k 8703
110 A4/A3

K 87-03

Arkivexemplar
Utlånas ej



© Sveriges geologiska undersökning (SGU)
(Geological Survey of Sweden)



Rapport nr: K 87-03

Projekt nr: 4020

KbL
29 I

VALASJAURE

Stratigrafi och vulkanism i Valasjaure-grönstensområde, norra Sverige

Pro gradu-avhandling, Åbo Akademi
1986

Kiruna 1987-02-09

Hilkka Leino
geolog

8

9143 LKAB Fabrich Trycken Eltr. AB

ÅBO AKADEMI

Geologisk-mineralogiska Institutionen

Leino, Hilkka (1986) Stratigrafi och vulkanism i Valasjaure-grönstensområde, norra Sverige.

Pro gradu avhandling i geologi och mineralogi. 87 s.

27 bilder, 9 tabeller, 2 appendix och 11 bilagor.

- -

Bergarterna i Valasjaure utgörs till största delen av vulkaniter. Vulkanoklastiter dominerar i lagerföljden, de övriga vulkaniterna utgörs av lavor och lagergångar. Epiklastiska bergarter som kvartsit och albitfels förekommer i mindre mängder.

Valasjaureområdets bergarter representerar en liten sekvens i en grönstensformation av Kirunatypen.

Den äldsta i området påträffade bergarten utgörs av ett mäktigt lager av plagioklasporfyrit som har avsatts under flera magmapulser. De enstaka horisonterna inom lagret kan inte åtskiljas.

Magman var redan till en del kristalliserad före eruptionen; detta kan observeras i de tidiga (senare rundade), nedbrutna och omvandlade plagioklasströkornen.

Efter porfyritens avsättning rådde en mera stillsam period i vulkanismen, varvid både rent klastiskt material (kvartsit) och blandat material av både klastiskt och vulkanogent ursprung avlagrades (tuffogena skiffrar). Också rent vulkaniskt material avlagrades (tuffer). Dessa tuffer utgör huvuddelen av områdets bergarter.

Omlagringen av kemiskt avsatt material (albitfels + grafitskiffer) avlagrades samtidigt med det vulkanogena materialet.

Under denna stillsamma period i vulkanismen extruderade dock ett antal smala lavahorisonter, vilka nu växellagrar med tufferna. Dessa lavor utgör en differentiationsserie med plagioklasporfyriten och bergarterna tolkas vara genetiskt nära besläktade. Vulkanismen fick senare en sur karaktär och lavor med kalifältspatströkorn producerades. Dessa förekommer strax utanför undersökningsområdet.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	5
1.1.	Det undersökta områdets läge	6
1.2.	Geologisk översikt över Valasjaureområdet	7
1.3.	Bakgrunden till denna undersökning	8
1.4.	Målsättning och utförda arbeten	8
2.	Regional geologi i Norra Norrbotten	10
2.1.	Allmänt	10
2.2.	Arkeikum	10
2.3.	Svekokarelium	10
2.3.1.	Suprakrustala bergarter	10
2.3.2.	Djupbergarter	16
3.	Bergarternas ålder och den geologiska utvecklingen i Norrbotten	18
3.1.	Arkeiska bergarter	18
3.2.	Svekokarelska bergarter	18
3.2.1.	Grönstensgruppen	18
3.2.2.	Den mellersta sedimentgruppen	21
3.2.3.	Haparandaserien och porfyrgruppen	21
3.2.4.	Den övre sedimentgruppen	23
3.2.5.	Pertit-monzonitserien	23
3.3.	Senare intrusiva bergarter	24
3.4	En sammanfattning över den geologiska utvecklingen	25
4.	Kvartärgeologi inom Valasjaureområdet	27
4.1.	Jordarter och geomorfologi	27
4.2.	Isrörelseriktningar	28
5.	Geofysik	28
6.	Bergartsbeskrivning	31
6.1.	Metamorfa vulkanoklastiter	31

6.1.1.	Allmänt	31
6.1.2.	Pyroklastiska bergarter	34
6.1.2.1.	Tuffer	35
6.1.2.1.1.	Primära tuffer	35
6.1.2.1.2.	Omlagrade (sekundära) tuffer	37
6.1.2.2.	Agglomerat och lapillituffer	43
6.1.2.3	Pyroklastiska breccior/vulkaniska breccior	43
6.1.3.	Vulkaniska blandbergarter	45
6.1.3.1.	Allmänt	45
6.1.3.2.	Tuffogena skiffrar	45
6.2.	Övriga metavulkaniter	50
6.2.1.	Allmänt	50
6.2.2.	Plagioklasporfyrit och de associerade lava-bergarterna	51
6.2.3.	Gångbergarter	54
6.4.	Epiklastiska bergarter	54
6.4.1.	Allmänt	54
6.4.2.	Kvartsit	55
6.4.3.	Albitfels	56
7.	Tektonik	59
8.	Metamorfos	61
9.	Kemisk analys av bergarterna	62
9.1.	De analyserade proven	62
9.2.	Kemisk klassificering av vulkaniterna	65
9.3.	Tektonisk klassificering av vulkaniterna	72
10.	Stratigrafi	75
11.	Mineralisering	77
12.	Vulkanismen inom Valasjaureområdet	78
Litteraturförteckning		81

Bilaga 1. Hällkarta 1:2 000

2. Hällkarta 1:700

3. Beteckning över diamantborrhål och provtagningslokaler

4. Borrprotokoll K-VAL-1

5. " K-VAL-2

6. " K-VAL-3

7. " K-VAL-4

8. " K-VAL-5

9. Borrhålsprofil 5480N (K-VAL-1, 2)

10. " 5080N (K-VAL-3, 4, 5)

11. Geofysik; sammanställning över magnetometer- och slingramsmätningar

Appendix 1. Bergartsanalyser

2. Spårämnesanalyser

1. Inledning

1.1. Det undersökta områdets läge

Valasjaure kopparmineralisering benämns efter sjön Valasjaure, vilken är belägen på kalfjället ca 50 km WNW om Kiruna på kartbladet 29I Kebnekaise (Bild 1, 2). Området ligger i Kiruna kommun. Ingen berggrundsgeologisk karta eller beskrivning har utgetts av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), trots att området är karterat på 1960-talet.



Bild 1. Översikt över undersökningsområdet. Bilden är tagen från fjället Valastjåkka mot E. Undersökningsområdet (det inringade) är ca 2.2 x 1.6 km till arealen. (Foto K. Lindblad).

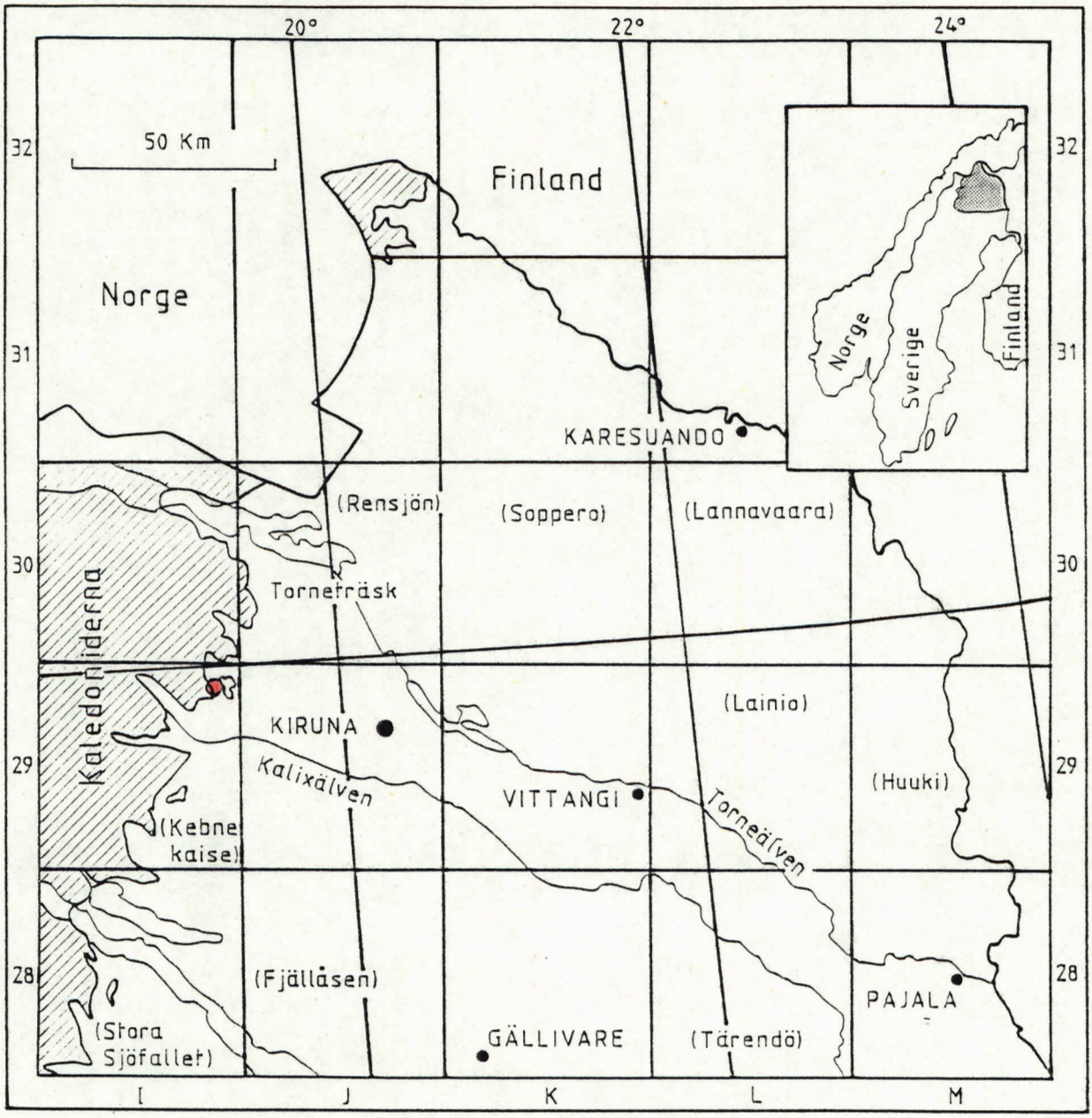


Bild 2. Det undersökta områdets läge.

● Valasjaure.

1.2. Geologisk översikt över Valasjaureområdet

Det undersökta området ligger i ett litet grönstensbälte, vilket sträcker sig längs de kaledoniska fjällbergarterna i väster. Bältet kan följas i nordlig riktning i ca 10 km, varefter det försvinner under fjällbergarterna i sin nordligaste del. Bredden på bältet är ca 1.5 km.

Området består av homogena basiska vulkaniter som stryker ungefär i N-S och stupar mycket brant mot W. Smärre inlagringar av surare vulkaniter förekommer. I vulkaniterna finns en 30-50 m bred zon av vulkanisk-sedimentära bergarter.

En geologisk profil strax söder om sjön Valasjaure i W-E-riktning är följande (Bilaga 1):

I väster börjar profilen med ett minst 1 km mäktigt lager med grovkornig plagioklasporfyrit. Mot öster övergår den grovkorniga vulkaniten i mera finkorniga och kalkbandade basiska tuffer och tuffogena skiffrar. De senare representerar troligtvis den äldsta delen av den vulkanisk-sedimentära sekvensen, vilken utgörs av omväxlande tuffer, albitfelser och kloritskiffrar. Också oren kalksten och kvartsit förekommer i sekvensen. Denna zon är mineraliserad i varierande utsträckning. Malmmineralen utgörs av både magnetit och kismineral, vilka förekommer båda i lagringsplan och i sprickor. Ytterligare längre österut blir tuffiterna fattigare på epiklastiskt material, i stället uppträder ett antal grafitskifferhorisonter. Utanför det detaljkarterade området förekommer sura till intermediära lavabergarter.

1.3. Bakgrunden till denna undersökning

Mineraliseringen i Valasjaure är känd redan tidigare (Ödman 1957) som kopparmalm. I samband med LKAB Prospekteringens regionala karterings- och blockletningsarbeten på området under sommaren 1983 ansågs mineraliseringen åter intressant. Mineraliseringen är 8-9 m bred och den kan följas ca 500 m i fast klyft. Malmmineralen är kopparkis, pyrit och magnetit.

Under sommaren 1984 utfördes kartering, detaljerad blockletning samt rekognoserande kvartärgeologisk kartering på området. Detta åtföljdes av geofysiska markmätningar och djupmoränprovtagning. Allt detta resulterade i ett kärnborrningsprogram, vilket sedan avbröts efter 12 st borrhål med totalt 1 854 borrmeter, eftersom resultaten visade sig vara mycket sämre än väntat.

1.4. Målsättning och utförda arbeten

Författaren har deltagit i den rekognoserande karteringen under sommaren 1984. Den kvartärgeologiska rekognoseringen utfördes också av författaren.

På våren 1985 fick författaren av LKAB Prospektering till uppgift att beskriva bergarterna mineralogiskt och geokemiskt i närheten av Valasjaure kopparmineralisering. I arbetet skulle också klarläggas bergarternas förhållande till varandra samt områdets stratigrafi.

Det centrala området (ca 150 x 500 m) karterades i detalj i skala 1:200. Det omgivande området (ca 1.5 x 1.7 km) kartlades i skala 1:1 000. Utanför dessa områden har endast regional kartering i skala 1:20 000 utförts. Fältarbetena leddes av bergsingenjör K. Lindblad. På basen av nämnda karteringar har författaren ritat de bifogade geologiska kartorna (Bilaga 1, 2).

Av det befintliga borrkärnematerialet studerades 5 st. borrkärnor med totalt 678.2 borrmeter för avhandlingen (Bilagorna 4-10).

I samband med karteringen togs rikligt med stuffer för bergarts- och spårämnesanalyser. Analyserna är delvis från 1984 och delvis från 1985. Identitetskoden på stufferna består av en årtalsdel samt en del för provtagaren och hans löpnummer för provet (t.ex. 85 KHTL 27 syftar på prov nr 27 taget 1985 av författaren HTL vid Kirunakontoret K). Bokstavskombinationen KDL syftar på bergsingenjör K. Lindblad. Provtagningslokalerna redovisas i Bilaga 3.

I de provtagna borrhålssektionerna består provets identitetsnummer av borrhålsnummer och den analyserade sektionens läge (t.ex. 5-26.8-27.7 syftar på sektionen 26.8-27.7 m i borrhål nr 5).

Totalt fanns 38 st. bergartsanalyser (19 st. ytprover + 19 st. prover från borrhål) till förfogande. Analyserna är utförda av Luossavaara-Kiirunavaara AB:s (LKAB) laboratorium i Malmberget med XRF-metoden. Spårämnena analyserades halvkvantitativt med emissionsspektrograf (LKAB, Malmberget) på 5 st. ytprover och 34 st. prover från borrkärnor (Appendix 1, 2). Författaren fick också tillgång till geofysiska kartor över området.

Alla fotografier i denna avhandling har tagits av författaren, förutom Bild nr 1 (av K. Lindblad).

2. Regional geologi i Norra Norrbotten

2.1. Allmänt

Kartbladet 29I Kebnekaise, på vilket undersökningsområdet är beläget, har karterats på 1960-talet i skala 1:100 000 av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). Ingen berggrundsgeologisk karta eller beskrivning har dock givits ut. Därför kommer de närliggande kartbladens geologi (29J Kiruna, 28J Fjällåsen, 29L Lainio, 30L Lannavaara, 29K Vittangi och 28L Tärendö, skala 1:50 000, Bild 2) att redovisas i större utsträckning än annars skulle vara motiverat.

2.2. Arkeikum

Den äldsta berggrunden i Kiruna-området (basement) utgörs av arkeiska granitgnejser, vilka påträffas främst N och NE om Kiruna (Lundqvist 1979). Basementgnejserna består av monotona serier av graniter och gnejser, bland vilka sura till intermediära bergarter dominerar. En del mera basiska varianter (amfibolitgnejser) förekommer också (Witschard 1984). Den kraftiga granitiseringen, migmatiseringen samt de senare intrusionerna under Proterozoikum stör petrologiska och radiometriska undersökningar i de arkeiska bergarterna. Detta basementkomplex kan korreleras med de likartade granitgnejserna i norra Finland och Sovjet Unionen (Simonen 1960a).

2.3. Svekokarelium

2.3.1. Suprakrustala bergarter

På 1930-talet indelades prekambrisk tid i tre delar efter ålder (Wahl 1936). Enligt moderna uppfattningar (Rankama & Welin 1972) råder det ingen väsentlig tidsskillnad mellan den (tidi-

gare) äldsta svekofenniska och den yngsta karelska perioden. Skillnaderna i avsättningen mellan olika områden antas nu bero på skillnaderna i avsättningsmiljön (facies). Hela perioden benämns nu Svekokarelsk tid, termerna svekofennisk och karelsk används fortfarande då man diskuterar faciesfrågor.

Den svekokarelska lagerföljden i norra Norrbotten framgår av Tabell 1. Tabellen är sammanställd efter Ambros (1980), Eriksson & Hallgren (1975), Lindroos & Henkel (1981), Offerberg (1967), Padget (1970, 1977) och Witschard (1970, 1975, 1984). Avsättningen har varit likartad på hela området. Storregionalt (inkl. Sverige, Finland) utgörs den nordöstra delen av området av suprakrustala bergarter av karelsk facies, den sydvästra delen av svionisk facies (Welin 1970). Tiden mellan basements bildning och Svekokarelium har inte lämnat några spår i lagerföljden (Ingen större diskontinuitet, Eriksson & Hallgren 1975).

Den svekokarelska avsättningen börjar med en sedimentär period, under vilken kvartsrika klastiska sediment (den lägre sedimentgruppen av Witschard 1984) avlagrades. Material till konglomerater, fältspatiter och kvartsiter avlagrades lokalt (Eriksson & Hallgren 1975, Offerberg 1967, Rankama & Welin 1972). Den undre kontakten mot basementet är ibland svår att bestämma p.g.a. senare granitisering och migmatisering.

Den lägre sedimentära sekvensen överlagras av basiska metavulkaniter (grönstensgruppen av Geijer 1931a, Eriksson & Hallgren 1975, Offerberg 1967, Padget 1970, 1977, Witschard 1970, 1975). Grönstenarna är delvis spilitiserade och skapolitiserade (Eriksson & Hallgren 1975, Sundius 1930). Bergarterna utgörs främst av basaltiska extrusiva bergarter, ofta med inlagringar av tuff/tuffit. Andelen pyroklastiskt material i grön-

Tabell 1. Den svekokarelska stratigrafin i Norrbotten (ortsnamnen i parentes syftar på kartbladen, se Bild 2).

yngst	Linagranitserien	
	Pertit-monzonitserien	
	Övre sedimentgruppen	Snavva-Sjöfallsserien (Tjåmotis, Stora Sjöfallet), Vakkoformationen (Kiruna), Matavaarakvartsitgruppen (Vittangi)
	Porfyrgruppen	
	Haparandaserien	
	Mellersta sedimentgruppen	Kurravaarakonglomerater och -skiffrar (Kiruna), Kila-vaarakvartsiter och -skiffrar (Vittangi), Pahakurkkio-skiffrar och -kvartsiter (Lannavaara, Lainio, Tärendö, Pajala)
	Grönstensgruppen	Kirunagrönsten (Kiruna), Vittangigrönsten (Vittangi) Veikkavaaragrönsten (Lainio, Tärendö), Käymäjärvi- och Suorsa-grön-stenar (Pajala)
	Lägre sedimentgruppen	Tjärroformationen (Vittangi, Soppero, Lannavaara)
äldst	Arkeiska basementet	(Kiruna, Soppero, Huuki)

stensgruppen är större i de sydliga grönstensbältena än i de nordliga bältena (Kiruna-Vittangi-Karesuando). Kemiskt är dessa bergarter subalkalina, tholeiitiska (90 %), en del är kalk-alkalina (Witschard 1984). Sammansättningen varierar från område till område - i Vittangi är de dominerande basalterna kaliumfattiga i jämförelse med Kirunaområdets kaliumrika basalter. Lokalt i sekvensen förekommer grafithaltiga skiffrar, pelitiska eller fyllitiska horisonter samt dolomitiska kalkstenar (Witschard 1984). Grafitskiffrarna påträffas sällan ute i fält p.g.a. deras dåliga motståndskraft mot erosionen. De kan dock detekteras genom elektromagnetiska undersökningar. Kalkstenarna innehåller ofta kalk-silikatband samt mörkare band av finfördelad grafit. Impregnation av pyrit är vanlig både i kalkstenarna och i skiffrarna. Skarnrika järnmalmer är ofta förekommande i grönstensgruppen (Eriksson & Hallgren 1975, Padget 1970, 1977). Bergarter av sedimentärt ursprung (t.ex. kvartsiter) är mindre representerade i grönstensgruppen; deras andel i sekvensen ökar mot sekvensens övre delar. Grönstensgrupperna har namngivits områdesvis, t.ex. Vittangi- och Kirunagrönstenar. De norrbottniska grönstensområdena visas i Bild 3.

En period med klastisk sedimentation följde vulkanismen som avsatte grönstenarna. Den mellersta sedimentgruppen, Pahakurkkiogruppen (Witschard 1984) består av kvartsrika sediment; kvartsiter, arkoser och glimmerskiffrar. I senare undersökningar (Niiniskorpi 1986) har också omfattande grafitskiffrar, karbonat- och chertbergarter påträffats i Pahakurkkiogruppens typlokal (Kartbladet 28L Tärendö). Liknande bergarter har på andra kartblad systematiskt införts i grönstensgruppen.

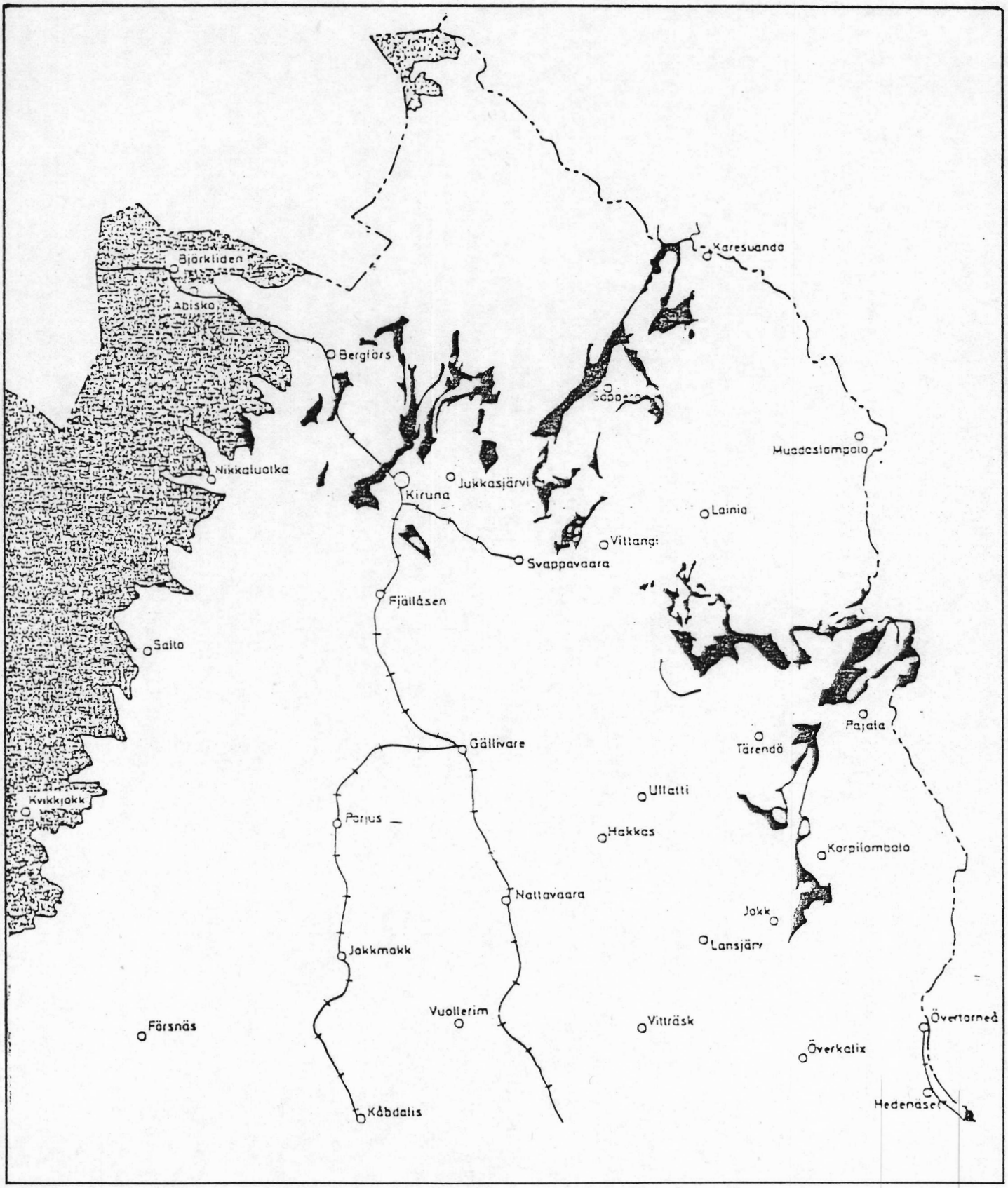


Bild 3. Grönstenarna i Norrbotten

Det är inte klart om man då bör ha Pahakurkkiogruppen kvar som en egen grupp eller överföra den helt eller delvis till den underliggande grönstensgruppen eller den överliggande porfyrgruppen inom typlokalen (Niiniskorpi 1986). Detta bör inte utesluta existensen av den mellersta sedimentgruppen enligt Witschard (1984) på t.ex. Kiruna- och Vittangikartbladen (Tabell 1). Dessa kvartsit-skifferformationer bör dock inte korreleras med Pahakurkkiogruppens bergarter i dess typlokal.

Efter sedimentationsperioden har s.k. Haparandaseriens djupbergarter intruderat (se nedan, kap. 3.2.3). I nära samband med Haparandaseriens plutoniska bergarter avsattes sura till intermediära vulkaniter (porfyrgruppen), vilka utgörs av porfyrer och övriga finkorniga vulkaniter. Gruppen har inlagringar av intermediära till basiska metavulkaniter, apatitrika järnmalmer samt metasediment (Eriksson & Hallgren 1975). De bäst kända apatitjärnmalmerna är Kirunajärnmalmerna. I sekvensens understa delar förekommer lokalt ett polymikt konglomerat. I Kirunatrakten separerar detta konglomerat (s.k. Kurravaarakonglomeratet) porfyrerna från grönstenarna (Witschard 1984). På kartbladet 28J Tjåmotis har det observerats en serie från de äldsta mafiska lavatyperna (basalt och porfyrit) via intermediära och alkalina (syenitporfyrer) till de yngsta sura typerna (ryoliter och kvartsporfyrer) i porfyrgruppen (Witschard 1975). Liknande trender förekommer också på kartbladen 29J Kiruna (Witschard 1984) och 29K Vittangi (Eriksson & Hallgren 1975). Basalterna i porfyrgruppen skiljer sig geokemiskt från grönstensgruppens basalter; inga gradvisa övergångar eller relationer mellan de olika gruppernas basalter har kunnat observeras (Witschard 1984). Porfyrgruppens bergarter är rikligast representerade i västra delen av Kirunaområdet, utefter Kaledoniderna.

Porfyrgruppens bergarter överlagras av översta sedimentgruppen (Witschard 1984). Gruppen består av en mäktig sekvens av sedimentära bergarter, främst kvartsiter, fältspatiter och mindre av fylliter och konglomerat (Witschard 1984, Eriksson & Hallgren 1975). Lokala variationer förekommer i sekvensen. På kartbladet 29J Kiruna kallas sekvensens bergarter för Vakkojärviformationen (Offerberg 1967) och på kartbladet 29K Vittangi för Matavaarakvartsit-gruppen (Eriksson & Hallgren 1975). De kan korreleras med den över 6 000 m mäktiga sekvensen av välkända klastiska sediment i Tjåmotis- och Stora Sjöfalletområdena (Snavva-Sjöfallet-serien, kartbladena 27I Tjåmotis och 28I Stora Sjöfallet).

2.3.2. Djupbergarter

De äldsta djupbergarterna av svekokarelsk ålder utgörs av s.k. Haparandaseriens bergarter, intruderade efter den mellersta sedimentgruppens (Witschard 1984) avsättning. Serien omfattar differentiationsprodukter från gabbroid till granitisk sammansättning, intruderade under den svekokarelska orogenins huvudfas (Witschard 1984). Bergarterna har nära samband med veckningen av tidigt proterozoiska sedimentära och vulkaniska sekvenser. De senare intrusionerna har ofta domform och de skär de redan veckade bergarterna. De är oftast migmatiserande. Dioriter och granodioriter dominerar i hela serien. Dessa bergarter är bäst representerade i Kirunaområdets östra delar. Bergarterna är kemiskt främst sub- och kalk-alkalina (Witschard 1984). Deras intrusion har medfört en kraftig metamorfos, vilket har resulterat i skarnbildning i kontakterna. Också rester av grönstensgruppens bergarter påträffas i kontaktzonerna (Witschard 1984).

Linagraniten räknades tidigare till de senare intrusionerna (Geijer 1931a, Ödman 1957). Nu skiljer man mellan en äldre och en yngre fas av Linagranit (Welin et al. 1971).

Som de sista bergarterna, som bildades under Svekokarelium, intruderades migmatitgraniter, pertitsyeniter och liknande granitoider (Eriksson & Hallgren 1975). Rankama & Welin (1972) delar dessa bergarter i en äldre pertit-monzonit- och en yngre Linagranitserie.

Den äldre seriens bergarter förekommer främst i västra delen av området, längs den kaledoniska fjällkedjan. Dessa bergarter är ofta associerade till porfyrgruppens bergarter och gruppernas kemi är mycket lika varandra (Witschard 1984). Kemiskt utgörs seriens bergarter främst av kvarts-monzoniter samt monzoniter, en del sällsynta mer mafiska diopsid- eller hyperstenförande varianter förekommer också (Witschard 1970).

Den yngre seriens (Linagranitserien) bergarter är de vanligaste bergarterna på blottningarna. De är ofta associerade med pegmatiter och bandade, gnejsiga varianter förekommer i regel i kontaktzoner; detta skiljer Linagruppens graniter från pertitgruppens bergarter. Graniterna har en normal granitisk sammansättning (Witschard 1970).

De senaste prekambriska bergarterna bildades efter den svekokarelska orogeniens slutstadium då ett tätt nät av basiska gångar intruderade i vissa områden (t.ex. Stora Sjöfallet, Witschard 1970). Likartade gångar har påträffats också annorstädes i Sverige; dateringar visar post-svekofenniska åldrar på 1550, 1250-1150 och 1000-900 miljoner år (Patchett 1978).

3. Bergarternas ålder och den geologiska utvecklingen i Norrbotten

3.1. Arkeiska bergarter

Dateringar har gjorts på arkeiska graniter och gnejser norr och nordöst om Kiruna. Åldrar på 2713 +-40 (Welin et al. 1971) och 2834 +-40 Ma (Skiöld 1979b) har fåtts för zirkoner med U-Pb-metoden. I Finland har liknande bestämningar gett åldrar på ca 2800 Ma för arkeiska bergarter nära gränsen till Sverige (Matisto 1969).

Allt detta tyder på att en stor arkeisk provins förekommer i Norra Sverige. Tektoniken är rätt enkel; den magnetiska bandningen löper från NNE-SSW- till NNW-SSE-lig riktning. Detta skiljer området från området längre söderut, där en mera komplex tektonisk stil dominerar.

3.2. Svekokarelska bergarter

3.2.1. Grönstensgruppen

Witschard (1980) antog att den begynnande rifting med sedimentation av klastiskt material samt extrusion av basiska magmor skedde under perioden 2500-2100 Ma (Bild 4). Welin (1970) hade redan tidigare observerat det nära sambandet mellan de geosynklinala klastiska sedimenten och den basiska vulkanismen. Grönstenarna ansågs av Welin (1970) vara något yngre (2100-1900 Ma?) än av Witschard (1980). Den lägre sedimentgruppens (Tjärro-) bergarter har avsatts främst i smala långsträckta bassänger av rifttyp i det arkeiska basementet (Bild 4). Under denna tid började tensionsfasen, som gav upphov till sprickning av skorpan och en senare intrusion av basisk magma.

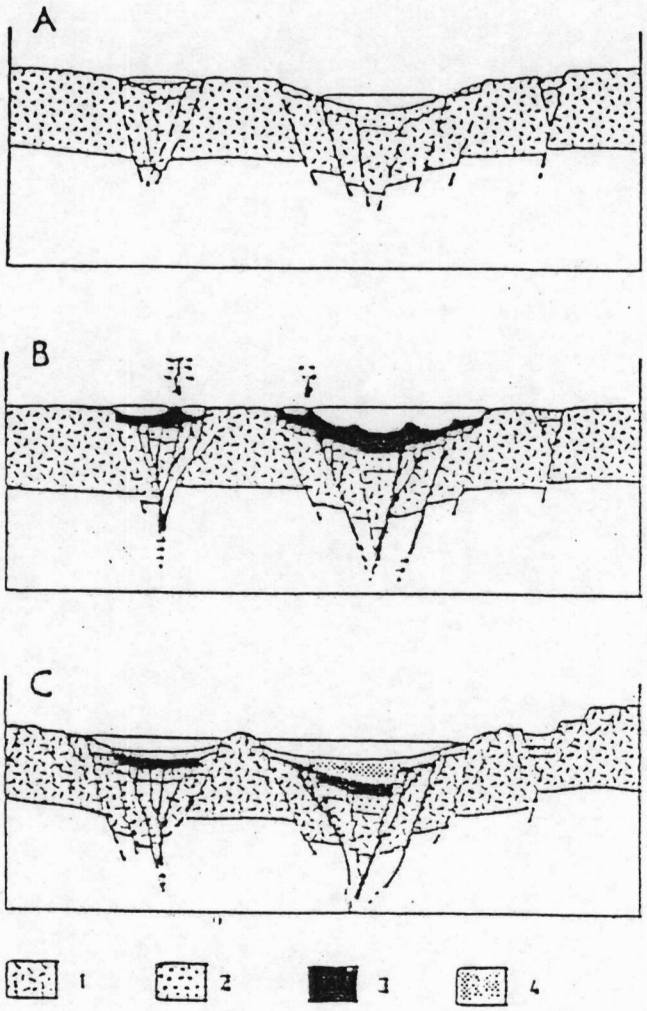


Bild 4. Tektonisk utveckling för Norrbotten.

(1) Stel jordskorpa

(2) Den lägre sedimentgruppen

(3) Grönstensgruppen

(4) Den mellersta sedimentgruppen

(Witschard 1984, Figur 5)

Grönstensgruppens ålder ligger någonstans mellan 2700 (den senaste metamorfosen i basementet, Skiöld 1979b) och ca 1900 Ma (Haparandaseriens intrusiva bergarter). De senaste Sm-Nd-dateringarna i Kirunagrönstenens (grönskifferfacies) metamorfa mineral ger åldrar på 1932 +-45 Ma (Skiöld & Cliff 1984), vilket utesluter en arkeisk ålder för dem. Det finns flera likheter i strukturen och sammansättningen mellan grönstenarna i Norrbotten (Witschard 1984) och de arkeiska grönstenarna, t.ex. i södra Afrika (Anhaeusser et al. 1969). Omfattande kuddlavor, karaktären hos gruppens sedimentära bergarter samt förekomsten av spiliter (Offerberg 1967, Sundius 1930) tyder på att grönstensgruppens bergarter avlagrades under vatten.

Palegeografin tyder på avsättning i avlånga sänkor, möjligen havsvikar eller sjöar, begränsade av arkeisk terräng. Att kvartsrika, klastiska sediment inte är representerade i gruppen tyder på att terrängen har varit kraftigt nereroderad, kanske ända till ett peneplan. Den arkeiska kratonen har utsatts endast för en relativt långsam rifting (Witschard 1984).

I den arkeiska terrängen norr om Kiruna och Vittangi förekommer flera smala bälten av grönsten och ultramafiter. Bergarterna i de i nord-syd löpande bältena kan troligen räknas till grönstensgruppen och de representerar intrusioner, vilka har skett längs mindre sprickor. Detta tyder på att uppsprickningen av den arkeiska kratonen i norra Sverige har varit omfattande.

I norra Finland förekommer det lagrade gabbrointrusioner mellan basementet och de karelska skiffrarna, vilka har avlagrats på basementet. Den senare, s.k. Jatulska sedimentationen är också associerad med mafiska vulkaniter. De jatulska bergarterna är litologiskt mycket lika grönstensgruppens bergarter. Åldern för de lagrade gabbrointrusionerna samt Jatulformationen i

Finland är ca 2440 respektive 2200-2000 Ma (Simonen 1980). Silvennoinen et al. (1980) antog en arkeisk ålder för mafiska vulkaniter i Kittilägrönstens-skifferområde, vilket fortsätter in i nordöstra Sverige. Denna ålder har senare blivit ifrågasatt av Lauerma (1982).

3.2.2. Den Mellersta sedimentgruppen

Efter grönstensgruppens bildning upphörde vulkanismen nästan helt (Witschard 1984). Stora områden av granitgnejs höjdes kraftigt, vilket resulterade i en snabb erosion. Detta gav upphov till den kvartsrika sedimenten i den mellersta sedimentgruppen (Pahakurkkio). Samma blockrörelser resulterade senare i Haparandaseriens och porfyrgruppens vulkanism. Åldern för bergarterna i den mellersta sedimentgruppen ligger någonstans mellan 1900 och 2000 Ma (Witschard 1984). Pahakurkiogruppen kan korreleras med sedimenten i den karelska skifferzonen i Finland (Skiöld 1982).

3.2.3. Haparandaserien och porfyrgruppen

Haparandaserien och porfyrgruppen är nära besläktade; den förra dominerar i östligare och den senare i västligare delar av Norrbotten. Enligt Witschard (1984) har antingen de tektoniska miljöerna eller blocktektoniken varit olika för östra respektive västra området.

Gabbrona i Haparandaserien är ofta belägna i närheten av grönstenar; detta kan bero på att bergarterna har samma strukturella kontroll d.v.s. att strukturerna har varit aktiva flera gånger under skilda perioder. Haparandaseriens intrusion har med U-Pb-metoden (zirkon)daterats till 1880-1860 Ma (Skiöld

1979a, 1981, Skiöld & Larsson 1979, Welin et al. 1970). De metamorfa förhållandena har dock varat ända till ca 1700 Ma (Skiöld 1982). Hela serien antas utgöra en differentiationsserie från gabbro till granit enligt Chappell & White (1974). Bildning via anatexis ger dock samma resultat (Leake 1978).

Porfyrgruppen har tidigare daterats till ca 1600 Ma (Rb-Sr, hel bergart analys, Welin et al. 1971) i Kirunatrakten. Lundqvist (1979, s. 46) och Witschard (1980, s.189) anser denna ålder för låg. De nyare analyserna på syenitporfyrerna på kartbladet 29J Kiruna samt flera sura vulkaniter och sura porfyrer på kartbladen 28K Gällivare och 28I Stora Sjöfallet ger åldrar på ca 1900 Ma (Skiöld & Cliff 1984). Detta stöder Witschards (1980) antagande att Haparandaseriens intrusion och porfyrgruppen är samtida och har bildats under den svekokarelska orogenins huvudfas. Bildningen har följts av metamorfos i samband med den hydrotermala cirkulationen, som vulkanismen gav upphov till (Skiöld & Cliff 1984).

Basalter ingår också i porfyrgruppen, dock i betydligt mindre mängder än i grönstensgruppen. Skillnaderna i kemin mellan basalterna i de olika grupperna är så stora att magmorna måste ha bildats i olika tektoniska miljöer (Witschard 1984). Skiöld & Cliff (1984) anser att det är möjligt att basalterna i porfyrgruppen egentligen hör till grönstensgruppen för att ingen tidsskillnad har konstaterats mellan den mafiska och den felsiska vulkanismen. Då skulle både basisk och felsisk ytlig vulkanism med associerad hydrotermal metamorfos ha varit samtidigt verksamma processer under en kort period runt 1900 Ma (Skiöld & Cliff 1984). Hela vulkanismen är då yngre än den jatulska vulkanismen i den karelska skifferzonen i Finland.

3.2.4. Den övre sedimentgruppen

Den övre sedimentgruppen (Vakko- och Matavaaraformationerna samt Snavva- Sjöfalletserien) representerar sedimentation i grunt vatten. Två olika avsättningsmiljöer har observerats. De är svåra att korrelera för att det geografiska avståndet mellan grupperna är stort. Båda grupperna är dock säkerligen yngre än porfyrgruppen.

Vakko- samt Matavaaraformationerna (kartbladet 29J Kiruna, Offerberg 1967 respektive kartbladet 29K Vittangi, Eriksson & Hallgren 1975) har avlagrats i smala, avlånga, grabenlika bassänger (Witschard 1984). Enligt aeromagnetiska kartor följer sedimentgruppens bergarter de äldre lineära strukturerna, vilka var aktiva periodvis redan under grönstens- och porfyrgruppens avsättningstid.

Den geologiska utvecklingen för Snavva-Sjöfalletserien skisserar Witschard (1984) enligt följande. Serien består av bottenkonglomerat, röda sand- och slamstenar (avsatta i grunt vatten, ibland över vattenytan) samt en översta del av mäktiga kvartsiter och fältspatiter (kartbladen 28I Stora Sjöfallet och 27J Tjåmotis). Under kortare vulkaniska tider avsattes basaltiska, tholeiitiska lavor. Ett nät av djupa sprickor förekom under avsättningen i denna andra miljö, materialet i sedimenten härrör sig främst från en vulkanisk terräng. Avsättningen har troligen skett under en block-tektonisk fas, avvikande från Vakko- och Matavaaraformationernas lugnare sedimentationsförhållanden.

3.2.5. Pertit-monzonitserien

Slutet av den svekofenniska orogenin utgjordes av en konsolideringsfas, under vilken pertit-monzonit- och Linaserien

intruderades. Pertit-monzonitserien har ofta stora mängder av associerade finkorniga gångar av samma sammansättning som hos själva intrusionen. Detta tyder på en subvulkanisk avsättning (Witschard 1984). Witschard (1984) antar att pertit-monzonit--serien och porfyrgruppen är samtida; detta delvis p.g.a. de likartade kemiska sammansättningarna och delvis p.g.a. att bildmönstrena på gravimetriska kartor är likartade. Dateringar med U-Pb-(zirkon) och Rb-Sr (hel bergart) -analyserna visar åldrar på 1863-1826 respektive 1725 Ma (Skiöld 1982) för s.k. Äijäjärvigraniten i pertit-monzonitserien. Tidigare åldersbestämningar har visat betydligt lägre åldrar. Bergarterna liknar rapakivi med dess mantlade fältspat (Witschard 1984). De är också ofta associerade med extrusiva bergarter (i Norrbotten porfyrgruppen). Liknande graniter med associerade porfyriter har påträffats i Los-Hamra-området i Mellansverige, var de har daterats till 1634 Ma med Rb-Sr-metoden (Lundqvist 1968).

Linagranit är bergarten, som dominerar på blottningarna i Norrbotten. Detta p.g.a. bergartens hårdhet och homogenitet, vilka har gjort den relativt motståndig mot den kraftiga glaciala erosionen. Till skillnad från pertit-monzonitserien är Linagraniten oftast associerad med pegmatiter. Graniten har bildats genom anatexis djupt nere i jordskorpan. Två olika åldersgrupper har observerats hos Linagraniten (Welin et al. 1971); 1780 respektive 1530 Ma gamla.

3.3. Senare intrusiva bergarter

De senare gabbro-diabasintrusionerna har skett efter konsolideringen under en (kanske flera?) deformationsperiod i den redan avsvalnade jordskorpan. Dessa basiska intrusiv förekommer endast inom vissa områden, t.ex. Stora Sjöfallet (kartbladet 28I).

3.4. En sammanfattning över den geologiska utvecklingen

Witschard (1984) skiljer mellan två olika tektoniska utvecklingsperioder i Norrbotten. Den första - tensionsfasen - var början till "rifting". Då skedde extrusion av basaltisk magma (grönstensgruppen) samt senare sedimentation av klastiskt material (den mellersta sedimentgruppen enligt Witschard 1984). Under den senare fasen skedde en komplex reaktivering av äldre strukturer och formationer. Tidsmässigt är den senare fasen belägen under den svekokarelska orogenin samt konsolideringsperioden som följde orogenin. Strukturer typiska för Norrbotten är oftast runda eller bågformiga och av varierande skalor. De kan lätt observeras på aeromagnetiska och gravimetriska kartor samt på Landsat-bilder, oftast utgörs de av granitoider (Witschard 1984).

Witschard (1984) skissar följande utveckling för Norrbottens prekambriska bergarter, baserad på petrologi och geokronologi: Den arkeiska kratonen, eller delar av denna, bildades för 2830-2700 miljoner år sedan (Skiöld 1979b). Konsolideringsperioden, vilken slutade för 2700-2600 Ma sedan, åtföljdes av en period på ca 500 Ma utan spår i berggrunden (Witschard 1984).

En tensionsperiod (2000 Ma sedan) medförde en vertikal, mekanisk uppdelning av den arkeiska skorpan i polygonala block, varvid en serie av långsmala riftdalar bildades. Dessa lineament med en WNW-lig trend fanns redan under arkeikum och de reaktiverades under svekokarelsk tid. Liknande lineament och blocktektonik har redan tidigare observerats i den Baltiska skölden (Strömberg 1976, 1977). Att blocktektoniken är äldre än Svekokarelium påpekades redan av Tuominen et al. (1973).

Den första sedimentationsepisoden, den senare basiska vulkanismen och en senare sedimentär period fyllde svaghetszonerna med material. Den undre sedimentära gruppens bergarter (främst kvartsiter) avlagrades i bassänger, kontrollerade av förkastningar. Sprickor i övre manteln tillät den basiska magman att extrudera. Grönstensgruppens tjocka serier av tholeiitiska lavor, vulkanoklastiter samt sediment avsattes under vatten.

Utvecklingen fortsatte med att jordskorpan trycktes ner och blockrörelser ägde rum. Snabb erosion av arkeiska gnejser och graniter resulterade i mäktiga serier av kvartsiter och biotitskiffrar (den mellersta sedimentgruppen).

För ca 1900-1750 Ma sedan ägde huvuddelen av den svekokarelska orogenin rum. Före huvudfasen intruderades de mafiska vulkaniterna i Vittangi-Soppero-Karesuandotrakten som hypabyssala lagergångar (1874 Ma gamla albitdiabaser, Skiöld 1982). Under huvudfasen (1880-1869 Ma, Skiöld 1982) intruderade den plutoniska Haparandaserien i öster och den effusiva porfyrgruppen i väster. Värmen från Haparandaseriens bergarter aktiverade basementet, vilket resulterade i mobilisering och granitisering av den arkeiska kratonen.

Den övre sedimentgruppen avsattes i samband med reaktivering av äldre strukturer.

Den svekokarelska utvecklingen avslutades genom palingenesis och migmatisation i stor skala.

Under hela den svekokarelska tiden har utvecklingen varit ensialisk. Vulkanismen började med basalter och andesiter (grönstensgruppen) av alkalin karaktär. Huvudfasen av den svekokarelska orogenin karakteriseras av främst kalk-alkalin vulkanism (ryoliter m.m. i porfyrgruppen). Denna differentieringstrend

tyder på en djup sprickbildning och partiell uppsmältning innan en mera ytlig kalk-alkalin fas. Detta tyder på en ensialisk utveckling. Den kalk-alkalina differentieringstrenden är mindre vanlig i processerna i subduktionszoner längs aktiva plattgränser. Skiöld & Cliff (1984) antar att det har funnits ett globalt magmalager under skorpan under den svekokarelska tiden.

4. Kvartärgeologi inom Valasjaureområdet

4.1. Jordarter och geomorfologi

Området söder om fjället Valastjåkka karakteriseras av jämnt avsatt, normalblockig morän. Blockmaterialet ligger ytligt och det utgörs av bergarter från både urberget (t.ex. granit, intermediär vulkanit) och fjällkedjan (kvartsskiffrar, slamsten m.m.). Ett system av tiotals erosionsrännor av olika storlekar löper runt fjället och slutar i ett sedimentationsområde just öster om Valastjåkka. Inom området finns ett flertal kullar av grus. Längs det detaljarterade områdets västra kant, i nordlig riktning, finns en drygt 1 km lång, flera meter hög ås. Sedimentet verkar ligga på moränen och det tunnar ut mot norr och nordöst.

Längre upp i sluttningarna, mot toppen av Valastjåkka och Kakastjåkka, blir moränen mer långtransporterad med blockmaterialet bestående av olika fjällbergarter.

På Valastjåkkas östra sluttning finns flera lateralterrasser med små lokala sedimentförekomster. Också stenströmmar är vanliga.

På Kakastjåkkas norra sluttning förekommer ett tiotal slukrännor.

Det (berggrunds)detaljkarterade området mellan den lilla åsen och sjön Valasjaure består till största delen av strukturmark mellan de talrika hällryggarna. De mineraliserade blocken i stenringarna och blocksänkorna är mycket kantiga och lokala. Ofta kan de direkt knytas samman med en moderklyft.

4.2. Isrörelseriktningar

Två ofta förekommande räffelriktningar har observerats:

1) en dominerande riktning från 260-270g, vilken har påträffats på samtliga undersökta hällar.
2) en mera sydlig riktning från 235-240g.

Inom angränsande områden har den sydligare riktningen (235-240g) i allmänhet varit den yngre av isrörelseriktningarna.

5. Geofysik

Valasjaureområdet har flygmätts i samband med den regionala flygmätningen av SGU på 1960-talet. Från de sammanställda mätningarna i skala 1:250 000 framgår bl.a. en stor, högmagnetisk anomali vid fjället Staggotjåkka, ca 10 km SSW om Valasjaure. Därifrån utbreder sig en serie smala högmagnetiska stråk mot norr, vilka sträcker sig genom undersökningsområdet och därefter vidare norrut. Stråken har huvudsakligen en N-S-lig riktning. Vid Valasjaure blir anomalierna bredare och de visar tendenser till vridning både mot nordväst och nordost. I mera detaljerade flygmätningar gjorda 1984 träder också en tydlig NV-SO-lig riktning fram. Detta har inte kunnat observeras i det äldre materialet från SGU:s flygmätning.

I den regionala magnetiska sammanställningen smälter undersökningsområdet in i det stora högmagnetiska stråket vid Staggotjåkka. I mera detaljerade mätningar visar dock området en mera bandad struktur. Detta uppkommer där smala magnetitförande horisonter framträder förhöjda i parallella stråk genom mätområdet mot en magnetiskt lägre bakgrund.

En del märkliga drag framträder i det magnetiska mönstret. Till exempel: medan stråken i stort har en strykning i NNW-SSE-lig riktning visar detaljerna mera NW-SE-liga strykningar. Detta har tolkats bero på den senare tektoniska utvecklingen inom området, vilket har påverkat den ursprungliga NNW-SSE-liga riktningen.

I det lågmagnetiska avsnittet vid sjön Valasjaure förekommer en ca 3 km lång slingram-anomali på flygmätningen. Anomalin är ställvis kraftig och mäktigheten varierar lokalt. Utsträckningen på anomalin är i NW-SE-lig riktning (Bilaga 11).

Själva det mineraliserade stråket är högmagnetiskt (i förhållande till omgivningen) och mycket smalt (5-10 m). Horisonten är belägen omedelbart väster om slingramanomalin (Bilaga 11).

De första detaljerade markmätningarna gjordes under hösten 1983. Detta resulterade i en översiktlig magnetisk karta, som sedan utgjorde underlag för såväl karteringsarbeten som för testprofiler med slingram och VLF. De sulfidförande horisonterna vid 5500N/5000E (ca) kommer fram tydligt men svagt (Bilaga 11). De är ofta associerade med smala, kompakta linser av magnetit (Bild 5), vilket bekräftas av de mycket högmagnetiska, smala topparna vid magnetometermätningen (Bilaga 11).



Bild 5. Smala magnetitlinser (svart) i en av albitfelshorisonterna vid 5595N/4990E. Bilden är tagen mot NNW.

Slingramskartan (Bilaga 11) visar att den kraftiga elektriska ledaren vid 5400E (ca) troligen orsakas av flera smala, parallella skivor. De brantstående skivorna representerar antagligen de i borrhålen påträffade horisonterna av mineraliserade grafitskiffrar.

6. Bergartsbeskrivning

6.1. Metamorfa vulkanoklastiter

6.1.1. Allmänt

Vulkaniterna i Valasjaure utgörs till största delen av vulkanoklastiter. Fisher (1966b, s. 289) definierar vulkanoklastiter som bergarter, vilka helt eller delvis består av fragment av vulkaniskt ursprung.

Indelningen och terminologin (Tabell 2) som använts i denna avhandling baserar sig på Fisher (1966b) och Persson & Röshoff (1975). Vulkanoklastiterna har indelats i två grupper; pyroklastiska och epiklastiska bergarter. Bland epiklastiska bergarter skiljer man mellan bergarter med över 50 % vulkaniskt material och de övriga bergarterna, vilka innehåller mindre än 50 % vulkaniskt material. Indelningen och terminologin är baserad på bergarternas genesis samt på kornstorleksförhållandena. Indelningen har gjorts för att kunna utnyttjas på prekambriska bergarter.

Genetisk klassificering av vulkaniter är oftast mindre lämplig i prekambriska terränger jämfört med yngre områden. Detta på grund av att primära texturer och strukturer sällan är bevarade. Genetiska termer har dock använts i denna avhandling genom att undersökningsområdet har kunnat karterats i detalj (skala 1:200 respektive 1:1000). Blottningsgraden är också hög. Det är av stor vikt ur malmgeologisk synpunkt att kunna härleda de olika vulkaniternas bildningsmiljö p.g.a. att mineraliseringarna i vulkanitmiljö oftast är begränsade till vissa horisonter.

Tabell 2. Terminologi och fragmentstorlek för vulkanoklastiter (förutom vulkanoklastiska lavabergarter). (efter Persson & Röshoff 1975)

A. Pyroklastiska bergarter (både fragment och matrix av pyroklastiskt ursprung)			B. Epiklastiska vulkanogena sediment		
			1. >50 % av materialet av vulkaniskt ursprung		2. <50 % av materialet av vulkaniskt ursprung
Fragment 1. form 2. storlek (mm)		bergart	bergart	formen på fragmenten	bergart
1.	2.				
kantavrundad kantig	>64	agglomerat pyroklastisk breccia	vulkaniskt konglomerat (väl/dåligt sorterat)	kantavrundad	tuffogent konglomerat
kantavrundad kantig	2-64	lapillituff	epiklastisk vulkanisk breccia (väl/dåligt sorterad)	kantig	tuffogen breccia
kantavrundad kantig	0.06-2	grovkornig tuff	TUFFITISK arenit (gråvacka, sandsten)		tuffogen arenit (gråvacka, sandsten)
			TUFFITISK siltsten		tuffogen siltsten
kantavrundad kantig	<0.06	finkornig tuff	TUFFITISK argillit		tuffogen argillit

Vulkaniterna har indelats i basiska, intermediära och sura enligt Turner & Verhoogen (1960, s. 57) med en senare modification av Spitz & Darling (1974, s. 1128). Inledningen framgår av Tabell 3.

Tabell 3. Vulkaniternas kemiska indelning efter SiO_2-halten.

Turner & Verhoogen (1960) SiO_2	Spitz & Darling (1974) SiO_2
<45 % ultrabasisk	
45 - 52 % basisk	<53 % basalt
52 - 66 % intermediär	53 - 59 % andesit
	59 - 65 % dacit
	65 - 70 % ryodacit
>66 % sur	>70 % ryolit

Bergarterna har indelats efter surhetsgrad (Turner & Verhoogen 1960) redan ute i fält. Detta har visat sig vara svårt p.g.a. bergarternas finkornighet och metamorfos. Benämningarna i fält har oftast blivit reviderade efter att tunnslip och kemiska analyser har studerats.

Det är mycket svårt att mineralogiskt, kemiskt eller på annat sätt kunna bevisa att en vulkanoklastit är en tuffit och inte en tuff i arkeiska terränger. Det har varit omöjligt att skilja tuffer respektive tuffiter från varandra både vid detaljkarteringen och under genomgången av slipprov. Bergarterna har benämnts tuffer. Både tuffer "in situ" och omlagrade tuffer förekommer. I de omlagrade tufferna (slipprov) finns det samma

slags epiklastiska material som i de tuffogena skiffrarna och av vilket kvartsiten och albitfelserna består av. Dessa kvartssliror i tufferna (Bild 6) tolkas utgöra omkristalliserat material av epiklastiskt ursprung och inte sekundära kvartssliror bildade under metamorfosen.

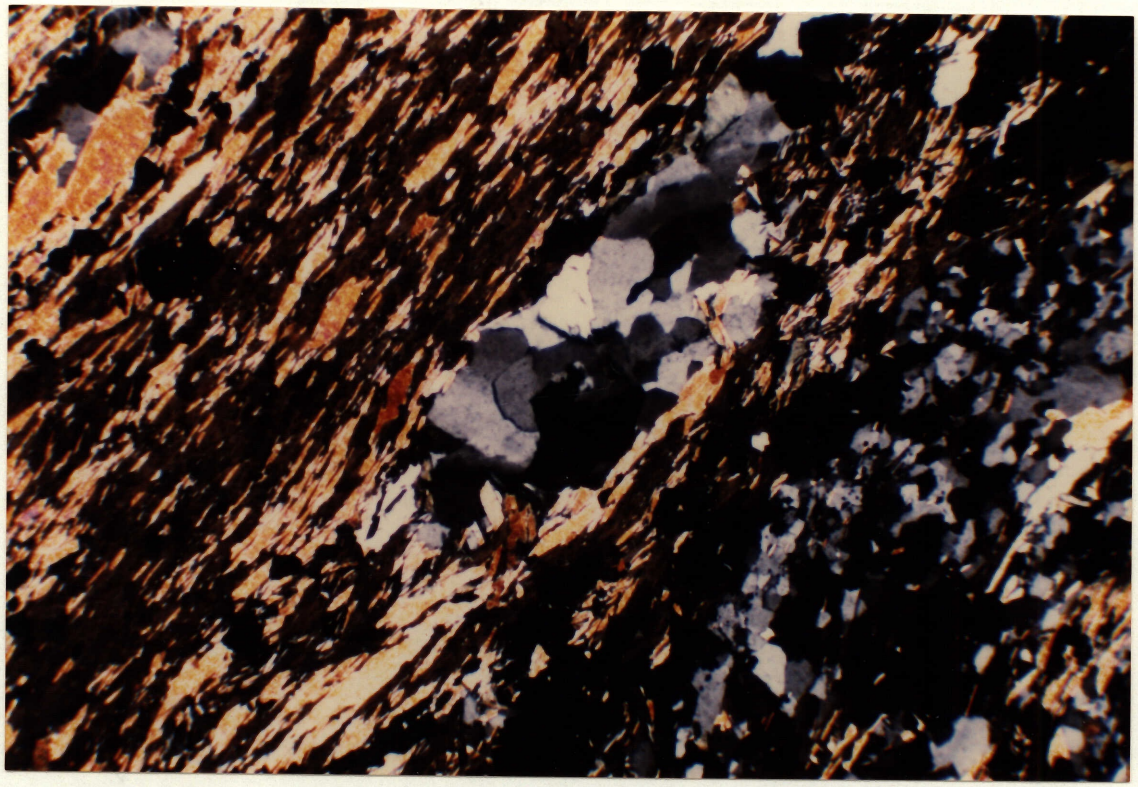


Bild 6. Ett surt mellanlager i en tuffogen skiffer (1 - 39.10 m, slip 19). 4 x förstoring, korsade nikoler.

Vid beskrivningarna av vulkaniterna har inte prefixet "meta-" använts, detta p.g.a. att alla bergarter inom undersökningsområdet är metamorfoserade.

6.1.2. Pyroklastiska bergarter

Pyroklastiska bergarter har definierats av Wentworth & Williams (1932) som de bergarter, vilka bildas antingen genom en direkt avsättning eller en avsättning av lufttransporterat

material från en vulkanisk källa. De pyroklastiska bergarterna indelas i tre grupper enligt fragmentens storlek. De vanligaste kornstorleksgränserna är 2 och 64 mm (Tabell 2). "Asktuffer" innehåller fragment <2 mm, lapillituffer och agglomerat (pyroklastisk breccia) har fragmentstorlek på 2 - 64 respektive >64 mm.

Fisher (1961) indelar de pyroklastiska bergarterna teoretiskt i primära och sekundära bergarter ("unreworked" och "reworked"). De primära bergarterna finns i sitt ursprungliga läge i motsats till de sekundära pyroklastiska bergarterna, vilka har omlagrats t.ex. av vind eller vatten före litogenesen.

6.1.2.1. Tuffer

En tuff är en pyroklastisk bergart, vilken består uteslutande av aska i jämförelse till en tuffit, som utgörs av både pyroklastiskt och epiklastiskt material (Tabell 2). Att skilja tuffer och tuffiter från varandra är svårt, speciellt i äldre metamorfa terränger. I Valasjaure har ingen åtskiljning av tuffer och tuffiter gjorts i fält, utan de finlaminerade vulkanoklastiska bergarterna har alla benämnts tuffer. Detta har skett delvis p.g.a. den välutvecklade lagringen som är mera typisk för tuffer än för tuffiter. Både primära ("in situ") och sekundära (omlagrade) tuffer förekommer; de senare dominerar dock klart i lagerföljden.

6.1.2.1.1. Primära tuffer

Mellanlager av primär tuff i de övriga pyroklastiska bergarterna har endast kunnat observeras i två borrhål (1 - 87.7 - 100.5 m och 2 - 88.8 - 121.6 m). Flera tufflager förekommer

säkerligen, de antas dock ha en mindre utbredning än det beskrivna lagret.

Tuffen är finkornig och den saknar lagring. Färgen är brunaktig i jämförelse med de mörkgröna färgerna hos tuffiterna. Den bruna färgen kan delvis också bero på senare omvandlingar; bergarten har en något högre omvandlingsgrad än tuffiterna.

Den mineralogiska sammansättningen är jämförbar med de omlagrade tuffernas sammansättning. Huvudmineralerna är plagioklas och amfibol (troligen cummingtonit) och som accessorier förekommer titanit, kvarts och opaka mineral. De förekommer både som mono- och polyminerala korn i en finkornigare matrix. Matrix är ställvis starkt kloritiserad och pyritimpregnerad och den består främst av klorit och plagioklas. Enstaka korn av grön biotit förekommer också i matrix. Lokalt för bergarten gråa kalkfläckar (kalcit), vilka kan vara upp till 2 cm stora. Fläckarnas form är oregelbunden. Talk förekommer ställvis i de mest kalkrika tufferna.

Vid borrkärnekarteringen observerades en ca 3 m mäktig horisont av en bergart, som misstänktes vara en lapillituff. Horisonten förekommer endast i ett borrhål (4 - 144.8 - 149.1 m) och den ligger överst i ett tufflager med en mäktighet på ca 60 m. Bergarten är gröngrå och omagnetisk och den för ca 4 mm stora, runda "bollar" i en finkornig matrix. Bergartens klart bimodala karaktär (d.v.s. alla "bollar" av samma storlek i en kornstorleksmässigt homogen matrix) samt att "bollarna" flyter fritt i matrix utan att de har packats på varandra tyder på att bergarten inte är en lapillituff. Bergartsanalysen och slipprovet (slip 45) bekräftar denna misstanke. Bergarten är troligen en mera omvandlad del av den övriga tuffhorisonten. Omvandlingen

antas ha skett i samband med extrusionen av den överliggande lavabädden.

6.1.2.1.2. Omlagrade (sekundära) tuffer

Omlagrade tuffer är vanliga i det centrala och det östra området i Valasjaure. I det detaljkarterade området är dessa tuffbergarter främst basiska, en del intermediära varianter förekommer dock också. Sura tuffer är inte representerade inom det detaljkarterade området.

De omlagrade tufferna är mycket finkorniga och till färgen gråa/svarta beroende av inblandningen av grafit. Vid karteringen var det svårt att se skillnad mellan vulkaniterna p.g.a. deras finkornighet. Bergarterna ser ofta homogena och massformiga ut. Endast i den centrala delen av det detaljkarterade området förekommer tydlig skiktning i de omlagrade tufferna; detta tyder på att tufferna har avlagrats i vatten. Skiktningen är i mm-skala och den utgörs av ljusa och mörka skikt, växellagrade med varandra (Bild 7). De ljusa skikten är rika på fältspater och de är i regel grovkornigare än de mörka skikten, vilka utgörs främst av mafiska mineral samt magnetit. Strömskiktning eller "graded bedding"-strukturer har inte observerats i dessa tuffer. Tuffhorisonternas tjocklek varierar; oftast är mäktigheten liten. Lagren kan ibland följas flera tiotals meter i strykningsriktningen.

Färgen och sammansättningen varierar i hög grad hos de omlagrade tufferna. Strökorn kan förekomma, men de är sällsynta och utgörs i huvudsak av sekundär skapolit. Strökorn påträffas främst i borrkärnorna, ofta endast i en del av en tuffhorisont, nära kontakten mot angränsande horisont.



Bild 7. Skiktning i basisk tuff (1 - 56.45 m, slip 26).
4 x förstoring.

Mineralogiskt är de primära och de omlagrade tufferna mycket lika varandra. Huvudmineralerna både i de basiska och de intermediära, omlagrade tufferna är plagioklas (albit-oligoklas) och biotit/klorit, vilket antas vara en omvandlingsprodukt av hornblände (Bild 8, 9). Som accessoriska mineral förekommer allmänt titanit, karbonater, talk, cummingtonit, tremolit-aktinolit, muskovit, epidot, apatit och zirkon. Opaka mineral är välrepresenterade i mineralparagenesen. Mikroklin är sällsynt och det antas ha bildats via omvandling. Inga högmetamorfa mineral, t.ex. granater, påträffades.

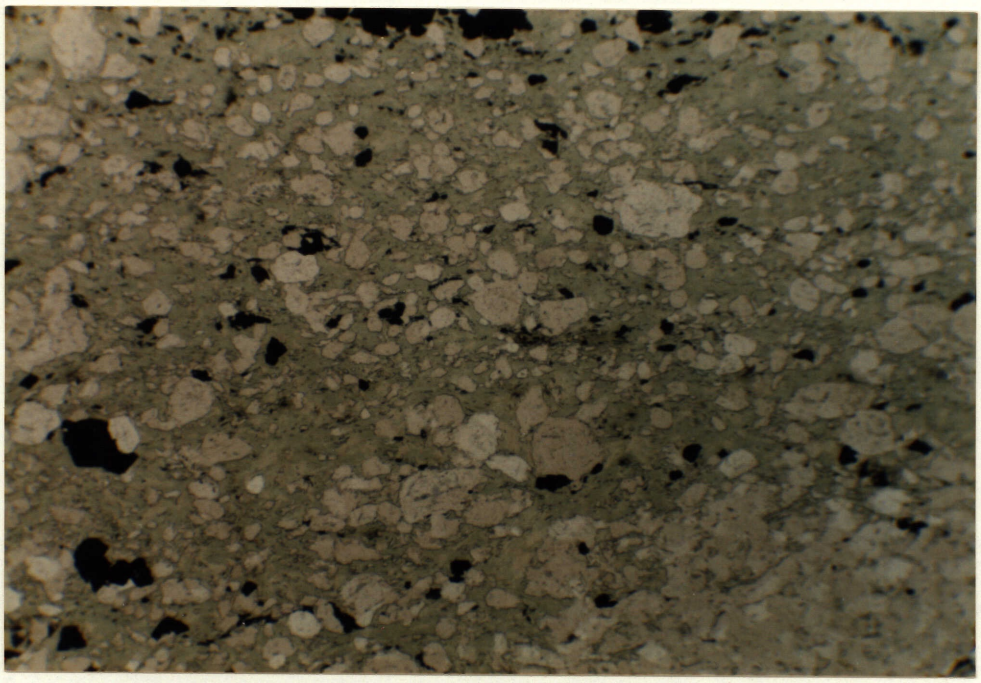


Bild 8. En basisk tuff (block, slip 52) bestående av rundade korn av plagioklas, kvarts, kalifältspat och opaka mineral i en finkornig matrix av klorit och opaka mineral. Förutom monominerala korn förekommer rundade bergartsfragment bestående av samma mineral. 4 x förstoring.

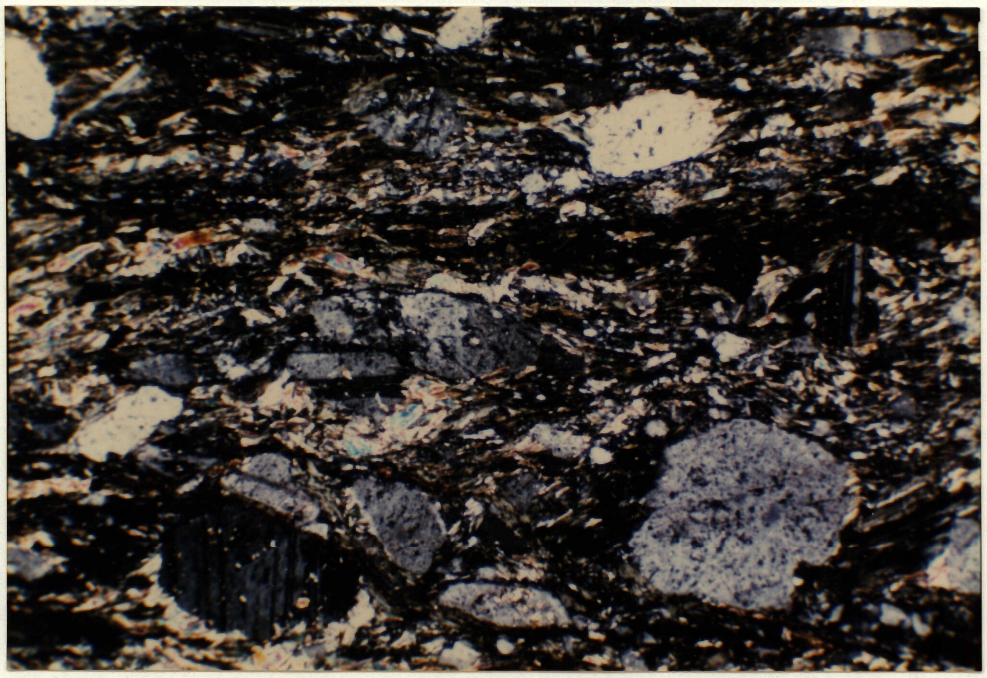


Bild 9. Basisk tuff (3 - 56.45 m, slip 26). 4 x förstoring, korsade nikoler.

De omlagrade tufferna visar stora variationer i kemisk sammansättning. I Tabell 4 och 5 redovisas 12 st. analyser för basiska och intermediära (omlagrade) tuffer.

Tufferna närmast kvartsiten (borrhål K-VAL-1 och 2) visar högre SiO_2-halter än tufferna längre bort från kvartsiten. Skillnaderna i SiO_2-halterna beror troligtvis på variationer i mängden inblandat klastiskt material. Bergarterna med avsevärda mängder klastiskt material har behandlats i kap. 6.1.3.2. Tuffogena skiffrar. Inblandningen tolkas ha varit högre närmast kvartsiten. Ytterligare en hög inblandning av klastiskt material förekommer i tufferna längre österut (borrhål K-VAL-4). Dessa tuffer är också rikare på CaO, alkalier och svavel, vilket antas bero på att omvandlingen har varit kraftigare längre österut än närmare kvartsiten.

Inom ett enskilt tufflager ökar MgO- och CaO-halterna oftast uppåt inom lagret. Däremot minskar SiO_2-halterna.

Inom den östligaste delen av området förekommer det rikligt med grafithaltigt material vilket antas ha avlagrats i samband med tuffernas omlagring. Dessa grafitförande tuffer, vilka ställvis övergår till rena grafitskiffrar, har påträffats i borrhålen K-VAL-4 och 5 (Bilaga 7, 8, 10). Skiffrarna kommer också tydligt fram i de elektromagnetiska undersökningarna (Bilaga 11). Oftast är grafithalten låg (<20 %). Troligen ligger den mellan 5 och 15 %, d.v.s. på samma nivå som grafithalten i skiffrarna i koppargruvan Viscaria, Kiruna (K. Lindblad, pers. comm. 1986). Med motsvarande grafithalter i tuffer inom Vittangi-området behåller bergarterna sina primära lagringsstrukturer (skikt-) medan tuffer med högre grafithalt har en tendens att oftast vara helt massiva (Eriksson & Hallgren 1975).

Tabell 4. De basiska tuffernas kemiska sammansättning i Valasjaure.

%	1.	2.	3.	4.	5.	6	7	8.	9.	10	medel-värde	standard-avvikelse
SiO_2	51.70	38.50	44.10	46.50	44.10	45.60	50.40	51.70	48.20	46.30	46.71	4.06
TiO_2	0.56	0.37	0.59	0.63	0.90	1.04	0.65	1.34	0.39	0.95	0.74	0.31
Al_2O_3	10.40	11.80	15.20	15.80	15.30	14.20	11.00	12.50	17.40	16.70	14.03	2.46
Fe_2O_3	10.29	4.92	7.29	8.44	3.95	6.99	6.55	7.82	2.60	7.60	6.65	2.26
FeO	8.49	8.23	7.72	6.56	6.05	4.76	2.32	3.34	6.00	7.50	6.10	2.08
MnO	0.21	0.44	0.73	0.06	0.09	0.23	0.15	0.31	0.12	0.10	0.24	0.21
MgO	4.79	11.40	8.65	5.12	8.96	7.45	4.74	5.71	10.40	8.31	7.55	2.39
CaO	2.97	7.25	3.14	3.20	6.98	6.78	6.24	5.87	3.69	2.39	4.85	1.93
Na_2O	2.55	1.98	4.00	6.17	3.43	1.52	1.88	4.71	3.93	4.27	3.44	1.47
K_2O	1.33	0.81	2.28	1.34	1.34	4.05	3.90	0.87	0.97	0.75	1.76	1.25
P_2O_5	1.63	0.07	1.51	0.19	0.41	0.31	1.52	0.11	0.10	0.27	0.61	0.66
V_2O_5	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.04	0.01
S	1.31	0.34	1.13	1.34	0.09	2.50	2.71	1.05	0.01	0.32	1.08	0.95
FeS_2	1.14	-	-	1.17	-	2.18	2.39	-	-	-	0.69	0.97
LOI	4.00	11.50	4.00	-	-	-	-	-	-	-	7.75	5.30
Sa	101.40	97.63	99.71	96.56	91.64	97.67	94.60	95.38	93.85	95.52	96.40	2.85
											n = 10	

1. = 1 - 37 6- 39.6
2. = 1 - 42.7- 44.7
3. = 1 - 53.3- 55.3
4. = 2 - 85.8- 86.8
5. = 2 - 110.0-111.0
6. = 4 - 63.2- 65.0
7. = 4 - 145.3-146.3
8. = 5 - 117.3-119.3
9. = 84KKDL 10
10. = 84KKDL 24
- ej analyserat

Tabell 5. De intermediära tuffernas kemiska sammansättning i Valasjaure.

%	1.	2.	medel-värde	standard-avvikelse
SiO_2	57.00	53.00	55.00	2.83
TiO_2	1.07	0.64	0.86	0.30
Al_2O_3	14.80	13.10	13.95	1.20
Fe_2O_3	4.96	8.49	6.73	2.50
FeO	4.63	1.93	3.28	1.91
MnO	0.05	0.12	0.08	0.05
MgO	4.21	4.15	4.18	0.04
CaO	1.53	4.91	3.22	2.39
Na_2O	6.38	5.55	5.97	0.59
K_2O	0.90	1.74	1.32	0.59
P_2O_5	0.15	0.66	0.40	0.36
V_2O_5	0.04	0.04	0.04	0.00
S	0.57	3.99	2.28	2.42
FeS_2	-	3.47	3.47	0.00
LOI	-	-	-	-
Sa	96.29	101.81	99.05	3.90
			n = 2	

1. = 2 - 60.6- 62.0
2. = 3 - 62.4- 63.7
- ej analyserat

6.1.2.2. Agglomerat och lapillituffer

Ett agglomerat definieras enligt Fisher (1961, s. 1412) som en fragmentförande pyroklastisk bergart i vilken fragmenten ligger i storleksklassen >64 mm och vilka har kantavrundats i vulkaniska processer (Tabell 2). Rundade lavafragment, vilka har stelnat under sin luftfärd, kallas bomber.

Pyroklastiska fragment, vilka ligger i storleksklassen 2 - 64 mm, benämns lapilli. En pyroklastisk bergart, vilken utgörs av lapilliförande aska, kallas lapillituff (Fisher 1961, s. 1412).

Inga agglomerat eller lapillituffer har observerats i fält.

6.1.2.3. Pyroklastiska breccior/vulkaniska breccior

Pyroklastiska breccior kan jämföras med agglomerat. Båda bergarterna har samma fragmentstorlek (>64 mm). Formen på fragmenten är dock olika; i agglomeraten är fragmenten runda i förhållande till de kantiga fragmentena i pyroklastiska breccior (Tabell 2). De kantiga fragmentena i en pyroklastisk breccia utgörs av äldre vulkaniter, vilka har rivits loss från vulkanens väggar under eruptionen. Detta leder till det oregelbundna utseendet, vilket är karakteristiskt för de pyroklastiska brecciorna (Persson & Röshoff 1975, s.9).

Fisher (1961) skiljer mellan pyroklastiska och vulkaniska breccior, d.v.s. de är inte synonymer. Termen vulkanoklastisk breccia kan användas för alla vulkaniska breccior utan hänsyn till deras bildningssätt, medan en pyroklastisk breccia har ett noggrant definierat uppkomstsätt (se ovan). Termerna är alltså inte identiska.

I borrhål K-VAL-4 har en ca 50 cm bred breccierad zon observerats (Bilaga 10). Zonen ligger i kontakten mellan den under-

liggande (stratigrafiskt) basiska vulkaniten och den överliggande basiska tuffen. Fragmenten är kantiga och av varierande storlek (3 - 40 mm). De är skiffriga och skiffrigheten sammanfaller inte med mellanmassans skiffrighet. De här fragmenten är oftast ljusa, vilket kan förklaras med kalifältspatomvandlingen i dem. I den basiska tuffens kontakt mot den (stratigrafiskt) överliggande grafitskiffern ligger en krosszon.

Liknande brecciazon har påträffats också i borrhål K-VAL-3, där zonen ligger i kontakten mellan den (stratigrafiskt) underliggande basiska tuffen och den (stratigrafiskt) överliggande basaltiska bergarten (Bilaga 10, Bild 10).

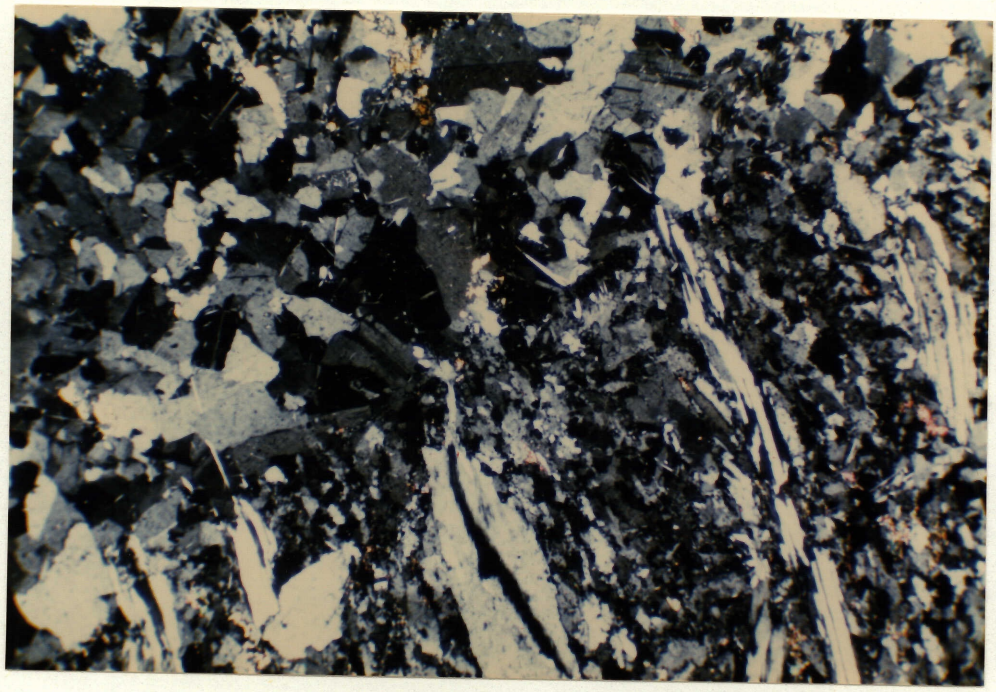


Bild 10. Fragmentförande (breccierad) basisk tuff (3 - 69.60 m, slip 38). 4 x förstoring, korsade nikoler.

6.1.3. Vulkaniska blandbergarter

6.1.3.1. Allmänt

De pyroklastiska bergarterna (kap. 6.1.2.) utgör endast en del av de vulkanoklastiska bergarterna. Inom undersökningsområdet förekommer alla mellanformer från rena pyroklastiter till rena epiklastiter. Fisher (1966b, s. 289) avser med terman epiklastisk mekaniskt avsatt sediment, där materialet utgörs av vittringsprodukter av äldre bergarter. Dessa blandbergarter har i denna avhandling förts under rubriken vulkaniska blandbergarter.

Adjektivet vulkanisk används enligt Fisher (1966b, s. 288) för sediment, vilket härrör sig direkt från vulkanerna. Han använder termen också för sediment, som bildats ur vulkaniska bergarter.

I Tabell 2 (s. 32) finns också vulkaniska blandbergarter under beteckningen "epiklastiska vulkaniska sediment". Det framgår av tabellen att alla vulkaniska blandbergarter med en kornstorlek <2 mm kallas för tuffiter. En mer detaljerad indelning av tuffiter används ibland, då tuffiterna indelas i tre underklasser efter kornstorleken. De grövre epiklastiska vulkaniska bergarterna (kornstorlek >2 mm) utgörs av vulkaniska konglomerat med rundade fragment och av epiklastiska vulkaniska breccior, där fragmenten är kantiga. Beroende av mängden matrix kan de respektive bergarterna ytterligare indelas i olika grupper, t.ex. dåligt respektive välsorterade vulkaniska konglomerat (Tabell 2, s. 32).

6.1.3.2. Tuffogena skiffrar

Oftast är det svårt att dra gränsen mellan en ren epiklastisk bergart och en vulkanisk blandbergart; gränsen är

gradvis. Termen "tuffogen" används för bergarter, där det epiklastiska materialet klart dominerar över materialet med vulkaniskt ursprung (Fisher 1966b, s. 296, Persson & Röshoff 1975, s. 10).

De tuffogena skiffrarna är koncentrerade nära kvartsiten och de förekommer associerade med albitfelserna och kloritskiffrarna strax öster om kvartsiten. Skiffrarna är ofta kraftigt förvittrade p.g.a. den höga kalkhalten (Bild 11, 12). Kalkhalten är ställvis så hög att bergarten har klassificerats som en oren kalksten/kalkrik sediment (Bilaga 1).

De kalkrika sedimenten tolkas representera en mera kalkrik sedimentationsperiod i den vulkaniska miljön och ha nära samband med de övriga vulkaniterna inom området. Längre österut ökar det vulkaniska materialet i bergarten och en gradvis övergång från tuffogena skiffrar till rena tuffer kan observeras. De tuffogena skiffrarna har karterats som tuffer p.g.a. deras nära släktskap. Oftast kan de skiljas från tufferna endast i slipprov, medan den kemiska sammansättningen hos bergarterna är mycket lika.

De tuffogena skiffrarna är tydligt lagrade (Bild 11). Färgen och kornstorleken samt sammansättningen varierar i de olika lagren. Tjockleken på lagren varierar från några mm till flera cm.



Bild 11. En typisk, kraftig vittring hos en kalkhaltig, tuffogen skiffer vid 5637N/4987E. Bilden är tagen mot SW.

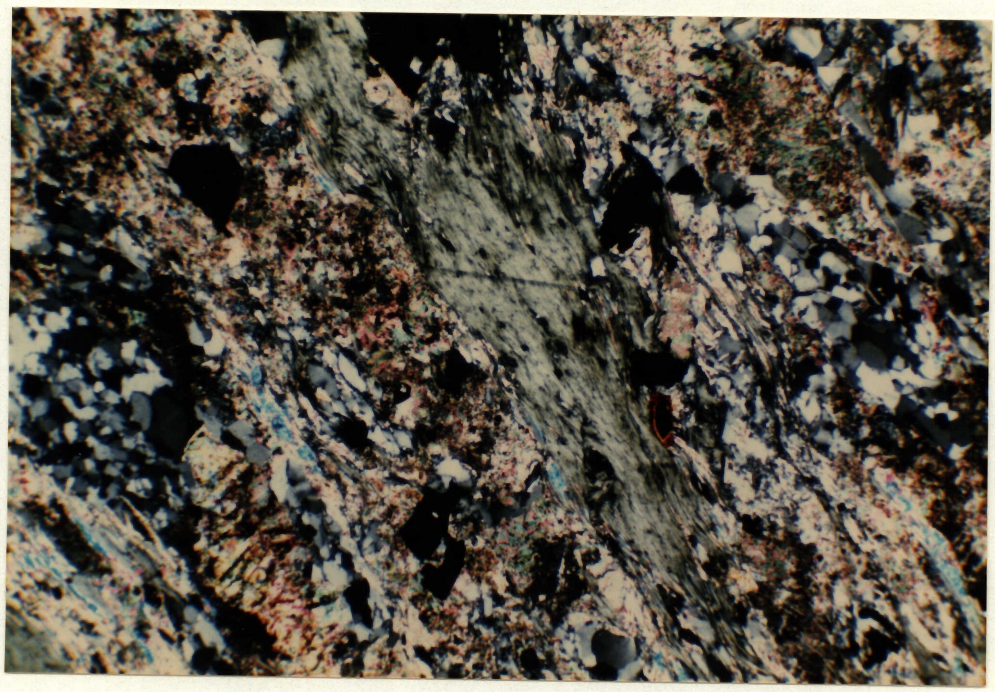


Bild 12. En kalkhaltig, tuffogen skiffer (1 - 45.35 m, slip 20). Kalciten förekommer delvis som mycket finkornig i matrix, delvis som sekundära sprickfyllnader. 4 x förstoring.

Bergarterna utgörs mineralogisk av kvarts, plagioklas (oligoklas) och biotit/klorit samt varierande mängder av muskovit och mikroklin (Bild 13). Som accessoriska mineral förekommer opaka mineral, apatit och zirkon. De opaka mineralerna är tydligt koncentrerade till de mörka, biotitrika skikten, där de följer lagringsplan. Liknande skiffrar med höga biotithalter och med välbevarade primärstrukturer förekommer också i Vittangiområdet, där de har tolkats ha ett sedimentärt ursprung (Frietsch 1966).



Bild 13. En tydlig lagring i en tuffogen skiffer (block, slip 51). 4 x förstoring, korsade nikoler.

De sura mellanlagren (Bild 14, 15) är från några cm till tiotals m långa. En del av dessa mellanlager har troligtvis bildats genom en hög inblandning av magnesium- och skarnmineral i skiffrarna. Detta är fallet t.ex. i Vittangitrakten, där dessa skiffrar gradvis övergår till kvartsbandade järnmalmer (Eriksson & Hallgren 1975).



Bild 14. Ett surt mellanlager i en tuffogen skiffer (1 - 39.10 m, slip 19). 4 x förstoring, korsade nikoler.



Bild 15. Ett surt, boudinerat mellanlager i en tuffogen skiffer vid 5635N/4975E. Bilden är tagen mot NNW.

De primära strukturerna i denna bergart ger ingen säker bild av uppåtriktningen i lagerföljden.

Bergarterna tolkas bestå främst av vittringsprodukter av vulkaniter och eventuellt andra äldre bergarter, däremot är det pyroklastiska materialet dåligt representerat i bergarterna. Därför är det motiverat att kalla dessa bergarter för tuffogena skiffrar.

6.2. Övriga vulkaniter

6.2.1. Allmänt

Även andra vulkaniter utom vulkanoklastiter finns i Valasjaure. De övriga vulkaniterna utgörs av lavor (Bild 16) och lagergångar.

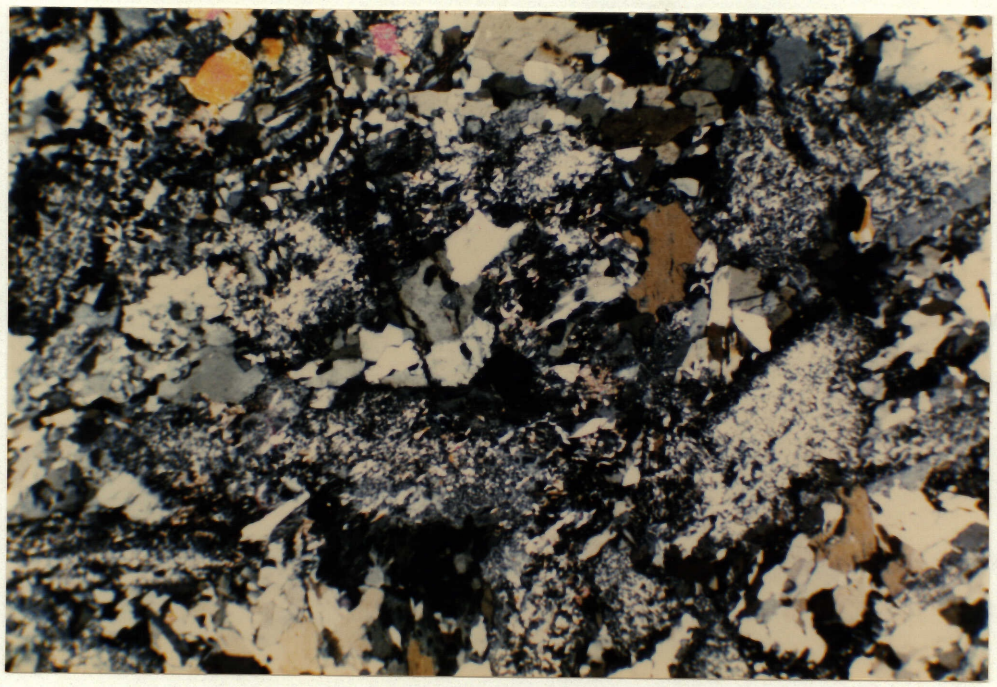


Bild 16. En ofitisk lava (3 - 24.5 m, slip 37) med stora sericitomvandlade plagioklaslister i en matrix främst bestående av plagioklas och hornblände. 4 x förstoring, korsade nikoler.

I Valasjaureområdets västra del förekommer ett mäktigt lager av en grovkornig plagioklasporfyrit.

6.2.2. Plagioklasporfyrit

Plagioklasporfyriten bildar ett mäktigt lager (>1000 m) i västra delen av området. Längst i väster, på fjället Valastjåkka överlagras den av kaledoniska skållbergarter. Massivet är utsträckt i den för området typiska strykningsriktningen (ca 180g).

Plagioklasporfyriten har en basaltisk sammansättning. Den är grågrön och oftast massformig. Kornstorleken varierar mellan grov- och medelkornig, också finkorniga varianter förekommer lokalt. Bergarten har ofitisk textur med upp till 5 mm stora listformiga plagioklasströkorn i en finkornigare mellanmassa bestående främst av plagioklas och amfibol. Enstaka pyritkorn uppträder allmänt. Bergarten är omagnetisk.

Mikroskopiskt består bergarten av stora (upp till 5 mm) plagioklaslister i en serpentiniserad matrix (Bild 17 - 19). Plagioklasen har oftast tvillingar. En stor del av plagioklasen är seriticerad eller saussuritiserad. Många av kornen är söndertrasade. Plagioklasen motsvarar kemiskt oligoklas - andesin (An_{13-34}) d.v.s. den är Na-rik.

Amfibolen bildar små aggregat (Ø ca 1 mm). De är ofta rundade och kan antas ha bildats genom metamorfos av pyroxener. Amfibolerna förekommer också som långa, pelarformiga kristaller, vilka visar endast en tydlig spjälkningsriktning, parallell med kristallernas längdaxel. Amfibolen är färglös (troligen cummingtonit) till grönaktig (troligen aktinolit). Den färglösa varianten ökar på den grönaktiga variantens bekostnad mot öster.

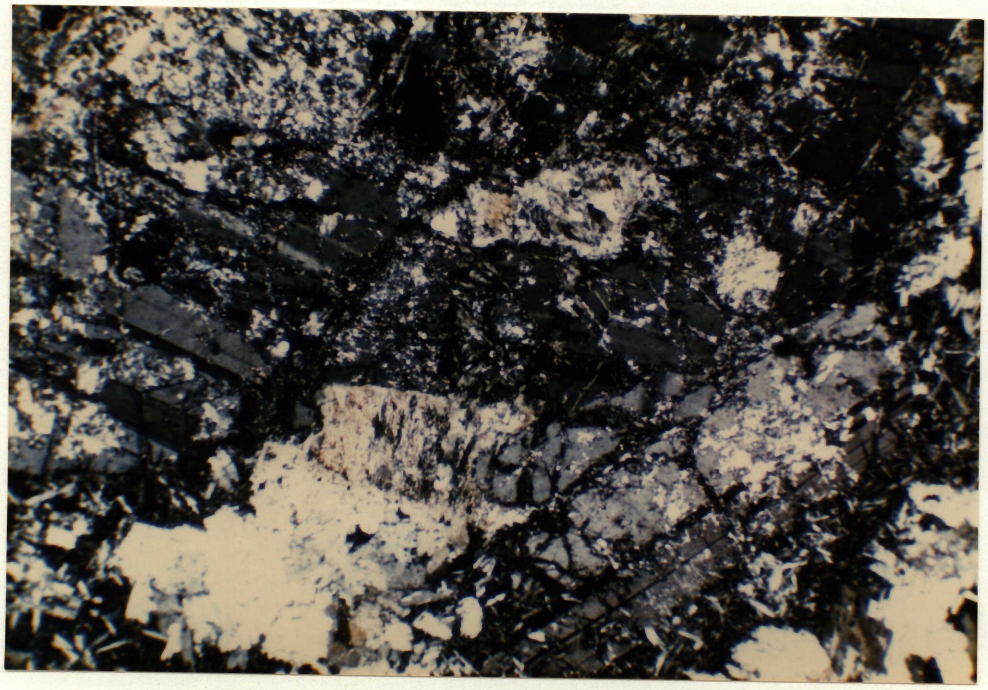


Bild 17. Plagioklasporfyrit (85KHTL11, slip 13) vid 5450N/4240E. Trasiga lister av plagioklas och amfibol (troligen cummingtonit) i en serpentiniserad och kloritiserad matrix. Ställvis är texturen ofitisk. 4 x förstoring, korsade nikoler.

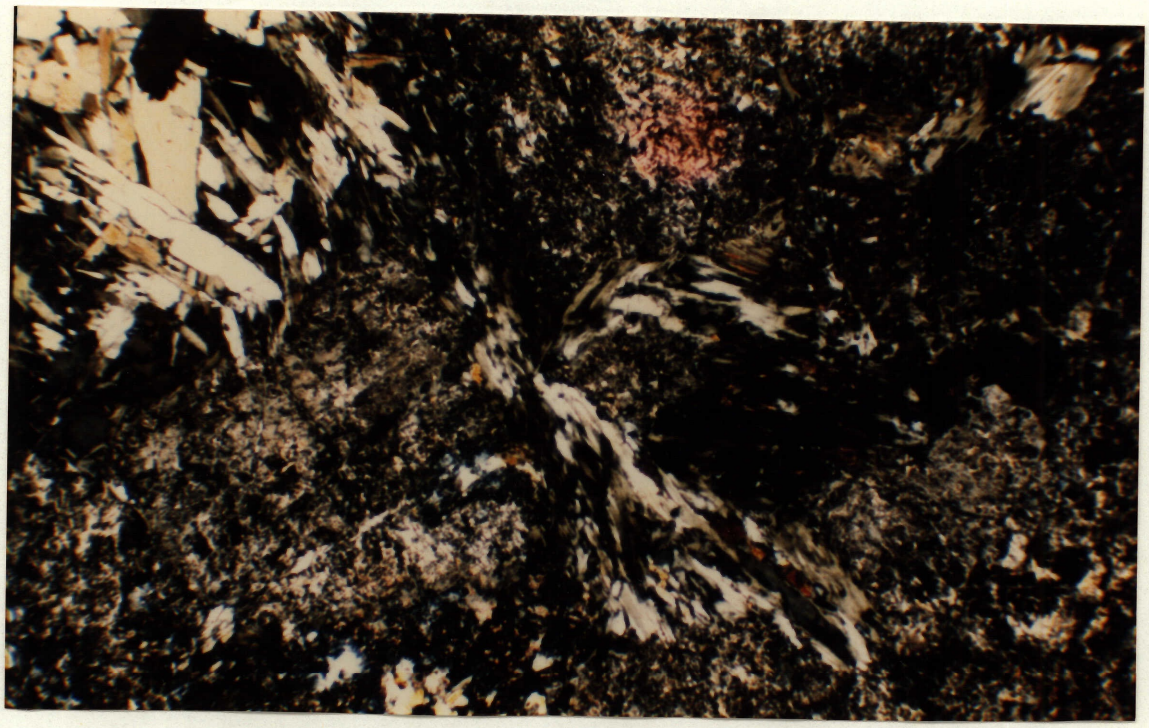


Bild 18. Något omvandlad plagioklasporfyrit (84KKDL49, slip 11) vid 5635N/4515E. Omvandlingen har resulterat i epidotbildning (jmf Bild 15). 4 x förstoring, korsade nikoler.

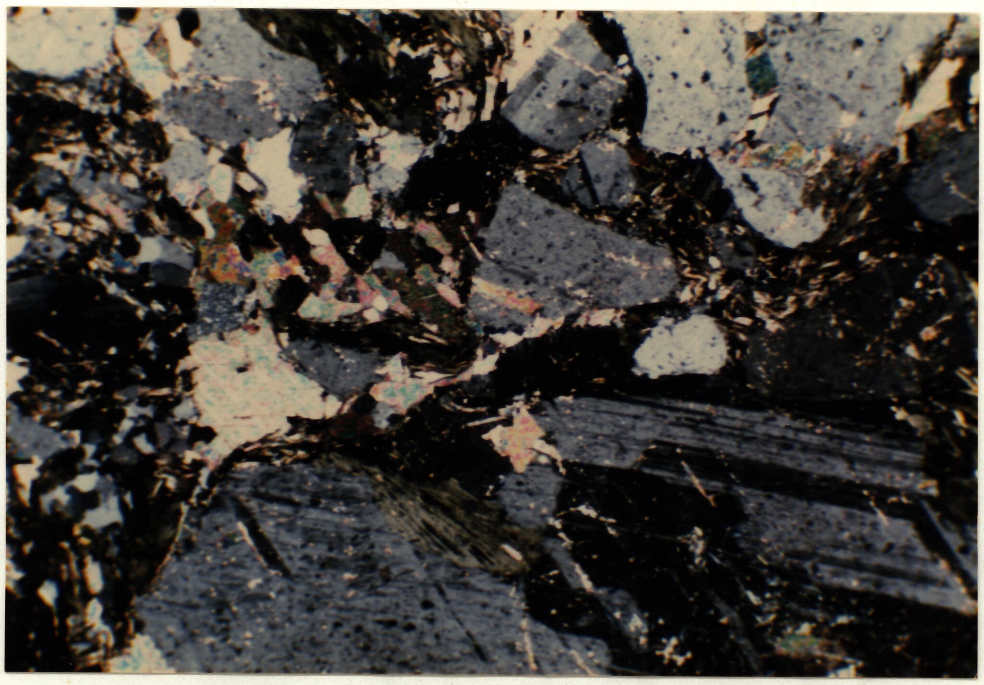


Bild 19. Plagioklasporfyrit (slip 6) vid 5443N/4962E. Stora kantavnötta lister av plagioklas och amfibol (troligen cummingtonit) och grön biotit i en serpentinitiserad och kloritiserad matrix. Kalcit och de tunna kvartsfyllda slirorna antas ha bildats sekundärt.

Klorit och serpentin är de vanligaste mineralerna i matrix. Epidot förekommer lokalt i större mängder samt ofta i mm-breda sprickor. Också kalcit är vanligt, lokalt kan den bilda 30 - 40 % av bergarten (Slip 6, Bild 19). Som accessorier förekommer biotit, titanit, kvarts, apatit och opaka mineral. Biotiten är grön och den tolkas vara en omvanlingsprodukt av amfibolerna. Titaniten har ett "sockrigt" utseende och den kan lokalt förekomma i betydande mängder. Kvartsen förekommer som små, omkristalliserade aggregat. Mängden biotit, titanit och kvarts ökar mot öster, vilket tolkas så att mineralerna har bildats sekundärt nära kontaktzonen till de angränsande bergarterna.

Detta har skett i samband med den regionala metamorfosen. De opaka mineralerna förekommer främst i lagrets östra del, där de ofta är fyrkantiga eller breccierade. Antagligen består de av magnetit.

I nära samband med porfyrithorisonten förekommer ett flertal lavabäddar växellagrade med de pyroklastiska bergarterna.

Plagioklasporfyritens och de associerade lavabergarternas kemi behandlas i kapitel 9.

6.2.3. Gångbergarter

Ett antal smala (1 - 3 m) gångar skär sekvensen bestående av pyroklastiter och lavabergarter. Riktningen på gångarna är ca 370g. Bergarten är ljusare, oftast något finkornigare, än plagioklasporfyriten och lavorna. Sammansättningen skiljer sig från lavornas sammansättning; gångbergarterna är andesitiska. Gångbergarterna har observerats endas på ett fåtal ställen i det detaljkarterade områdets östra del och observationer i borrkärnor saknas helt.

6.4. Epiklastiska bergarter

6.4.1. Allmänt

Det epiklastiska materialet som avlagrades i Valasjaureområdet har nära samband med den basiska vulkanismen.

De bergarter, vilka klassificerades som epiklastiter i fält, består av en mäktig lins av kvartsit och flera tunna albitfelshorisonter. Mängden epiklastiskt material i tuffiterna var

omöjlig att bestämma under fältarbetet. Uppfattningen om de epiklastiska materialmängderna har fåtts genom mikroskopering.

6.4.2. Kvartsit

Kvartsiten bildar en mäktig lins i det centrala området. Endast en lins har observerats. Kvartsiten är ca 70 m lång och åtminstone 60 m bred på det tjockaste stället. Den smalnar av både mot norr och söder. I den norra delen påträffas albitfelslager i samma stratigrafiska läge som kvartsiten. Kvartsitlinsens längdaxel följer den för området karakteristiska strykningsriktningen (370g). Linsens stupning varierar från en mycket brant stupning på markytan till ca 60g stupning mot väster i borrhål (K-VAL-1 1, Bilaga 4).

Kvartsiten är vit, ibland rödaktig. Den är fin- till medelkornig. Huvudmineralen är kvarts, vilket utgör 70-80 %, ibland så mycket som 90 % av bergarten. Den undulerande utsläckningen hos kvartsen tyder på en stark tektonisk påverkan. Därför kan kornstorleken inte anses vara primär, en senare omkristallisation har säkerligen modifierat kvartskornens storlek. Som övriga, oftast förekommande mineral finns delvis seriticerad plagioklas, klorit, kalifältspat och zirkon. Kloriten är grön och ställvis kan man se att kloriten utgör en omvandlingsprodukt av biotit. Kalifältspaten har fått en flammig utsläckning vid metamorfosen.

Muskovit och opaka mineral förekommer som accessorier tillsammans med mera sällsynt titanit och cummingtonit. De opaka mineralen är delvis rödaktiga och antas därför bestå av hämatit. De har ofta en omvandlingszon runt kanterna. Omvandlingszonerna och de ställvis förekommande oregelbundna missfärgningarna i bergarten (troligen limonit) tolkas vara bildade under tiden då

det okonsoliderade kvartssedimentet var utsatt för vittring.

I mikroskop observeras en tydlig lagring i bergarten. Lagringen utgörs av växlande ljusa och mörka skikt. De ljusa skikten består av kvarts, de mörka skikten utgörs av klorit och opaka mineral. Storleken på kvartskornen i de ljusa skikten är närmast konstant inom ett skikt, kornstorleken varierar endast mellan olika skikt. Inga regelbundna kornstorleksvariationer har dock kunnat observeras p.g.a. den begränsade sekvensen ett slip representerar.

Två bergartsanalyser har utförts på kvartsiten (Appendix 1). Medelvärden och standardavvikelser redovisas i Tabell 6 nedan.

6.4.3. Albitfels

Albitfelsen inom Valasjaureområdet utgörs av flera smala lager. Fem olika horisonter har observerats.

Lagren följer den allmänna strykningsriktningen (3809) på kvartsitens östra sida och böjer sig runt kvartsitens norra del. Albitfelshorisonterna kan också följas norr om kvartsiten, där de ligger i samma stratigrafiska läge som kvartsiten. Tjockleken på albitfelserna varierar från några cm till ett par meter. Albitfelserna är ställvis mycket rostiga och förvittrade på ytan p.g.a. att bergarten innehåller rikligt med kismineral samt magnetit (Bild 5). Zonerna kan följas genom hela det blottade, centrala området, d.v.s. ca 300 m i strykningsriktnignen. I borrkärnorna har albitfelsen också påträffats (K-VAL-1 och -2, Bilaga 4).

Albitfelserna är grå, ibland rödaktigt grå och tydligt bandade. Bergarten är finkornig eller tät. Ofta förekommer tunna band av magnetit, vilket gör bergarten ställvis starkt magne-

tisk. I albitfelsen har också smärre fragment av basisk tuff (tuffit?) observerats.

Mineralogiskt liknar albitfelsen kvartsiten. Kvarts, plagioklas och kalifältspat är huvudmineralen. Andelen kvarts är dock inte så hög som i kvartsiten. Andelen plagioklas (albit) och kalifältspat är däremot högre än i kvartsiten. De mineralogiska skillnaderna mellan kvartsit och albitfels kan också observeras i bergarternas kemiska sammansättning (Tabell 6). Plagioklaskornen är stora och kraftigt seriticerade. Också brun biotit, dels omvandlad till klorit (grön) samt muskovit förekommer. Accessorierna utgörs av zirkon, titanit, kalcit och opaka mineral. Kalcitkornen har lokalt stor utbredning och de antas vara sekundära. De opaka mineralerna består av kopparkis, pyrit, magnetkis och magnetit och de förekommer delvis i lagerplan och i sprickor, delvis som impregnation.

Lagringen i albitfelserna beror delvis på de omväxlande ljusa och mörka skikten, delvis på kornstorleksvariationerna mellan de skilda lagren. De ljusa lagren utgörs nästan uteslutande av kvarts, plagioklas (albit) och kalifältspat, emedan i de mörka skikten dominerar klorit/biotit och opaka mineral.

På grund av kvartsitens och albitfelsernas mineralogiska likhet tolkas bergarterna vara mycket nära besläktade. Skillnaderna i de enskilda mineralernas förhållande till varandra kan ha berott på lokala olikheter i avsättningsmiljön.

Bergartsanalyserna av albitfelser samt analysernas standardavvikelser redovisas i Tabell 6. De kemiska skillnaderna mellan kvartsiten och albitfelserna har troligen också delvis sekundära orsaker. Den högre Na_2O-halten i albitfelserna (jämfört med kvartsiten) kan t.ex. förklaras genom att albitfelserna har blivit mera metamorfoserade p.g.a. mineralernas mindre motståndskraft.

Tabell 6. Kvartsitens och albitfelsernas kemiska sammansättning i Valasjaure.

%	1.	2.	medel-värde	standard-avvikelse	3.	4.	5.	medel-värde	standard-avvikelse
SiO_2	92.90	91.10	92.00	1.27	53.30	71.10	62.50	62.30	8.90
TiO_2	0.23	0.18	0.20	0.04	0.30	0.26	0.59	0.38	0.18
Al_2O_3	3.28	3.66	3.47	0.27	9.78	5.61	12.10	9.16	3.29
Fe_2O_3	1.10	0.43	0.77	0.47	8.44	7.60	2.60	6.21	3.16
FeO	1.41	0.77	1.09	0.45	8.10	8.50	7.50	8.03	0.50
MnO	0.09	0.06	0.08	0.02	0.07	0.01	0.02	0.03	0.03
MgO	0.58	0.25	0.42	0.23	4.40	1.02	1.54	2.32	1.82
CaO	0.19	0.41	0.30	0.15	3.83	0.34	0.99	1.72	1.86
Na_2O	0.75	1.28	1.02	0.37	3.79	2.39	5.77	3.98	1.70
K_2O	0.69	0.34	0.52	0.25	0.87	0.11	0.51	0.50	0.38
P_2O_5	0.03	0.05	0.04	0.01	0.10	0.10	0.32	0.17	0.13
V_2O_5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01
S	0 31	0.04	0.17	0.19	2.16	1.01	2.52	1.90	0.79
FeS_2	-	-	-	-	1.88	-	-	1.88	0.00
LOI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sa	101.48	98.52	100.00	2.05	97.06	98.09	96.77	97.31	0.70
			n = 2					n = 3	

1. = 1 - 9.9- 11.9 kvartsit
2. = 2 - 27.0- 28.0 kvartsit

3. = 2 - 54.3- 54.6 albitfels
4. = 84KKDL 11 albitfels
5. = 84KKDL 27 albitfels
- ej analyserat

7. Tektonik

Bergarterna inom Valasjaure kan delas i två tektoniskt olika grupper.

I det västra och de centrala delarna av området (ungefär mellan 4900 och 5200E i staksystemet, Bilaga 1) är bergartssekvensen mycket kraftigt förskiffrad i nord-sydlig riktning. Skiffrigheten följer lagringsriktningen mycket regelbundet; detta kan antingen ha primära orsaker eller också kan det ha uppstått sekundärt, t.ex. genom transposition under bergarternas (senare) deformation. Lokalt kan skiffrigheten variera något, som t.ex. vid (den östra) kontakten mellan kvartsiten och kloritskiffern (Bild 20).

Skissen (Bild 20) visar den skarpa kontakten mellan kvartsiten och kloritskiffern i kvartsitens sydligaste del. I kontakten förekommer det en 5 - 15 cm bred kloritskifferzon som böjer sig runt kvartsiten. Skiffrigheten följer omböjningen.

I de östligaste delarna av det undersökta området (från ca 5200E och österut i staksystemet) har den nord-sydliga skiffrigheten inte observerats. Däremot förekommer det flera stycken några dm-breda sprickor i den basiska vulkaniten (Bilaga 1). Dessa sprickor är rostiga och kraftigt förvittrade och fyllda med pyrit. Ställvis förekommer ansamlingar av surt material (uteslutande albitiskt) i dessa sprickor. Också mm-breda albitfyllda sprickor är allmänt representerade inom de östra delarna av undersökningsområdet. De allra yngsta stadierna av omvandlingarna har resulterat i epidot- och kalifältspatfyllda, mm-breda, oregelbundna sprickor inom det östra området.

Gränsen mellan de centrala och de östligare delarna sammanfaller vid bäcken vid ca 5200E i staksystemet (Bilaga 1). Gränsen är inte blottad och den antas utgöras av en förkastning i nordsydlig riktning.

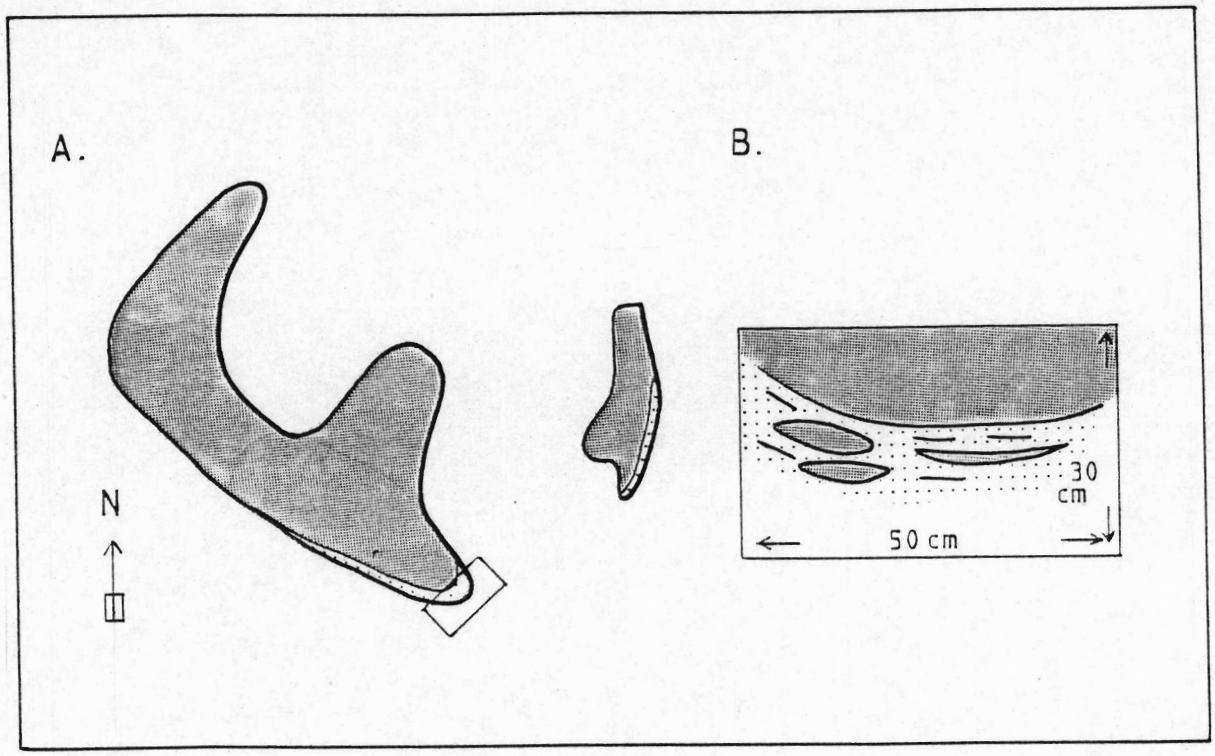


Bild 20. Skiss över kontakten kvartsit (grå) och kloritskiffer (prickad).

A. Översikt vid kvartsitens SE-del. Skala 1:200.

B. Detalj vid 5445N/4995E. Skiffrigheten i kloritskiffern följer kontakten kvartsit/kloritskiffer.

8. Metamorfos

Bergarternas mineralogi i Valasjaureområdet tyder på en metamorfos i grönskifferfacies. Denna facies karakteriseras av mineralassociationen aktinolit + klorit + epidot + albit + kvarts + biotit + titanit + kalcit enligt Laird & Albee (1981). Inga högmetamorfa mineral har påträffats i undersökningen. För den låga metamorfosgraden är det också typiskt att biotiten har gröna/bruna färger istället för de bruna/rödaktigt bruna färgerna som dominerar i kraftigare omvandlade terränger (Battey 1982). Även förekomsten av kvarts + albit i stället för t.ex. kvarts + oligoklas eller plagioklas + ortoklas tyder på att metamorfosen har varit måttlig.

Enligt Battey (1982) omvandlades basiska magmabergarter och kalkhaltiga skiffrar i en regional metamorfos till (hornblände + plagioklas + granat) - respektive (epidot + hornblände) - förande bergarter. Detta har observerats i grönstensområdena i östra Norrbotten, där tuffer/tuffiter och basiska lavabergarter har omvandlats till en grov amfibolitisk grönsten (Lindroos & Henkel 1981). Omvandlingsprodukterna är ofta skiktade, hornbländerika och lokalt kraftigt skapolitiserade. Mineralparagenesen består av grönskifferfacies mineral; hornblände, aktinolit, plagioklas, biotit, klorit och kvarts (Lindroos & Henkel 1981). I Valasjaure är metamorfosgraden lägre än den som Lindroos & Henkel (1981) beskrev hos grönstenarna i östra Norrbotten.

Skiöld & Cliff (1984) anser att den regionala grönskifferfaciesmetamorfosen i Norrbotten är tidigare än själva den svekokarelska orogenin. Dessa metamorfa förhållanden varade i alla fall med säkerhet till 1700 Ma (Skiöld 1982).

9. Kemisk analys av bergarterna

9.1. De analyserade proven

Samtliga bergarts- respektive spårämnesanalyser finns redovisade i Appendix 1 och 2.

Bergartsanalyser har gjorts på plagioklasporfyrit (8 st. analyser) samt associerade basiska lavor (5 st. analyser), basiska och intermediära tuffer (10 resp. 2 st. analyser), kloritskiffrar (2 st. analyser), kalkrika sediment (2 st. analyser) samt albitfelser (3 st. analyser) och kvartsit (2 st. analyser). Därtill har 3 st. analyser utförts på intermediära och basiska vulkaniter, vilka har inte kunnat inneslutas i någon av de ovannämnda grupperna. I Tabell 7 redovisas medelvärdena samt standardavvikelserna för samtliga bergarter.

De pyroklastiska bergarterna inom Valasjaureområdet varierar till sin kemiska sammansättning från basaltisk till andesitisk (Spitz & Darling 1974). SiO_2-halterna varierar från 44 till 57 vikts-%. Den övervägande delen av tufferna har SiO_2-halter mellan 44 och 52 %. Den genomsnittliga SiO_2-halten ligger på 47 och 55 % för basisk respektive intermediär tuff.

Den basiska och den intermediära tuffen skiljer sig kemiskt också i och med att FeO-, MgO- och CaO-halterna är lägre samt Na_2O- och S-halten högre i den intermediära tuffen i jämförelse till den basiska tuffen.

De till tufferna associerade kloritskiffrarna och kalkrika sedimenten har liknande SiO_2-halter, ca 45 %. Fe_2O_3-, FeO-, MgO-, CaO- samt Na_2O-halterna är däremot betydligt högre i det kalkrika sedimentet än i kloritskiffern. Bergarterna är dock mycket heterogena, vilket visas i bergarternas stora standardavvikelser, speciellt mycket varierar just MgO- och CaO-

Tabell 7. Medelvärden (Xmed) och standardavvikelserna (Sd) för samtliga analyserade bergartsprov i Valasjaure.

%	Plagioklas-porfyrit		Associerade basiska lavor		Tuffer basiska		intermediära	
	Xmed	Sd	Xmed	Sd	Xmed	Sd	Xmed	Sd
SiO_2	47.35	1.96	49.12	1.68	46.71	4.06	55.00	2.83
TiO_2	0.40	0.19	0.94	0.17	0.74	0.31	0.86	0.30
Al_2O_3	17.01	1.51	14.28	1.12	14.03	2.46	13.95	1.20
Fe_2O_3	5.28	0.96	8.02	1.01	6.65	2.26	6.73	2.52
FeO	3.81	0.81	3.52	1.42	6.10	2.08	3.28	1.91
MnO	0.14	0.04	0.31	0.07	0.24	0.21	0.08	0.05
MgO	11.21	2.73	6.71	1.83	7.55	2.39	4.18	0.04
CaO	7.40	1.14	9.16	1.41	4.85	1.93	3.22	2.39
Na_2O	2.50	0.81	3.00	0.95	3.44	1.47	5.97	0.59
K_2O	0.94	0.42	1.59	1.37	1.76	1.25	1.32	0.59
P_2O_5	0.10	0.05	0.15	0.10	0.61	0.66	0.40	0.36
V_2O_5	0.02	0.02	0.04	0.02	0.04	0.01	0.04	0.00
S	0.10	0.06	0.46	0.37	1.08	0.95	2.28	2.42
FeS_2	-	-	-	-	0.69	0.97	1.74	2.40
LOI	-	-	-	-	1.95	3.74	-	-
Sa	96.28	0.75	97.33	1.29	96.40	2.85	99.05	3.90
Antal obs:	8		5		10		2	

- ej analyserat

Tabell 7. (forts.)

%	Klorit-skiffer		kalkrik sediment		kvartsit		albitfels	
	Xmed	Sd	Xmed	Sd	Xmed	Sd	Xmed	Sd
SiO_2	45.60	12.16	45.35	2.62	92.00	1.27	62.30	8.90
TiO_2	0.24	0.00	0.52	0.33	0.20	0.04	0.38	0.18
Al_2O_3	7.71	0.57	8.81	1.17	3.47	0.27	9.16	3.29
Fe_2O_3	11.17	3.63	5.05	2.33	0.77	0.47	6.21	3.16
FeO	9.18	2.66	3.50	0.99	1.09	0.45	8.03	0.50
MnO	0.23	0.02	0.16	0.01	0.08	0.02	0.03	0.03
MgO	5.11	5.37	15.80	5.23	0.42	0.23	2.32	1.82
CaO	7.91	9.18	9.98	2.16	0.30	0.15	1.72	1.86
Na_2O	0.28	0.36	1.33	1.50	1.02	0.37	3.98	1.70
K_2O	0.43	0.04	0.31	0.23	0.52	0.25	0.50	0.38
P_2O_5	0.10	0.00	0.15	0.07	0.04	0.01	0.17	0.13
V_2O_5	0.04	0.01	0.05	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01
S	0.79	0.49	0.01	0.00	0.17	0.19	1.90	0.79
FeS_2	-	-	-	-	-	-	0.63	1.09
LOI	6.55	9.26	6.30	8.91	-	-	-	-
Sa	95.34	4.96	97.31	3.16	100.00	2.09	97.31	0.70
Antal obs:	2		2		2		3	

- ej analyserat

samt SiO_2-halterna i kloritskiffern.

Plagioklasporfyriten samt de associerade lavabergarterna är rätt homogena. SiO_2-halterna för plagioklasporfyriten varierar mellan 44 och 50 % med en jämn fördelning. De associerade lavorna är något surare med SiO_2-halter från 47 till 52 %, med övervägande SiO_2-halter under 50 %. Lavornas SiO_2-, TiO_2-, Fe_2O_3-, CaO- och K_2O-halter är högre, Al_2O_3- och MgO-halterna däremot lägre i jämförelse med plagioklasporfyriten.

Bergarternas kemi kommer att behandlas mera ingående i följande kapitel (Kap. 9.2).

9.2. Kemisk klassificering av vulkaniterna

Skillnader i den kemiska magmasammansättningen används ofta för att klassificera vulkaniska bergarter (Condie 1976c, Irwine & Baragar 1971, Miyashiro 1972, Pearce & Cann 1973, Spitz & Darling 1975). Endast huvudelementen har utnyttjats för ändamålet i denna avhandling, för att spårämnesanalyserna inte har den nödvändiga noggrannheten. Alla bergartsprov, i vilka huvudelementen är analyserade, har inte heller analyserats på spårelement. Därför kommer spårelementen endast att anges för att man skall få en uppfattning om deras nivå i bergarterna inom undersökningsområdet.

Endast bergarter av klart magmatiskt ursprung har inritats i de följande diagrammen (Bild 21 - 24, 26). Pyroklastiterna och de pyroklastiska blandbergarterna representerar inte modermagmans sammansättning, vilket gör dem olämpliga för den här typens klassificering av vulkaniter.

Den primära magmasammansättningen kan förändras genom metamorfos, vittring eller liknande omvandlingsprocesser. Olika element mobiliseras olika.

Pearce (1976) har undersökt huvudelementenas rörlighet under submarin respektive subaerial vittring. Hans resultat redovisas i Tabell 8.

Tabell 8. Mobilitet hos huvudelement vid vittring.
(Efter Pearce 1976).

	vittring		
	submarin	subaerial	
mycket mobil	H_2O, Fe_2O_3/FeO, K_2O	H_2O	+
	CaO, MgO	CaO, Na_2O,	-
		MgO, K_2O,	-
mobil	Na_2O, SiO_2	SiO_2	-
något mobil	Fe*, TiO_2		+
immobil	Al_2O_3	Fe*, Al_2O_3, TiO_2	

(+ ökar, - minskar med vittring)

De flesta elementen anses dock vara immobila under metamorfos vid låga temperaturer, d.v.s. upp till grönskifferfacies metamorfos (Pearce & Cann 1973). Mullen (1982) anser dock MnO och P_2O_5 mycket mobila redan vid låga temperaturer.

Spilitisering, serpentinisering och karbonatisering är viktiga omvandlingsprocesser i grönstensbälten (Condie 1981). De mycket rörliga huvudelementoxiderna vid spilitiseringen är CaO,

Al_2O_3 (minskar) och H_2O (ökar) enligt Pearce (1976). Enligt Pearce (1976) består rörliga oxider av K_2O (minskar) och Na_2O, SiO_2 samt MgO + FeO (ökar). TiO_2 och Fe_2O_3/FeO antar Pearce (1976) vara immobila. Spilitiseringen ökar också P_2O_5-halten i basiska vulkaniter (Mullen 1982).

Vid serpentinisering minskar Al_2O_3, CaO, Na_2O + K_2O, SiO_2 och den totala järnhalten (Condie 1981). Detta material bildar karbonat-kiselbergarter, vilka är vanliga t.ex. i Barbertonområdets grönstenar (Viljoen & Viljoen 1969b).

Karbonatiseringen är vida spridd i många grönstensbälten, t.ex. i Barberton (Condie 1981). Karbonatiseringen innebär en minskning av SiO_2, Al_2O_3, MgO, CaO och K_2O samt en ökning av FeO, TiO_2 och H_2O i moderbergarten (Condie 1981, Condie et al. 1977). Liknande trender har observerats också i Kanada (Wilson et al. 1965).

Av spårämnena antas Rb och Sr mycket mobila (Davies et al. 1979). Enligt dem är Ni, Cu och Zn moderat mobila och de relativt immobila elementen utgörs av Y, Zr, Cr och Co. Ofta anses också Nb, Ce, Ga och Sc som immobila (Cann 1970, Garcia 1978, Pearce 1976, Pearce & Cann 1973). Vissa spårelement, t.ex. Zr, har dock visat sig variera från lokal till lokal och från en region till en region (Holm 1984). Enligt Garcia (1978, s. 156) visar de flesta spårelementena (t.ex. Ba, Cu, Ni, Pb, Sr och V) mera variationer med ökande metamorfosgrad.

Bild 21 visar ett AFM-triangeldiagram där A står för Na_2O + K_2O, F för den totala järnhalten beräknad som FeO och M för MgO. Enligt Irwine & Baragar (1971, s. 258) delar linjen i diagrammet bergarterna i ett tholeiitiskt och ett kalk-alkalint fält. Diagrammet är endast riktgivande beroende på att alkalier, järn och magnesium kan vara mobila vid hydrotermala omvandling-

ar. Oftast ökar halterna av kalium och järn i förhållande till natrium och magnesium (Pearce 1976, s. 30). Det framgår ur diagrammet att vulkaniterna i Valasjaure följer en differentiationstrend, vilken är typisk för thoeleiitisk magmautveckling.

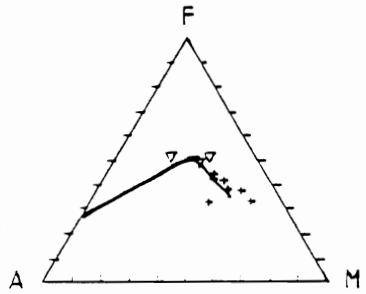


Bild 21. AFM-diagram för vulkaniterna i Valasjaureområdet.
(+) plagioklasporfyrit, (▽) associerade lavor.

Den tholeiitiska trenden bör också komma fram i bergartsseriens FeO*/MgO-förhållanden (FeO* = FeO + Fe_2O_3). I en tholeiitisk serie minskar förhållandet FeO*/MgO med ökande SiO_2-halt (Miyashiro 1974). I en kalk-alkalin serie är förhållandet omvänt. Förhållandet FeO/MgO ökar med ökande SiO_2-halt i vulkaniterna i Valasjaure (Tabell 9, Bild 22). På grund av att bergartsserien i Valasjaure representerar en mycket begränsad del av grönstensformationen tyder detta på en magmatisk differentiation i bergartsserien snarare än på en viss plattektonisk miljö.

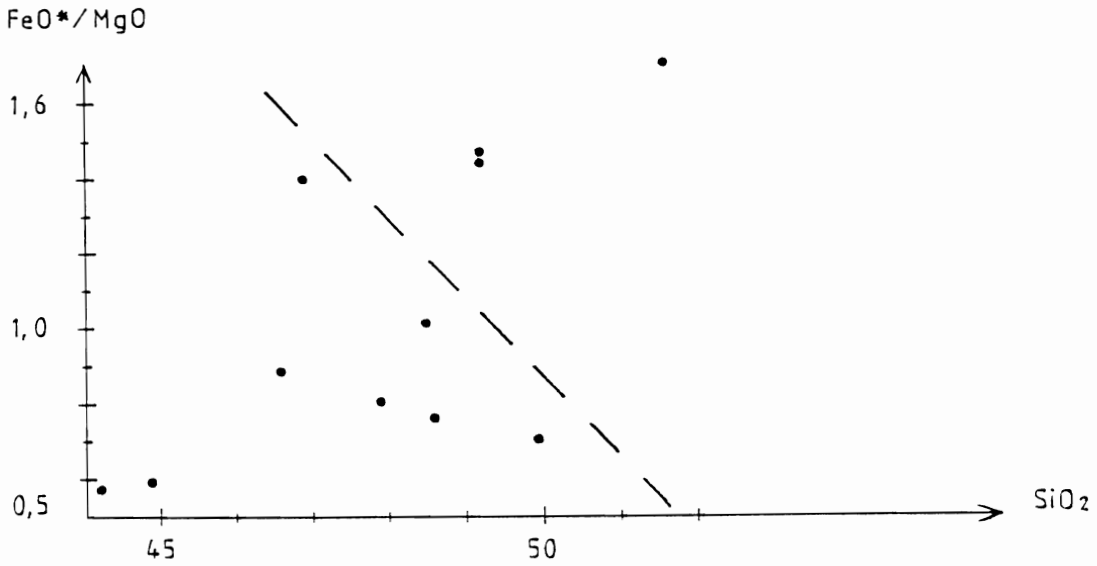


Bild 22. FeO*/MgO versus SiO_2-diagram för vulkaniterna i Valasjaure. En svag negativ korrelation föreligger (den streckade linjen). Diagram efter Miyashiro (1974, s. 325).

Den största skillnaden mellan den tholeiitiska och den kalk-alkalina bergartsserien är de olika aluminiumhalterna. Aluminium är dock mycket mobilt vid ökning av metamorfosgraden (Irwine & Baragar 1971) och har därför inte använts i klassificering av vulkaniterna i Valasjaure.

I Bild 23 har vulkaniterna inritats i ett SiO_2-alkali-diagram. Bergarterna klassificeras som (alkali)basalter efter Zanettin (1984). Alkalibasalterna bildar en undergrupp i basalt-gruppen, i dess alkalirikaste del.

Tabell 9. SiO_2-, TiO_2-, MgO-, CaO-, Na_2O-, FeO* - halterna samt förhållandet FeO*/MgO för plagioklasporfyriten och de associerade lavabergarterna i Valasjaure.

	85K HTL29	85K HTL11	85K HTL10	84K KDL28	85K HTL9	84K KDL25	84K KDL15	5- 26.8 -27.7	4- 21.1 -22.0	85K HTL27	3- 23.6 -24.6	3- 51.3 -52.2
SiO_2	46.60	44.20	44.90	49.90	48.60	47.90	48.50	48.70	49.20	49.20	46.90	51.60
TiO_2	0.51	0.11	0.16	0.39	0.33	0.43	0.69	0.76	1.06	1.06	1.07	0.73
MgO	9.72	14.70	15.20	12.50	8.23	11.60	8.76	3.86	7.86	8.31	7.60	5.93
CaO	9.38	7.56	6.92	6.65	8.55	5.67	7.41	11.50	8.21	8.92	7.94	9.21
Na_2O	2.27	1.52	1.60	2.09	3.02	2.84	2.73	1.89	3.29	2.71	2.68	4.44
FeO*	8.57	8.42	8.91	8.36	6.21	9.23	9.57	9.51	11.58	11.94	10.57	10.10
FeO*/MgO	0.88	0.57	0.59	0.70	0.76	0.80	1.09	2.47	1.47	1.44	1.40	1.70
	Väster		P O R F Y R I T						L A V A			Öster

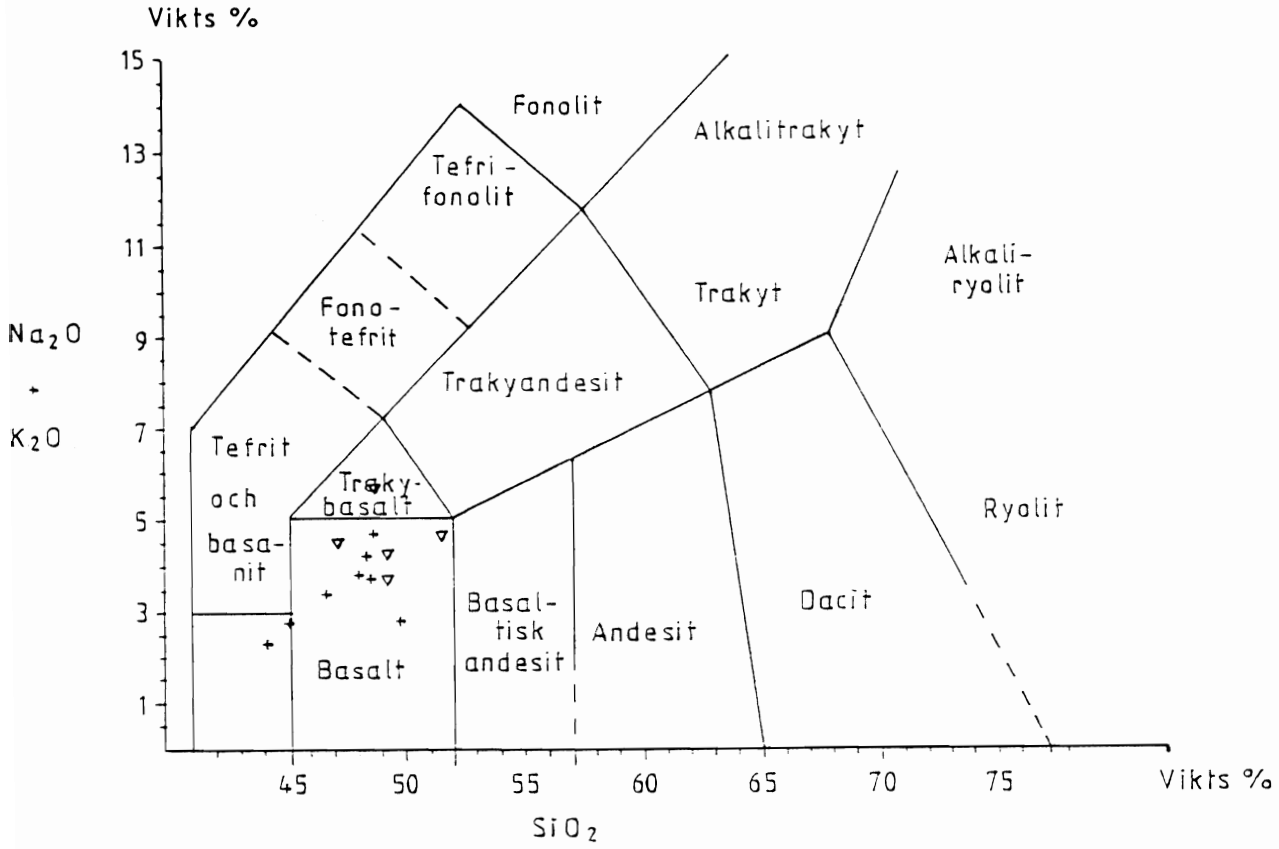


Bild 23. Klassificering av Valasjaure-vulkaniterna i ett SiO_2-alkali diagram efter Zanettin (1984). (+) plagioklasporfyrit, (▽) associerade lavor.

I Bild 24 har vulkaniternas TiO_2-halt inritats mot SiO_2-respektive MgO-halten. En klar differentiationstrend från den något tidigare plagioklasporfyriten till de senare lavorna förekommer. Detta kan också ses i Tabell 9, där det utvalda analysresultatet ger samma trend som Bild 24. I Tabell 9 utgör analyserna en W-E-profil. Bergarterna blir något SiO_2-rikare mot öster. Också TiO_2, Na_2O- och den totala järnhalten ökar i östlig riktning, emedan halten MgO minskar. CaO-halten minskar

i profilens västra del, senare ökar den något. Den senare ökningen antas ha sekundära orsaker. Den västligaste delen av profilen förefaller vara den äldsta i de nära besläktade vulkaniterna.

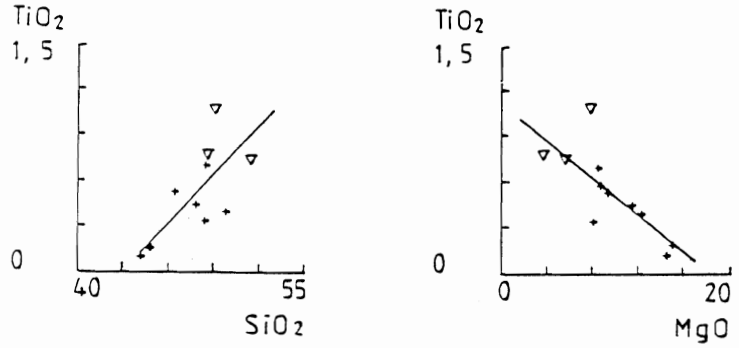


Bild 24. TiO_2 versus SiO_2 respektive MgO för vulkaniterna i Valasjaure. (+) plagioklasporfyrit, (∇) associerade lavor.

9.3. Tektonisk klassificering av vulkaniterna

Numera används de relativa koncentrationerna av både huvud- och spårelement också i tolkning och klassificering av bergarternas (platt)tektoniska bildningsmiljö (Condie 1976c, Pearce & Cann 1973). Pearce et al. (1974, 1977) skiljer på oceana respektive kontinentala bergarter p.g.a. olikheterna i huvudelementens kemi. Pearce & Cann (1973) delar bergarterna efter deras Ti-, Zr-, Y-, Sr- och Nb-halter i fyra bergartsassociationer; en oceanrygg-, en öbåge-, en oceanö- samt en kontinental association. Förutom TiO_2 anrikas också K_2O och P_2O_5 i kontinental litosfär (Pearce et al. 1974), vilket medför en högre halt av dessa element i bergarter, vilka erupterats genom eller i samband med en kontinent.

I denna undersökning har det använts magmaklassificering av Condie (1976c, s. 147, Bild 25).

Magmans karaktär bestäms av den tektoniska miljön (Condie 1976c). Sådana miljöer som oceaniska ryggar och marginala hav karakteriseras av tholeiitiska bergarter. I kontinentala riftzoner samt inom övriga områden där tryckförhållandena i skorpan är obetydliga (t.ex. i djuphav) kan vulkanismen vara tholeiitisk och/eller alkalisk. Subduktionszonerna har däremot en kalk-alkalin vulkanism.

Vulkaniterna i Valasjaureområdet har inritats i en TiO_2-K_2O-P_2O_5-diagram (Bild 26) för att få information om deras avsättningsmiljö. Linjen i diagrammet delar bergarterna i två delar; oceaniska, TiO_2-rika och kontinentala, mera K_2O-rika bergarter. Diagrammet tyder på en kontinental bildningsmiljö för vulkaniterna i fråga.

Enligt Condie (1976c, s. 155) karakteriseras den kontinentala vulkanismen av följande:

1) De förekommer på stabila kratoner.
2) Eruptionen sker från små vulkaner eller omfattande spricksystem.
3) Magmorna är antingen basaltiska eller bimodala. Den basaltiska associationen kan vara tholeiitisk och/eller alkalisk. Den bimodala associationen kännetecknas av en samtidig eruption av både sur och basisk magma utan intermediära produkter.
4) Basalterna har höga alkalihalter i jämförelse med andra basalter.
5) Pyroklastiterna utgör en väsentlig del av vulkaniterna.

Det finns ingenting i det ovannämnda som direkt skulle motsäga tolkningen av vulkaniterna i Valasjaure som kontinentala (Bild 25).

PLATE SETTING	PLATE MARGIN		INTRAPLATE			
			OCEANIC		CONTINENTAL	
	Converging (Subduction Zone)	Diverging (Oceanic Rise)	Marginal-Sea Basin	Large Ocean Basin	Rift System	Cratonic Area
MAGMA SERIES	Calc-Alkaline Arc-Tholeiite Calc-Alkaline Shoshonite Low-K High-K	Tholeiite (Low-K)	Tholeiite (Low-K)	Alkali Tholeiite	Tholeiite Alkali (Sometimes Bimodal)	Alkali

Bild 25. Magmaklassificering efter tektonisk miljö. (Condie 1976c, s. 147).

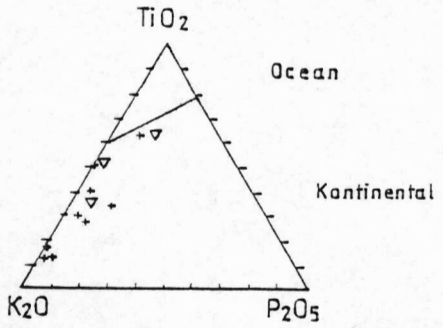


Bild 26. Ett TiO_2-K_2O-P_2O_5-diagram för vulkaniterna i Valasjaure. (+) plagioklasporfyrit, (▽) associerade lavor. (Jensen 1976).

10. Stratigrafi

Stratigrafin inom Valasjaureområdet redovisas i Bild 27.

Bergarterna blir yngre mot öster. Denna tolkning av åldersrelationerna baserar sig på flera fakta. Delvis har vulkanoklastiterna på den mäktiga plagioklasporfyriten bibehållit sina lagringsstrukturer både i mikroskopisk och i större skala. Också den lågmetamorfa mineralsammansättningen hos vulkanoklastiterna tyder på att plagioklasporfyriten representerar den äldsta delen av den basiska vulkanismen inom området. Ifall porfyriten hade varit yngre än vulkanoklastiterna borde värme-effekt av något slag observeras i vulkanoklastiterna; men så är inte fallet. Detta utesluter också teorin om att porfyriten hade intruderats som en lagergång.

Plagioklasporfyriten i områdets västra del utgör alltså den äldsta gruppen av de undersökta bergarterna. Efter plagioklasporfyritens bildning upphörde vulkanismen för en tid. Vittringen av porfyriten samt de äldre bergarterna (inte blottade inom området) resulterade först i avlagring av en kvartsithorisont. Under den fortsatta vittringen avlagrades omväxlande material till tuffer, tuffogena skiffrar och albitfelser i den s.k. malmzonen (Bild 27). En del av tufferna har senare omvandlats och utgörs nu av kloritskiffrar. Den epiklastiska sedimentationen avbröts senare av flera magmapulser, vilka avsatte basaltiska lavabäddar. Vittringen har varierat i intensitet, vilket kan observeras i de olika graderna av kantighet hos fragmenten i de tuffogena skiffrarna.

De grafithaltiga tufferna övergår ställvis till rena grafitskiffrar. Detta tyder på att det vulkanogena materialet har avsatts i vatten. Avsättningsdjupet har varit grunt, även om inga

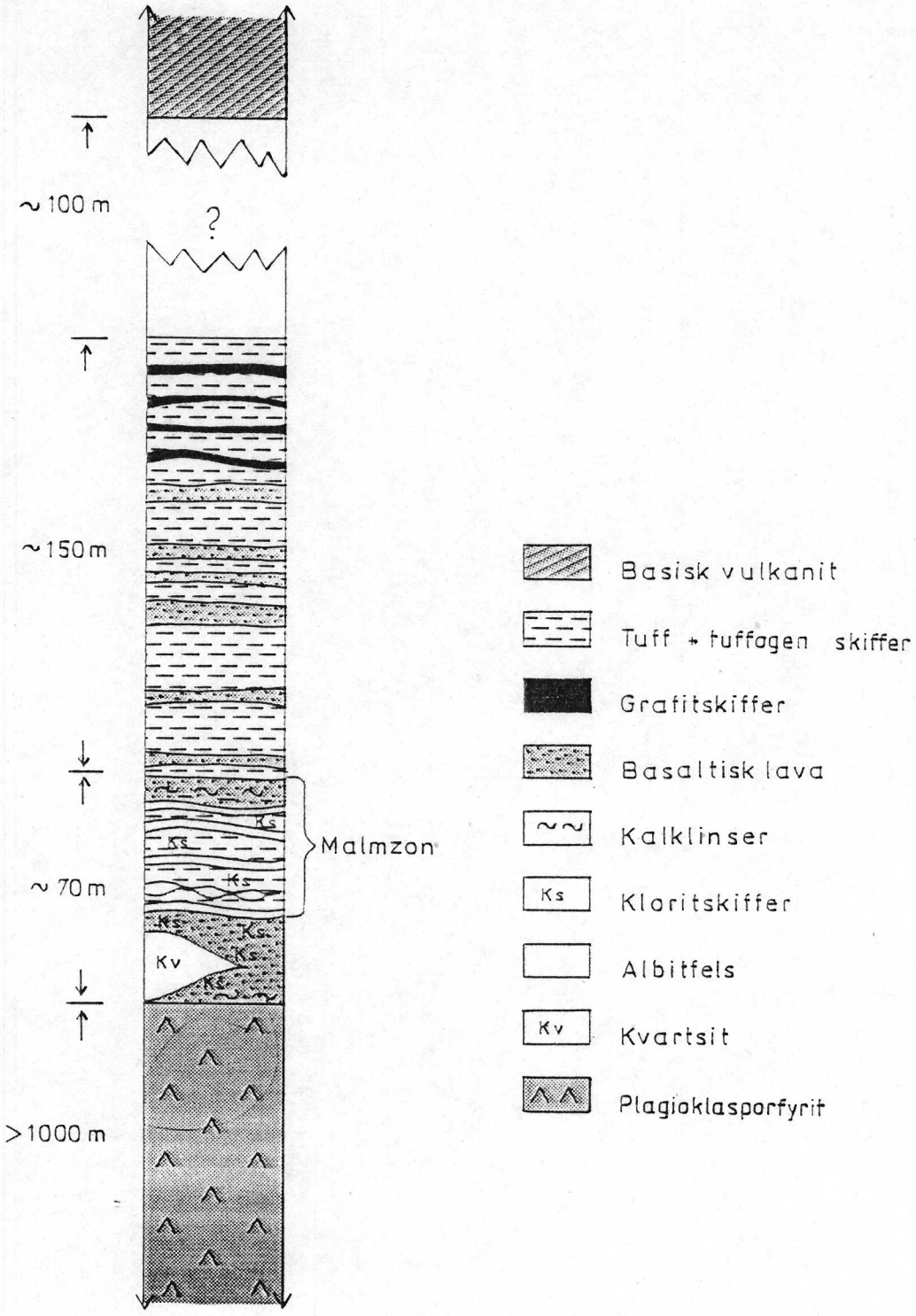


Bild 27. Stratigrafisk profil. Valasjaure.

strukturer (strömskiktning, "graded bedding") karakteristiska för sådana vattenförhållanden har observerats. Avsättningen har troligen skett i små bassänger i en vulkanisk miljö.

Den översta delen av den undersökta lagerföljden utgörs av en basaltisk lava (85 KHTL 27). Mellan den basaltiska lavan och de underliggande grafithaltiga tufferna förekommer en lucka i stratigrafin. Detta beror på det bristfälliga undersökningsmaterialet. Denna zon karakteriseras i fält och på flygbilder av en intensiv förkastning, vilken löper i N-S riktning.

11. Mineralisering

Mineraliseringen är känd redan från 1950-talet och den finns markerad som kopparmalm på "Berggrundskartan över urberget i Norrbottens län" av Ödman (1957).

Malmmineralerna utgörs av kopparkis, pyrit, magnetkis och magnetit. Både magnetiten och kiserna förekommer främst i albitfelserna, men också i de angränsande kloritskiffrarna och tufferna. Både impregnation och tunna lager av malmmineral är vanliga. Förekomstsättet tyder på en samtidig sedimentation av kiserna och albitfelsen. Materialet tolkas vara av kemiskt ursprung och ha nära samband med vulkanismen. En senare bearbetning har avsatt en del av det kemiskt avsatta materialet (av både albitfelsen och malmmineralerna) på nytt med vulkaniskt material. Detta förklarar förekomsten av malmmineralerna i tuff. Kiserna och magnetiten har blivit till en del mobila i en senare metamorfos och de har lagrats i sprickor som öppnats under de-

formationen.

Mineraliseringen är emellertid mycket svag. I det totalt 11 st. (här redovisas endast 5 st. i det centrala området) borrhål påträffades endast ett par metersektioner i varje borrhål med mer än 0.3 % Cu. Den genomsnittliga Cu-halten i häll understiger också 0.5 %. Maximihaltena för Cu, Co, Cr, Ni, Ag och Au är 2.05 %, 0.16 %, 0.15 %, 0.15 % och 25 respektive 1.6 ppm. Det bör dock observeras att dessa halter inte förekommer i samma analys.

12. Vulkanismen inom Valasjaureområdet

Det undersökta området representerar en liten sekvens i en grönstenformation av Kirunatyp (Kap. 3.2.1.). Det är omöjligt p.g.a. denna undersökning dra några slutsatser hur s.k. Valasjauregrönstensbältet kan korreleras med Kirunagrönstenar.

Plagioklasporfyriten representerar den äldsta påträffade produkten av vulkanismen inom undersökningsområdet. Avlagringsunderlaget för porfyriten samt de eventuella äldre bergarterna har inte observerats. Vulkanismen var mycket basisk från början och den blev något surare under utvecklingen (Tabell 9). De avsatta lavorna är dock basiska till sammansättningen; främst basalter men också basaltiska andesiter förekommer.

Plagioklasporfyriten utgjordes av flera magmapulser, vilka ibland hann avkylas före följande puls. Därför kan ett enstaka lager inte följas på blottningarna, utan bergartens kornstorlek ändras endast ställvis. Magman hade redan kristalliserats till en del före eruptionen; detta kan ses i Bild 17, där tidiga rundade och senare omvandlade, nedbrutna strökorn av plagioklas

förekommer mellan de senare plagioklaslisterna.

Efter porfyritens avsättning rådde en mera stillsam period i vulkanismen. Vittringsmaterial från äldre, på området inte påträffade bergarter avlagrades på porfyriten som kvartsit. Materialet avsattes i små sänkor och gropar i underlaget. Miljön har troligen varit en strandmiljö, mest sannolikt en liten sjö i vulkanitterräng. Materialet har troligen bearbetats under flera cykler. Också vulkanogent material avlagrades, tillsammans med epiklastiska sediment. Detta material bildar de tuffogena skiffrarna. Det enbart vulkaniska materialet avlagrades som tuffer.

Samtidigt med kvartsiten och tufferna avsattes albitfelserna genom omlagring av kemiskt sedimenterat material: en kemisk, rytmisk utfällning av SiO_2 är en vanlig företeelse i samband med en basisk vulkanism. Detta har också rapporterats från undersökningar i Vittangigrönstenar (Eriksson & Hallgren 1975).

Under den mera stillsamma perioden extruderade också ett antal lavor som bildar skilda horisonter. De utgör en differentiationsserie utgående från plagioklasporfyriten och bergarterna tolkas vara genetiskt nära besläktade. Vulkanismen fick senare en sur karaktär och lavor med kalifältspatströkorn producerades. Dessa förekommer strax utanför undersökningsområdet.

Jag vill framföra ett varmt tack till min handledare K. Lindblad, mina arbetskamrater vid LKAB Prospektering i Kiruna samt till professor C. Ehlers för stöd och goda råd under arbetets gång.

Litteraturförteckning

Ambros, M. (1980) Description of the geological maps Lannavaara NV, NO, SV, SO and Karesuando SV, SO. Sver. Geol. Unders., Ser. Af 25-30; 111 s.

Anhaeusser, C.R., Mason, R., Viljoen, M.J. & Viljoen, R.P., (1969) A reappraisal of some aspects of Precambrian shield geology. Geol. Soc. Am. Bull. 80; ss 2175-2200.

Battey, M.H. (1982) Mineralogy for students. Longman, London. 355 s.

Cann, J.R. (1970) Rb, Sr, Y, Zr, Nb in some ocean floor basaltic rocks. Earth. Planet. Sci. Lett. 10; ss 7-11.

Chappell, B.W. & White, A.J.R. (1974) Two contrasting granite types. Pacific Geol. 8; ss 173-174.

Condie, K.C. (1976c) Trace-element geochemistry of Archean greenstone belts. Eart-Sci. Rev. 12; ss 393-417.

(1981) Archean Greenstone Belts. Elsevier, Amsterdam. 434 s.

Condie, K.C. & Viljoen, M.J. & Kable, E.J.D. (1977) Effects of alteration on element distributions in Archean tholeiites from the Barberton greenstone belt, South Africa. Contrib. Mineral. Petrol. 64; ss 75-89.

Davies, J.F., Grant, R.W.E. & Whitehead, R.E.S. (1979) Immobile trace elements and archean volcanic stratigraphy in the Timmins mining area, Ontario. Can. J. Earth Sci. 16; ss 305-314.

Eriksson, B. & Hallgren, U. (1975) Beskrivning till berggrundskartbladen Vittangi NV, NO, SV; SO. Sver. Geol. Unders., Ser. Af. 13-16; 203 s.

Fisher, R.V. (1961) Proposed classification of Volcanoclastic Sediments and Rocks. Geol. Soc. Am. Bull. 72; ss 1409-1414.

"- (1966b) Rocks composed of volcanic fragments and their classification. Earth-Science Reviews 1; ss 287-298.

Frietsch, R. (1966) The relationship between magnetite and hematite in the iron ores of the Kiruna type and some other iron ore types. Sver. Geol. Unders., Serie C 625; 27 s.

Garcia, M.O. (1978) Criteria for the identification of ancient volcanic areas. Earth-Science Rewiews 14; ss 147-165.

Geijer, P. (1931a) Berggrunden inom malmtrakten Kiruna-Gällivare-Pajala. English summary: Precambrian geology of the iron bearing region Kiruna-Gällivare-Pajala. Sver. Geol. Unders., Ser. C 366; 255 s.

Holm, P.E. (1984) The geochemical fingerprints of different tectonomagmatic environments using hygromagmatophile element abundances of tholeiitic basalts and basaltic andesites. Chem. Geol. 51; ss 303-323.

Irwine, T.N. & Baragar, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci. 8; ss 523-548.

Jensen, L.S. (1976) A new cation plott for classifying subalcalic volcanic rocks. Ontario Div. of Mines, MP 66; 22 s.

Laird, J. & Albee, A.C. (1981) Pressure, temperature and time indicators in mafic schists: Their application to reconstructing the Polymetamorphic history of Vermont. Am. J. Sci. 281; ss 127-175.

Lauerma, R. (1982) On the ages of some granitoid and schist complexes in northern Finland. Bull. Geol. Soc. Finl. 54; ss 85-100.

Leake, B.E. (1978) Granite emplacement: The granites of Ireland and their origin. Geol. 10; ss 121-247.

Lindroos, H. & Henkel, H. (1981) Beskrivning till berggrundskartorna och geofysiska kartorna Huuki NV/NO, SV, SO och Muonionalusta NV, SV/SO. Sver. Geol. Unders., Ser. Af 35-39; 85 s.

Lundqvist, T. (1968) Precambrian geology of the Los-Hamra region, central Sweden. Sver. Geol. Unders., Ser. Ba 23; 255 s.

"- (1979) The precambrian of Sweden. Sver. Geol. Unders., Ser. C, 768; 87 s.

Matisto, A. (1969) Kivilajikartan selitys. Lehti B8, Enontekiö. General Geological Map of Finland, 1:400 000; 78 s.

Miyashiro, A. (1972) Metamorphism and related magmatism in plate tectonics. Am. J. Sci. 272; ss 629-656.

" - (1974) Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. Am. J. Sci. 274; ss 321-355.

Mullen, E.D. (1982) $MnO/TiO_2/P_2O_5$: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. Earth. Planet. Sci. Lett. 62.

Niiniskorpi, V. (1986) Kurkkionvaara. En Zn-Pb-Cu-mineralisering i norra Sverige, en case-studie. Opublicerad licenciatavhandling, Åbo Akademi; 74 s.

Offerberg, J. (1967) Beskrivning till berggrundskartbladen Kiruna NV, NO, SV, SO. Sver. Geol. Unders., Ser. Af 1-4; 147 s.

Padget, P. (1970) Beskrivning till berggrundskartbladen Tärendö NV, NO, SV, SO. Sver. Geol. Unders., Ser. Af. 5-8; 96 s.

Padget, P. (1977) Beskrivning till berggrundskartbladen Pajala NV, NO, SV, SO. Sver. Geol. Unders., Ser. Af 21-24; 73 s.

Patchett, P.J. (1978) Rb-Sr ages of Precambrian dolerites and syenites in southern and central Sweden. Sver. Geol. Unders., Ser C 747; 63 s.

Pearce, J.A. (1976) Statistical analysis of major element patterns in basalts. J. Petrol. 17; ss 15-43.

Pearce, J.A. & Cann, J.R. (1973) Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using their trace element analysis. Earth Planet. Sci. Lett. 19; ss 290-300.

Pearce, T.H., Gorman, B.E. & Birkett, T.C. (1974) The TiO_2-K_2O-P_2O_5 diagram: a method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts. Earth Planet. Sci. Lett. 24; ss 419-426.

"- (1977) The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. Earth Planet. Sci. Lett. 36; ss 121-132.

Persson, L. & Röshoff, K. (1975) Precambrian volcanoclastic rocks in southern Sweden - A discussion of their identification and classification. Sver. Geol. Unders., Ser. C 716; 17 s.

Rankama, K. & Welin, E. (1972) Joint meeting of the Precambrian stratigraphy groups of Denmark, Finland, Norway and Sweden in Turku, Finland, March 1972. Geol. News Lett. 1972, 4; ss 265-267.

Silvennoinen, A., Honkamo, M., Juopperi, H., Lehtonen, M., Mielikäinen, P., Perttunen, V., Rastas, P., Räsänen, J. & Väänänen, J. (1980) Main features of the stratigraphy of north Finland. In: A. Silvennoinen (Ed.), Jatulian geology in the eastern part of the Baltic Shield. Proceedings of a Finnish-Soviet Symposium held in Finland 21th-26th August 1979, Rovaniemi; ss 153-162.

Simonen, A. (1960a) Pre-Quarternary rocks in Finland. Bull. Comm. Geol. Finlande 191; ss 1-50.

"- (1980) The Precambrian in Finland. Geol. Surv. Finl. Bull. 306; 58 s.

Skiöld, T. (1979a) U-Pb zirkon and Rb-Sr whole-rock and mineral ages of Proterozoic intrusives on mapsheet Lannavaara, north-eastern Sweden. Geol. Fören. Stockholm Förh. 101; ss 131-137.

"- (1979b) Zirkon ages from an Archaean gneiss province in northern Sweden. Geol. Fören. Stockholm Förh. 101; ss 169-171.

"- (1981) U-Pb isotope analyses of zirkons from a Precambrian gneiss area in northeastern Sweden and their chronostratigraphic implications. Geol. Fören. Stockholm Förh. 103; ss 17-25.

"- (1982) Radiometric ages of plutonic and hypabyssal rocks from the Vittangi-Karesuando area, northern Sweden. Geol. Fören. Stockholm Förh. 103; ss 317-329.

Skiöld, T. & Cliff, R.A. (1984) Sm-Nd and U-Pb dating of early proterozoic mafic-felsic volcanism in northernmost Sweden. Prec. Res. 26; ss 1-13.

Skiöld, T. & Larsson, C. (1979) Age data on Proterozoic granitoids from the Norvijaur area of northern Sweden. Geol. Fören. Stockholm Förh. 100; ss 171-176.

Spitz, G. & Darling, R. (1974) The petrochemistry of altered volcanic rocks surrounding the Louvem Deposit, Val d'Or, Quebec. Can. J. Earth Sci. 12; ss 1820-1849.

Strömberg, A.G.B. (1976) A pattern of tectonic zones in the western part of the East European Platform. Geol. Fören. Stockholm Förh. 98; ss 227-243.

"- (1977) Early tectonic zones in the Baltic Shield. Prec. Res. 6; ss 217-222.

Sundius, N. (1930) On the spilitic rocks. Geol. Mag. 67; ss 1-17.

Tuominen, H.V., Aarnisalo, J. & Söderholm, B. (1973) Tectonic patterns in the central Baltic Shield. Bull. Geol. Soc. Finl. 45; ss 205-217.

Turner, F.J. & Verhoogen, J. (1960) Igneous and metamorphic petrology. McGraw-Hill, New York. 694 s.

Viljoen, M.J. & Viljoen, R.P. (1969b) Evidence for the existence of a mobile extrusive peridotitic magma from the Komati Formation of the Onverwacht Group. Geol. Soc. S. Afr. Spec. Publ. 2; ss 87-112.

Wahl, W. (1936) Om granitgrupperna och bergskedjeveckningarna i Sverige och Finland. Geol. Fören. Stockholm Förh. 58; ss 90-101.

Welin, E. (1970) The Svecofennian orogenic zone in northern Sweden - a preliminary discussion. Geol. Fören. Stockholm Förh. 92; ss 433-451.

Welin, E., Christiansson, K. & Nilsson, Ö. (1970) Rb-Sr age dating of intrusive rocks of the Haparanda suite. Geol. Fören. Stockholm Förh. 92; ss 336-346.

"- (1971) Rb/Sr radiometric ages of extrusive and intrusive rocks in northern Sweden I. Sver. Geol. Unders., Ser. C 666; 38 s.

Wentworth, C.K. & Williams, H. (1932) The classification and terminology of the pyrolastic rocks. Report of sedimentation 1930 .. 32. Bull. Nat. Research Council 89, 1953. (Ref. Sver. Geol. Unders., Serie C 716; 17 s).

Wilson, H.B.D., Andrews, P., Maxham, R.L. & Ramlal, K. (1965) Archean volcanism in the Canadian Shield. Can. J. Earth. Sci. 2; ss 161-175.

Witschard, F. (1970) Description of the geological maps Lainio NV, NO, SV, SO. Sver. Geol. Unders. Ser. Af 9-12; 116 s.

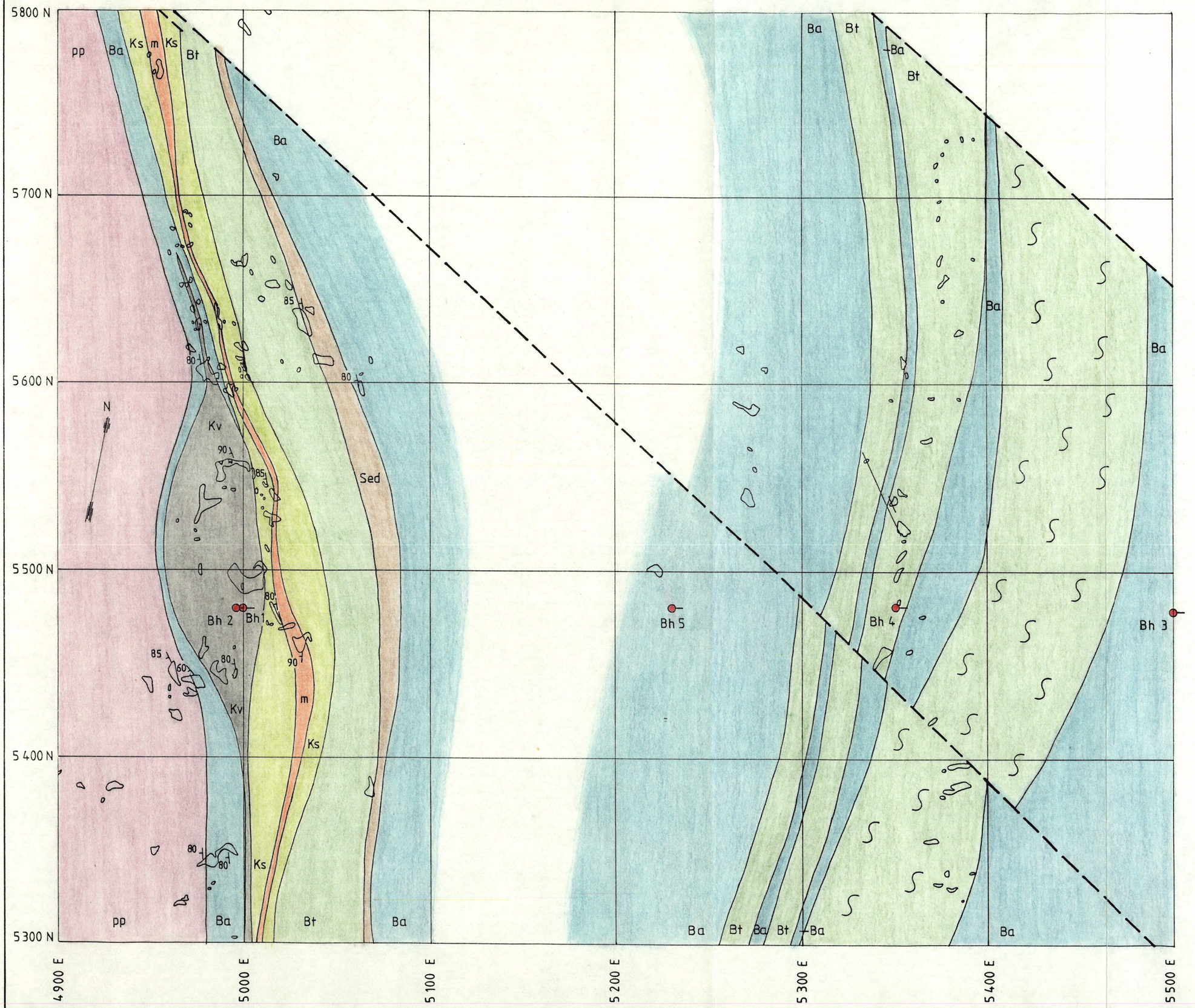
"- (1975) Description of the geological maps Fjällåsen NV, NO, SV, SO. Sver. Geol. Unders. Ser. Af 17-20; 125 s.

"- (1980) Stratigraphy and geotectonic evolution of northern Norrbotten. Geol. Fören. Stockholm Förh. 102; ss 188-190.

"- (1984) The Geological and tectonic evolution of the precambrian of northern Sweden - a case for basement reactivation? Prec. Res. 23; ss 273-315.

Zanettin, B. (1984) Proposed new chemical classification of volcanic rocks. Episodes, Vol. 7, no 4; ss 19-20.

Ödman, O.H. (1957) Beskrivning till berggrundskartan över urberget i Norrbotens län. Sver. Geol. Unders., Ser. Ca 41; 151 s.



LEGEND

Stabilo nr

- 8753 Ba — Basalt
- 8749 Kv — Kvartsit, albitfels
- 8733 Ks — Kloritskiffer
- 8730 m — Malmzon
- 8743 Bt — Basisk tuff
- 8743 SS — Basisk tuff med grafitskifferinlagringar
- 8745 Sed — Kalkrik sediment
- 8737 pp — Plagioklasporfyrit

Bh 5 = borrhål K-VAL-5

Bergartsgräns

Förmodad och osäker förkastning

$\diagup_{50}$ Skiffrighet

VALASJAURE
Hällobservationer

LKAB Prospektering
Kirunaenheten

Skala	1 : 2000		
Kartref.	29 I		
ID nr			
Ritad	860616	AML	Sign. HTL
Rapport			Bil. 1

Fabricii Tryckeri Eftr. AB Kiruna 1985

4960E

5000E

5060E

80

5650 N

80

5550N

5450N

N

Legend

Stabilo

8753		Basisk vulkanit
„33		Kloritskiffer
„30		Malmzon
„45		Kalkrik sediment
„49		Kvartsit, Albitfels
„37		Plagioklasporfyrit
„46		Magnetitlinser

VALASJAURE

Hällobservationer

Skala 1:700

Kartblad 29I

HTL

Bilaga. 2

5350N

VALASJAURE DIAMANTBORRHÅL OCH BERGYTEPROVTAGNING

Staksystem	Valasjaure		Rikets koordinater			
Dbh nr	N ./. E		X ./. Y		Riktn gon	Inklination^{o}
K VAL 1	5480 ./.	4990	7548091 ./.	1641750	68.2	40
2	5481	4960	8084	1721	81.8	46.8
3	5479	5500	8228	2241	88.9	48
4	5481	5352	8189	2098	86.7	46
5	5482	5233	8158	1983	85.4	42
Prov nr						
85KHTL 9	5470 ./.	4848				
10	5548	4643				
11	5450	4240				
27	5310	5404				
28	5588	5275				
29	5020	4620				
84KKDL 8	5630 ./.	5033				
9	5635	5037				
10	5650	5015				
11	5650	4970				
12	5650	4968				
13	5450	4962				
15	5422	4964				
24	5900	4940				
25	5940	4900				
27	5765	4953				
28	5533	4800				
45	5560	5335				
48A	5611	5355				

BORRPROTOKOLL K-VAL-1

Koordinatsystem	Valasjaure
Koordinat	5480N ./. 4990E
Riktning	68 gon
Lutning	40°

0	-	0.5 m	Jord.
0.5	-	12.7	Kvartsit, gråröd, finkornig, homogen. Mycket diffust bandad. Kopparkis som mm-breda lager i lagringsplan. Omagnetisk. 1-3 mm bred spricka med magnetit tvärs över lagringen vid 2.4 och 11.8 m. Vid 7.85-8.00 m kloritskiffer med magnetit och kopparkis.
12.7	-	13.0	"Kvartsitbreccia". Upp till flera cm stora bitar av rödgrå kvartsit i en mellanmassa av magnetit och klorit. Kopparkis främst i kvartsiten, men också i matrix (impregnation, fläckar). Kontakten mot den överliggande bergarten skarp (en 2 cm bred spricka fylld med magnetit).
13.0	-	13.9	Kvartsit, gråröd. Tydligt bandad i 70gon mot KA. Banden upp till 5 mm breda. De utgörs av omlagrade magnetit-, kopparkis- och kvartsrika skikt. Kontakten mot den underliggande bergarten skarp (en ca 3 mm bred spricka fylld med magnetit och kopparkis).
19.9	-	25.7	Kloritskiffer, grön, finkornig. Starkt skiffrig i ca 78gon mot KA. Omagnetisk. Rikligt lagrad med kalk; grå i den övre delen, röd i den undre delen. Mängden kalk ökar mot djupet. Mycket svag kisimpregnering. Magnetitband (ca 1 cm breda) vid 14.30 m, 14.50, 14.55, 14.60, 14.90-15.00, 17.68, 17.70, 18.40, 19.65 m.
25.7	-	26.3	"Kvartsitbreccia" som 12.7-13.0. Enstaka pyritkorn.
26.3	-	29.0	Basisk tuff, grå, finkornig. Heterogent lagrad. Starkt magnetiskt med magnetitband och - impregnation. Kloritomvandlad. Enstaka sprickor fyllda med grå kalk. Kross vid 28.4-28.6 m.
29.0	-	29.4	Albitfels, grå, finkornig. Diffust bandad. Starkt magnetisk. Magnetit och pyrit i mm-breda sprickor. Skarp kontakt mot underliggande bergart (en ca 5 mm bred spricka fylld med magnetit och pyrit).
29.4	-	30.5	Basisk tuff, som 26.3-29.0. Magnetit- och pyritrika skikt som mellanlager. Starkt magnetisk.
30.5	-	33.6	Albitfels, grå, finkornig. Diffust lagrad. Omagnetisk. Mm-breda skikt med pyrit samt enstaka magnetitband (ca 2 mm breda) i lagringsplan. Kross vid 33.4-33.6 m.
33.6	-	42.7	Basisk tuff, grå, finkornig, lagrad i ca 70gon mot KA. Slirig med kvarts. Något skapolitomvandlad. Partier (ca 10 cm breda) rika på finfördelad magnetit i lager. Pyrit och kopparkis i lagringsplan.

42.7	- 46.6	Basisk tuff, Mycket klart lagrad (strimmig) i ca 70gon mot KA. Mm-breda skikt av ljusa mineral (=fältspat+kalcit) växellagras med mörka skikt (rika på magnetit). Magnetisk, kloritomvandlad. Vid 45.3-45.4 m skikt av röd kalk.
46.6	- 46.8	Kalksten, mörk, rödaktig, finkornig. Innehåller en del klorit, omagnetisk. Skarp kontakt mot den underliggande bergarten.
46.8	- 51.7	Basisk tuff, grön, finkornig. Lagrad i ca 70gon mot KA. Starkt kloritomvandlad. Omagnetisk. Oregelbundna skikt av grå och röd kalk i mm-skala, både i lagringsplan och tvärs över dem. Kontaktzon på en cm mot den underliggande bergarten.
51.7	- 57.8	Basisk tuff, grön, finkornig. Diffust bandad. Skapolitomvandlad. Omagnetisk. Grå kalk i matrix. Pyrit- och kopparkisimpregnerad. 10 cm breda kalkband vid 56.4 och 56.9 m.
57.8	- 61.9	Basisk tuff, grön finkornig. Tydligt, men heterogent lagrad. Kloritomvandlad. Kraftigt kalkbandad vid 59.7-60.3 m. Enstaka pyritkorn. En breccierad zon med små fragment (ca 10 mm stora) vid 60.3-60.5 m.
61.9	- 87.7	Basisk tuff, gröngrå, finkornig. Diffust lagrad. Oregelbunden kalkinfiltration. Svagt magnetisk i början, magnetismen avtar mot djupet. Något kloritomvandlad. Enstaka pyritkorn.
87.7	- 100.5	Basisk tuff, gröngrå, finkornig. Oregelbunden bandning med kalk, kloritomvandlad. Veckad i liten skala vid 95.5 m.
		Slut.

Kiruna 1985-07-29
Hilkka Leino

BORRPROTOKOLL K-VAL-2

Koordinatsystem	Valasjaure
Koordinat	5481N ./. 4960E
Riktning	82 gon
Lutning	47°

0	-	3.6 m	Jord.
3.6	-	5.4	Block? Blandat material; basisk vulkanit, albitfels, rundade bitar av granitiskt material.
5.4	-	6.2	"Kvartsitbreccia", upp till flera cm stora bitar av rödgrå kvartsit i en skiffrig matrix av klorit och magnetit. Kopparkis, magnetkis och magnetit i sprickor och som flera cm stora körtlar, både i kvartsiten och i matrix. Skarp kontakt mot den underliggande bergarten.
6.2	-	9.6	Kloritskiffer, grön, finkornig. Starkt skiffrig i 65° MOT KA. Magnetisk. På en sträcka av ca 15 cm vid 7.5 m förekommer mm-breda rödgråa kalkband i skiffrighetsplan. Skarp kontakt mot den underliggande bergarten.
9.6	-	45.1	Kvartsit, gråröd, finkornig, homogen. Svag pyritimpregnering. Omagnetisk, dock med cm-breda sprickor med magnetit vid 16.8 m, 20.0, 32.3, 40.2 och 44.9 m. Vid 36.3 ett ca 30 cm mäktigt lager av basisk vulkanit (kloritiserad, kraftigt skiffrig i ca 65 gon mot KA, innehåller magnetit, pyrit och kopparkis i lagringsplan, liknar 45.1-54.3). Kärnförlust vid 43.3 m i 0.2 m och vid 43.9 m vid 0.3 m. Kross vid 42.9 m i 1.0 m. Skarp kontakt som följer skiffrighetsriktningen mot den underliggande bergarten.
45.1	-	54.3	Kloritskiffer, grön, finkornig, kraftigt kloritomvandlad basisk bergart. Kalkbandning i skiffrighetsriktningen (70-80 gon mot KA). Kalkbanden mm-breda. Pyrit och kopparkis som tunna sliror i lagringsplan vid 47.0-48.0 och 54.0-54.3 m.
54.3	-	54.8	Albitfels, grå, finkornig. Rik pyritimpregnation. Magnetisk. Sönderbruten.
54.8	-	83.6	Basisk tuff, grön, finkornig, kloritomvandlad. Bandad i 90 gon mot KA i den övre delen och 65 gon mot KA i den undre delen. Kloritomvandlingen och kalkbandningen intensiva vid 56.0 och 56.3 m. Kalkbandningen ökar mot djupet. Magnetisk i början. Pyrit- och kopparkisimpregnerad. Diffus övergång till den underliggande bergarten. Vid 80.8 m förekommer en 10 cm mäktig horisont av en fragmentförande bergart (fragment av "lerigt" material - kloritskiffer? - i en rödgrå finkornig matrix - oren kalksten?, fragmenten från 2 till 25 mm stora).
83.6	-	88.8	Basisk tuff, gröngrå, medelkornig. Diffust bandad i 65 gon mot KA. Fragmentförande skapolit- och kloritomvandlad. Pyritimpregnerad, magnetitsliror i lagringsriktningen. Magnetisk. Diffus kontakt mot den underliggande bergarten.

88.8 - 121.6 Basisk tuff, grön, finkornig. Lokalt kloritomvandlad. Upp till 2 cm stora, oregelbundna kalkfläckar. Pyritimpregnerad, kraftigast i de kloritomvandlade zonerna. Svagt magnetisk. Vid 104.0 m förekommer ett 0.7 m mäktigt lager av dolomitisK kalksten, ljusröd, massformig, medelkornig. Diffus övergång till den underliggande bergarten.

121.6 - 132.3 Basisk tuff, finkornig, heterogen (grön/grå/rödaktig). Lagrad i 50-70 gon mot KA. Kalkbandad med röd och vit kalk. Kloritomvandlad. Något magnetisk. Småveckad vid 129.2 m.

Slut.

Kiruna 1985-05-30
Hilkka Leino

BORRPROTOKOLL K-VAL-3

Koordinatsystem	Valasjaure
Koordinat	5479N ./. 5560E
Riktning	89 gon
Lutning	48°

0	- 3.2 m	Jord.
3.2	- 62.4	Basisk vulkanit, ljust gröngrå, finkornig, massformig. Omagnetisk. Ställvis plagioklasströkornsförande. Epidotfyllda sprickor med pyrit vanliga. Mycket epidotrik vid 25.9-26.0 m, 34.5-36.0, 51.2-51.7 och 52.4-52.8 m. I övre delen mm-breda sprickor med mikroklin, plagioklas och kalcit. Kross vid 26.0-28.7 m och 33.5-34.5 m. Kloritomvandling vid krossade partier. Kontakten mot underliggande bergarten skarp.
62.4	- 70.5	Basisk tuff, grågrön, finkornig. Diffus lagrad, diffus bandning 60-65 gon mot KA. Epidotfyllda sprickor och pyritimpregnation vanliga. En kalkförande spricka, bredd ca 5 cm, som breccierat tuffiten vid 69.10 m. Bergarten ställvis fragmentförande med upp till 10 mm stora kantiga fragment av basiskt material. Sura inlagringar av en tät rödaktigt grön bergart förekommer vid 62.4-63.7 och 69.2-70.5 m. Skarp kontakt mot den underliggande bergarten.
70.5	- 128.3	Basisk vulkanit, som 3.2-62.4 m. En del urvittrade smala sprickor och mandlar vid ca 96.1 m. Kross vid 101.8-102.1, 119.0-120.7 och 126.3-127.5 m.
		Slut.

Kiruna 1985-07-31
Hilkka Leino

BORRPROTOKOLL K-VAL-4

Koordinatsystem	Valasjaure
Koordinat	5481N ./. 5352E
Riktning	87 gon
Lutning	45°

0	-	1.2 m	Jord.
1.2	-	45.2	Basisk vulkanit, grå, fin- till medelkornig, massformig. Omagnetisk. Mm-breda sprickor och fläckar fyllda med epidot, mikroklin och plagioklas +- kalcit. I epidotsprickorna förekommer ofta pyrit. Kross vid 25.5-25.7, 29.5-30.3 och 35.3-36.3 m. Kontakten mot den underliggande bergarten gradvis.
45.2	-	45.7	Breccia. Omagnetisk. Fragmenten är kantiga 3-40 mm stora och varierar i sin sammansättning. Fältspatrika ljusa fragment dominerar men också basiska förekommer. Fragmenten är skiffriga och en stor del av dem är i kalifältspatomvandling. Matrix gröngrå, finkornig. Kontakten mot den underliggande bergarten en krosszon, i kontakten förekommer grafit.
45.7	-	54.5	Basisk tuff, grå, fin- till medelkornig. Diffust lagrad i ca 80 gon mot KA. Omagnetisk. Svagt pyritimpregnerad. Oregelbundna sliror och fläckar av mikroklin, ofta runt en pyritkärna. Också fläckar av epidot och plagioklas+kalcit förekommer. Kross vid 45.5-45.9, 46.3-47.7 och 51.3-51.9 m.
54.5	-	55.2	Intermediär gång, gröngrå, finkornig. Mycket diffust bandad. Omagnetisk. Diffusa övergångar både uppåt och nedåt i lagerföljden.
55.2	-	65.0	Basisk tuff, grågrön, fin- till medelkornig. Omagnetisk. Strökornsförande med 1-3 mm stora strökorn av plagioklas och hornblände.
65.0	-	68.1	Grafitskiffer, svart, finkornig. Omagnetiskt. Uppkrossad. Med ca 30 % tuffinlagringar, mängden ökar mot nedre kontakten.
68.1	-	78.3	Basisk tuff, grå, finkornig, massformig. Omagnetisk. Skarp kontakt mot den underliggande bergarten.
78.3	-	82.0	Grafitskiffer, svart, finkornig. Omagnetisk. Småveckad. Inblandning av tuffmaterial. Uppkrossad vid 78.7-79.0 m.
82.0	-	89.8	Basisk tuff, som 68.1-78.3 m. En del kalksprickor. Sista 10 cm fältspatbandad.
89.8	-	90.0	Grafitskiffer, svart, finkornig. Uppkrossad.
90.0	-	149.1	Basisk tuff, grå, medelkornig. Grafit i mellanmassan och som enstaka tunna lager. Albitbandad vid 109.8-110.5 m i 80 gon mot KA och vid 114.6-115.2 m. Vid 144.3-149.1 en omvandlingszon med (lapilliliknande) mycket runda fläckar med en diameter på ca 4 mm.

149.1	- 152.1	Grafitskiffer, som 89.8-90.0, deformerad. En gradvis kontakt mot den underliggande bergarten.
152.1	- 153.1	Basisk tuff, Som 90.0-149.1.
153.1	- 169.8	Basisk vulkanit, grå, medelkornig, massformig. Från 165.8 m porfyrisk med runda 1-3 mm stora plagioklasströkorn.
		Slut.

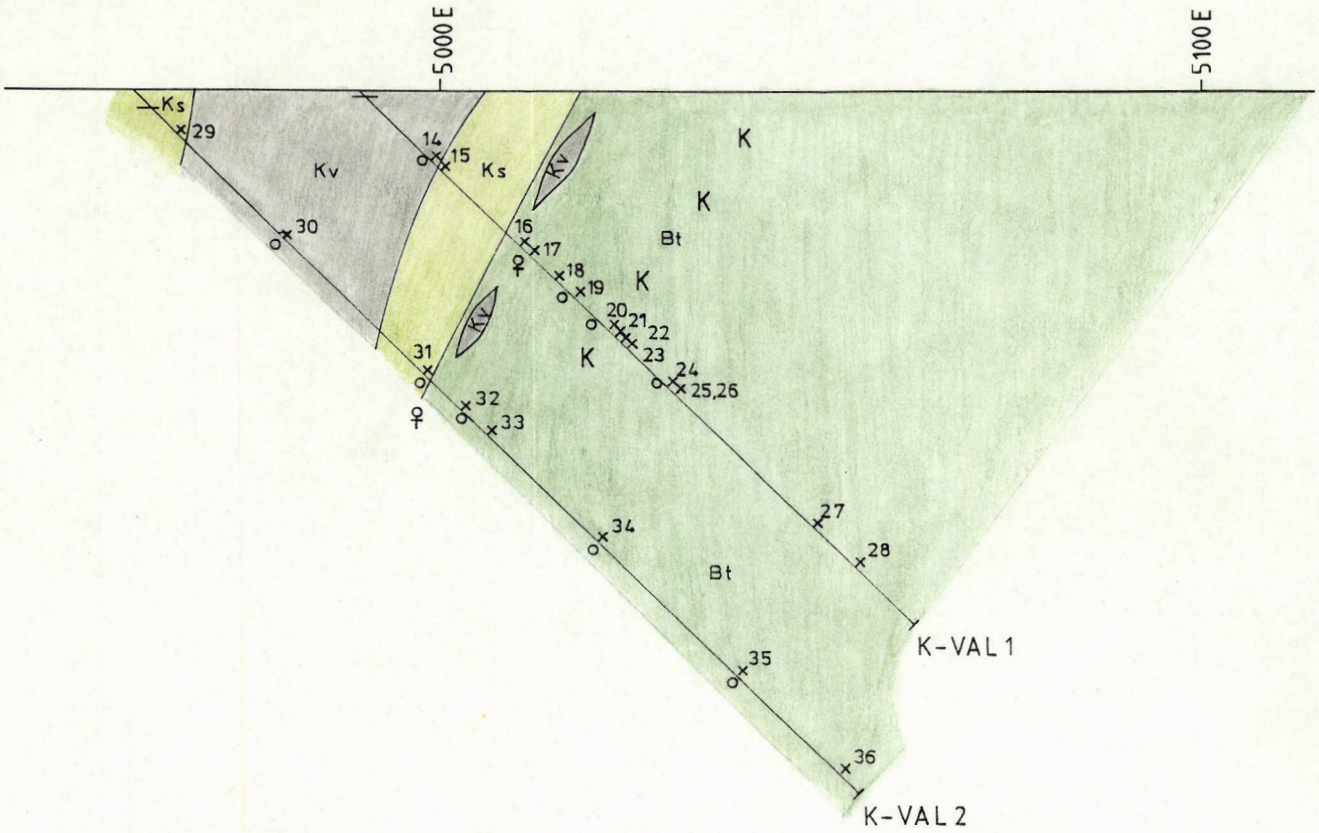
Kiruna 1985-07-30
Hilkka Leino

BORRPROTOKOLL K-VAL-5

Koordinatsystem	Valasjaure
Koordinat	5482N ./. 5233E
Riktning	85 gon
Lutning	42°

0	- 4.8 m	Jord.
4.8	- 107.5	Basisk vulkanit, mörkgrå, finkornig, homogen, massformig. Omagnetisk-svagt magnetisk. Genomtväras av mm-breda epidotfyllda sprickor i varierande riktningar. Svagt pyritimpregnerad. Vid 26.8-27.7 m ett omvandlat parti (gång?) av en röd-grön flammig, finkornig bergart (mörka mineral, epidot, mikroklin), kontakterna gradvisa. Mot djupet blir bergarten medelkornig och vid 66.8-72.9 m för den 1-3 mm stora, runda plagioklasströkorn. Kross vid 4.8-9.0, 19.1-19.6, 37.6-38.6, 43.0-44.0, 52.3-54.2, 79.8-80.0, 81.4-81.8 och 82.3-83.1 m. Vid de krossade partierna är bergarten kloritomvandlad.
107.5	- 132.6	Basisk tuff, mörkgrå, finkornig. Diffust lagrad i ca 40 gon mot KA. Tunna, grafithaltiga band förekommer. Omagnetisk, kloritomvandlad. Pyritimpregnerad. Kross vid 109.5-109.7 och 114.3-115.0 m.
132.6	- 137.0	Basisk vulkanit, som 4.8-107.5 m. Ej kloritomvandlad. Strökornsförande.
137.0	- 160.6	Basisk tuff, som 107.5-132.6 m. Mycket uppkrossad.
		Slut.

Kiruna 1985-07-29
Hilkka Leino



K Kalk

STABILO ♀ Koppar

8746 Gs Grafitskiffer

" 53 Ba Basalt

" 49 Kv Kvartsit, Albitfels

" 33 Ks Kloritskiffer

" 43 Bt Basisk tuff

× Tunnslip nr

o Bergartsanalys

VALASJAURE

Borrhålsprofil : 5480 N

Staksystem : Valasjaure

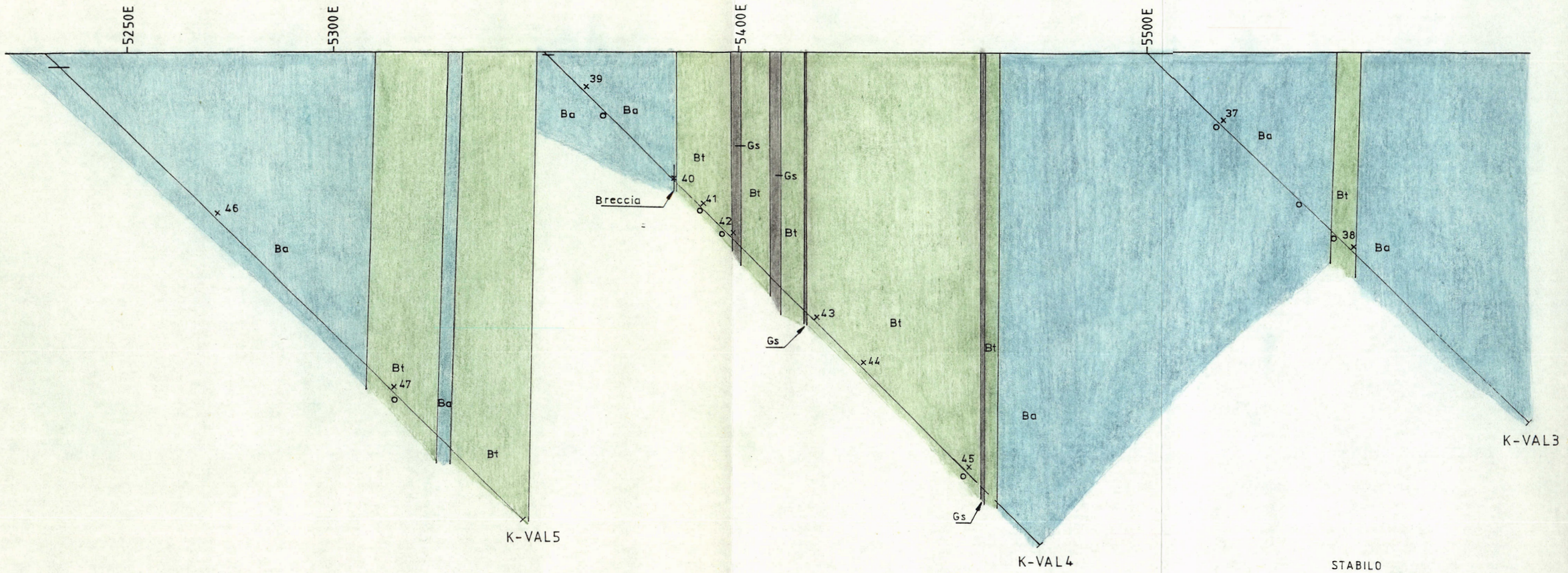
LKAB Prospektering
Kirunaenheten

Skala	1:1000
Kartref.	29 I NE
ID nr	
Ritad	860605 EB
Rapport	

Sign. HTL

Bil. 9

Fabricii Tryckeri Eftr. AB Kiruna 1985



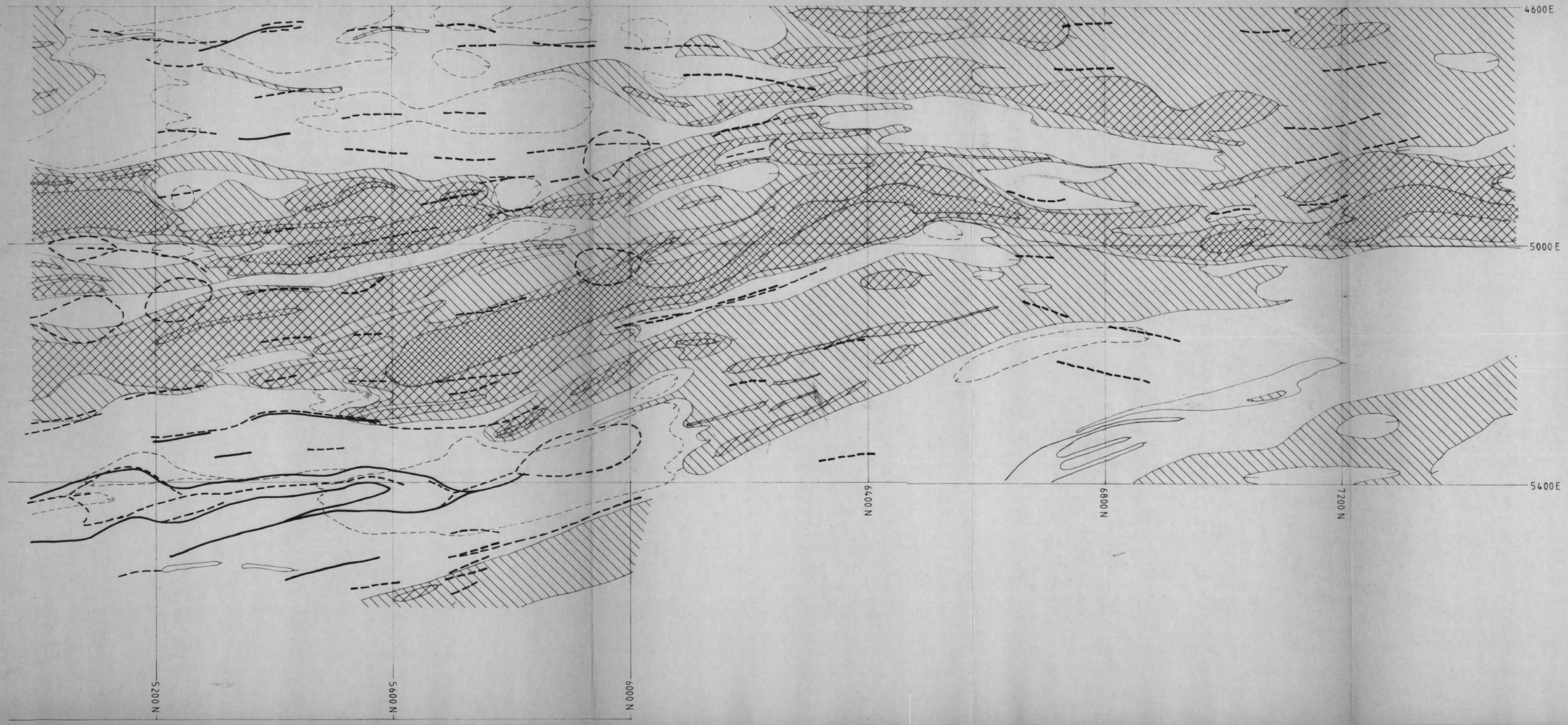
STABILO

8746	Gs	Grafitskiffer
" 53	Ba	Basalt
" 49	Kv	Kvartsit, albitfels
" 33	Ks	Kloritskiffer
" 43	Bt	Basisk tuff
	×	Tunnslip nr
	o	Bergartsanalys

VALASJAURE
Borrhålsprofil: 5480N
Staksystem: Valasjaure

LKAB PROSPEKTERING
Kirunaenheten

Skala	1:1000	
Kartref.	291 NE	
ID nr		
Ritad	860604 EB	Sign.
Rapport		Bil. 10



LEGEND

MAGNETISKA ANOMALIER (ΔT)

- 0,1 - 0,5 μT
- 0,5 - 2,0 μT
- > 2,0 μT
- < -0,1 μT
- Goda ledare
- Sämre ledare
- Tolkad profil
- Förkastning

VALASJAURE

Staksystem: Valasjaure

LKAB Prospektering

Kirunaenheten

Skala	1:1000	
Kartref.	29I NE	
ID nr		
Ritad	860617 EB	Sign.
Rapport		Bil. 11

%	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
SiO_2	92.90	51.70	38.50	44.10	91.10	54.20	53.30	57.00	46.50	44.10	46.90	51.60	53.00
TiO_2	0.23	0.56	0.37	0.59	0.18	0.24	0.30	1.07	0.63	0.90	1.07	0.73	0.64
Al_2O_3	3.28	10.40	11.80	15.20	3.66	8.11	9.78	14.80	15.80	15.30	15.90	12.80	13.10
Fe_2O_3	1.10	10.29	4.92	7.29	0.43	13.73	8.44	4.96	8.44	3.95	6.46	8.36	8.49
FeO	1.41	8.49	8.23	7.72	0.77	11.06	8.10	4.63	6.56	6.05	4.76	2.57	1.93
MnO	0.09	0.21	0.44	0.73	0.06	0.24	0.07	0.05	0.06	0.09	0.40	0.27	0.12
MgO	0.58	4.79	11.40	8.65	0.25	1.31	4 40	4.21	5.12	8.96	7.60	5.93	4.15
CaO	0.19	2.97	7.25	3.14	0.41	1.42	3.83	1.53	3.20	6.98	7.94	9.21	4.91
Na_2O	0.75	2.55	1.98	4.00	1.28	0.53	3.79	6.38	6.17	3.43	2.68	4.44	5.55
K_2O	0.69	1.33	0.81	2.28	0.34	0.41	0.87	0.90	1.34	1.34	1.89	0.27	1.74
P_2O_5	0.03	1.63	0.07	1.51	0.05	0.10	0.10	0.15	0.19	0.41	0.30	0.20	0.66
V_2O_5	./.0.00	0.03	0.02	0.03	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
S	0.31	1.31	0.34	1.13	0.04	0 44	2.16	0.57	1.34	0.09	0.21	0.67	3.99
FeS_2	-	1.14	-	-	-	-	1.88	-	1.17	-	-	-	3.47
LOI	-	4.00	11 50	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sa	101.48	101.40	97.63	99.71	98.52	91.83	97.06	96.29	96.56	91.64	96.15	97.10	101.81

1.	kvartsit	1 - 9.90- 11.90	8.	intermediär tuff,	2 - 60.60- 62.00
2.	basisk tuff,	1 - 37.60- 39.60	9.	basisk tuff,	2 - 85.8 - 86.80
3.	dito,	1 - 42.70- 44.70	10	dito,	2 - 110.00-111.00
4.	dito,	1 - 53.30- 55.30	11.	lava,	3 - 23.60- 24.60
5.	kvartsit	2 - 27.00 28.00	12	dito	3 - 51.20- 52.20
6.	kloritskiffer,	2 - 53.00- 54.30	13.	intermediär tuff,	3 - 62.40- 63.70
7.	albitfels	2 - 54.30- 54.60	-	ej analyserat	

%	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.
SiO_2	49.20	59.80	45.60	50.40	48.70	51.70	48.60	44.90	44.20	49.20	51.60	46.60	47.20
TiO_2	1.06	0.50	1.04	0.65	0.76	1.34	0.33	0.16	0.11	1.06	1.71	0.51	0.28
Al_2O_3	14.40	15.50	14.20	11.00	13.90	12.50	20.00	16.30	17.80	14.40	12.10	17.80	7.98
Fe_2O_3	7.58	4.10	6.99	6.55	8.86	7.82	4.19	5.18	4.50	8.83	16.30	6.09	6.70
FeO	4.76	0.51	4.76	2.32	1.54	3.34	2.44	4.25	4.37	3.99	5.53	3.09	4.20
MnO	0.33	0.08	0.23	0.15	0.20	0.31	0.08	0.17	0.13	0.32	0.12	0.13	0.17
MgO	7.86	2.92	7.45	4.74	3.85	5.71	8.23	15.20	14.70	8.31	2.03	9.72	19.50
CaO	8.21	4.50	6.78	6.24	11.50	5.87	8.55	6.92	7.56	8.92	3.46	9.38	8.45
Na_2O	3.29	8.07	1.52	1.88	1.89	4.71	3.02	1.60	1.52	2.71	6.86	2.27	0.27
K_2O	0.95	0.11	4.05	3.90	3.81	0.87	1.70	1.03	0.82	1.03	0.15	1.09	0.15
P_2O_5	0.12	0.18	0.31	1.52	0.06	0.11	0.06	0.08	0.04	0.09	0.24	0.11	0.10
V_2O_5	0.06	0.03	0.06	0.05	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
S	0.35	0.94	2.50	2.71	0.99	1.05	0.09	0.05	0.03	0.06	0.07	0.10	0.02
FeS_2	-	-	2.18	2.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LOI	2.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sa	98.32	97.24	97.67	94.60	96.10	95.38	97.32	95.87	95.81	98.98	100.20	96.83	95.07

14.	lava,	4 - 21.10- 22.00	20.	plagioklasporfyrit	85KHTL 9
15.	intermediär vulkanit,	4 - 54.50- 55.20	21.	dito,	85KHTL 10
16	basisk tuff	4 - 63.20- 65.00	22	dito,	85KHTL 11
17.	dito,	4 - 145.30-146.30	23.	lava,	85KHTL 27
18.	lava	5 - 26.80- 27.70	24.	basisk vulkanit,	85KHTL 28
19.	basisk tuff,	5 - 117.30-119.30	25.	plagioklasporfyrit,	85KHTL 29
-	ej analyserat		26.	kalkrik sediment.	84KKDL 8

%	27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.
SiO_2	43.50	48.20	71.10	37.00	48.20	48.50	46.30	47.90	62.50	49.90	58.70	49.10
TiO_2	0.75	0.39	0.26	0.24	0.56	0.69	0.95	0.43	0.59	0.39	0.86	1.16
Al_2O_3	9.63	17.40	5.61	7.31	15.80	16.90	16.70	16.30	12.10	15.20	13.70	12.00
Fe_2O_3	3.40	2.60	7.60	8.60	4.90	6.30	7.60	6.70	2.60	4.40	7.30	8.00
FeO	2.80	6.00	8.50	7.30	4.80	3.90	7.50	3.20	7.50	4.40	2.40	6.70
MnO	0.15	0.12	0.01	0.21	0.11	0.15	0.10	0.22	0.02	0.14	0.18	0.25
MgO	12.10	10.40	1.02	8.91	8.96	8.78	8.31	11.60	1.54	12.50	4.21	7.92
CaO	11.50	3.69	0.34	14.40	7.09	7.41	2.39	5.67	0.99	6.65	4.58	3.81
Na_2O	2.39	3.93	2.39	0.02	3.96	2.73	4.27	2.84	5.77	2.09	6.02	0.24
K_2O	0.47	0.97	0.11	0.46	0.25	1.02	0.75	0.97	0.51	0.61	0.57	5.12
P_2O_5	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.27	0.16	0.32	0.18	0.25	0.66
V_2O_5	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.03	0.03	0.03	0.05	0.07
S	0.01	0.01	1.01	1.14	0.16	0.18	0.32	0.05	2.52	0.18	0.55	2.16
FeS_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LOI	12.60	-	-	13.10	-	-	-	-	-	-	-	-
Sa	99.54	93.85	98.09	98.84	94.93	96.71	95.52	96.07	96.77	96.67	99.37	97.12

27.	kalkrik sediment	84KKDL 9	33	basisk tuff	84KKDL 24
28.	basisk tuff,	84KKDL 10	34.	plagioklasporfyrit,	84KKDL 25
29.	albitfels	84KKDL 11	35.	albitfels,	84KKDL 27
30.	kloritskiffer,	84KKDL 12	36.	plagioklasporfyrit,	84KKDL 28
31.	plagioklasporfyrit,	84KKDL 13	37.	intermediär vulkanit,	84KKDL 45
32.	dito,	84KKDL 15	38.	basisk vulkanit,	84KKDL 48A
-	ej analyserat				

ppm	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Be	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3
Sc	<5	30	<5	<5	35	<5	30	<5	45	50
V	10	100	100	60	130	105	170	85	205	130
Cr	50	155	190	90	1020	140	160	80	165	165
Mn	<5	2795	>3000	715	940	185	385	490	2435	815
Co	10	70	105	65	50	83	25	58	48	270
Ni	20	210	475	135	405	115	100	155	100	100
Cu	<50	1035	<50	220	870	<50	205	235	885	<50
Zn	<50	<50	<50	<50	90	<50	<50	<50	165	<50
Sr	<1	70	190	330	55	65	250	450	>1000	430
Y	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	15	20	25
Zr	345	110	265	65	45	105	110	90	100	220
Nb	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Mo	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Ag	<1	2	x	2	x	2	x	2	x	x
Ba	100	255	260	235	225	<50	100	145	<50	245
La	<30	<30	<30	<30	50	85	40	60	<30	<30
Ce	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
W	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
Au	<0.1	<0.1	x	<0.1	x	<0.1	x	<0.1	x	x

1	kvartsit	1 -	9.90- 11.90	6.	albitfels,	2 -	54.30- 54.60
2.	basisk tuff,	1 -	37.60- 39.60	7.	intermediär tuff,	2 -	60.60- 62.00
3.	dito,	1 -	42.70- 44.70	8	basisk tuff,	2 -	85.80- 86.80
4.	dito,	1 -	53.30- 55.30	9.	lava,	3 -	51.20- 52.20
5.	kloritskiffer	2 -	53.00- 54.30	10.	intermediär tuff,	3 -	62.40- 63.70

x = ej sökt

ppm	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Be	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sc	<5	45	25	55	55	55	40	<5	35	50
V	60	220	165	190	265	255	105	70	155	275
Cr	110	235	160	225	195	70	155	95	110	945
Mn	550	2020	1045	1780	2750	750	1590	178	855	945
Co	50	55	50	70	68	48	48	45	15	68
Ni	65	210	235	100	175	100	170	40	55	x
Cu	<50	225	740	845	365	<50	<50	14100	<50	<50
Zn	<50	65	70	70	115	115	340	<50	<50	<50
Sr	255	190	180	>1000	425	615	565	90	270	35
Y	<10	15	25	25	25	25	<10	<10	15	70
Zr	100	70	80	70	145	50	30	60	60	80
Nb	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Mo	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Ag	1	x	x	x	x	x	x	3	1	1
Ba	<50	500	500	500	190	200	410	110	265	500
La	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Ce	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
W	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
Au	<0.1	x	x	x	x	x	x	x	x	<0.1

11.	intermediär vulkanit,	4 - 54.50- 55.20	16.	basisk tuff,	84KKDL 24
12.	basisk tuff,	4 - 63.20- 65.00	17.	plagioklasporfyrit,	84KKDL 25
13	dito	4 - 145.30-146.30	18.	albitfels,	84KKDL 27
14.	lava,	5 - 26.80- 27.20	19.	intermediär vulkanit,	84KKDL 45
15.	basisk tuff	5 - 117.30-118.30	20.	basisk vulkanit	84KKDL 48A

x = ej sökt