculating the uranium and thorium contents in Table II the ratio $\frac{\text{Th}}{\text{U}} = 3$ has been used (Fleischer 1953). This ratio is a mean value which is valid for igneous rocks from different parts of the world.

Rock powders of samples collected in the field which represented the strongest γ -ray activities have been examined for β -ray activity in the laboratory and are quoted in Table III. These values give a good idea of the highest (eU) content which can usually be expected in each rock unit.

The following mean values of uranium were found (Table II): Different fine-grained late Archean and Karelian granites with a very small areal extension 7.2 ppm, coarse-grained or porphyritic late-Archean and post-Archean granites occupying vast areas 2.2 ppm, oldest Archean granites 1.7 ppm, sandstones 1.4 ppm, leptites 1.3 ppm, and different gray garnet-gneisses 2.4 ppm.

The mean value of uranium content in the rocks of Sweden has been computed from Table II and found to be approximately 2 ppm; a value very much in accordance with the mean value 2 ppm for the earth-crust given by Fleischer (1953).

Litteraturförteckning

- Adams, John A.S. and Weaver Charles E., 1958: Thorium-to-uranium ratios as indicators of sedimentary processes: Example of concept of geochemical facies. Bull. of the American Association of petroleum geologists. Vol. 42 No 2 p. 387-430.
- x Asklund, B., 1946: Svenska stenindustriområden, del II: Gatsten och kantsten. S.G.U. Ser C, No 479.
- Beers, R.F., and C. Goodman, 1944: Distribution of radioactivity in ancient sediments, Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. 55 pp. 1229-1254.
- Bergström, L.: Rapport till Sveriges geologiska undersökning över uranprospekteringen i Bohuslän, sommar 1952.
- Fleischer, M., 1953: Recent estimates of the abundances of the elements in the earth's crust. Geol. survey, 285.
- Holmquist, P.J., 1905: Studien über die Granite von Schweden. Bull. Geol. Inst. Upsala. Vol. 7.
- Hunt, E.C., North, A.A. och Wells, R.A., 1955: Application of paper-chromatographic methods of analyses to geochemical prospecting. Analyst, Vol. 80 (s.190-93).
- Klepper, M.R. och Wyant, D.G., 1957: Notes on the geology of Uranium. Geol. Surv. Bull. 1046 F.s.91.
- x Kulling, O., 1953: Bergbyggnaden inom Björkvattnet-Virisen-området i Västerbottensfjällens centrala del. Akademisk avhandling.
- Larsen, E.S., Jr, 1948: The Batholith of Southern California. Geological Society of America Memoir 29.
- Larsen, E.S., Jr, och Phair, G., 1954: The distribution of Uranium and Thorium in igneous rocks, i Faul, H, Nuclear Geology, John Wiley and Sons, New York, s. 75-89 (1954).
- Larsson, W., 1953: Chemical analyses of Swedish rocks. Bull. of the Geol. inst. of Upsala. Vol. 24.

Larsson, W.; Rapport till Sveriges geologiska undersökning över pågående uranprospektering i Bohuslän, 1952.

x Magnusson, N.H., 1936: Berggrunden inom Kantorps malms-trakt. S.G.U. Ser C, No 401.

Magnusson, N.H., 1938: Die Genesis der svionischen Granite. Zur Diskussion über die Granitisationstheorie. G.F.F. 60.

Norin, R., 1936: Contributions to the geology of western Blekinge. Medd. fr. Lunds Miner. Inst. No 68 s. 559.

Rankama, K, och Sahama, Th.G., 1950: Geochemistry.

Senftle, F.E., 1948: The effect of potassium in prospecting for radioactive ores. Canadian Mining Journ. Vol. 69.

Smythe, W.R., 1939: Cosmic rays and radioactive potassium. Phys. Rev. 55. 8316.

x Stålhös, G., 1956: The sparagmite series and the Vendal quartzite of the Hede region, Härjedalen. Bull. Geol. Inst., Upsala. Vol. 36.

x Stålhös, G., 1958: Fjällrandens sparagmit- och kvartsitformationer. G.F.F. Bd 80.

x Sundius, N., 1947: Femisk leptit och slirgnejs. S.G.U. Ser C, No 488.

x Sundius, N., 1948: Beskrivning till berggrundskarta över Stockholms-trakten. S.G.U. Ser Ba, No 13.

United Nations publications: Proceedings of the international conference on the peaceful uses of atomic energy. Geneva 1955. Vol. 6: Geology of uranium and thorium. S. 9-11, 210-248, 568-578.

x von Eckermann, H., 1936: The Loos-Hanra region. Medd. fr. Stockholms Högskolas Miner. Inst. No 80.

x von Eckermann, H., 1937: The genesis of the Jotnum sediments. Medd. fr. Stockholms Högskolas Miner. Inst. No 96.

x von Eckermann, H., 1937: The genesis of the Rapakivi granites. Medd. fr. Stockholms Högskolas Miner. Inst. No 94.

Winchell, A.N., 1946: Elements of optical Mineralogy, del 2.

x Ödman, O.H., 1957: Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. S.G.U. Ser Ca, Nr 41.

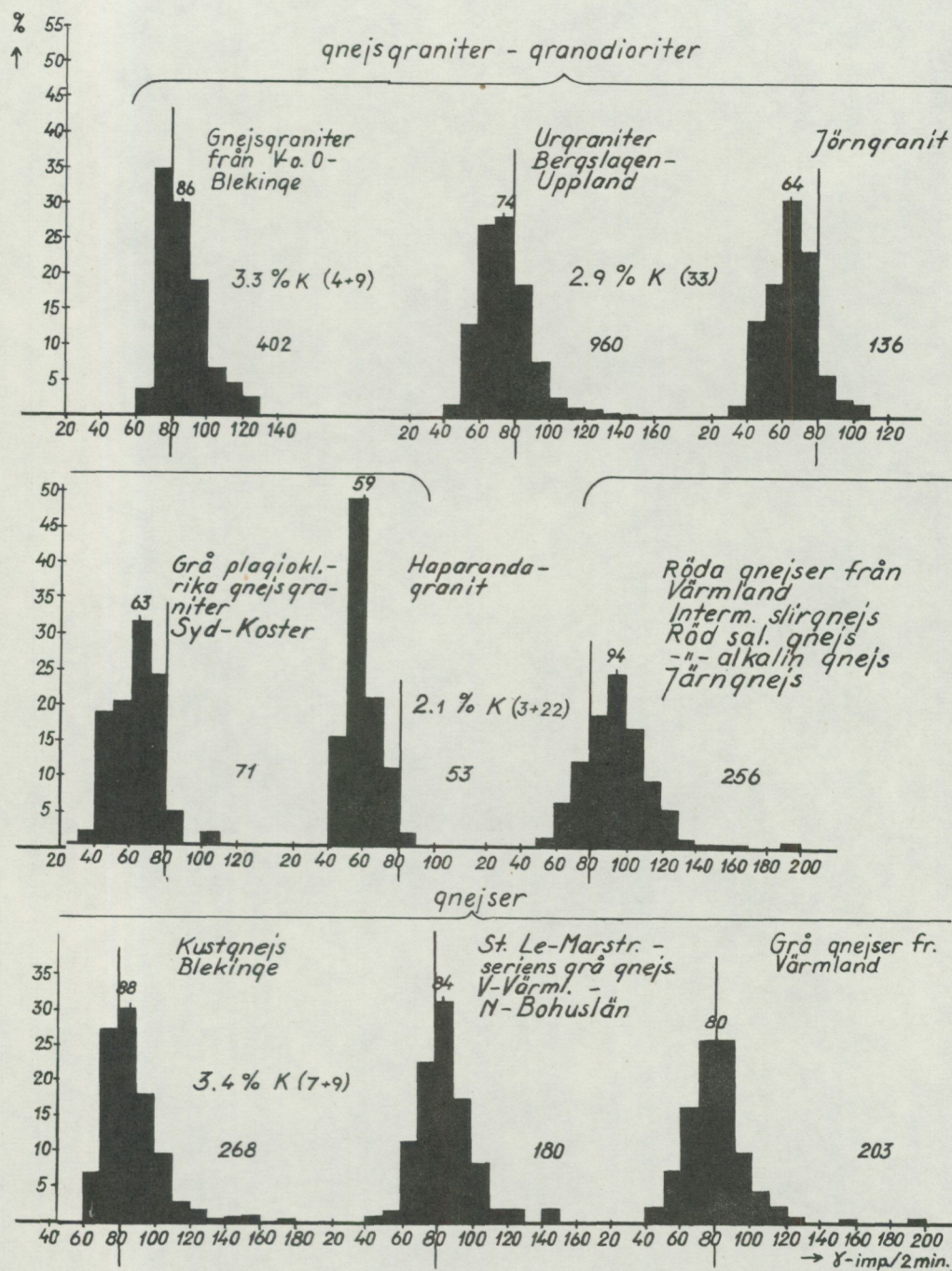


Fig. 1. Histogram över den i fält inmätta fördelningen av γ -strålningen i delar av det svenska urberget och fjällkedjan. X-axeln representerar antal brutto- γ -impulser/2 min. och y-axeln den procentuella fördelningen inom olika intervall.

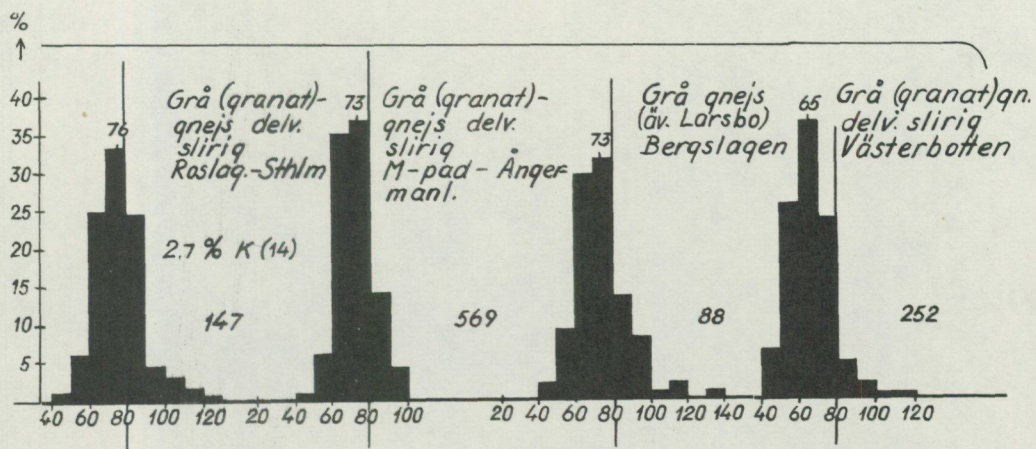
Antalet observationer står angivet nederst till höger om resp. histogram. Siffrorna inom parentes efter %-talet kalium anger antalet analyser (kemiska och planimetriska i nämnd ordning), som ligga till grund för det beräknade kalimedelvärdet.

Siffran överst i varje histogram anger det beräknade strålningsmedelvärdet för respektive bergartsgrupp.

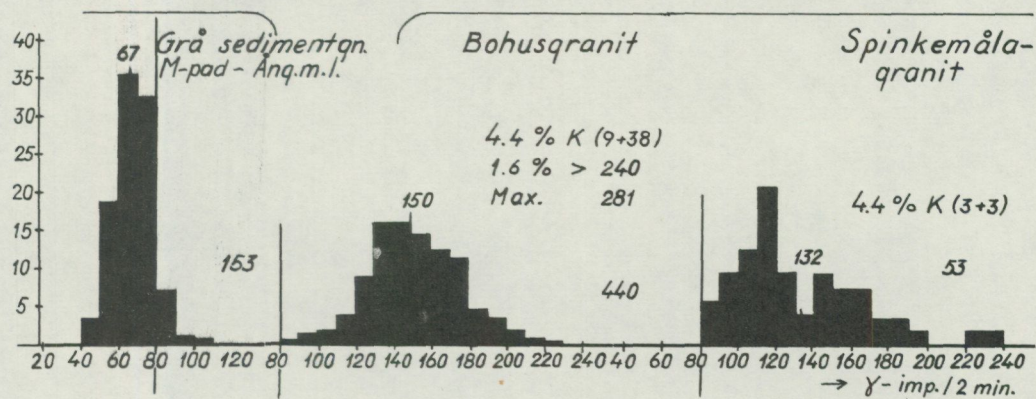
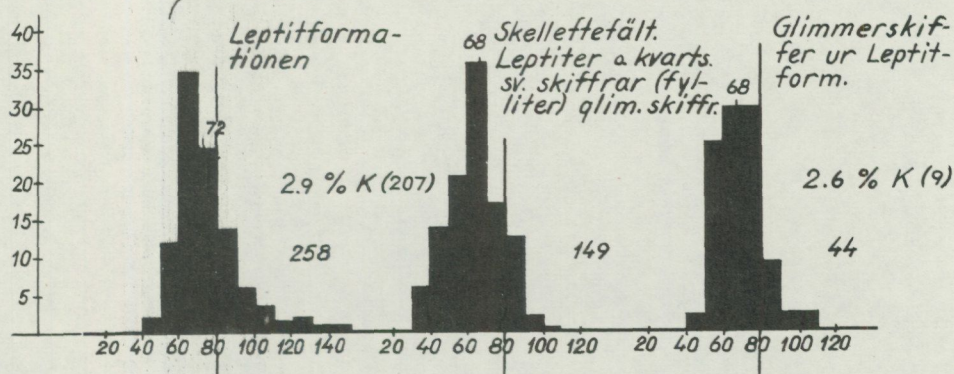
Distribution of γ -ray radiation in the Swedish Archean and Caledonides. Abscissa = total γ -pulses/2 min. Ordinate = distribution in per cent at different intervals.

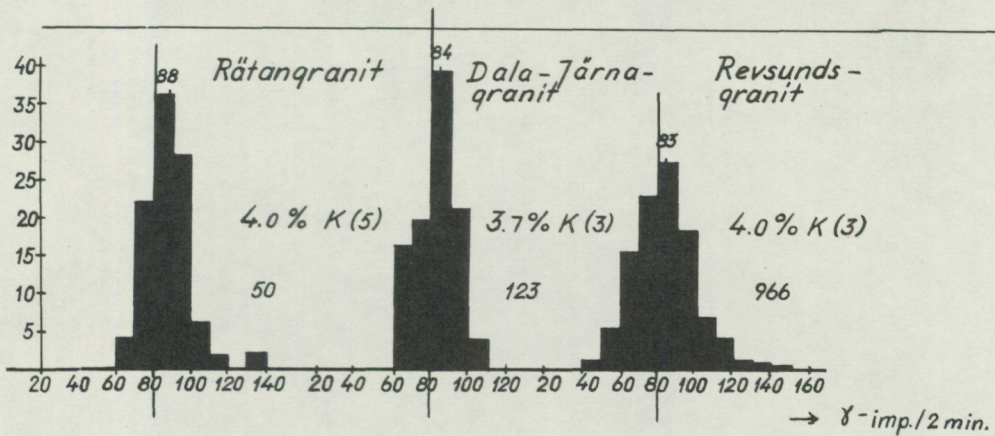
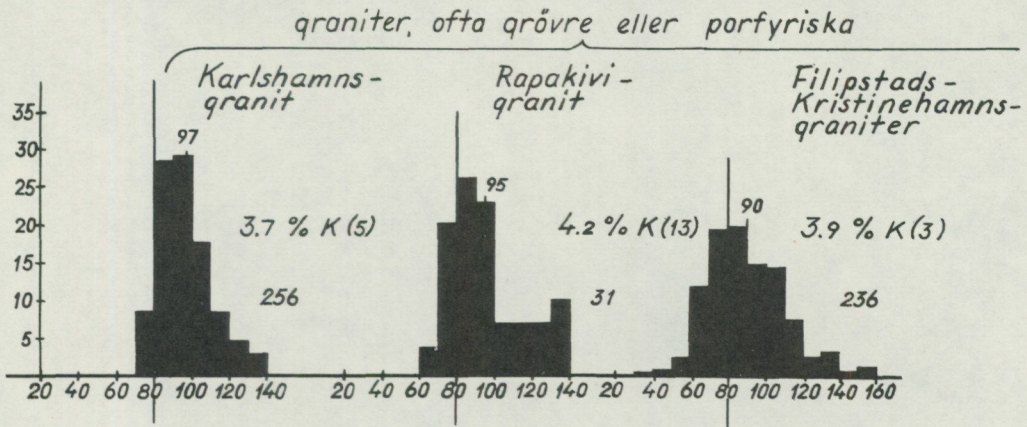
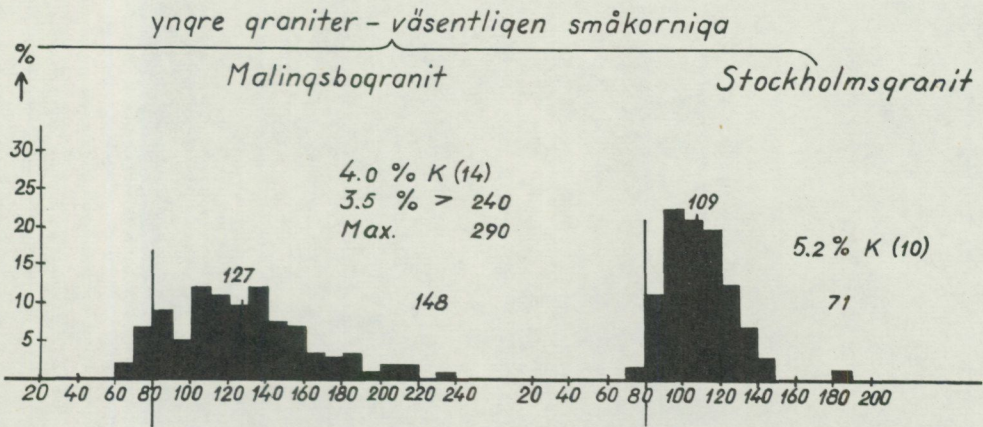
The number of observations is seen down to the right in each histogram. The figures in brackets after per cent potassium indicate analyses chemical and planimetric respectively, which form the basis for the calculated potassium mean values.

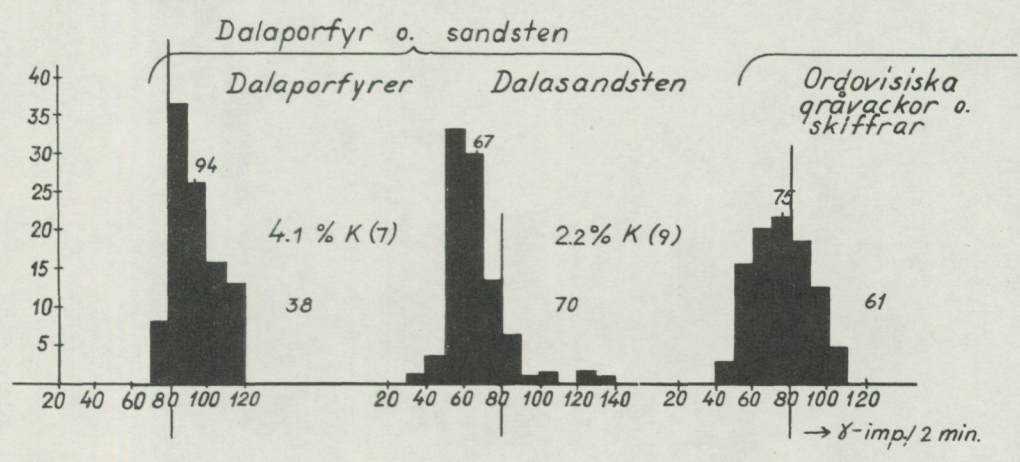
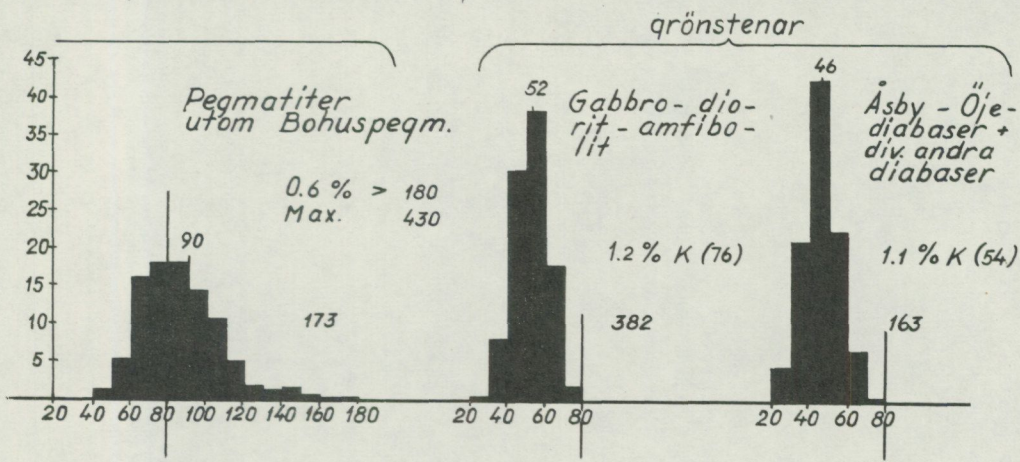
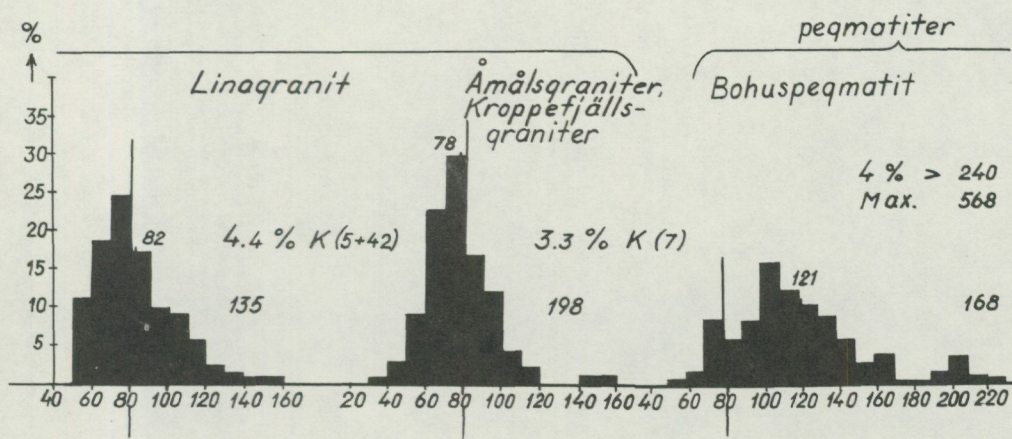
The figure above each histogram shows the mean value of the γ -activity in each rock unit.



leptiter - urbergsskiffrar







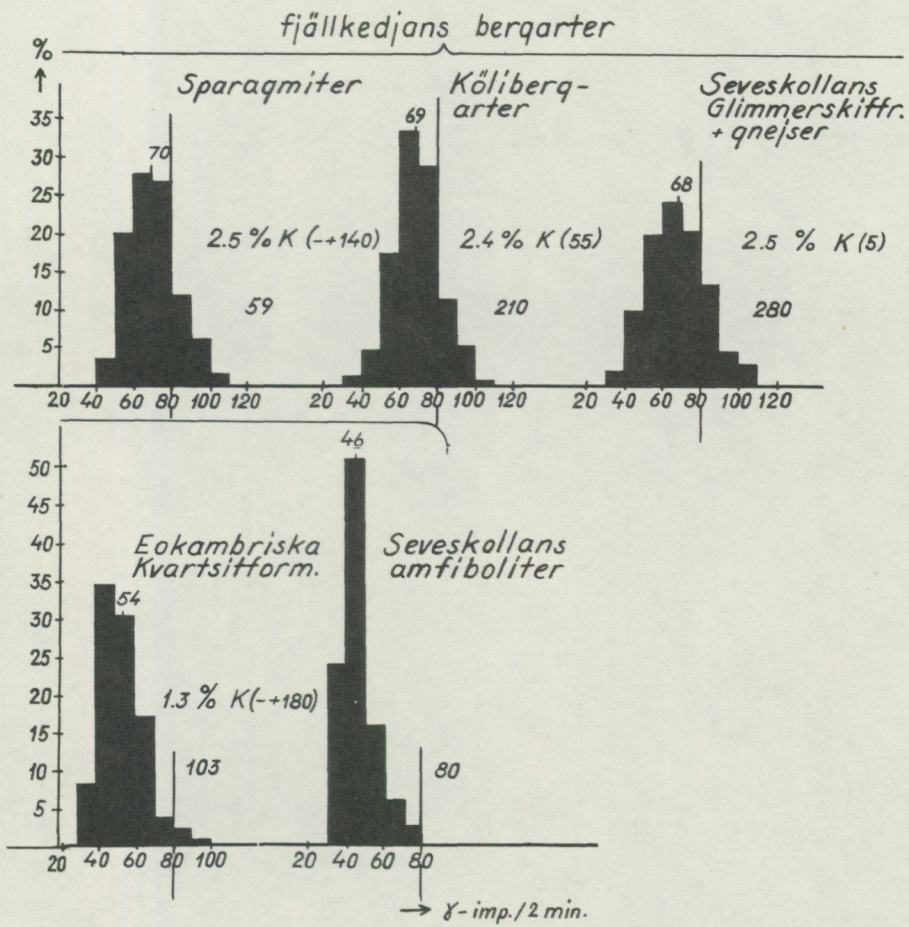
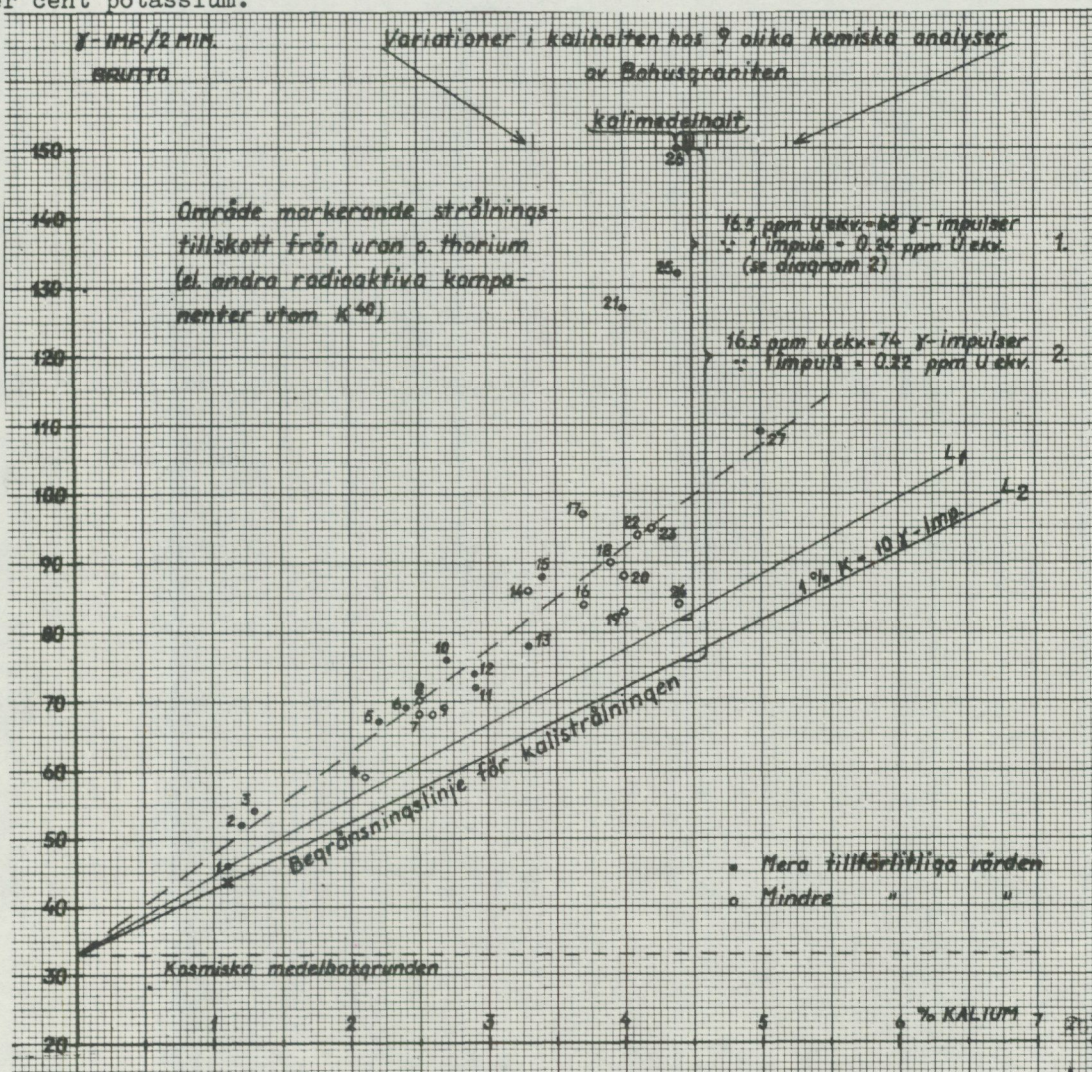


Diagram 1

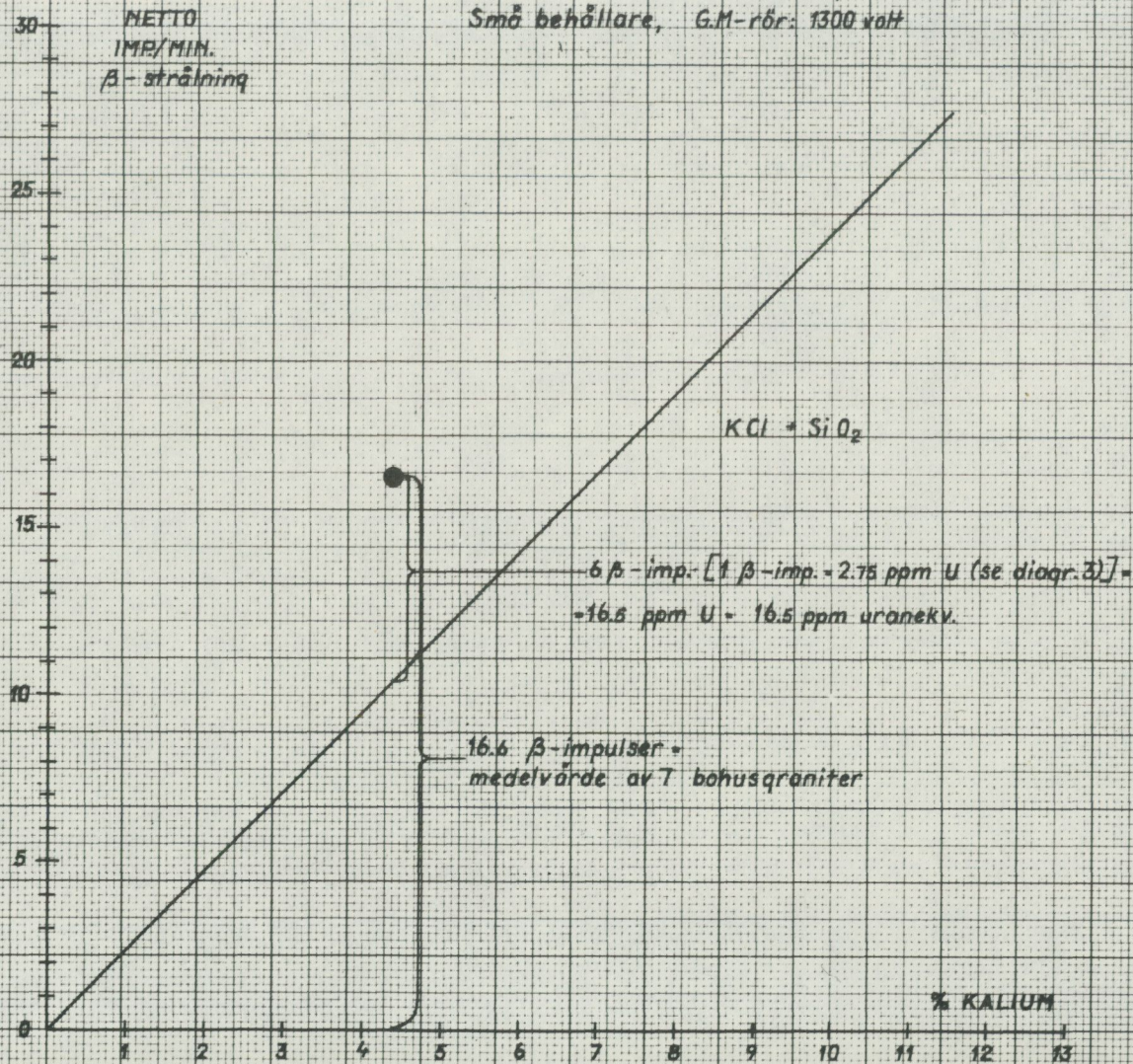
Relationen mellan medel γ -intensitet och kaliumhalt (%) i olika bergartsformationer.
The mean values of total γ -ray radiation from different rock units plotted against per cent potassium.



	Antal mät- ningar i fält	Kali- medel- värde %	Antal analyser till grund för kalimedel- värdet	Kem.	Planimetr.
1. Åsby - Öjediabas + div. andra	163	1.1	54		
2. Gabbro-diorit-amfibolit	382	1.2	76		
3. Eokambrisk kvartsit	103	1.3			108
4. Haparandagranit	53	2.1	3		22
5. Dalasandsten	70	2.2	9		
6. Köliseriens bergarter	210	2.4	55		
7. Seveskollans gnejser o. glimmerskiffrar	280	2.5	5		
8. Fjällrandens sparagmiter	59	2.5			140
9. Glimmerskiffrar ur leptitformationen	44	2.6	9		
10. Granatgnejs, Stockholm - Roslagen	147	2.7	14		
11. Leptitformationen	258	2.9	207		
12. Bergslagen - Upplands urgraniter	960	2.9	33		
13. Åmål - Kroppefjällsgraniter	99	3.3	7		
14. Gnejsgraniter i V- o. O-Blekinge	402	3.3	4		9
15. Blekinge kustgnejs	268	3.4	7		9
16. Dala - Järnagraniter	123	3.7	3		
17. Karlshamnsgranit	256	3.7	5		
18. Filipstadsgraniter	236	3.9	3		
19. Revsundsgraniter	966	4.0	3		
20. Rätangraniter	50	4.0	5		
21. Malingsbogranit	148	4.0	14		
22. Dalaporfyr	38	4.1	7		
23. Rapakivigranit	31	4.2	13		
24. Linagranit	135	4.4	5		42
25. Spinkemålagranit	53	4.4	3		3
26. Bohusgranit	440	4.4	9		38
27. Stockholmsgranit	71	5.0	9		14

DIAGRAM 2

Standardkurva över relationen mellan
kalihalt (%) och β -intensitet i
Tracerlabs G.M. med manual sample changer
Små behållare, G.M.-rör: 1300 volt



Medelbakgrund i den slutna blykammaren: 21 imp/min.

NETTO
IMPULS/min.

Standarddiagram för β -aktiviteten i uran och
Thorium i Tracerlabs GM blykammare (manual sample
changer) Små behållare

Diagram 3

