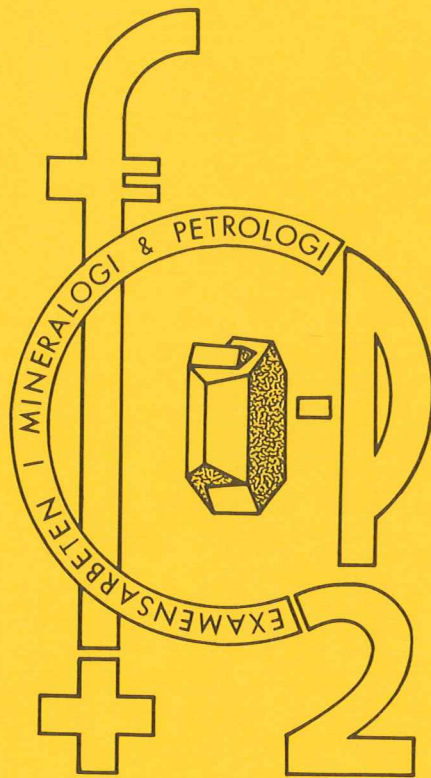


EXAMENSARBETEN I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Lunds Universitet

Mineralogi och petrologi



EN PETROGRAFISK OCH MINERALOGISK STUDIE AV
EN KOMPLEX GÅNG BESTÅENDE AV METADIABAS
OCH KVARTSKERATOFYR I KIIRUNAVAARAGRUVAN

Eva Öhman

Lunds univ. Geobiblioteket



15000

600954150

GEOLOGISKA
INSTITUTIONENS BIBLIOTEK
LUND *per*

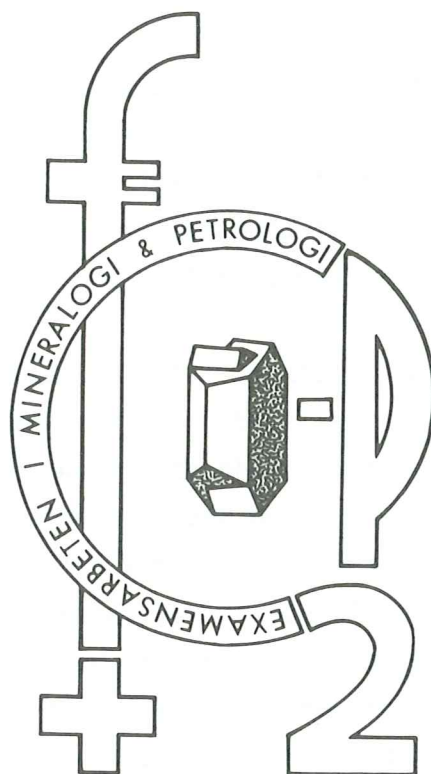
NR 13

INSTITUTIONEN LUNDS UNIVERSITET

CODEN: LUNBDS/(NBGO-5013)/ 1-46/(1986)

EXAMENSARBETEN I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Mineralogi och petrologi



EN PETROGRAFISK OCH MINERALOGISK STUDIE AV
EN KOMPLEX GÅNG BESTÅENDE AV METADIABAS
OCH KVARTSKERATOFYR I KIIRUNAVAARAGRUVAN

Eva Öhman

LUND 1986

GEOLOGISKA
INSTITUTIONENS BIBLIOTEK
LUND

NR 13

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN LUNDS UNIVERSITET

Summary

The purpose of this paper is to give a petrographic and mineralogic description of a dyke complex, consisting of a metadiabase and a quartz keratophyre. The type locality is the northern part of the Kiirunavaara apatite-rich iron ore, situated in northern Sweden. In this part of the mine, the dyke complex has caused problems with rock stability and water inflow. The dyke is well mapped from drill holes and mining. It cuts the ore body from the footwall to the hanging wall, striking N 75°-80° W and dipping 50°-60° S. Within the 2-8 m thick metadiabase, the quartz keratophyre appears as a thin, unconform "dyke in dyke", i.e. it does not penetrate the main dyke at all levels. Sections in both the footwall and hanging wall show large balls of the metadiabase, enclosed in the quartz keratophyre. Consequently, the latter formed late in the Kiirunavaara ore region.

The metadiabase has a 'blast ophitic' texture, mainly consisting of albite and biotite with accessory amphibole (act-trem). The quartz keratophyre consists of albite and quartz phenocrysts in a matrix with partly granophyric intergrowth of albite and quartz. The albite phenocrysts show chessboard twinning. The same type of amphibole (act-trem), appears as an accessory mineral. Whole rock, trace element and mineral analyses are presented in tables and in the following text. There is no evidence of a magmatic differentiation trend, neither for the metadiabase, nor for the quartz keratophyre (variation diagrams, Figs. 11 and 12). The contents of Na (mean value 4.19 wt%) and especially K (mean value 2.82 wt%) are high for a basalt (Tab. 2a). However, the mineralogy of the metadiabase is of secondary origin. The albites and biotites look altered, are full of inclusions and grow into each other.

To summarize, the mineralogy coincides with that of a spilitic rock, as follows:

1. The major minerals consists of highly sodic plagioclase and - as augite is absent - actinolite, chlorite and epidote or chlorite and hematite. Olivine is typically missing (Turner and Verhoogen, 1960).
2. Mineral analyses of albites, biotites, amphiboles and epidotes from the metadiabase are given in Tables 4, 5, 6 and 7. It is notable that the major- and trace elements (Tables 2 and 3) give inconsistent classifications. For example: In a total alkali-SiO₂ diagram (Fig. 6) the metadiabase is plotted in the field of alkali basalts, but a plot in a Zr-Y diagram (Fig. 7) results in a tholeiitic magma.

Although the metadiabase was formed by continental rifting, it has a spilitic mineralogy. From the mineralogical composition given above, Na-metasomatism is suggested to be important. This is apparent from Fig. 5 (○ the metadiabase), especially when comparing the metadiabase with the felsic samples in the same diagram (Fig. 5, ✕ quartz keratophyre, * samples from the hanging wall and ★ granophyre). The samples from the quartz-keratophyre dyke are very low in K (mean value 0.78 wt%, SiO₂ mean value 71.4 wt%), but their amphiboles are high in Mg. Mineral analyses of albites and amphiboles from the quartz keratophyre are given in Tables 8 and 10. Two samples from one dyke of 'granophyre' (Geijer, 1931) in the southern part of the mine, S1 and S2, differ in their alkali contents, i.e. normative albite and orthoclase are nearly equal (Tab. 2b and Fig. 12). It might be that the dykes of granophyre in the southern part of the mine represent the original mineralogy of the quartz-keratophyre dyke. However, this suggestion is based on rather insufficient evidence. Geijer (1910), made a description of a dyke of diabase, found in a drill hole south of Jägmästarn (in the southern part of the mine). This diabase consisted mainly of plagioclase, augite and magnetite, the the plagioclase is probably a labradorite (page 4).

Kort geologisk översikt av Kirunaområdet

Kirunamalmerna ligger i det breda stråk som hyser de flesta nord-svenska järnmalmsfyndigheterna. Detta sträcker sig från fjällen väster om Kiruna stad till finska gränsen i öst.

Kirunaområdet från väst till öst

Nordväst om Kiruna stad är basement blottat. Detta utgörs av granitiska gnejser. Ovanpå basement följer Tjärrokvartsiterna i vilka det ligger ett kalkigt bottenkonglomerat samt dolomit- och siltstensinlagringar.

Tjärrokvartsiterna överlagras i sin tur av Kirunagrönstenarna. Dessa består av såväl andesitiska som basaltiska vulkaniter, delvis utbildade som pillowlavor med inlagrade kalkstenar, chert, grafitförande skiffrar och tuffiter. I en av dessa sedimenthorisonter är Viscaria kopparmalm lokaliserad.

Sydost om grönstensgruppen ligger Kurravaarakonglomeratet. Detta har i litteraturen beskrivits som om den vore underlagrad nästa grupp: syenit - syenitporfyren. Paul Forsell (pers. medd, nov. 1985) menar dock att konglomeratet är yngre eller samtida med syenitporfyren, bland annat på grund av att bollmaterialet till mellan 40 och 60% utgörs av syenitporfyr. Syenitporfyren är, där den är som mäktigast i markplanet, ca 1000 m och innehåller bäddar av mandelsten, framförallt vid malmkontakten. Mandlarna består mestadels av aktinolit, ofta tillsammans med titanit. Magnetit, kalцит, apatit och biotit förekommer också, där magnetit synes vanligast i direkt anslutning till malmkontakten.

Syenit uppträder som en central del i syenitporfyren, i vilken den gradvis övergår.

Öster om malmen följer en drygt 1000 m mäktig, mot norr avsmalnande, kvartsporfyr. Denna bildar malmens hängvägg och är ställvis kaolinvittrad vid malmkontaktarna. Även Luossavaara järnmalm - norr om Luossajärvi sjö - ligger i kontakten mellan syenit- och kvartsporfyr. Malmen stryker nära N-S och stupar ca 60° ö.

Öster om kvartsporfyren ligger en liten begränsad enhet av förskiffade och omvandlade vulkaniter - Undre Haukiserien. I kontakt mot Undre Haukiserien följer sedan en ytbergartsformation - Vakkobergarterna eller Vakkosedimenten.

I Vakkosedimenten finns en kvartsitisk sandsten - Haukikvartsiten, i vilken ett flertal, mäktiga konglomeratbäddar uppträder. Bollmaterialet består huvudsakligen av kvartsporfyrr. Av ytbergarterna anses Haukikvartsiten vara den yngsta.

Kort beskrivning av gångbergarter^x och förkastningar i Kiirunavaara

Längst i norr - i den del av gruvan som kallas Zenobia - finns en i nära öst-väst strykande metadiabas, som skär malmen ca 500 m söder om Luossajärvi sjö.

Omkring 800 m längre söderut tränger flera gångporfyrrer från liggväggen in i malmen, men dessa når aldrig in i hängväggen.

Malmens södra spets skärs av en lång granofyrgång, (Geijer, 1930) i nordvästlig riktning.

I gruvans södra del - Jägmästarn och Sofiamalmen - förekommer ett flertal granofyrgångar. Allra längst i söder är två separata malmlinser belägna. De tillhör huvudmalmen, men är starkt förkastade i östlig riktning bort från densamma. (Fig. 1)

P. Geijer (1910), har beskrivit en medelkornig, ofitisk diabas, påträffad i ett borrhål söder om Jägmästarn:

"The main constituents are plagioclase, augite and magnetite. The plagioclase is broadly lamellated and limpid, only seldom somewhat altered. The refraction is always considerably higher than that of the Canada balsam, the symmetric extinction angle exceeds 25°. These characters make it almost certain that this feldspar is labradorite, though probably a little basic form. The augite is similar to that of the syenitic rocks. It is partly uralitized, the amphibole is further on often altered to chlorite. Biotite occurs in irregular plates, containing three systems of rutile needles intersecting one another at an angle of 60°. Besides there are scattered brilliant crystals of pyrite and some grains of epidote." (P. Geijer, 1910: Igneous rocks and iron ores of Kiirunavaara, Luossavaara and Tuollavaara.)

I ett agglomerat nära Luossavaara järnmalm ligger en meterbred diabasgång blottad i dagen. Diabasen stryker i sydväst och stupar 55° mot öster. En kemisk analys från denna presenteras i tabell 1. (Parrak, 1973)

^x/ Mineralsammansättningar från gångar av kvartsporfyrr och granofyrr finns beskrivna av Geijer (1910): Igneous rocks and iron ores of Kiirunavaara, Luossavaara and Tuollavaara.

Enligt Parak (1973) finns "mörkgråa, finkorniga - täta, upp till flera meter breda diabasgångar", i syenitporfyren V om Kiirunavaara. Dessa har emellertid inte varit möjliga att kartera.

Vid grävning av en provgrop (Malmupplaget, Kiirunavaara) påträffades en diabasgång av gruvgeologerna O. Zellman och S. Liedberg. I stoff är denna gråsvart, finkornig och mycket tät. En kemisk analys från denna presenteras i tabell 1. (Liedberg, 1985)

Tabell 1.

Diabasgångar (wt%).

Parak (1974). Liedberg (1985).

SiO ₂	50.1	44.2
TiO ₂	2.18	1.09
Al ₂ O ₃	15.9	15.9
Fe ₂ O ₃	4.84	3.00
Fe ₃ O ₄	14.06	19.07
Fe _{tot}		15.9
MnO	0.03	0.073
MgO	3.17	4.08
CaO	0.68	2.98
Na ₂ O	4.70	2.92
K ₂ O	2.90	2.35
P ₂ O ₅	0.46	
P		0.109
V ₂ O ₅	0.08	0.064
CO ₂	0.23	
CuO	0.01	
S	0.01	0.020

Tabell 1: Kemiska analyser från en diabasgång i ett agglomerat vid Luossavaara järnmalm (Parak, 1973) och från en diabasgång, påträffad i en provgrop, Malmupplaget, Kiirunavaara (Liedberg, 1985).

Kiirunavaara_järnmalm

Till formen liknar Kiirunavaara järnmalm en mot norr och söder avsmalnande skiva. Längs malmens ligg- och hängväggskontakter uppträder breccierade malmpartier. Malmen stryker i nära nord-sydlig riktning och stupar ca 60° mot öster. Längden är cirka 5 km, då malmen spetsar ut mot norr under sjön Luossajärvi. Medelbredd och beräknat djup uppgår till 85 respektive 1800 m.

Malmen är en apatitrik magnetitmalm där hematit förekommer sporadiskt, i regel endast på sprickplan. Fluorapatit förekommer rikligt som impregnationer, sliror eller band. Andra accessoriska mineral är aktinolit och kalцит. Aktinolit återfinns företrädesvis i liggssidans malmkontakter, kalцит som impregnationer eller sprickfyllnader.

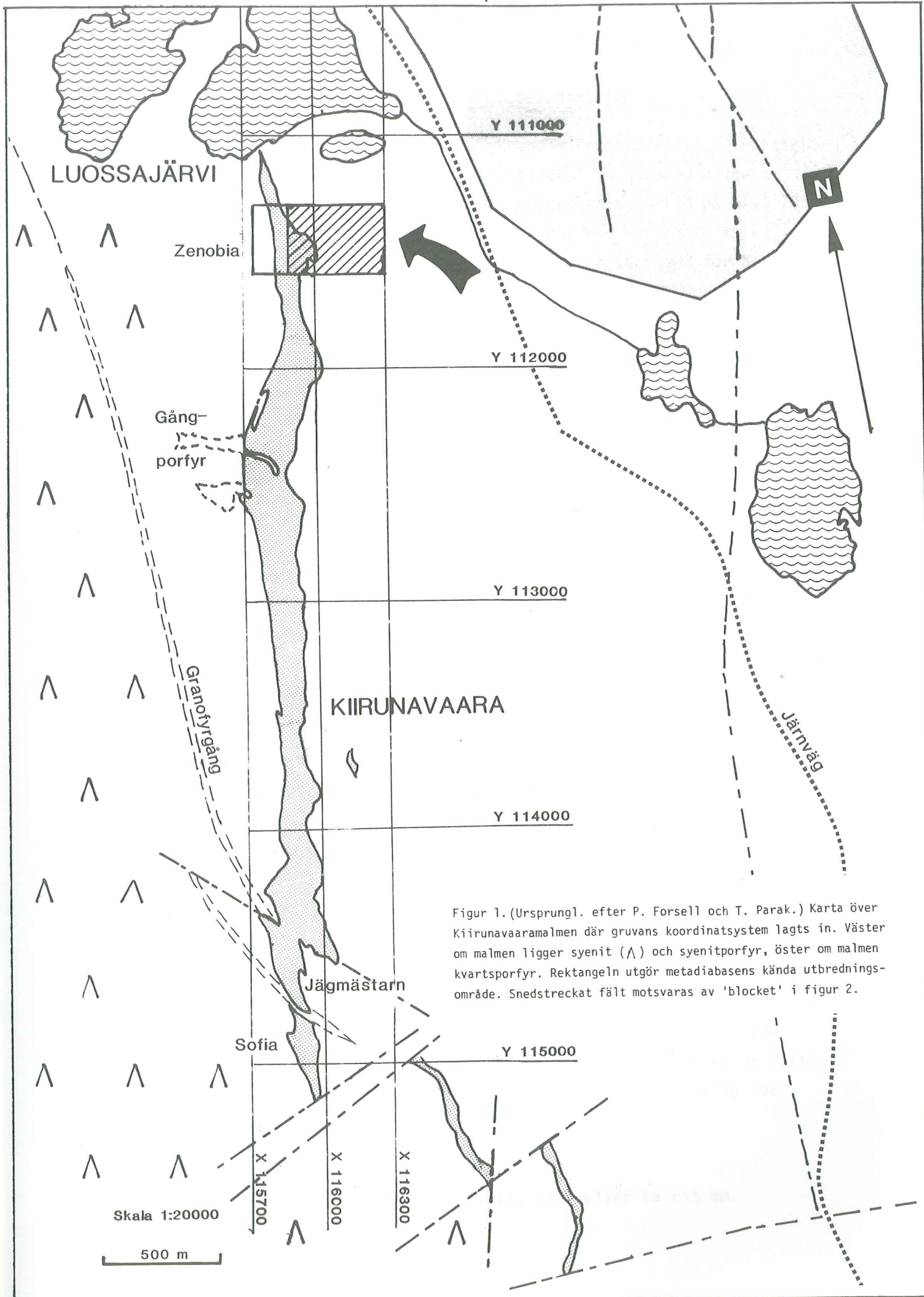
I huvudsak kan två tydliga malmtyper urskiljas; lågfosfor, B-malm samt högfosfor, D-malm. Kontakterna mellan B- och D-malm är vanligtvis knivskarpa.

B-malm: 0.10% P, 64-70% Fe.

D-malm: genomsnitt 1.95% P, 50-60% Fe.

Järnhalterna kan jämföras med teoretiska maxvärdet för magnetit som är 72.36%.

Malmerna i Kirunaområdet beräknas alla ha åldrar kring cirka 1600 miljoner år. Två huvudhypoteser finns för malmbildningen - magmatisk differentiation (Geijer, 1910) och exhalativ sedimentation (Pirak, 1973).



Kort bakgrund till undersökningen av metadiabasen

I norra delen av Kiirunavaaras malmkropp - Zenobia - finns kraftigt vattenförande skölzoner.^x På flera ställen i de djupare nivåerna bryter vatten in under högt tryck. I undersökningsorten på nivå 785 m, har vatten flödat ur ett flertal borrhål med mer än 20 kp/cm², (1.96 MPa). En vattentät port installerades hösten 1982 för att säkerställa gruvdriften och hindra översvämning vid ett eventuellt vatteninbrott från denna ort mot norr.

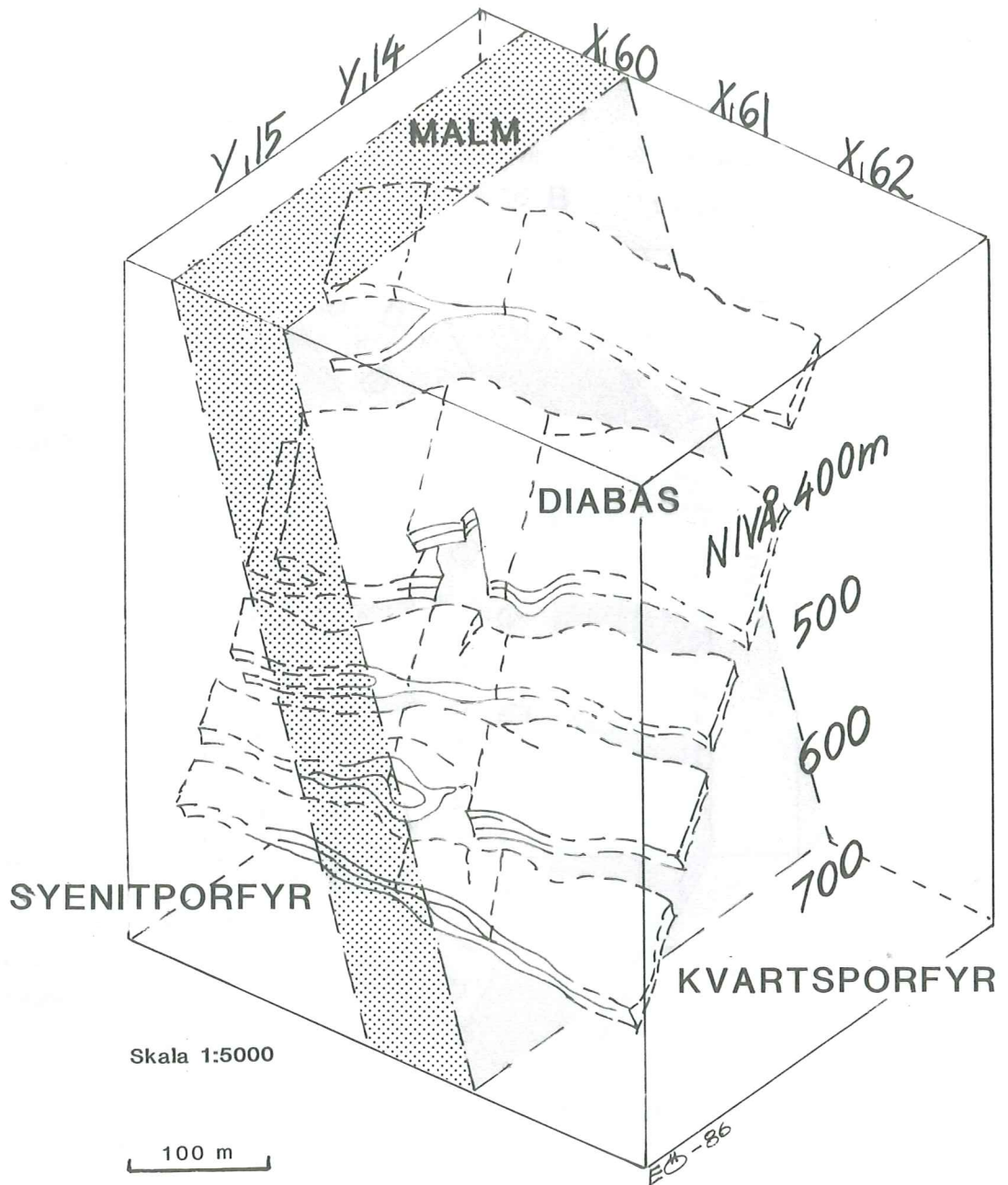
I april 1980 rasade på nivå 442 m i Zenobia, ett ventilationschakt i liggväggen, som låg i anslutning till diabasen. Vid tillredningen har tvärorternas riktning ofta sammanfallit med diabasens och ställvis orsakat stabilitetsproblem.

Diabasen stryker i N 75°-80° V och stupar 50°-60° S. Diabasens riktning sammanfaller med områdets strukturdrag. Vidare skär den malmen samt ligg- och hängväggen på alla nivåer. Diabasens mäktighet varierar mellan 2 och 8 m. Genom borrhången är den hittills känd till ett djup av 918 m. Samtliga större vatteninbrott - orsakade av vattenförande sprickor - har skett norr om diabasen. Undantag finns på nivå 785 m, där ett flertal vattenförande skölar ligger söder om diabasen. Flertalet skölar i Zenobias liggvägg stryker nära Ö-V och stupar ca 50°-60° S.

I diabasens mitt ligger - på de flesta nivåer - en röd, pyritrik, granitisk bergart med strökorn av kvarts. Denna har en diskontinuerlig utbredning genom diabasen, vilket visas av den fortlöpande uppföljningen och karteringen som gjordes av gruvgeolog Stig Liedberg, (Fig. 2). På ett par ställen, i malm-, ligg- och hängvägg, innesluts ett antal diabasbollar av den röda, felsiska gången (Fig. 3).

Diabasen är som helhet kraftigt omvandlad och uppkrossad, vilket givit problem vid malmbrytningen. Kontakterna, som kan åtföljas av breda pyritzoner - ställvis t o m av en massiv pyritmalm (Fig. 3) - är ofta starkt kloritomvandlade och ibland kraftigt lervittrade. Dessa ställen är vanligtvis betongsprutade i bergförstärkande syfte. Blottningen av densamma i ortväggar och tak är därför dålig idag.

^x/ Sköl: spricka fylld med ex klorit, talk eller kalcit mm.



Figur 2. Tänkt projektion av metadiabasen med hjälp av data från diamanborrningarna under jord. Diabasen skär malmen, här markerad som en grå skiva, vilken delar 'blocket' i en syenit- respektive kvartsporfyrvolym. I diabasen har malmen markerats med streckade linjer. Diabasen har i figuren snittats för att förtydliga kända tektoniska drag (heldragen linje). Den tunna linjen i diabasens mitt representerar den felsiska gången.

X 60=116000, Y 14=111400 osv. Nollnivån utgörs av Kiirunavaaras ursprungliga topp, 736.2 m ö h.

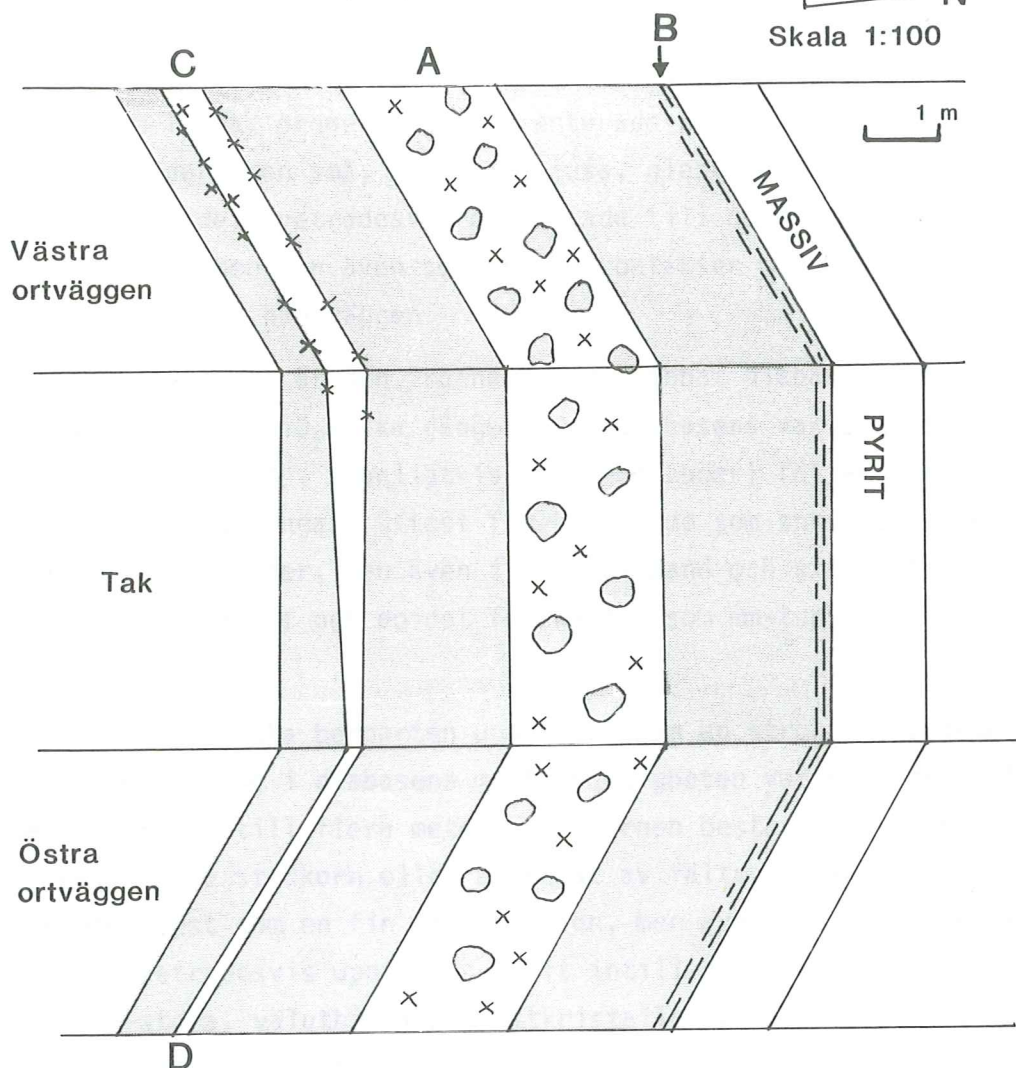
Fältort i malmen

14 m från hängväggen.

Nivå 562 m.



Skala 1:100



Figur 3. Figuren visar en fältort i malmen på nivå 562 m, 14 m från hängväggen. Fältorten stryker i nära nord-sydlig riktning och i figuren har väggarna vikts ut, horisontellt med taket. Diabasen, grått raster, är genomslagen av den felsiska gången, A. Denna är röd, pyritrik, (x) och för 2x2 mm stora strökorn av kvarts samt en mängd - upp till 3 dm stora - diabasbollar. Diabasen har en 2 dm bred förskiffrad kontakt, B, mot en massiv pyrithorisont. Mellan denna och den felsiska gången är diabasen kloritiserad. På den södra sidan om den felsiska gången är däremot diabasen tät och frisk, med ställvis ofitisk textur. I denna del av diabasen finns en tunn malmskiva. I västra väggen är denna halvmeterbred samt pyritiserad i kontakterna mot diabasen, C. Malmskivan kilar ut till 1 dm mäktighet i ortväggen mittemot, D. På denna sida finns inte heller någon pyrit i kontakterna.

Makroskopisk beskrivning av metadiabasen med tillhörande felsisk gång

I friskt tillstånd - dvs i undantagsfall - är Zenobias metadiabas finkornig, tät, homogen och till färgen gråsvart till grågrön. Med blotta ögat kan man då ibland se en ofitisk textur, vilken utgörs av 1-2 mm långa, oregelbundet orienterade plagioklaslister. Här och var uppträder även små, (2x3 mm) ljusa, glest fördelade ögon. I borrhärdarna är de företrädesvis begränsade till dm-breda enheter i diabasens mitt, men kan även ses intill kontakter mot den röda, felsiska gången samt mot hängväggen.

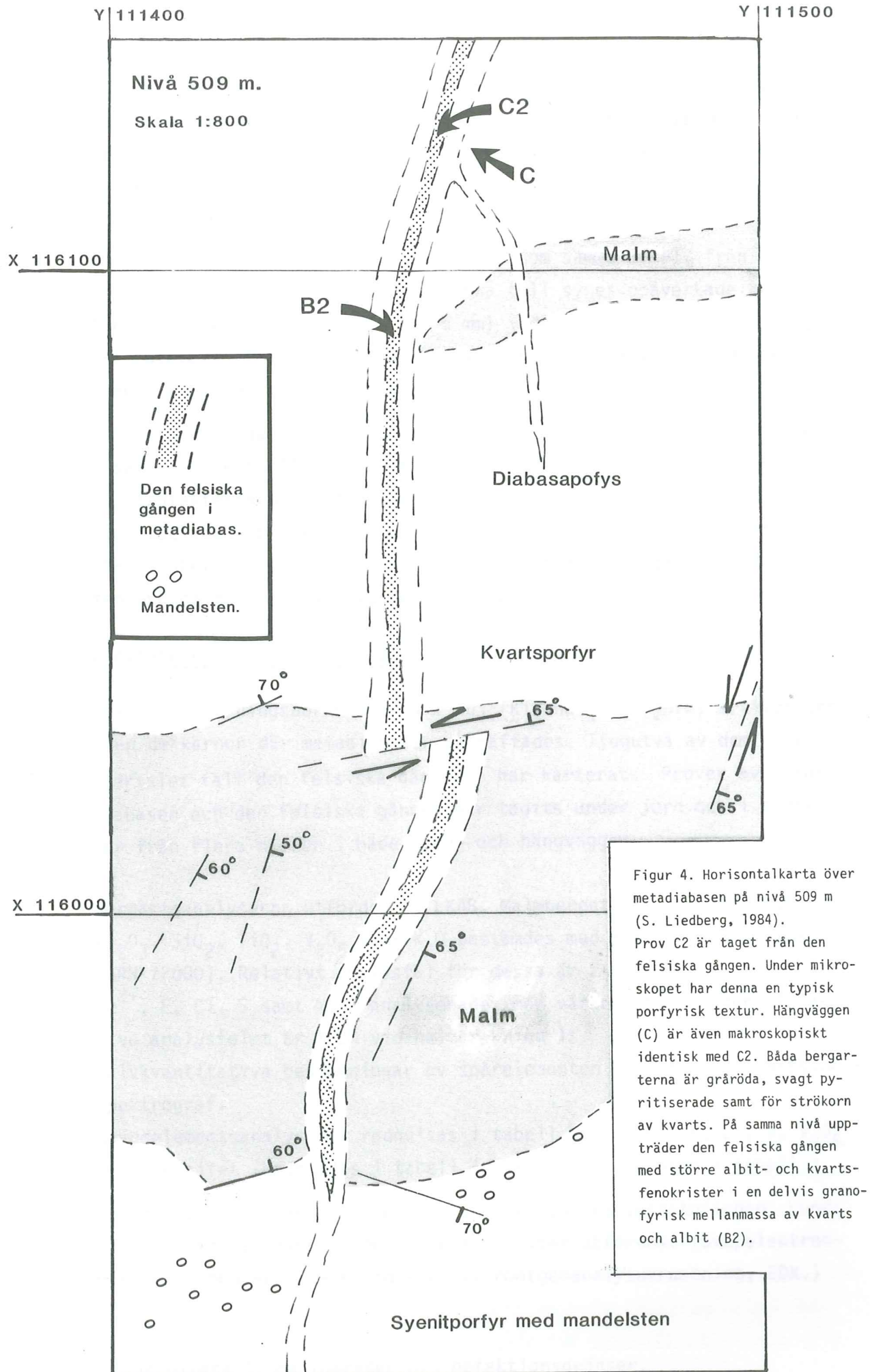
Mycket påfallande är den "rodnad" som drabbat diabasen mot kontakterna av den röda, SiO₂-rika gången. Med diabasens varierande grad av "färgimpregnering", (vanligtvis dm-breda zoner) följer ibland även pyritmineraliseringar. Oftast förekommer de som spridda stänk, ibland som sprickfyllnader, men även i form av band och sliror tillsammans med kalцит. Kalцит och epidot förekommer som mm-tunna sprickfyllnader i diabasen.

Den röda, felsiska bergarten uppträder som en strökornsförande och pyritiserad gång i diabasens mitt. Mäktigheten varierar från några decimeter upp till flera meter. Strökornen består av kvarts och vidare kan större strökorn eller aggregat av fältspat iakttas. Pyrit förekommer mest som en fin impregnation, men även som sliror eller band. Företrädesvis uppträder pyrit intill diabaskontakterna, där även cm-stora, välutbildade pyritkristaller påträffats. På vissa nivåer uppträder en massiv, upp till 2 m mäktig pyrithorisont i kontakt med diabasen. Den röda, felsiska gången uppträder inte alltid med distinkta, kylta kontakter mot diabasen. På sina ställen har den trängt in som tunnare band och ibland bildas en 'hybridiserad' bergart mellan de båda.

Bergarternas inbördes förhållande

Metadiabasen och den felsiska gången är båda yngre än kvartsporfyren, malmen och syenitporfyren, ty de skär samtliga. Som tidigare nämnts stryker/stupar diabasen N 75°-80° V/ 50°-60° S och är känd till 918 m avvägning. Utbredningen i horisontalled utanför brytningsområdet är delvis okänd. Den är emellertid känd i ligg- och hängväggen genom diamantborrningarna.

En liten - ibland endast halvmeterbred - diabastunga uppträder i hängväggen på vissa nivåer (Fig. 4).



Den felsiska gången har påträffats i diabasens mitt, både där denna skär malmen och sidoberget. Den är emellertid avsnörd på flera ställen i samband med veckningar och förkastningar av diabasen. Här och var (i malm, ligg- och hängvägg) har en mängd väl avrundade diabasbollar av varierande storlek påträffats, vilka innesluts av den felsiska gången (Fig. 3).

Bollarnas storlek varierar, dock inte inom samma lokal, från ett par cm, upp till flera dm, med friska till synes opåverkade kontakter. Kylta kontakter, (upp till 5 mm) i den felsiska grundmassan, har noterats. I en stufv från hängväggen, 535 m avv, förekommer även fragmentärt diabasmaterial.

I malmen är båda gångarna undulerande men även kraftigt förkastade, i såväl horisontell- som vertikalled, företrädesvis i närheten av malmkontakterna mot sidoberget, (Fig. 2 och 4).

Kloritbelagda sprickplan utgör regel och de uppvisar ibland en stänglighet. Orienteringen har inte kunnat avgöras då stängligheten endast noterats vid kärnkarteringen.

Provtagning och analysmetoder

Från undersökningsborrningarna i Kuj (Kiruna under jord) arkiverades även de kärnor där metadiabasen påträffades. Tjugutvå av dem - med i flertalet fall den felsiska gången - har karterats. Prover av metadiabasen och den felsiska gången har tagits under jord och i borrhärlor från flera nivåer i både ligg- och hängväggen.

Bergartsanalyserna utfördes av LKAB, MalMBERGET. Fe, P, MnO, MgO, Al₂O₃, SiO₂, TiO₂, V₂O₅ samt K₂O bestämdes med röntgenfluorescens, (ARN 72000). Relativt analysfel för dessa är 2-5%.^X

Fe²⁺, F, Cl, S samt Na₂O analyserades med våtkemiska metoder. Relativa analysfelet är 1-2% vid halter kring 1%.

Halvkvantitativa bestämningar av spårelementen utfördes med emissionspektrograf.

Huvudelementsanalyserna redovisas i tabell 2a och 2b. F, Cl, S, V₂O₅ samt densitet redovisas i tabell 2c samt spårelementen i tabell 3.

Poler- och tunnslip preparerades vid Geologiska Institutionen, Lunds universitet där även en del mineralanalyser utfördes. (Svepelektronmikroskop med KEVEX energidispersiv röntgenanalysutrustning, EDX.)

^X/ Se bilaga 1: Haltområden och detektionsgränser.

Beskrivning till horisontalkartan över provtagningslokalerna

509 m avvägning:

Prov från metadiabasen med tillhörande felsisk gång, tagen ur hängväggens kvartsporfyr ca 90 m från malmen. Bergartsanalys av den felsiska gången (C2) och diabasen (C1 + spårelementsanalys), DBH 4250, -37.90 samt -37.10 m i borrhålets riktning.

På samma nivå, 30 m närmare malmkontakten och fortfarande i hängväggen: bergartsanalys och slip av diabas (B3) och felsisk gång (B2), DBH 4256, -13.90 och -10.60 m.

535 m avv:

Prov från metadiabasen med felsisk gång, tagen ur hängväggen ca 100 m från malmkontakten. Slipprov av den felsiska gången (A2) samt slip och bergartsanalys av diabasen (A3 + spårelementsanalys), DBH 4815, -54.0 och -56.05 m. I prov A3 uppträder 2x2 mm stora, ljusa 'ögon'.

562 m avv:

I liggväggen, 10 till 15 m från malmen (ort 145), har en mängd väl avrundade diabasbollar, inneslutna i den felsiska gången påträffats. Från en sådan stuff har diabas respektive felsisk gång sågats isär för slip samt bergartsanalys (H1 och H2).

665 m avv:

Prov från diabasen och den felsiska gången ur liggväggens syenitporfyr. Slip samt bergartsanalys från den felsiska gången (F2 + spårelementsanalys) och diabasen (F1). Kontakten mellan dessa har även tagits ut för sliptillvekning (F4), DBH 4876, -55.50, -57.80 och -55.30 m.

740 m avv:

Stuffer från diabasen och den felsiska gången, tagna ur liggväggen ca 70 m från malmkontakten. Slip samt bergartsanalys av diabasen (J3 + spårelementsanalys) och den felsiska gången (J1). Prov J3 är taget 1 m norr om den felsiska gången och J1 är taget 0.5 m från kontakten mot norra delen av diabasen.

775 m avv:

Diffust ögonförande diabas samt den felsiska gången är provtagna ur hängväggen. Slip samt bergartsanalys av diabasen (D1 + spårelementsanalys) på södra sidan av den felsiska gången, DBH 4856, -12.60 m. Även norr om den felsiska gången är diabasen provtagen för bergartsanalys (D3), DBH 4856, -15.90 m. Den felsiska gången är provtagen som stuff (J5, skivnivå 785 m) och 2 m norr om hela 'gångkomplexet' har även en stuff från hängväggen provtagits för bergartsanalys och slip (J7, skivnivå 785 m).

779 m avv:

Diabas och felsisk gång, provtagna ur hängväggen. Bergartsanalys från diabas (G1) och bergartsanalys samt slip från felsisk gång (G2), slip och bergartsanalys från hängväggen (G4), DBH 4448, -62.50, -64.50 och -70.30 m.

782 m avv:

I hängväggen har en knappt halvmeterbred diabasapofys provtagits för bergartsanalys (K1). Även huvuddiabasen är provtagen för bergartsanalys och slip (K2), DBH 4322, -102.60 och -149.20 m.

Sofia, skivnivå 586 m:

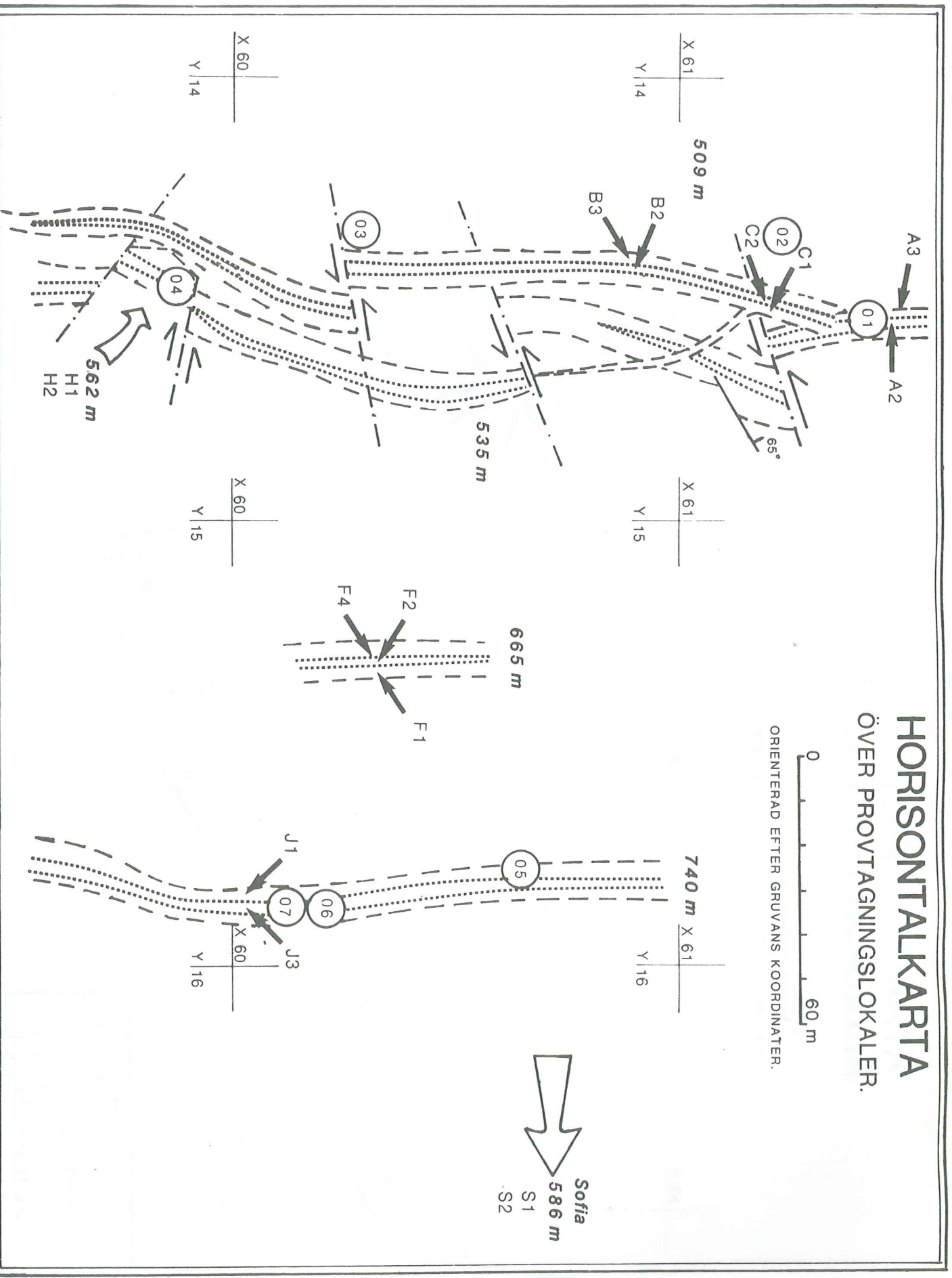
Två referensprover/stuffer av en granofyrgång har tagits för bergartsanalys och slip. Prov S1 i ort 507, 2 m från gaveln och S2 i ort 505, 10 m från gaveln.

Där diamantborrkärnor provtagits, har exakt nivå för provet angivits. Prover tagna ur ortar är refererade till skivnivån.

Cirklarna på kartan representerar tidigare utförda analyser av denna komplexa gång bestående av en metadiabas och en felsisk bergart. Se bilaga 2. Observera att cirklarna på kartan inte markerar provens exakta lägen. Dessa anges i texten till analyserna, bilaga 2.

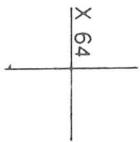
HORISONTALKARTA ÖVER PROVTAGNINGSLOKALER.

0 60 m
ORIENTERAD EFTER GRUVANS KOORDINATER.

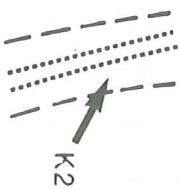
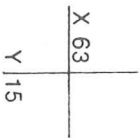
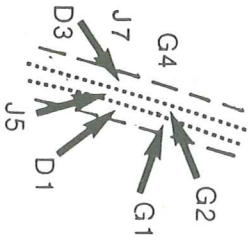


HORISONTALKARTA ÖVER PROVTAGNINGSLOKALER.

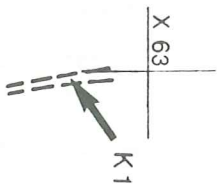
0 60 m
ORIENTERAD EFTER GRUVANS KOORDINATER.



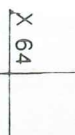
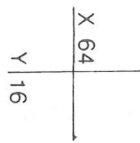
779 och 775 m



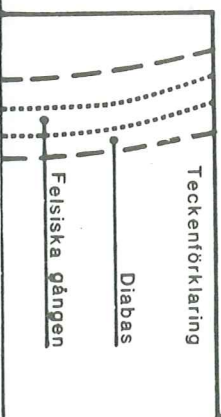
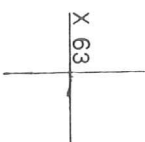
782 m



K 1



08
09



Kolumnförklaring till tabell 2a:

K1	782 m	avv	Halvmeterbred diabasapofys, hängväggen.
C1	509 m	"	Diabas, hängväggen.
F1	665 m	"	" , liggväggen.
K2	782 m	"	" , hängväggen.
B3	509 m	"	" , " .
J3	740 m	"	" , liggväggen.
D3	775 m	"	" , hängväggen.
G1	779 m	"	" , " .
D1	775 m	"	" med 'ögon', hängväggen.
H1	562 m	"	Diabasboll i felsiska gången, liggväggen.
A3	535 m	"	Diabas med 'ögon', hängväggen.

Kolumnförklaring till tabell 2b:

C2	509 m	"	Felsiska gången, hängväggen.
G4	779 m	"	Prov från hängväggen, porfyrisk textur.
B2	509 m	"	Felsiska gången, hängväggen.
J5	785 m	"	" " , " .
H2	562 m	"	Felsiska gången som 'matrix' kring diabasbollar, liggv.
F2	665 m	"	Felsiska gången, liggväggen.
G2	779 m	"	" " , hängväggen.
J1	740 m	"	" " , liggväggen.
S2	586 m	"	Granofyrgång från Sofia, ort 507.
J7	785 m	"	Prov från hängväggen, delvis granofyrisk textur.
S1	586 m	"	Granofyrgång (som S2) från Sofia, ort 505.

Medelvärden av ovanstående analyser presenteras i bilaga 3.

Tabell 2a: Kemiska sammansättningar (oxider, wt%) samt CIPW-normer från prover av metadiabasen i Zenobia, Kiirunavaaragruvan.

	K1	C1	F1	K2	B3	J3	D3	G1	D1	H1	A3
SiO ₂	30.3	47.9	49.4	49.5	50.4	50.4	50.0	50.6	51.5	51.8	53.7
TiO ₂	1.12	1.70	1.72	1.72	1.78	1.74	1.74	1.62	1.73	1.70	1.28
Al ₂ O ₃	9.3	15.6	14.6	15.1	15.8	15.5	15.2	14.7	15.6	15.6	14.6
Fe ₂ O ₃	25.15	5.72	7.13	7.04	7.37	7.83	4.97	6.14	6.14	7.32	5.40
FeO	13.63	6.82	4.89	6.04	5.14	4.37	6.56	6.04	5.02	5.79	5.35
MnO	0.061	0.144	0.222	0.114	0.172	0.138	0.128	0.138	0.160	0.118	0.122
MgO	4.0	6.94	6.52	6.49	6.60	6.40	6.26	6.62	5.95	5.64	5.50
CaO	5.2	3.61	6.57	5.33	5.76	7.56	5.84	4.74	6.04	2.56	2.0
Na ₂ O	3.12	4.01	4.13	4.30	4.46	3.97	4.18	3.52	4.02	5.73	4.63
K ₂ O	2.68	4.40	1.36	3.25	2.80	2.35	2.19	3.40	1.96	3.18	3.46
P ₂ O ₅	3.07	0.24	0.26	0.28	0.26	0.24	0.25	0.25	0.26	0.25	0.18
Tot	97.63	97.08	96.80	99.16	100.54	100.47	97.32	97.77	98.38	99.69	96.40
Q									0.89		
C											0.02
Or	15.85	26.02	8.06	19.24	16.57	13.90	12.95	20.13	11.56	18.79	20.46
Ab	17.87	22.64	34.90	30.50	34.11	33.27	35.32	29.76	33.96	42.55	39.14
An	3.45	11.51	17.24	12.23	14.79	17.65	16.31	14.20	18.71	7.42	8.73
Lc											
Ne	4.60	6.11		3.18	1.93					3.18	
Di	1.88	3.86	10.69	9.77	9.46	14.21	8.79	6.06	7.53	2.85	
Wo											
Hy			11.06			0.66	2.99	9.51	12.92		16.92
Ol	8.3	14.85	0.64	10.11	9.01	6.13	9.82	5.53		10.45	0.45
Mt	36.47	8.30	10.35	10.21	10.70	9.47	7.19	8.91	8.91	10.62	7.84
He						1.30					
Il	2.13	3.22	3.27	3.27	3.27	3.31	3.31	3.07	3.28	3.22	2.43
Ap	6.70	0.53	0.56	0.62	0.56	0.53	0.56	0.56	0.56	0.56	0.40
Cc											
Tot	97.25	97.04	96.77	99.13	100.50	100.43	97.24	97.73	98.32	99.64	96.39

Samtliga prover - undantaget K2 - utgör medelvärden av två analyser.

Observera Fe₂O₃, FeO samt P₂O₅ i prov K1 ! Tveksamt om detta är riktigt, ty i densitet avviker inte provet från de övriga, (Tab. 2c).

Tabell 2b: Kemiska sammansättningar (oxider, wt%) samt CIPW-normer från diabasens felsiska gång, två prover ur hängväggen samt en granofyrgång, Kiirunavaaragruvan.

	C2	G4	B2	J5	H2	F2	G2	J1	S2	J7	S1
SiO ₂	64.4	69.6	70.0	71.0	71.6	73.4	74.0	75.2	75.8	75.5	77.8
TiO ₂	0.282	0.364	0.240	0.354	0.272	0.234	0.240	0.246	0.078	0.259	0.100
Al ₂ O ₃	15.0	14.4	12.2	14.9	13.5	12.9	13.3	13.8	12.4	13.0	11.8
Fe ₂ O ₃	2.90	2.74	3.37	2.49	2.43	1.97	1.31	1.06	0.91	0.80	0.81
FeO	1.93	1.93	0.64	1.54	0.77	0.77	0.77	0.64	0.77	0.64	0.38
MnO	0.066	0.014	0.029	0.011	0.038	0.032	0.024	0.016	0.001	0.004	0.001
MgO	1.38	0.508	0.648	0.462	0.901	0.764	0.876	0.628	0.162	0.344	0.158
CaO	2.66	0.210	1.50	0.310	1.38	1.12	0.753	0.403	0.502	1.02	0.461
Na ₂ O	7.17	6.51	6.20	7.16	6.85	6.86	6.38	6.74	4.12	6.70	4.29
K ₂ O	0.756	2.37	0.901	1.36	0.307	0.256	0.549	1.35	4.74	0.181	3.72
P ₂ O ₅	0.05	0.02	0.06	0.03	0.07	0.08	0.05	0.06	0.02	0.06	0.03
Tot	96.59	98.67	95.79	99.63	98.12	98.39	98.25	100.14	99.50	98.51	99.55
Q	13.29	21.23	27.44	22.83	26.79	29.59	32.10	29.23	32.46	33.07	37.52
C		0.76		1.15			0.98	0.64		0.05	
Or	4.45	14.01	5.34	8.06	1.83	1.50	3.22	8.01	28.02	1.06	22.02
Ab	60.57	55.82	52.40	60.52	57.90	57.95	53.92	56.96	34.79	56.64	36.26
An	6.50	0.97	2.78	1.33	5.17	3.67	3.36	1.64	1.33	4.70	1.92
Lc											
Ne											
Di	5.03		3.35		0.93	1.04			0.91		0.13
Wo											
Hy	1.87	1.97	0.07	1.37	1.82	1.43	2.19	1.57	0.47	0.96	0.34
Ol											
Mt	4.20	3.97	1.46	3.62	1.81	1.90	1.86	1.39	1.32	1.16	0.95
He			2.37		1.18	0.66	0.03	0.10			0.06
Il	0.53	0.70	0.46	0.67	0.52	0.44	0.46	0.47	0.15	0.49	0.18
Ap	0.12	0.03	0.12	0.06	0.16	0.19	0.12	0.12	0.03	0.12	0.22
Cc											
Tot.	96.56	98.66	95.79	99.61	98.11	98.37	98.24	100.13	99.48	98.25	99.54

Samtliga prover utgör medelvärden av två analyser.

Tabell 2c: K1-A3 är prover från metadiabasen i Zenobia, Kiiruna-vaaragruvan. C2-S1 utgör de felsiska proverna. I denna tabell utgör endast V_{2O_5} ett medelvärde från två analyser.

<u>Prov</u>	<u>F</u>	<u>Cl</u>	<u>S</u>	<u>V₂O₅</u>	<u>Densitet</u>
K1	0.130	0.067	0.034	0.096	3.1
C1	0.110	0.057	0.048	0.046	3.0
F1	0.017	0.025	0.093	0.046	3.0
K2	0.049	0.089	0.086	0.044	2.7
B3	0.045	0.044	0.089	0.046	3.1
J3	0.052	0.055	0.120	0.044	3.1
D3	0.067	0.092	0.017	0.046	2.7
G1	0.055	0.073	0.170	0.042	3.0
D1	0.023	0.037	0.026	0.042	2.9
H1	0.052	0.055	0.120	0.042	3.0
A3	0.081	0.055	0.006	0.044	2.9
C2	0.018	0.015	0.590	0.028	2.5
G4	0.005	0.022	0.026	0.026	2.9
B2	0.011	0.014	2.490	0.025	3.1
J5	0.003	0.016	0.026	0.027	2.6
H2	0.007	0.016	1.030	0.026	2.8
F2	0.013	0.024	0.740	0.026	2.6
G2	0.010	0.015	0.500	0.026	2.8
J1	0.023	0.022	0.650	0.028	2.6
S2	0.005	0.034	0.012	0.031	2.7
J7	0.006	0.013	0.290	0.028	2.6
S1	0.004	0.016	0.012	0.030	2.6
	wt%	wt%	wt%	wt%	g/cm ³

Tabell 3: Spårelementsanalyser från metadiabasen i Zenobia, C1, J3, D1 och A3 samt en analys från tillhörande felsisk gång, F2.

<u>Prov</u>	<u>C1</u>	<u>J3</u>	<u>D1</u>	<u>A3</u>	<u>F2</u>	Analysgränser ppm
<u>Element</u>						
As	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	50-2200
B	5	6	6	< 5	< 5	5-500
Ba	645	290	370	505	90	50-2200
Be	2	< 1	1	2	1	1-20
Bi	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20-500
Ge	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5-200
Pb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5-4500
Sb	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20-500
Sn	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5-500
Te	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	50-1000
Tl	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10-200
Ba	> 500	245	405	435	70	50-500
Be	1	1	1	2	2	1-20
Ce	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	100-1000
Co	20	35	45	15	28	2-2000
Cr	160	133	130	120	8	5-2500
Cu	< 50	< 50	< 50	< 50	105	5-7000
La	60	60	55	55	< 30	30-5000
Mn	1480	1480	1625	1245	195	5-3000
Mo	< 30	< 30	< 30	< 30	35	30-2000
Nb	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	20-4000
Ni	50	55	65	50	4	2-3000
Sc	45	50	45	35	< 5	5-200
Sr	440	800	475	260	105	1-1000
Ti	> 2200	> 2200	> 2200	> 2200	1305	—
V	245	260	205	220	7	5-500
W	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	200-10000
Y	25	30	30	30	25	10-400
Zn	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	50-2000
Zr	80	110	85	85	183	20-2000

Observera att två analyser finns för Ba och Be.

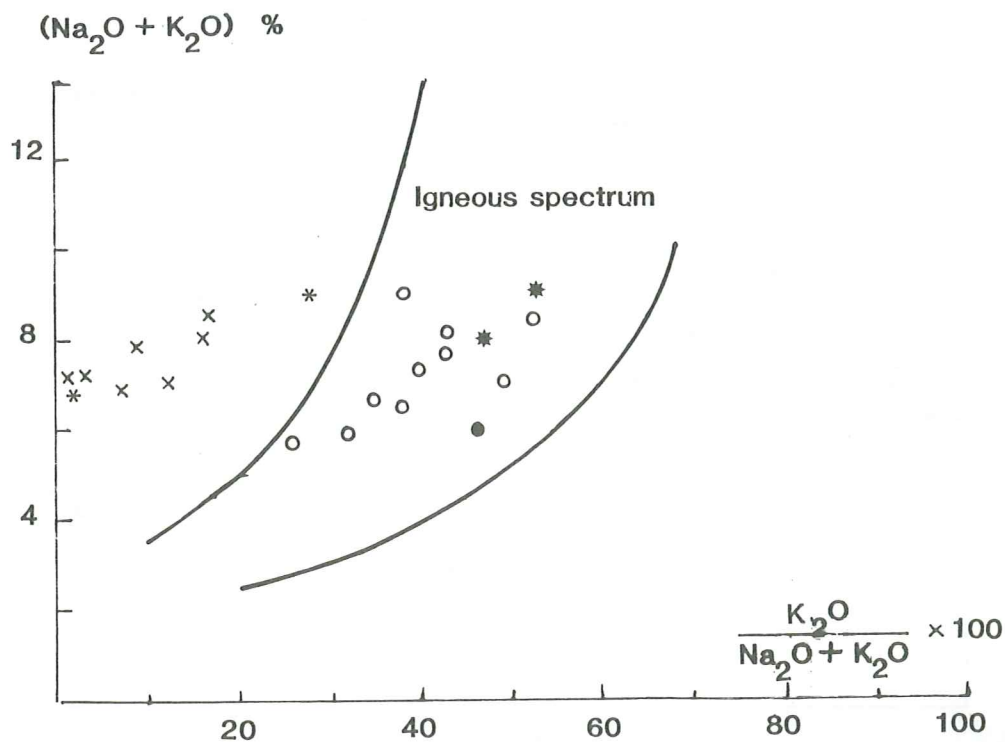
Resultat - totalkemiska sammansättningar

Enligt de kemiska analyserna som presenteras i tabell 2a ligger metadiabasen inom gränserna för en basaltisk sammansättning. Det betyder att SiO_2 -halten huvudsakligen ligger mellan 45 och 52 wt%.

Två analyser utgör emellertid undantag, varav det ena provet (K1) är taget från diabasapofysen på nivå 782 m i hängväggen. Apofysen har en SiO_2 -halt typisk för ultrabasalter, medelvärde 30.3 wt% men en kraftig anrikning av Fe_2O_3 , FeO samt P_2O_5 . Trots de höga Fe-halterna avviker inte provet från de övriga analyserna vad gäller densitet (tab. 2c). Därmed är det tveksamt om denna analys är representativ.

Ett annat prov (A3), vilket ligger strax över gränsen till en intermediär magma ($\text{SiO}_2 = 53\text{wt}\%$), utgör i detta fall endast en normal avvikelse. Metadiabasen uppvisar inte - i sitt nuvarande skick - någon magmatisk differentiation, vilket visas av variationsdiagrammet i figur 11. Det är emellertid inte uteslutet att en tidigare eventuell differentiation har överpräglats av senare omvandlingsprocesser.

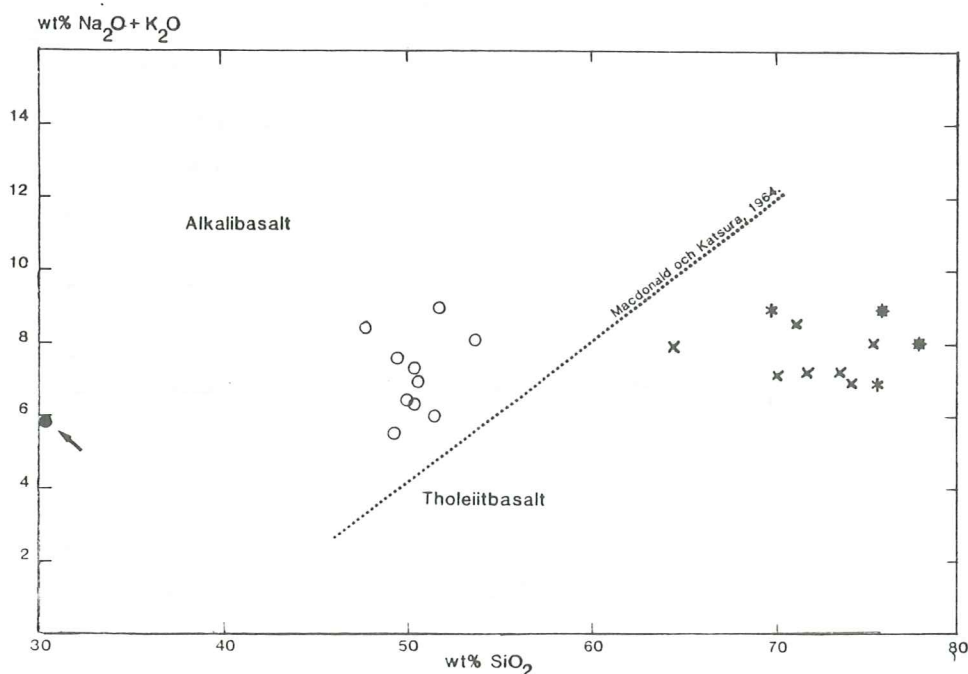
Alkalihalterna representerar t ex inte en normal basaltisk magma, trots att metadiabasen i figur 5 har kunnat plottas i fältet för en normal magmatisk utveckling.



Figur 5. (Hughes, 1973.) Metadiabasen ligger som en punktsvärm inom fältet för en normal magmatisk utveckling. De sura bergarterna är som synes Na-rikare, med undantag från Sofiagranofyren. ○ Metadiabasen, ● diabasapofysen, × den felsiska gången, * två prover från hängväggen samt * en granofyrgång från Sofia. Denna teckenförklaring gäller även följande figurer.

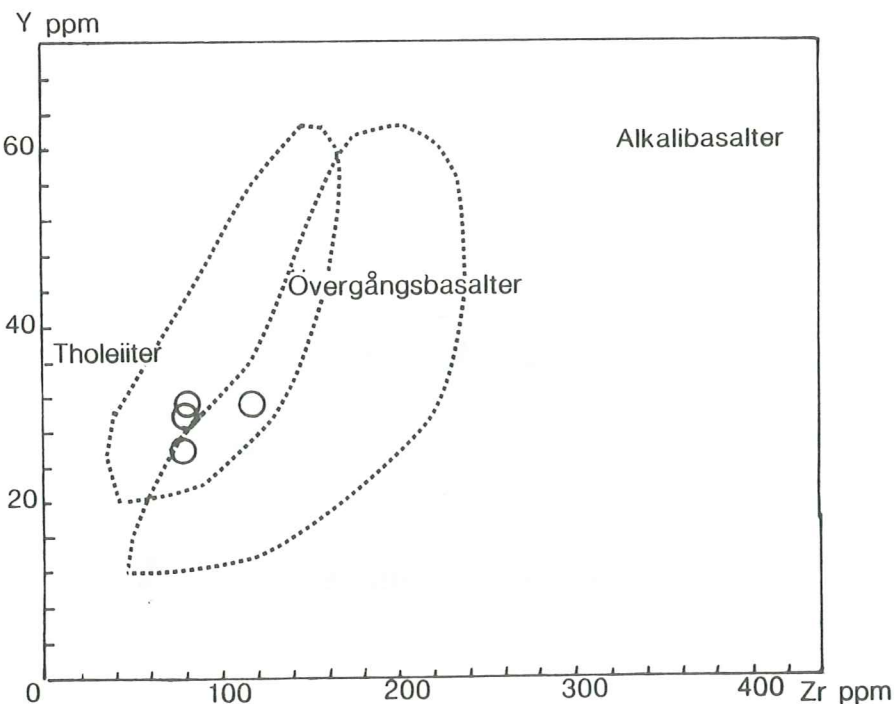
Både Na_2O och i synnerhet K_2O ligger mycket högre i samtliga analyser (tab. 2a) jämfört med en normal alkalibasalt vars medelvärden för Na_2O och K_2O är 3.99 respektive 1.66 wt%. Medelvärden för Na_2O och K_2O i en tholeiitisk basalt är 2.73 samt 0.16 wt% (Engel, Engel och Havens, 1965). Man kan även notera att metadiabasens Ca_2O -halt ligger lägre i förhållande både till en alkali- och en tholeiitisk basalt (tab. 2a). Medelvärden av CaO i alkalibasalter är 8.65 wt%, i tholeiiter 11.72 wt% (Engel, Engel och Havens, 1965).

Basalter kan indelas i nämnda två huvudtyper, dvs alkali olivinbasalt och tholeiit, vilka definieras av mineralogin. I figur 6 ligger metadiabasen inom fältet för alkaliolivinbasalter. Enligt Carmichael/ Turner/Verhoogen (1974), ger en nefelin- eller hyperstennormativ sammansättning två olika differentiationsserier, med en fonolit respektive peralkalin rhyolit som ändprodukter. Jämför man ovanstående med metadiabasens normativa mineralogi (tab. 2a) finner man att denna är både hypersten- och nefelinnormativ. Här kan nämnas att i de provlokaler där metadiabasen är hyperstennormativ har de provtagna felsiska bergarterna befunnits vara korund(C)normativa (tab. 2a och 2b) Provunderlaget är emellertid alltför litet för att man skall kunna avgöra huruvida detta är regel.



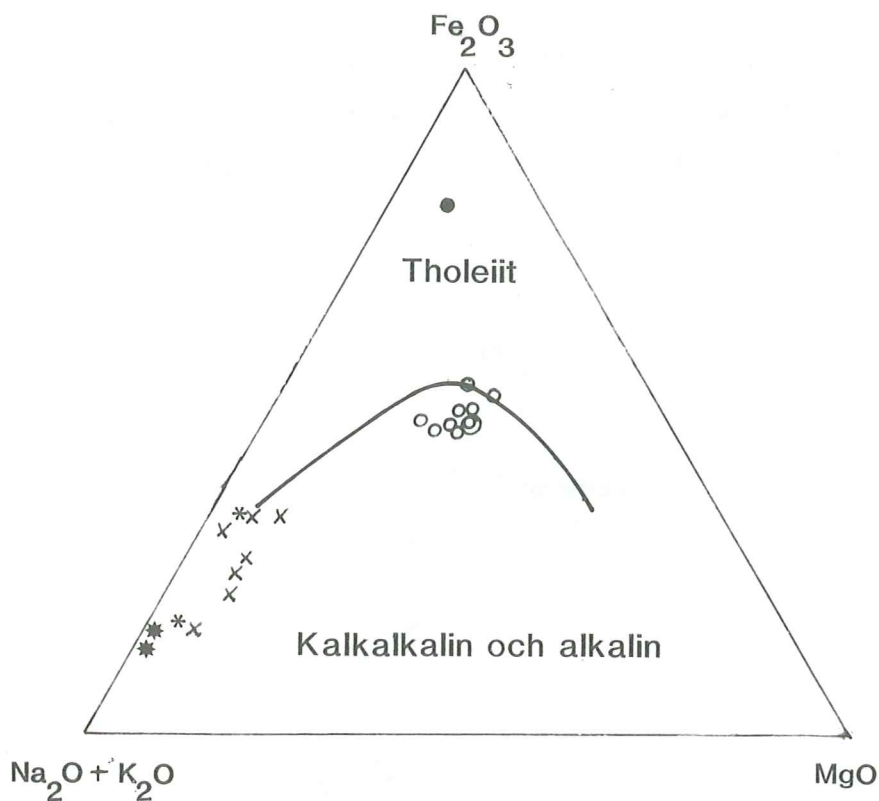
Figur 6. Totalalkali- SiO_2 -diagram (Macdonald och Katsura, 1964), där linjen delar figuren i ett alkalibasalt- respektive tholeiitbasaltfält. Observera att även de felsiska bergarterna plottats i detta diagram. Enligt detta diagram är metadiabasen en alkalibasalt. Pilen markerar diabasapofysen.

Normalt utgör den normativa mineralogin en god approximation av den verkliga mineralogin vid jämförelser mellan olika bergarter. Metadiabasen har emellertid en normativ ortoklashalt (tab. 2a) som är typisk för en granitisk bergart. Kalium sitter bundet i biotit. Sammanfattningsvis tyder huvudelementkemin (tab. 2a) på att metadiabasen kan ha sitt ursprung i en alkali olivin basalt. Det styrks emellertid inte av spårelementanalyserna (tab. 3) och figur 7. Som synes (fig. 7) ligger metadiabasen inom fältet för en tholeiitisk basalt. En karakteristisk tholeiit, vanligtvis associerad till tektoniska spridningszoner, har hög normativ hypersten (hy ca 16 wt%, Carmichael, 1964b, no 10). En kontinental tholeiit bör även ha en TiO_2 -halt kring 1 wt% jämfört med en oceaniskt bildad, med upp till 2.5 wt% TiO_2 (Carmichael/Turner/Verhoogen, 1974).

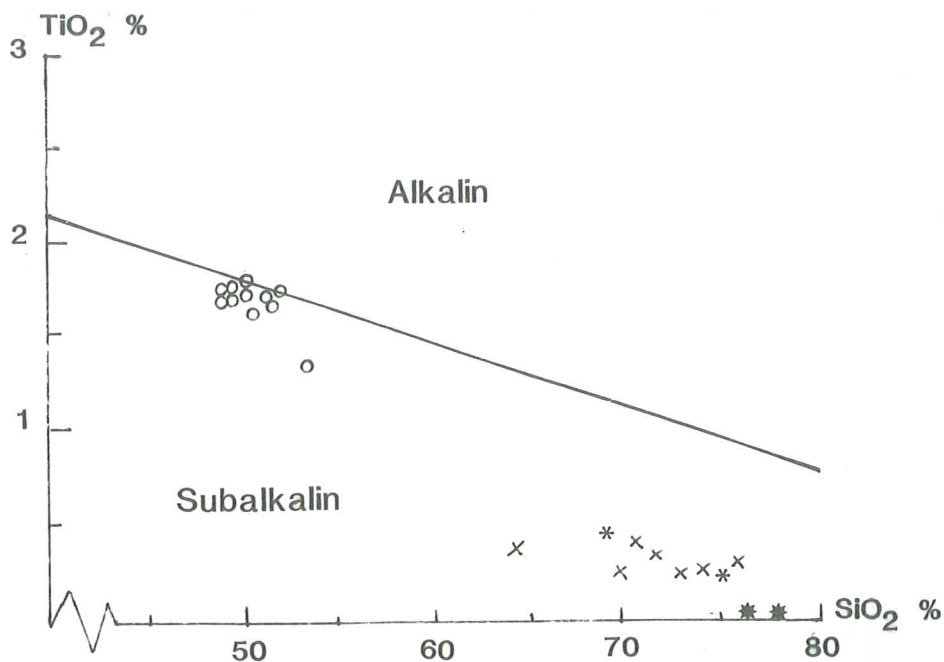


Figur 7. Zr-Y-diagram (Winchester och Floyd, 1975) där fyra diabasprov (C1, J3, D1 och A3) har plottats. Enligt detta diagram är metadiabasen en tholeiitisk basalt.

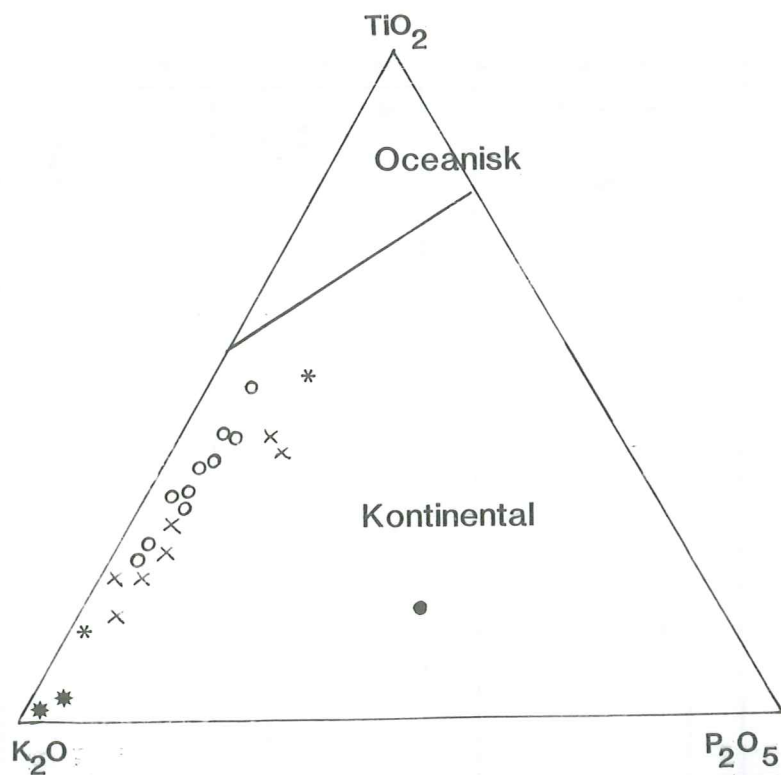
Enligt Pearce och Cann (1973), ger vissa spårelement en säkrare bestämning av magmatyp och därmed den tektoniska bildningsmiljön. Författarna har analyserat ett antal oceanbottenbasalter och funnit att Zr och Y har medelhalter på 92 respektive 30 ppm i dessa. Medelvärden för Zr och Y i fyra prover från metadiabasen i Zenobia är 90 respektive 29 ppm vilket medför att metadiabasen har en affinitet för oceanbottenbasalter! Detta skall jämföras med figurerna 8, 9 och 10. Enligt dem är - inte oväntat - den kemiska sammansättningen typisk för kontinentalt bildade basalter.



Figur 8. (Irvine och Barragar, 1971.) Metadiabasen ligger väl samlad i kalkalkalina och alkalifältet mot gränsen till tholeiitfältet.

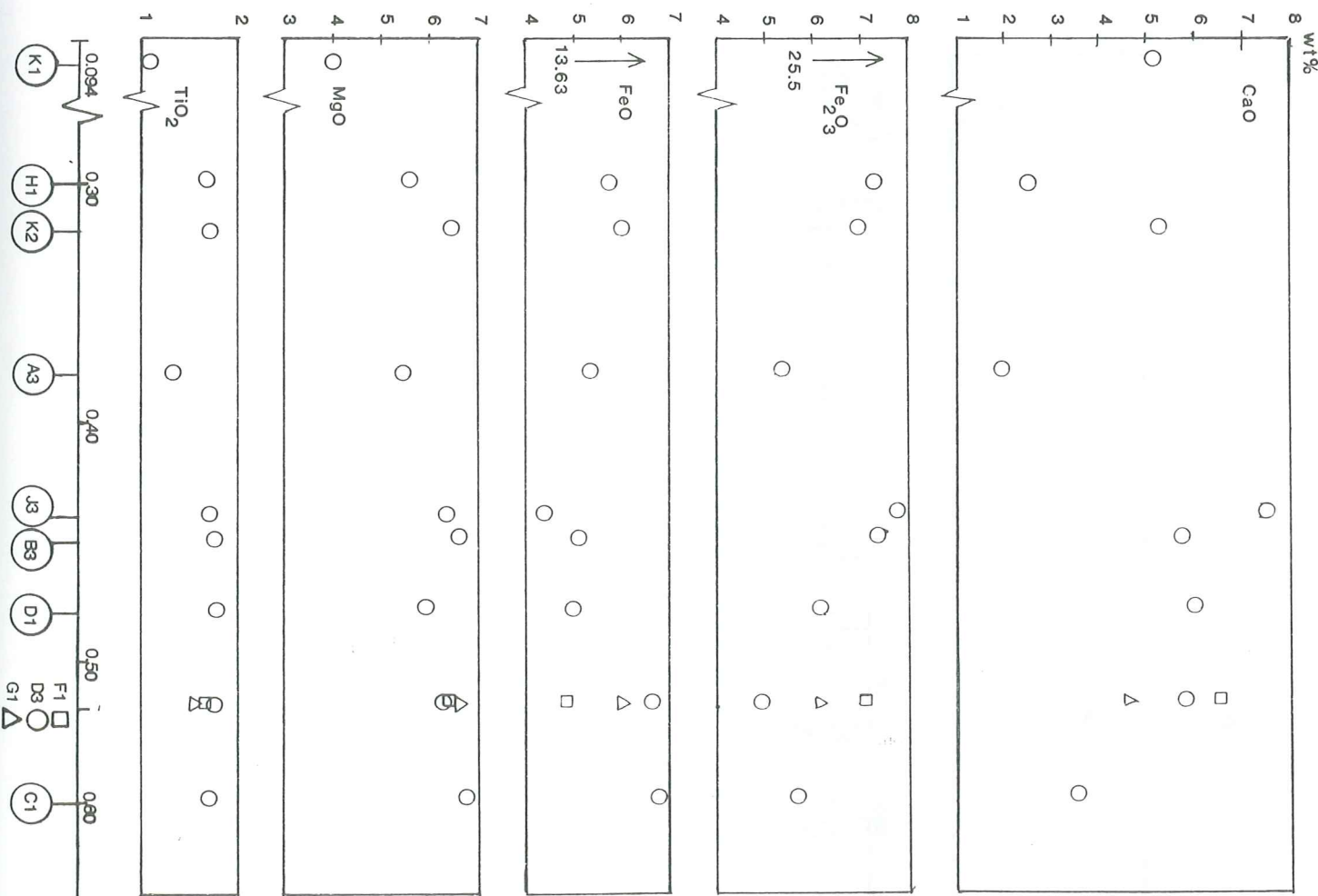
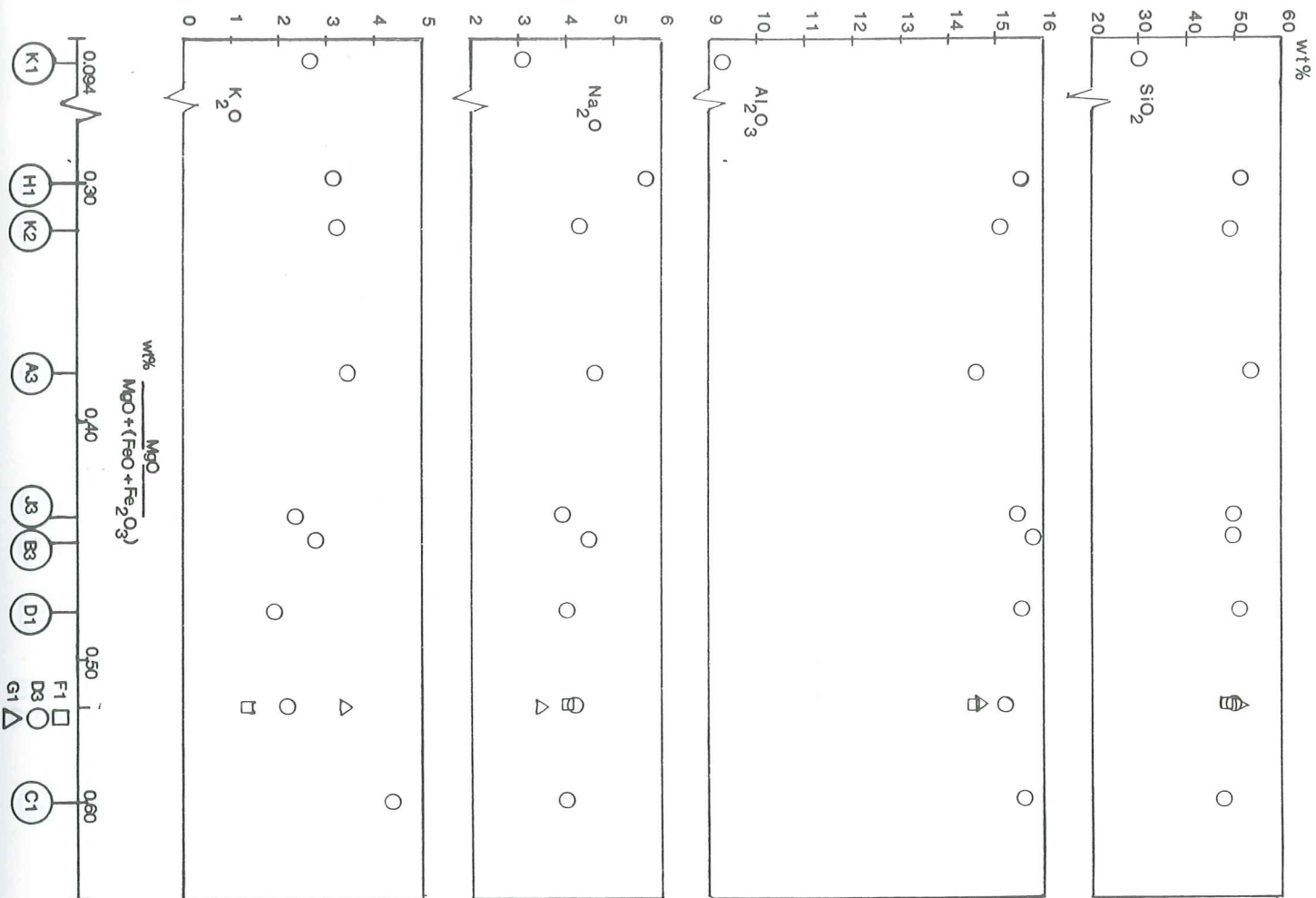


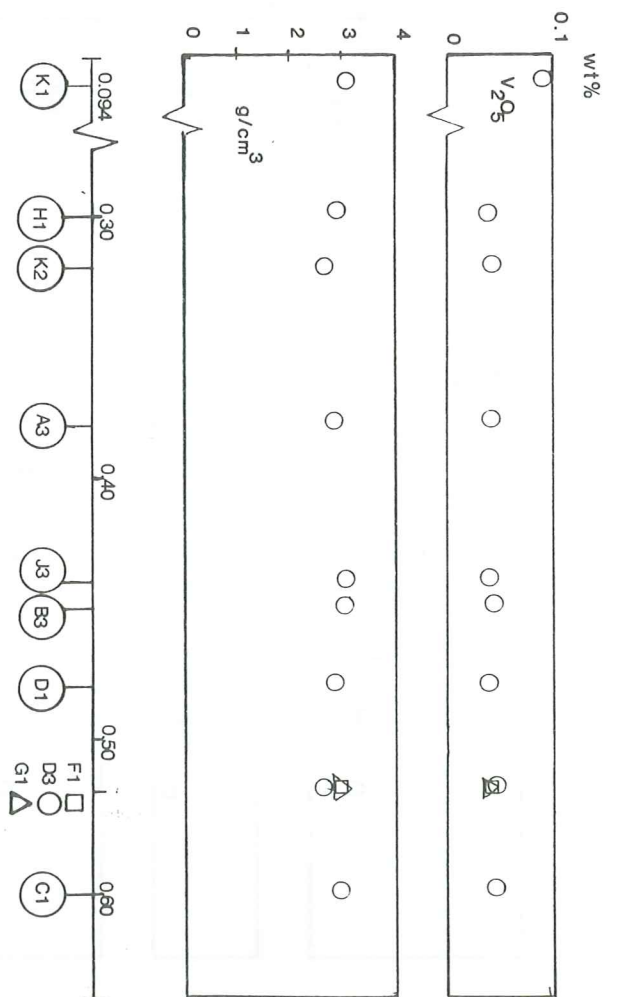
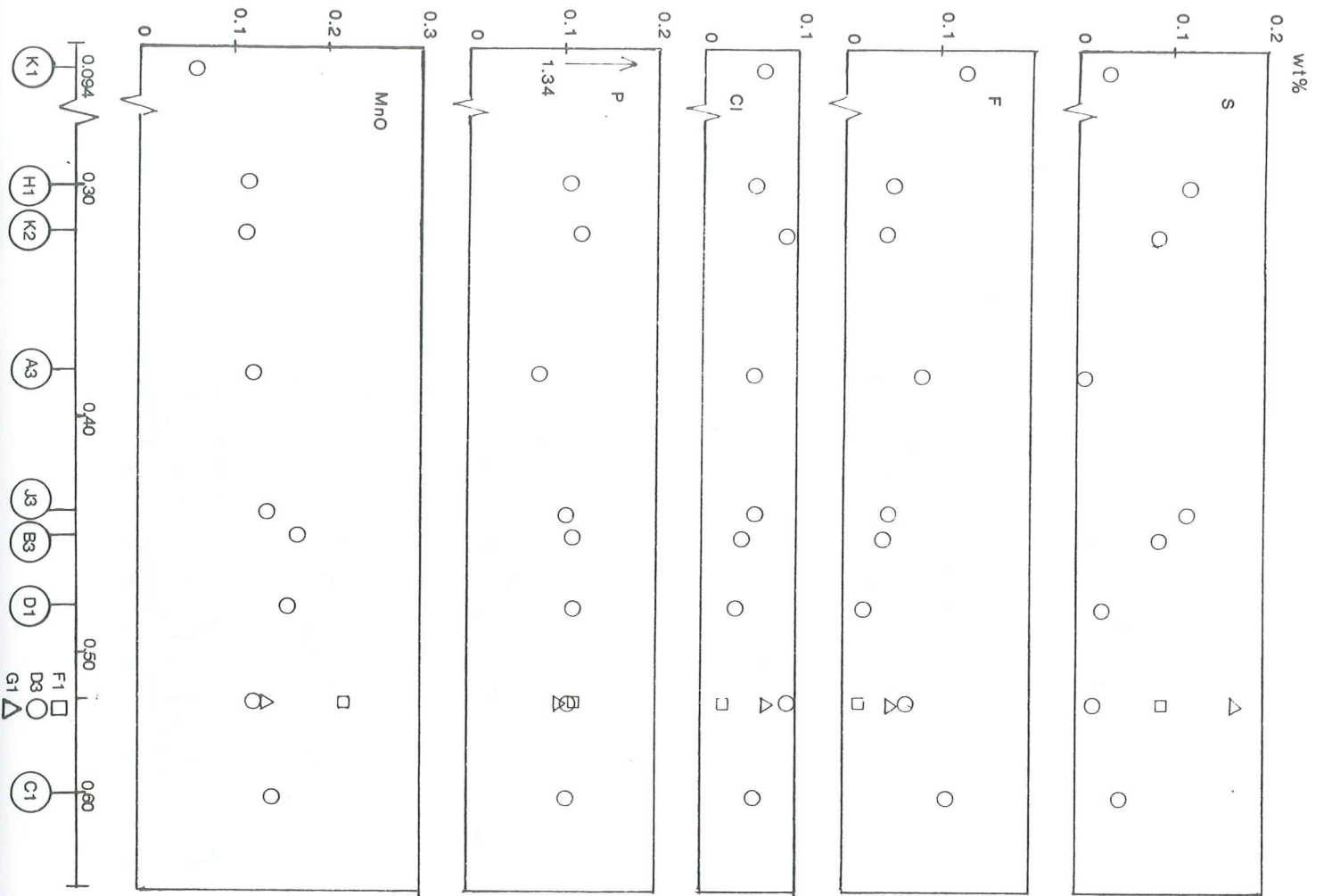
Figur 9. (Whitehead och Goodfellow, 1978.) Linjen skiljer det alkalina fältet från det subalkalina. Diabasen ligger på gränsen till det alkalina fältet samt de sura bergarterna inom det subalkalina.



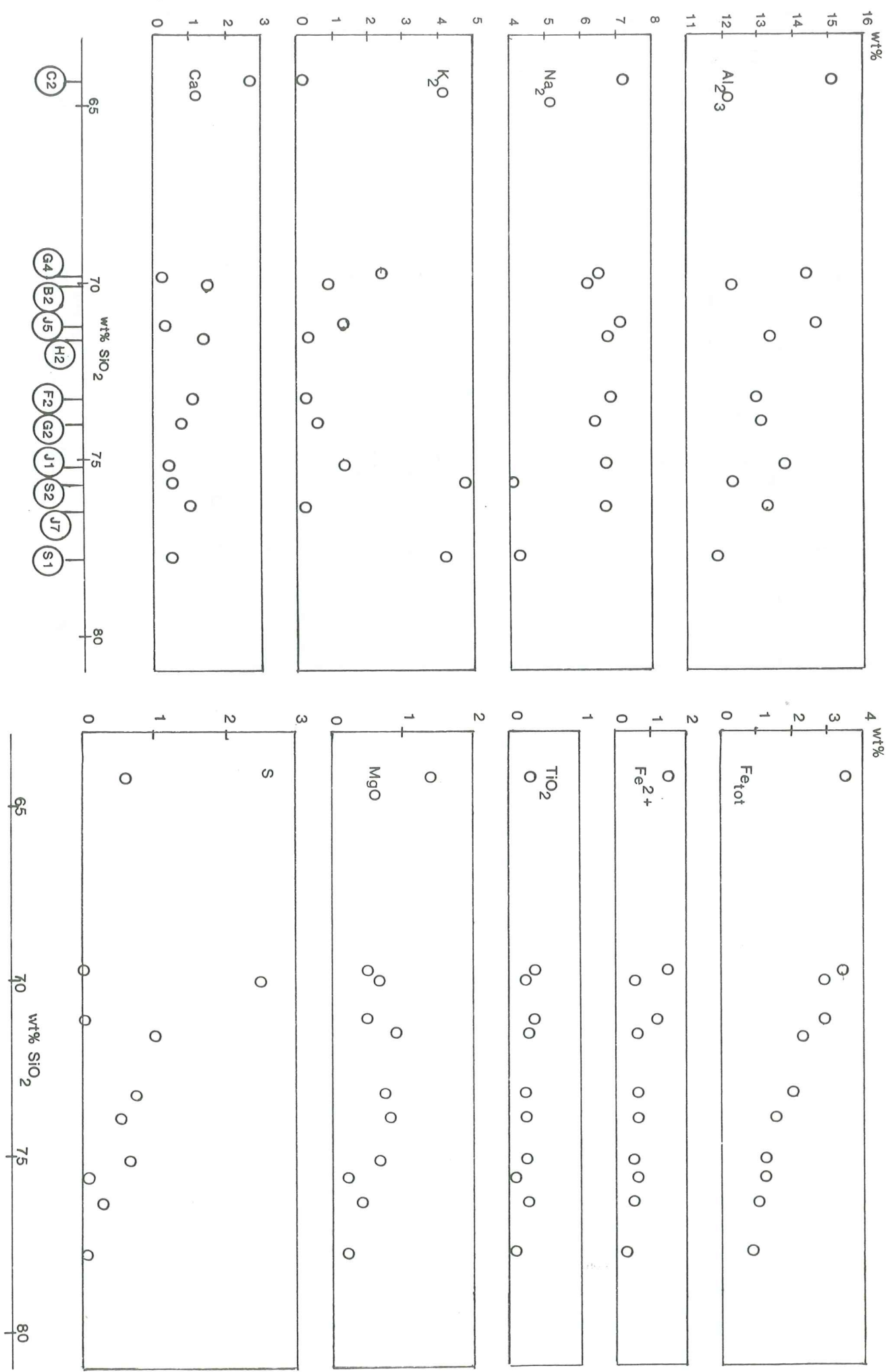
Figur 10. (Pearce, 1975.) Samtliga bergarter ligger inom det kontinentala fältet, vilket skulle utgöra bildningsmiljön för dessa enligt detta diagram.

Figur 11.
Variationsdiagram för metadiabasen.

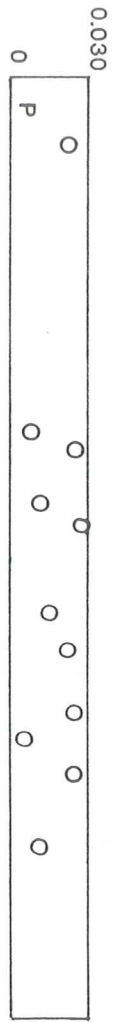
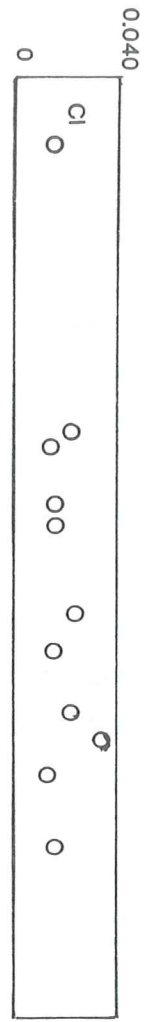
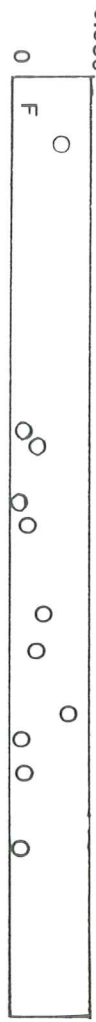




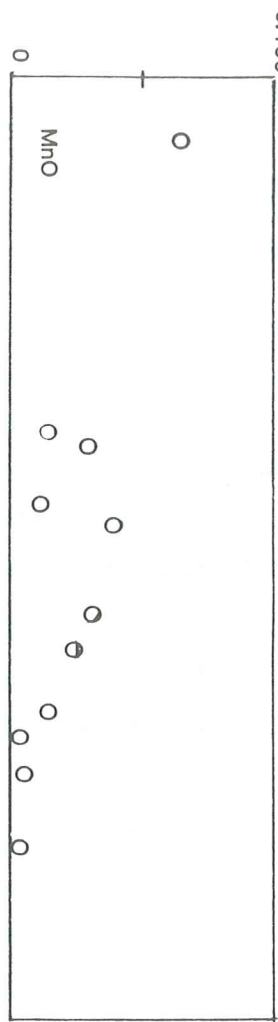
Figur 12.
Variationsdiagram för de felsiska bergarterna.



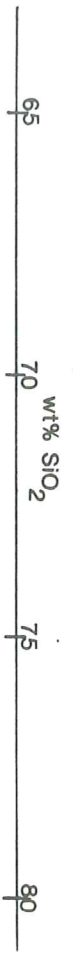
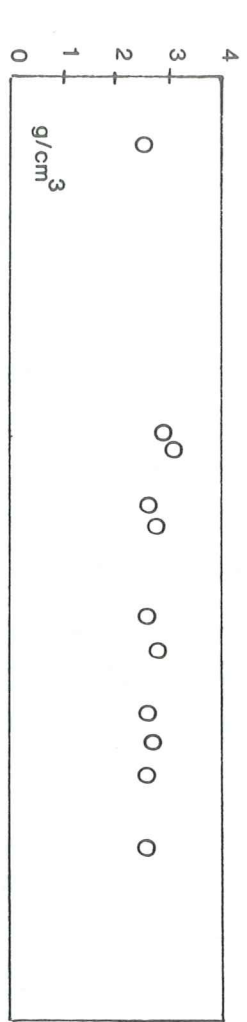
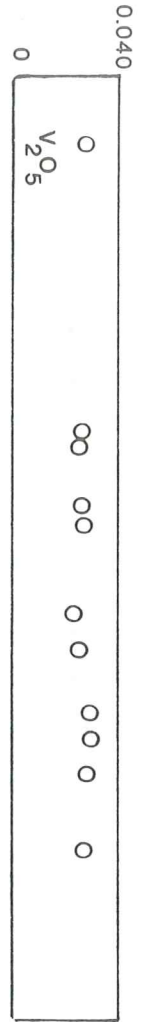
wt%



0.100



31



Resultat - mineralogiska beskrivningar

Metadiabasen - huvudmineral, accessoriska mineral samt textur

1. Den i handstuff iakttagna ofitiska texturen har under mikroskopet visat sig bestå av oregelbundet anordnade rester av plagioklaslister i en mellanmassa av biotit. Detta är alltså ingen äkta ofitisk textur som eljest utmärker diabaser, där kalciumrika plagioklaslister omsluts av pyroxener, företrädesvis av augit. Resterna av diabasens textur kan nu beskrivas som 'blastofitisk'.

2. Plagioklaserna uppvisar karlsbader- och albitvillingar. Med EDX-analyser har sammansättningar mycket nära en ren albit kunnat påvisas (spår av Ca och K förekommer), vilket presenteras i tabell 4.

Si	2.92	2.87	2.85	2.85	2.90	2.90
Al	1.06	1.12	1.14	1.16	1.08	1.09
Na	1.04	0.95	0.96	0.96	1.01	0.97
Ca	0.04	0.10	0.09	0.07	0.08	0.05
K	0.01	0.01	0.01	0.02	—	0.01
Antal						
katjoner:	5.07	5.05	5.05	5.06	5.07	5.02
Summa						
oxid%:	100.56	101.10	102.13	101.57	101.36	100.85
Prov:	B3.5B	D1.2B	D1.5A	D1.5B	D1.5C	H1.5

Tabell 4. Albiten från metadiabasen, beräknade på 8 syre. Där summan av Ca och Na överstiger 1.0 är inte analysen helt korrekt. Den stökiometriska sammansättningen är emellertid tillfyllest för att visa att plagioklasen är en nästan ren albit.

3. Biotiten innehåller något Ti samt spår av Mn. Även spår av Cl har noterats. Biotitanalyser från metadiabasen presenteras i tabell 5.

Na och K förekommer huvudsakligen i de båda huvudmineralen albit resp. biotit. Medelvärden från bergartsanalyserna: Na₂O 4.19, K₂O 2.82 wt%.

4. Hela bergarten är så kraftigt omvandlad att det säkerligen inte är den ursprungliga mineralogin man ser. Samtliga faser innehåller mängder av inklusioner och växer in i varandra.

Si	5.40	5.44	5.62	5.60	5.64
Al ^{IV}	2.60	2.56	2.38	2.40	2.36
Al ^{VI}	0.02	0.03	0.45	0.34	0.38
Ti	0.14	0.13	0.12	0.13	0.12
Fe	1.76	1.78	1.73	1.80	1.82
Mn	0.04	—	—	0.04	0.03
Mg	3.42	3.39	3.61	3.65	3.58
K	1.81	1.82	1.86	1.87	1.83
Cl	spår	spår	—	—	—
Antal					
katjoner:	15.19	15.15	15.77	15.83	15.76
Summa					
oxid%:	97.26	95.55	98.54	98.20	96.88
Prov:	B3.1B	B3.1C	B3.4B	B3.4C	B3.4D

Tabell 5. Stökiometrisk sammansättning av biotiter från metadiabasen, beräknade på 22 syre.

5. Som accessoriska mineral förekommer rester av klintoamfiboler. Trots bergartens höga omvandlingsgrad kan ibland amfibolspaltningen iakttagas. Amfibolerna är pleokroistiska med svagt ljusgröna till gröna färger och ger intensiva, klara färger av 2:a och 3:e ordningen i polariserat ljus. EDX-analyser har givit sammansättningar mellan ändleden aktinolit-tremolit med något varierande halt av Al samt spår av Mn, tabell 6. Fe/Fe+Mg: mellan 0.21 och 0.27.
- I ett slip (H1) där diabasen ligger som bollar, omgiven av den felsiska gången, finns ett antal perfekt, idiomorft utbildade färglösa till svagt ljusgröna amfiboler. Dessa ligger inneslutna i, och sticker delvis ut från ett stort idiomorft pyritkorn. I korsade nicoler ses tydliga tillväxtstrukturer, men kemiskt kan ingen skillnad mellan kant och kärna påvisas (tabell 6, H1.8A).
6. Mängder av små, opaka, välkristalliserade malmineral ligger jämnt fördelade i bergarten. De består troligast av magnetit samt något sekundärt bildad pyrit. Vidare förekommer anhedralt utbildad titanit. Dessa kan vara sena, metamorft bildade ur biotit då de oftast är associerade med detta mineral. Biotiten är ofta kloritiserad. Även apatit förekommer.

Si	7.76	7.78	7.75	7.78	7.92	7.45	7.57
Al ^{IV}	0.24	0.22	0.25	0.22	0.08	0.52	0.43
Al ^{VI}	0.18	0.21	0.28	0.21	0.10	—	0.25
Ti	0.03	—	—	—	—	—	—
Ca	1.84	1.83	1.83	1.83	1.86	1.87	1.91
Fe	1.23	1.16	1.16	1.16	1.03	1.21	1.33
Mn	0.06	0.05	0.04	0.05	0.07	0.06	0.05
Mg	3.65	3.75	3.67	3.75	3.95	3.57	3.54
Antal							
katjoner:	14.99	15.0	14.98	15.0	15.01	14.68	15.08
Summa							
oxid%:	97.05	96.88	95.95	97.11	100.88	98.47	95.39
Prov:	H1.1B	H1.1C	H1.1D	H1.1E	B3.2A	H1.8A	H1.8A
						centr.	kant.

Tabell 6. Klinoamfiboler från metadiabasen, beräknade på 23 syre.

7. Sekundära mineral som epidot och kalцит fyller mikroskopiska sprickor. Den stökiometriska sammansättningen av epidoten presenteras i tab. 7. I några slip kan en viss parallellorientering av mineralen ses. Parallellt med en kontakt mot den felsiska gången (slip F4), ligger i diabasen en mängd opaka faser tillsammans med biotit. Albitlisterna är deformerade men bildar ändå i grunden en 'blastofitisk' textur.

8. De ställvis förekommande ljusa ögonen har emellertid inte identifierats i slip.

Si	6.01	6.00	6.00
Al	4.30	4.34	4.31
Ca	3.94	3.89	3.92
Fe	1.73	1.70	1.78
Mn	0.05	0.07	—
Antal			
katjoner:	16.03	16.00	16.01
Summa			
oxid%:	98.24	97.45	95.37
Prov:	B3.2C	B3.3A	D1.7A

Tabell 7. Epidot från metadiabasen, beräknade på 25 syre.

En jämförelse mellan hängväggen och den felsiska gången

Två prover från hängväggen (G4 och J7) intill diabasen togs som jämförelse med den felsiska gången som uppträder i denna. Emellertid har ingen mineralogisk eller texturell skillnad mellan proverna kunnat påvisas. Den mineralogiska sammansättningen i de felsiska bergarterna kan således sammanfattas enligt nedan:

1. Som huvudmineral uppträder stora, idiomorfa fenokrister av albit samt mindre korn och/eller aggregat av kvarts i ett matrix av kvarts och albit. Kvartsaggregaten uppträder med 120-vinklar mellan kornkontaktarna. Albiten uppträder med Karlsbader- och albittvillingar, samt med en gallerlik utbildning som ofta utmärker natriumrik plagioklas - så kallad schackbrädesalbit. Vissa albiter har ett zonerat utseende. Dvs kanterna ser ut att vara tillväxta i omgångar, där mikroskopiskt små kvartskorn markerar gränserna. Emellertid har ingen kemisk skillnad mellan kant och centrum kunnat påvisas. Andra albiter är fulla av mikroinneslutningar, vilka består av små opaka mineral. Den felsiska gångens röda färg härrör från albiten, vilken vid höjd temperatur kan bli röd. Medelvärden av Na_2O och K_2O från bergartsanalyserna är 6.73 respektive 0.89 wt%. Den stökiometriska sammansättningen av albit från den felsiska gången samt från ett prov ur hängväggen presenteras i tabellerna 8 och 9.

Si	2.93	2.95	2.95	2.86	2.91	2.93	2.95	
Al	1.06	1.05	1.05	1.04	1.06	1.08	1.03	
Na	1.08	1.03	1.03	1.07	1.04	1.03	1.05	
Ca	0.01	—	0.02	0.17	0.06	—	0.02	
K	—	—	—	0.02	0.01	0.01	—	
Antal								
katjoner:	5.08	5.03	5.05	5.16	5.08	5.05	5.05	
Summa								
oxid%:	97.85	101.29	101.48	100.58	101.71	102.16	103.28	
Prov:	C2.3A	C2.3B	C2.4A	C2.4B	C2.6A	C2.6B	H2.4B	
Si	2.95	2.92	2.98	2.96	2.97	2.97	2.97	2.98
Al	1.05	1.08	1.01	1.04	1.01	1.03	1.04	1.01
Na	1.05	1.07	0.95	1.03	1.05	1.04	0.98	0.95
Ca	spår	—	—	spår	0.01	—	—	—
K	—	—	0.11	spår	—	—	0.03	0.11
Antal								
katjoner:	5.05	5.07	5.05	5.03	5.04	5.04	5.02	5.05
Summa								
oxid%:	102.63	102.57	101.22	103.74	103.68	103.20	103.38	101.22
Prov:	H2.7B	H2.7C	B2.1A	B2.2A	B2.2C	B2.4B	B2.4C	B2.1A

Tabell 8. Albiter från den felsiska gången, beräknade på 8 syre. Observera att Na överstiger 1.0, vilket innebär att analysen inte är helt korrekt. Den stökiometriska sammansättningen visar emellertid att det är frågan om en nästan ren albit.

Tabell 9. Albiten från ett prov ur hängväggen, J7. Analyserna är beräknade på 8 syre och även här ligger Na något över 1.0. Den stökiometriska sammansättningen är emellertid godtagbar.

Si	2.98	2.94	2.97	2.95	2.94
Al	1.02	1.06	1.03	1.04	1.06
Na	1.01	1.02	0.99	1.01	0.94
Ca	0.01	0.02	0.01	0.01	—
K	0.01	—	0.02	0.01	0.10
Antal					
katjoner:	5.03	5.04	5.02	5.02	5.04
Summa					
oxid%:	102.53	103.37	102.49	103.54	103.38
Prov:	J7.1A	J7.1B	J7.3A	J7.3B	J7.6A

2. Som accessoriska mineral förekommer biotit som ibland är kinkad, ofta åtföljd av klorit, nålformig apatit samt något kalцит som sprickfyllnad. Även enstaka ljusgröna klinoamfiboler förekommer. Dessa påminner till utseendet om amfibolen i diabasen och presenteras i tabell 10. Fe/Fe+Mg förhållandet är likartat det i metadiabasen, dvs mellan 0.21 och 0.29. I ett prov från den felsiska gången (H2) där denna innesluter diabasbollar (H1) finns amfibol innesluten i pyrit. I den felsiska gången är dessa mineral anhedralt utbildade till skillnad från i metadiabasen.

Si	7.86	7.78	7.37	7.63
Al ^{IV}	0.14	0.22	0.54	0.37
Al ^{VI}	0.10	0.14	—	0.25
Ti	—	—	0.38	—
Ca	1.88	1.88	2.07	1.81
Fe	1.06	1.11	1.16	1.43
Mn	0.04	0.05	0.06	0.06
Mg	3.91	3.86	3.39	3.52
Antal				
katjoner:	14.99	15.04	14.97	15.07
Summa				
oxid%:	98.99	99.50	98.02	97.70
Prov:	H2.2B	H2.2C	H2.6C	H2.7A

Tabell 10. Klinoamfiboler från den felsiska gången, beräknade på 23 syre.

Vidare förekommer ett antal perfekt, idiomorft utbildade zirkoner, (ett fåtal metamikta) samt något titanit. En analys av titanit från hängväggen presenteras i tabell 11. Titanit uppträder mestadels som diffusa aggregat i biotit eller klorit. Pyrit uppträder glest men jämnt spridd i alla mineral. Undantag utgör de felsiska proven där opaka mineral endast uppträder i matrix, mellan fenokristerna.

Si	1.03
Al	0.07
Ti	0.90
Ca	0.99
Fe	0.02
Antal	
katjoner:	3.01
Oxid%:	97.45
Prov:	J7.2D

Tabell 11. Titanit i prov J7 från hängväggen.
Analysen är beräknad på 5 syre

Den felsiska gången (Fig. 4) kan uppträda med en typisk porfyrisk, likaväl som med en granofyrisk textur. Detta gäller även proven från hängväggen (G4 och J7). Den porfyriska texturen utgörs av stora albitfenokristar med inneslutningar - bland annat av zirkon - i ett finkornigt matrix av kvarts och albit. Mindre ansamlingar av små opaka korn bildar "flytstrukturer"^X tillsammans med matrix, mellan de större fenokristerna. Även mindre korn/kvartsaggregat förekommer. En mindre utpräglad bimodal storleksfördelning mellan mineralkornen föreligger då matrix är utvecklat som en granofyrisk textur. Denna är ofta mer utbildad i albiternas kanter.

Sofiagranofyren

En röd granofyrgång (Geijer, 1931) från gruvans södra del - Sofia - består huvudsakligen av kalifältspat, Na-rik plagioklas samt mindre kvartskorn/aggregat. Dessa uppträder som fenokristar i ett granofyriskt matrix. Kalifältspaten - sannolikt ortoklas - uppvisar karlsbadertvillingar och plagioklasen - albit - albittvillingar. (Exakt sammansättning okänd då dessa prover ej EDX-analyserats.) Medelvärden från bergartsanalyserna: Na₂O samt K₂O är 4.20 respektive 4.23 wt%. Se även bilaga 3.

Accessoriskt uppträder samma mineral som beskrivits från övriga felsiska prov med undantag för biotit och amfibol.

^X/ Malmineralen verkar att vara sent kristalliserade tillsammans med kvartskornen i matrix. En liknande beskrivning ger Geijer (1931), av magnetitens uppträdande i magnetit-syenitporfyr.

Diskussion

Syenit- och kvartsporfyren, som genomslagits av den aktuella metadiabasen, kan beskrivas som keratofyr och kvartskeratofyr. Keratofyrer är ofta associerade med spilitiska basalter (Charmichael/Turner/Verhoogen, 1974), dit även Kirunagrönstenarna till vissa delar räknas. I anslutning till spiliter och keratofyrer uppträder ofta en del petrografiskt omdiskuterade metadiabaser, så kallade albitdiabaser. Albitdiabaserna karakteriseras bland annat av förhöjda Na-halter, vilket förändrat de ursprungliga plagioklaserna till Na-rikare ofta till rena albiter. Ibland skvallrar en Ca-rik kärna i albiten om den ursprungliga sammansättningen. Framförallt brukar närvaro av schackbrädesalbit - vilken är vanlig i albitdiabaser - tolkas som att en hydrotermal omvandling (natriummetasomatos) av diabaserna skett. Ty trots att schackbrädesalbit är mycket ren Na-plagioklas, avviker de kristallografiskt från en normal albit. (Schackbrädesalbit: $2V_{\gamma} = 85-95^{\circ}$, albit: $2V_{\gamma} = 76-78^{\circ}$. Vallance, 1960; Levi, 1969.)

En ytterligare anrikning av Na kan medföra att albitdiabaserna övergår till så kallad leukodiabas. Ett par extrema exempel på leukodiabaser - associerade med grönstenar - finns från Finnmarksvidda, nordnorge. Mängden albit i leukodiabaserna uppgår till mellan 70 och 90% (Gjelsvik, 1958). I Sverige är albit- eller leukodiabaser^x kända i den del av övre Norrlands bergarter som tidigare kallades karelska. I de karelska bergarterna uppträder albit- eller leukodiabaser^x vanligtvis i basiska metavulkaniter (Lundqvist, 1979). Enligt Frietsch (1984) är grönstensgruppen norr om Kiruna stad genomslagen av albitdiabaser. Den här beskrivna metadiabasen saknar schackbrädesalbit. I desto större omfattning, såväl i storlek som frekvens, uppträder schackbrädesalbit i den felsiska gången. Albitfenokristerna har uppenbarligen tillväxt vid ett flertal tillfällen, där mikrokorn av kvarts inneslutits längs de gamla korngrensarna. Om tillväxten skett vid en normal magmatisk utveckling så borde även K ha anrikats i den SiO₂-rika smältan. Men plagioklasfenokristerna är rena albiter.

^x/ I Svensk litteratur används ofta båda beteckningarna som synonymer. Även 'albitit' förekommer (Eriksson och Hallgren, 1975). I övrig litteratur kan även "leuko"-diabas syfta på bergartens ljusa färg, inte nödvändigtvis en Na-rik diabas.

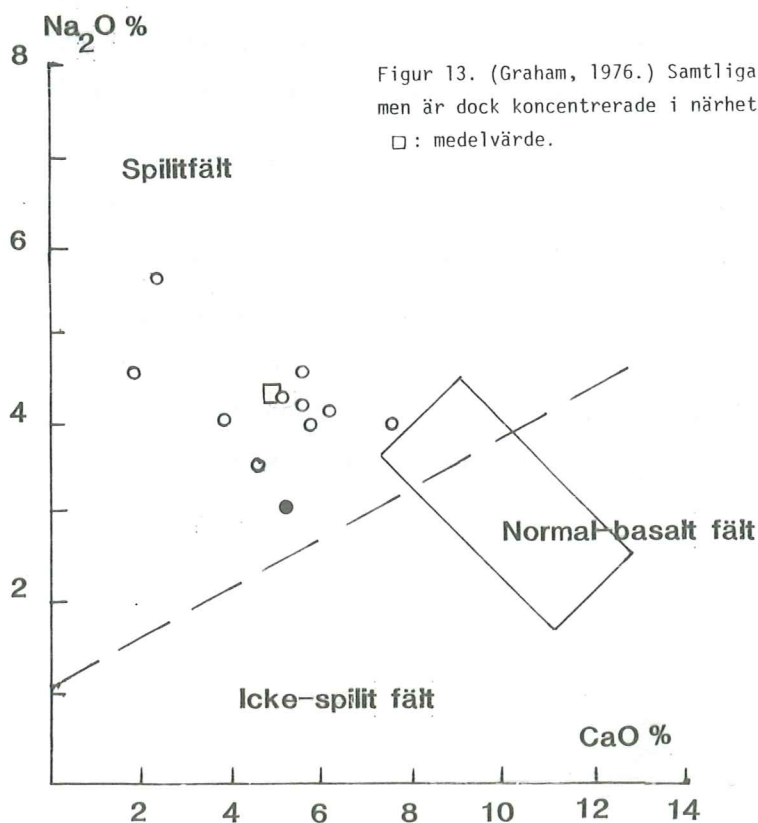
Den provtagna granofyrgången i Sofia har däremot en kemisk sammansättning som är mer typisk för en SiO_2 -rik bergart. Dvs normativ kvarts, albit och ortoklas ingår i nära ekvivalenta mängder (tab. 2b). Det fordras dock större materiel för att kunna fastslå att granofyrgångarna i gruvans södra del representerar den här beskrivna felsiska gångens ursprungliga mineralogi. Det verkar troligt att K på ett tidigt stadium, vid den felsiska gångens intrusion, 'konkurrerats ut' från smältan av tillförda Na-rika lösningar.

Spiliter som kemiska ekvivalenter till albitdiabaser

Det kan vara av intresse att notera följande sammanfattning av spiliter som kemiska ekvivalenter till albitdiabaser (Carmichael/Turner/Verhoogen, 1974).

- Som huvudmineral uppträder Na-rik plagioklas och augit.
- I stället för augit kan aktinolit, klorit och epidot eller klorit och hematit uppträda.
- Karakteristiskt är frånvaron av olivin.
- Tecken förekommer som tyder på att det skett en hydrering och karbonatisering av bergarten.

Dessa karakteristiska drag överensstämmer till viss del med den nu aktuella metadiabasen, vilken även har en hög K_2O -halt, där K är bundet i biotit. I figur 13 finns samtliga prover från metadiabasen i spilitfältet. Denna diabas har dock inte bildats i en normal spilitmiljö. En del av de processer som inverkat på, eller fullständigt förändrat den ursprungliga mineralogin, främst natriummetasomatos är dock jämförbara.



Slutsatser

- Metadiabasen kan möjligen beskrivas som en så kallad albitdiabas, eller åtminstone som en 'albitiserad' diabas. För detta talar framförallt den höga Na-halten, med Na bundet i albit, samt i någon mån metadiabasens association till keratofyr- och kvartskeratofyr.
- Metadiabasens ursprungliga mineralogi har fullständigt överpräglats, vilket skett genom bland annat natriummetasomatos.
- Metadiabasens höga K-halt, med K bundet i biotit, kan möjligen förklaras med att gången K-anrikats vid intrusionen genom övriga bergarter. En annan kanske mindre sannolik förklaring är att den felsiska gången avgivit sitt K till diabasen i samband med intrusionen av denna.
- Det är möjligt att även den felsiska gången omvandlats genom natriummetasomatos. För detta talar de oväntat låga K-halterna samt schackbrädesalbiterna i denna. Även figur 5 kan tolkas till förmån för ett sådant antagande. Mot detta talar eventuellt de fall där gången uppträder utpräglat porfyriskt. Där ser mineralogin mer primär ut.
- Den röda, felsiska gången kan beskrivas som en kvartskeratofyrgång och diabasen har åtminstone 'natriumimpregnerats' vid ett tillfälle: vid intrusionen av kvartskeratofyrgången. Detta visar diabasens röda färg - från albit - vid kontakterna mellan de båda.
- En eller flera kraftiga omvandlingar bör ha skett av diabasen, vilket även spårelementen tyder på. Dessa följer inte huvudelementen, ty Zr- och Y-halterna är typiska för tholeiitiska basalter (fig. 7) medan alkalihalterna är typiska för alkalibasalter (fig. 6).
- Aktinoliten i kvartskeratofyrgången kan vara metamorft bildad när denna trängde fram genom diabasen. Detta kan även gälla för diabasens aktinolit, dvs när diabasen intruderade malmen.
- Det är möjligt att det funnits ett samband mellan intrusionen av den massiva pyrithorisonten och kvartskeratofyrgången. Den senare är i hög grad "pyritimpregnerad" medan diabasen som ligger i kontakt mot pyrithorisonten inte påverkats i lika hög grad.

- De välrundade diabasbollarna kan möjligen förklaras med att en ursprunglig diabasbreccia, som kommit i kontakt med en inträngande gång, delvis blivit 'resorberad' (i fragmentens kanter) av denna. Det innebär emellertid att mindre diabasstycken helt upplösts eller transporterats bort av den inträngande gången. Bollmaterialet består nämligen inte av den mängd olikstora fragment som en normal breccia har (fig. 3).

Att det skulle vara ett konglomerat torde vara uteslutet, då diabasen skär berget genom ömse sidor av malmen. Det är emellertid svårt att förklara de mycket distinkta kontakterna som diabasbollarna har till 'matrix'.

Denna uppsats har tillkommit i samband med ett praktikarbete vid LKAB's gruvplanering hösten 1985, Kiruna. Ett stort tack till LKAB, Kiruna som stått för samtliga bergarts- och spårelementsanalyser. Mina handledare har varit Olle Zellman (Kiruna) och Anders Lindh (Lund) vilka jag här ger mitt innerligaste och varmaste tack tillsammans med Stig Liedberg (Kiruna) som tillhandahållit mängder av fakta och som fortlöpande följt mitt arbete. Ett varmt tack till Paul Forsell (Kiruna) som givit värdefulla upplysningar och synpunkter på detta arbete. Jag vill även ge mitt varmaste tack till Bo-Göran Korvi, Hans Dahlén, Evert Calla och Gösta Suup vid arkivet för diamantborrkärnor och till gruvkartörerna Kenneth Sjölander och Kent Forsmo vilka alla på något sätt bistått vid provtagningen. Ett varmt tack till Josef Gersner (Lund) som preparerat slipen och till Takeshi Miyatzu (Lund) som givit värdefull undervisning av mikrosonden.

Slutligen vill jag tacka alla de vid Geologiska Institutionen i Lund som uppmuntrat mej i mitt arbete, främst Carina Hellström.

Lund i mars 1986



Eva Öhman

Litteraturlista

- CARMICHAEL, I.S.E., TURNER, F.J. och VERHHOGEN, J., 1974: Igneous Petrology. -Departement of Geology and Geophysics, University of California, Berkeley.
- ENGEL, A.E.J., ENGEL, C.G. och HAVENS, R.G., 1965: Chemical characteristics of oceanic basalts and the upper mantle. -Geol. Soc. America Bull. 76, 719-734.
- ERIKSSON, B. och HALLGREN, U., 1975: Beskrivning till berggrundskartbladen Vittangi NV, NO, SV, SO. -Sveriges Geol. Unders., Ser. Af, 13-16.
- FLOYD, P.A. och WINCHESTER, J.A., 1975: Magmatype and tectonic setting discrimination using immobile elements. -Earth Planet. Sci. Lett. 27, 211-218.
- FRIETSCH, R., 1984: Petrochemistry of the iron ore-bearing metavolcanics in Norrbotten county, northern Sweden. -Sveriges Geol. Unders., C 802, 1-62.
- GEIJER, P., 1910: Igneous rocks and iron ores of Kiirunavaara, Luossavaara and Tuollavaara. -Scientific and practical researches in Lapland arranged by Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag. Doktorsavhandling, Stockholm.
- GEIJER, P., 1931 b: The iron ores of the Kiruna type. Geographical distribution, geological characters and origin. -Sveriges Geol. Unders., C 367.
- GJELSVIK, T., 1958: Extremely Soda Rich Rocks in the Karelian Zone Finnmarksvidda, Northern Norway. A Contribution to the Discussion of the Spilite Problem. -Geol. Fören. Stockh.Förh., 381-406.
- GRAHAM, C. M., 1976: Petrochemistry and tectonic significance of Dalradian metabasaltic rocks of the SW Scottish Highlands. -J. Geol. Soc. London 132, 61-84.
- HUGHES, C.J., 1973: Spilites, keratophyres and the igneous spectrum. -Geol. Mag. 109, 513-527.
- IRVINE, T.N. och BARRAGAR, W.R.A., 1971: A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. -Can. J. Earth Sci. 8, 523-548.
- LEVI, B., 1969: Burial Metamorphism of a Cretaceous Volcanic Sequence West from Santiago, Chile. -Contrib. Mineral. Petrol., 24, 30-49.
- LUNDQVIST, T., 1979: The Precambrian of Sweden. -Sveriges Geol. Unders., C 768.
- MACDONALD, G.A. och KATSURA, T., 1964: Chemical Composition of Hawaiian Lavas. -J. Petrol., 5, 88-133.

- PARAK, T., 1973: Kirunamalmernas bildning. -Doktorsavhandling, Stockholms universitet.
- PEARCE, J.A. och CANN, J.R., 1973: Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. -Earth Planet. Sci. Lett. 19, 290-300.
- PEARCE, T.H., GORMAN, B.E. och BIRKETT, T.C., 1975: The TiO_2 - K_2O - P_2O_5 diagram: a method of discrimination between oceanic and non-oceanic basalts. -Earth Planet. Sci. Lett. 24, 419-426.
- TURNER, F.J. och VERHOOGEN, J., 1960: Igneous and metamorphic petrology. -Departement of Geology, University of Californina, Berkeley, 258-272.
- VALLANCE, T.G., 1960: Concerning Spilites. -Linnean Soc. New South Wales Proc., 85, 8-50.
- WHITEHEAD, R.E.S. och GOODFELLOW, W.D., 1978: Geochemistry of volcanic rocks from the Teta gouche group, Bathurst, New Brunnswick, Canada. -Can. J. Earth Sci. 15, 207-219.

Bilaga 1Haltområden och detektionsgränser

<u>Element</u>	<u>Haltområde, %</u>	<u>Detektionsgräns</u>
Fe	2- 70	
P	0.1-2.5	
MnO	0.01-2.7	
CaO	0.5-23	
MgO	0.5-25	
Al ₂ O ₃	0.8-21	
SiO ₂	3-70	
TiO ₂	0.03-4	
V ₂ O ₅	0.01-0.4	
K ₂ O	0.1-6.0	
F		0.001%
Cl		0.01%
Fe ²⁺		0.1%
Na		0.002%
S		0.01%

Bilaga 2

Följande analyser efter S. Liedberg.

01: Prov från den felsiska gången, DBH 4815, -54.0 m i borrhålets riktning.

02: Prov från metadiabasen, 509 m avv, 4250, -39.0 m.

03: Prov från metadiabasen, 481 m avv, Y 14.0, X 60.2.

04: Prov från den felsiska gången, 521 m avv, ort 144, X 5995.

05: Prov från metadiabasen där denna är mörkgrå, tät-finkornig, 740 m avv, Y 1600, X 6060.

06: Prov från metadiabasen där denna är starkt förskiffrad och uppkrossad. 740 m avv, Y 1600, X 6000.

07: Prov från den felsiska gången, liggväggen, 740 m avv, Y 1590.

08: Prov från metadiabasen, DBH 4723, -182 m.

09: Prov från metadiabasen, DBH 4723, - 230 m.

Prov	01	02	03	04	05	06	07	08	09
wt%									
SiO ₂	69.9	46.1	50.5	71.6	51.7	52.1	73.9	50.0	45.1
TiO ₂	0.22	1.73	1.70	0.22	1.66	1.77	0.23	1.37	1.46
Al ₂ O ₃	13.9	14.1	13.6	12.1	14.2	14.2	12.5	14.9	14.5
Fe _{tot}	3.9	11.2	9.41	2.13	7.57	8.49	1.8	8.5	7.8
Fe ₂ O ₃		8.29	9.04	1.29	8.37	6.00			
Fe ₃ O ₄		7.46	4.27	1.70	2.36	5.92			
MnO	0.02	0.19	0.17	0.01	0.14	0.13	0.02	0.08	0.09
MgO	0.88	6.52	6.25	0.50	6.23	6.45	0.56	6.42	6.31
CaO	0.95	6.19	5.25	0.39	7.35	4.43	0.60	2.26	8.87
Na ₂ O		1.43	2.96	6.27	3.80	4.83	0.01	5.7	2.8
K ₂ O	0.55	1.90	2.65	0.26	2.34	2.68	2.35	4.2	3.3
P ₂ O ₅	0.11 ^x	0.30	0.27	0.05	0.30	0.30	0.07	0.27 ^x	0.27 ^x
V ₂ O ₅	0.03				0.054	0.054	0.03	0.07	0.08
F					0.02	0.004	0.024		
Cl					0.09	0.07	0.027		
S	1.00	0.04	0.18	1.99	0.13	0.02	0.65		
CuO					0.017	0.003			
CO ₂					0.11	0.13			

^x/ Värdet avser P_{tot}.

Bilaga 3

Här följer en sammanställning av medelvärden från analyserna som presenterats i tabellerna 2a, 2b och 2c.

Medelvärde wt%	Metadiabasen, prov K1 undantaget.	De felsiska prover- na (ej S1 och S2).	Sofiagranofyren, prov S1 och S2.
SiO ₂	50.5	71.6	76.8
TiO ₂	1.67	0.277	0.089
Al ₂ O ₃	15.2	13.7	12.1
Fe ₂ O ₃	6.51	2.12	0.86
FeO	5.61	1.07	0.58
MnO	0.146	0.026	0.001
MgO	6.29	0.72	0.160
CaO	5.00	1.04	0.482
Na ₂ O	4.30	6.73	4.20
K ₂ O	2.84	0.89	4.23
P ₂ O ₅	0.25	0.05	0.02
F	0.055	0.011	0.004
Cl	0.058	0.017	0.025
S	0.078	0.705	0.012
V ₂ O ₅	0.044	0.027	0.030
Densitet g/cm ³	2.9	2.7	2.6

Tidigare publicerade arbeten i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet":

1. Claeson, D., Nilsson, M.: Beskrivning av och relationer mellan karlshamnsgraniten och leukograniten i Blekinge. 1984.
2. Möller, C.: Eklogitiska bergarter i Roan, Vestranden, Norge. En mineralinventering och texturstudie. 1984.
3. Simeonov, A.: En jämförelse mellan Jorandomens tennanomala graniter och revsundgranitens (Västerbotten) mineralogiska och petrografiska karaktär. 1984.
4. Annertz, K.: En petrografisk karakteristik av en sent postorogen mafisk intrusion i östra Värmland. 1984.
5. Sandström, K.: Kartläggning av grundvattenförhållandena i ett delområde av provinsen Nord Kordofan, Sudan. 1984.
6. Gustafsson, B.-O., Ralfsson, S.: Undersökning av högsta kustlinjen på Rydsbjär vid Margreteberg i södra Halland. 1985.
7. Helldén, J., Nilsson, A.-G.: Undersökning av den baltiska moränleran vid Svalöv, NV-Skåne. 1985.
8. Persson, K.: Kobolt i pyrit från Kiruna Järnmalmsgruva. 1985.
9. Ekström, J.: Stratigrafisk och faunistisk undersökning av Vitabäckslerorna i Skåne. 1985.
11. Markholm, Carl-Owe: Svagt naturgrus och bergkrossmaterial till bärlager - en laboratoriestudie. 1986.