160 A4/A3
irap 83022

SVERIGES GEOLOGISKA AB
Division Ingenjörsgeologi
Uppdragsgivare: KBS
Björn Albino
Göran Nilsson
Vladislav Stejskal
Stefan Sehlstedt
Leif Stenberg

INTERNRAPPORT
Datum: 1983-08-25
ID-nr: IRAP 83022

Arkivexemplar
Utlånas ej

GEOLOGISKA OCH GEOFYSISKA MARK- OCH DJUPUNDERSÖKNINGAR, TYPOMRÅDET

KAMLUNGE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING Sid

1. INLEDNING 3

2. GEOGRAFISK BESKRIVNING 7

3. REGIONAL GEOLOGI 8
3.1 Inledning 8
3.2 Basement 8
3.3 Äldsta ytavlagrade bergarter (svekokarelian) 9
3.4 Primorogena intrusiv (Haparandaserien) 10
3.5 Serorogena intrusiv (Linagranit) 10

4. TYPOMRÅDETS GEOLOGI 12
4.1 Inledning 12
4.2 Beskrivning av berggrunden 12
4.3 Bergarternas geokemiska sammansättning 17

5. LINEAMENTS - OCH SPRICKSTUDIER 21
5.1 Flygbildstolkning av regionala lineament 21
5.2 Sprickstudier - en metodbeskrivning. 24
5.3 Sprickmätningar inom typområdet Kamlunge. 26

6. GEOFYSIK 31
6.1 Geofysiska metoder för lokalisering av svaghetszoner i berggrunden. 31
6.2 Markgeofysiska undersökningar av typområdet. 35
6.3 Tolkning av mätresultaten. 37
6.4 Petrofysisk undersökning. 57
6.5 Regionala geofysiska profilmätningar. 64

7. HAMMARBORRNING 73

8. DJUPUNDERSÖKNING 79
8.1 Inledning 79
8.2 Sprickmineral 80
8.3 Kärnborrhål Km 1. 83

8.4 Kärnborrhål Km 2. 88
8.5 Kärnborrhål Km 3. 92
8.6 Kärnborrhål Km 4. 97
8.7 Kärnborrhål Km 5 och Km 6 101
8.8 Kärnborrhål Km 7. 106
8.9 Kärnborrhål Km 8. 110
8.10 Kärnborrhål Km 9. 114
8.11 Kärnborrhål Km 10. 118
8.12 Kärnborrhål Km 11 122
8.13 Kärnborrhål Km 12. 127
8.14 Kärnborrhål Km 13. 132
8.15 Kärnborrhål Km 14. 136
8.16 Kärnborrhål Km 15 och Km 16. 140

9. UNDERSÖKNINGSRESULTAT 146
9.1 Beskrivning av zon 1. 147
9.2 Beskrivning av zon 2. 147
9.3 Beskrivning av zon 3. 148
9.4 Beskrivning av zon 4. 148
9.5 Beskrivning av zon 5. 148
9.6 Beskrivning av zon 6. 149
9.7 Beskrivning av zon 7. 149
9.8 Beskrivning av zon H 1. 149
9.9 Zonernas lägen vid 450 m:s djup. 150

REFERENSER 153

ORDLISTA 155

1 INLEDNING

På uppdrag av Kärnkraftavfallets Behandling och Slutförvaring (KBS) utför Sveriges Geologiska AB (SGAB) en undersökning av typområden för slutförvaring av radioaktivt avfall. Syftet är att öka kunskaperna om geologiska och hydrologiska faktorers variation ner till stort djup. Speciellt undersöks sprick- och krosszoner samt deras inverkan på vattenföringen i berggrunden. Tidigare typområdesundersökningar har bedrivits på ett flertal platser i landet (fig 1). Jmf. Ahlbom et al (1980), Tir`n et al (1981), Albino et al (1982) och Carlsten et al (1982).

Kamlunge i sydöstra Norrbotten är en av dessa platser, som undersökts med detta syfte (fig 2). Förutom ett kärnborrhål, som är avsett för rekognosering av områdets bergkvalitet, har ytterligare 15 kärnborrhål borrats. Dessutom har 19 hammarborrhål borrats på olika objekt. Resultaten av de geologiska och geofysiska ytundersökningarna samt den geologiska djupundersökningen (kärnborrningen), presenteras i denna rapport. De geofysiska borrhålsundersökningarna redovisas i en separat rapport.

Samtliga kompassangivelser i rapporten är enligt 360^{o} systemet. Stupningar av borrhål och zoner är graderade från 0^{o} till 90^{o}, där 0^{o} representerar horisontalplanet.

I slutet på rapporten finns en ordlista, som förklarar vissa geologiska termer och uttryck.

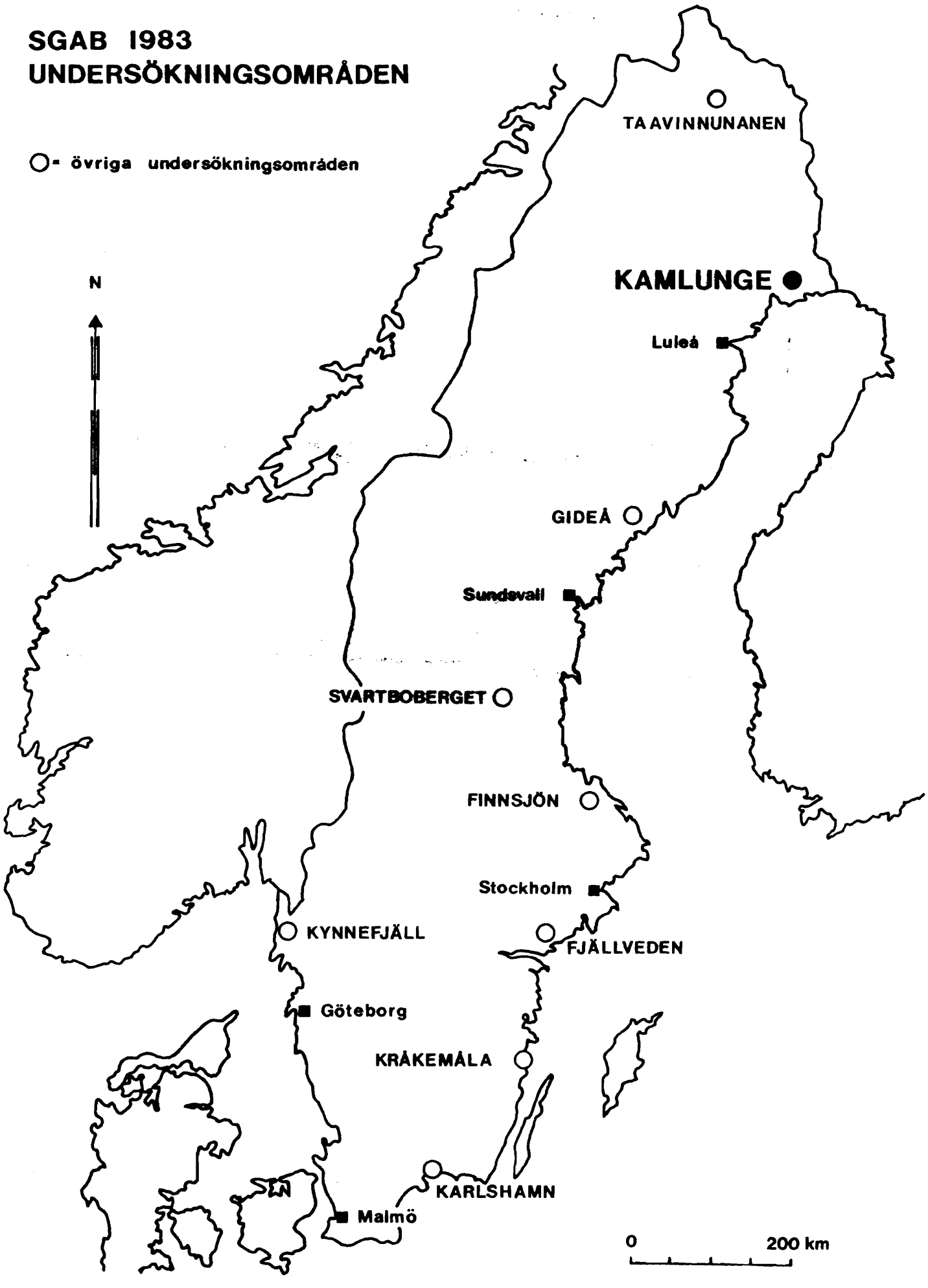


Fig. 1 Undersökningsområden, PRAV, KBS.

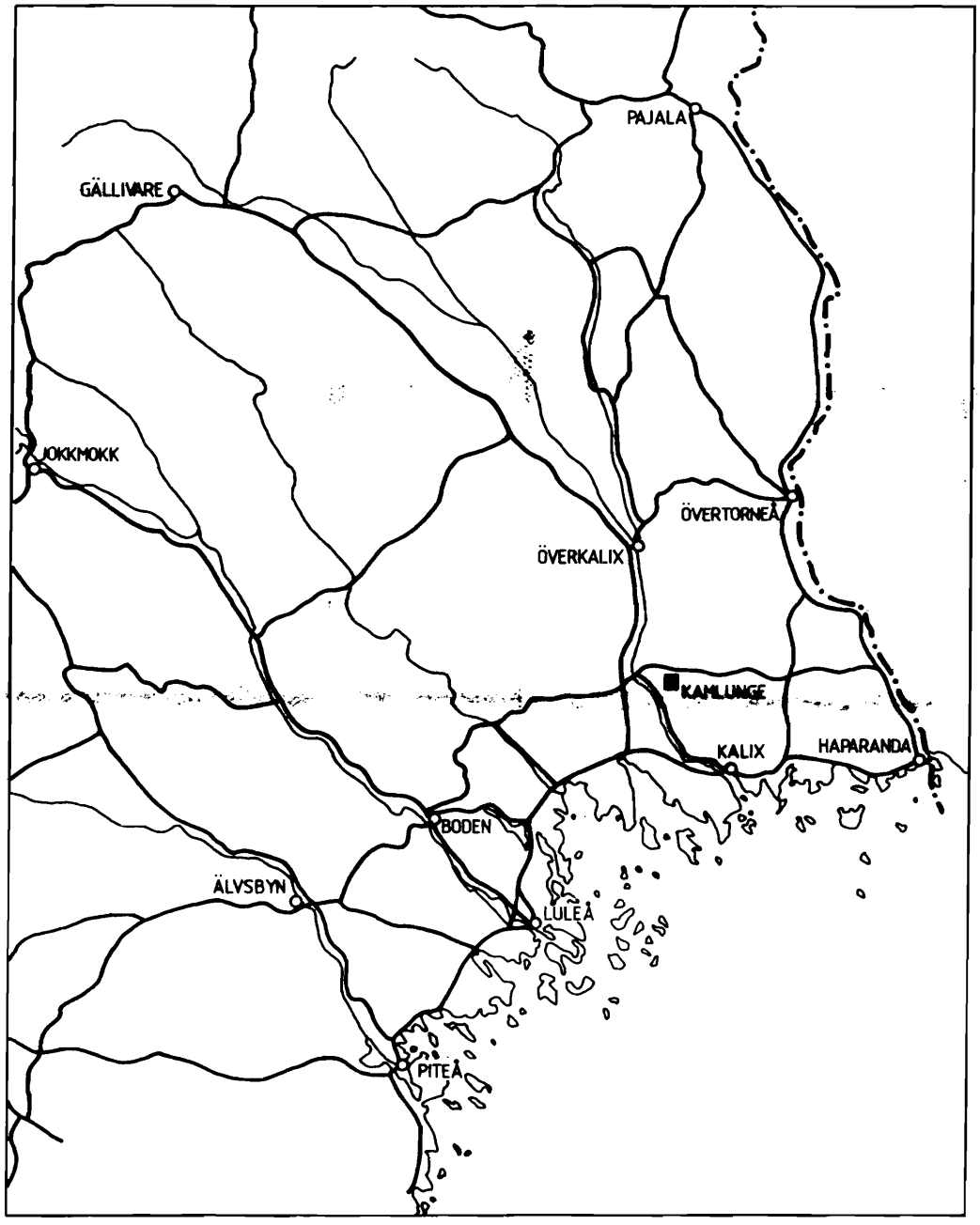


Fig. 2 Typområdet KAMLUNGE i Norrbottens län

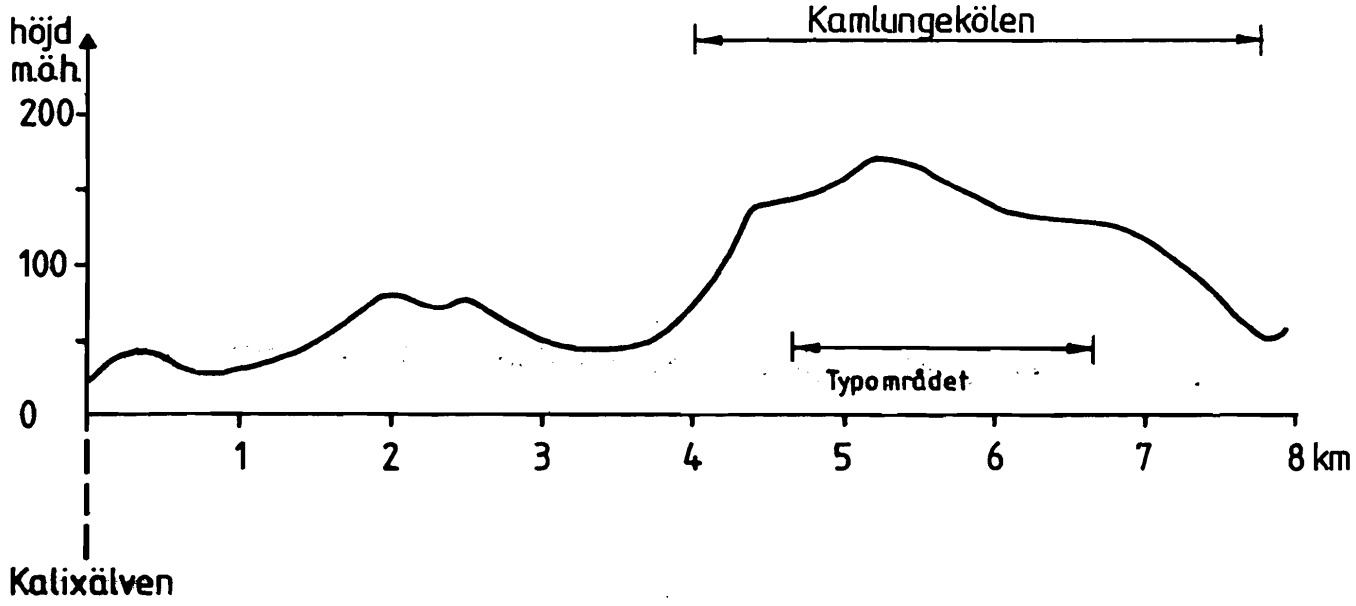


Fig. 3 En öst-väst profil över den centrala delen av typområdet KAMLUNGE. Profilen är överförhöjd 10 ggr.

2 GEOGRAFISK BESKRIVNING

Undersökningsområdet är beläget på kartbladet 25 M Kalix NV i sydöstra Norrbotten, cirka 65 km norr om Luleå.

Kartbladet omfattar ett skogrikt delvis kuperat område. Flera berg och bergsplatåer når drygt 100 meter över havet. Topografin är kraftigt styrd av isrörelseriktningen NNV-SSE.

Det undersökta området är 2.5 x 2.5 km stort. Inom denna yta utgör själva typområdet en ruta på 2.5 x 2.0 km. Den geofysiska undersökningen är begränsad till den mindre ytan, medan den berggrundsgeologiska undersökningen omfattar den större ytan.

Undersökningsområdet ligger på en stor bergsplatå, Kamlungekölen, (fig 3). Högsta punkten inom typområdet ligger på 175.2 m och lägsta punkten på 112 m över havet. Jorddjupet är tunt och området har mycket hög blottningsgrad. I västra delen av området finns stora sammanhängande hällytor, medan Östra delen utgörs i huvudsak av myrmark, Stormyran, med några enstaka hällpartier. Här är jorddjupet större, cirka 5-10 meter, lokalt djupare. Myrområdets södra del visar ett jorddjup av cirka 20 meter.

Jordarten är morän, som är relativt blockfattig. Däremot förekommer s.k. strandterasser med mängder av runda, slipade block. En kvarleva från istidens slutepok, när havet nådde denna nivå. Vegetationen utgörs av produktiv skogsmark.

3 REGIONAL GEOLOGI

3.1 Inledning

De bergarter som återfinns i norra delen av bottenviksområdet på båda sidor om den svensk-finska gränsen framgår av fig 4 och tabell 1. Dessa olika metamorfa och magmatiska bergarter, karakteriseras ur geologisk synpunkt av hög ålder och långvarig stabilitet. Uppgifterna i tabell 1 baseras på följande arbeten: Kresten et al (1977), Lundqvist (1980), Pertunen (1980), Simonen (1960) och Welin et al (1971).

Bergartsled eller händelse	Ålder milj. år
Alkalina, ultrabasiska gångar (Kalix) ex. Kimberlit	1142
Linagranit, serorogen	1565 och 1800
Veckning, metamorfos och intrusion av Haparandaseriens bergarter	1840
Äldre ytavlagrade bergarter (svekokareliska metasediment och metavulkaniter)	1900-2500
Intrusion av basiska bergarter	2450
Arkeisk basement (gnejsgranit)	2600-2800

Tabell 1. Åldersschema över berggrunden i norra bottenviksområdet (Kalix-Kemi området)

3.2 Basement

Gnejsgraniterna i basement utgör områdets äldsta kända bergarter, och är underlag för de svekokarelska bergarterna. Gnejsgraniten utbreder sig inom nordligaste och mellersta Fin-

land samt angränsande delar av Sovjet (Loberg 1980). Svekokarelium betecknar den tidsepok, när den svekokarelska bergkedjeveckningen pågick, denna kulminerade för cirka 1800 miljoner år sedan. I Sverige återfinner man basement norr och öster om Kiruna, samt i ett begränsat område vid Kukkola norr om Haparanda.

3.3 Äldsta ytavlagrade bergarter (svekokarelian).

Basement överlagras av ett konglomeratskikt på vilket den svekokareliska sedimentära och vulkaniska lagerföljden avsatts. Lågt i lagerföljden uppträder basiska vulkaniter. De överlagras av kvartsiter och konglomerater, ofta med vackert bevarade primära sedimentära strukturer. Vulkaniska led och även dolomitiska inlagringar ingår i lagersekvensen. Finkorniga, ursprungligen leriga sediment, som är omvandlade till fylliter bildar sedimentseriens övre del.

I området strax norr om Kemi, förekommer sediment och vulkaniter bevarade i en synklinalstruktur, som vid sydsidan karakteriseras av svag tektonisk deformation, låg metamorfosgrad och frånvaro av yngre intrusiva djupbergarter.

I Kalixområdet förekommer sedimentära svekokareliska bergarter av samma typ och med likartad stratigrafi, som i Finland (Mikkola 1949). Tuffer, tuffiter och basiska vulkaniter upptar stora områden i det yttre kustbandet och lokalt växellagrar dolomiter med skiffrar (Ödman 1957).

De sedimentära bergarter, som uppträder norr om Kalix är starkt påverkade genom veckning och metamorfos. Deras primära strukturer och lagerföljder är nästan helt utplånade och förskiffrade. De ursprungliga beståndsdelarna är omkristalliserade till nya mineral. Enligt den dominerande mineralsammansättningen, kan metasedimenten indelas i biotitgnejs, kvartsitisk gnejs, amfibolit, diopsid- och tremolitförande skarngnejs. Stora områden är intruderade av både primorogena och serorogena bergarter. Detta har lett till en migmatisering som oftast antar formen av en magmatisk brecciering, där blockliknande fragment av äldre metasediment är omslutna av en granitisk

bergart. Metasedimenten är också genomsatta av kvarts och fältspatrika gångar och ådror.

3.4 Primorogena intrusiv (Haparandaserien)

De svekokareliska sedimentbergarterna påverkades i ett tidigt stadium genom uppträdandet av en grupp intrusiva djupbergarter, som kallas Haparandaserien. Dessa varierar i mineralsammansättning från gabbro till granodiorit (Ödman 1957). Liksom de mellansvenska urgraniterna och Jörngraniten i Västerbotten trängde de i en tidig orogen fas in i de ytavlagrade bergarterna. Haparandaseriens bergarter har troligen bildats genom partiell uppsmältning av djupt nedsänkta äldre ytavlagrade bergarter. Granodioriten har daterats till 1840 miljoner år (Welin et al 1970). Haparandaseriens bergarter är ofta svagt folierade och uppträder ofta parallellt med strukturer i metasediment.

3.5 Serorogena intrusiv (Linagranit)

Linagraniten täcker idag stora delar av Norrbotten. Ofta är Linagraniten rödbrun-ljusröd eller undantagsvis grå, medeltill finkornig och med massformig struktur. Linagraniten består vanligen av stora korn av ljusröd mikroklin och mindre korn av gråvit kvarts. Typiskt för dessa serorogena graniter är höga halter av kalium och aluminium samt låga halter av järn, magnesium och kalcium. Till skillnad från primorogena intrusioner uppträder pegmatiter alltid i samband med Linagraniten. Denna granit tränger genom såväl metasedimentära bergarter, som Haparandaseriens bergarter.

De genomförda radiometriska åldersbestämmningar (Welin et al 1971) av Linagraniten gav en ålder av 1565 miljoner år, medan andra graniter från denna grupp intruderade för omkring 1800 miljoner år sedan. Den regionala utbredningen av de yngre och äldre Linagranittyperna är inte känd.

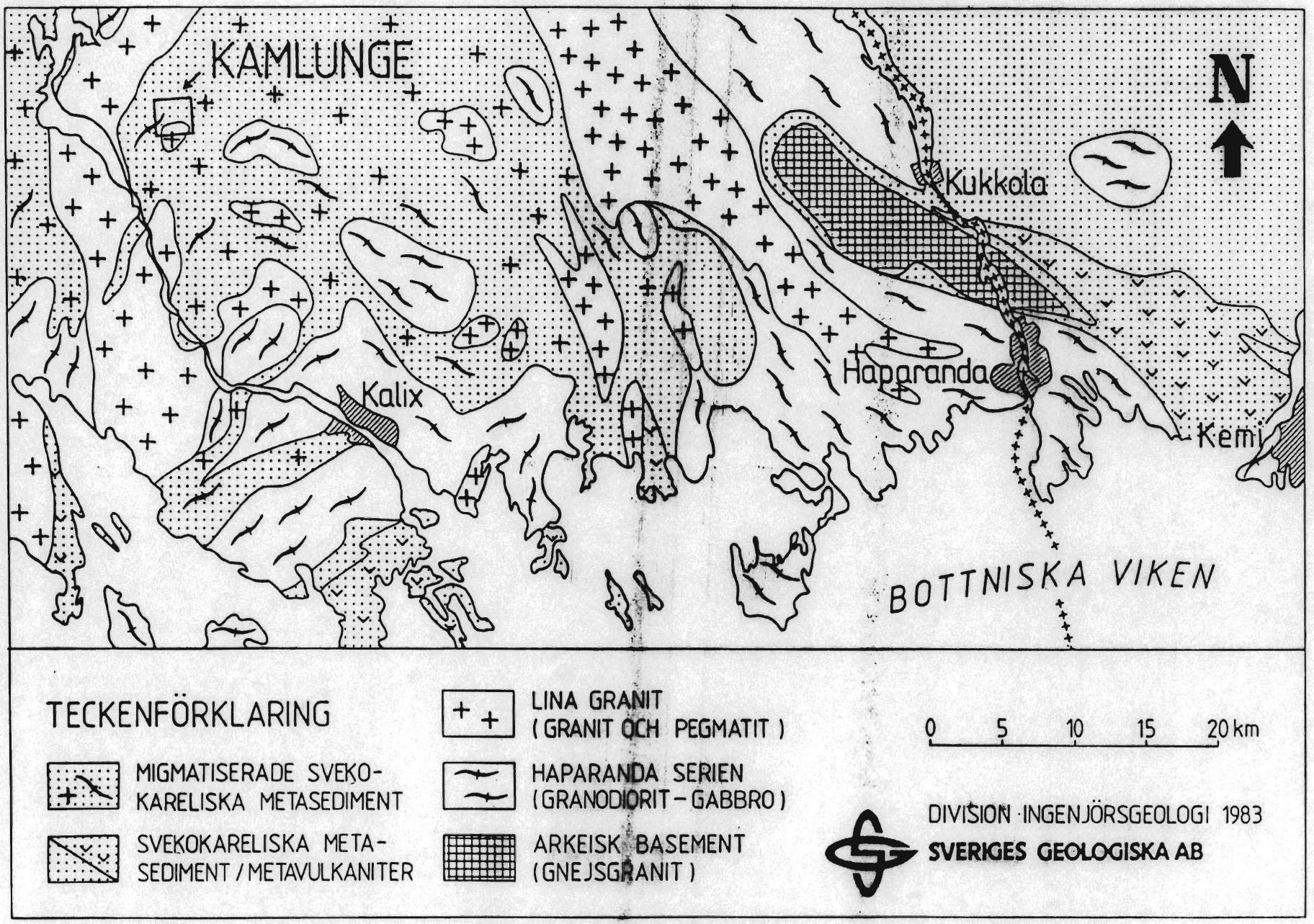


FIG. 4 GEOLOGISK ÖVERSIKTSKARTA ÖVER NORRA BOTTENVIKSOMRÅDET

4 TYPOMRÅDETS GEOLOGI

4.1 Inledning

Enligt den storskaliga geologiska kartan över Norrbottens län (Ödman 1957) består typområdets berggrund av migmatiter. Den heterogena berggrunden utgörs inom området av förgnejsade svekokareliska sediment med primorogena intrusioner av Haparandaserien. I samband med Linagranitens framträngande, genomsattes områdets berggrund av korsande system av gångar och ådror. De äldre bergarterna finns bevarade, och är omslutna av granit eller pegmatit, som isolerade fragment av varierande storlek.

På stora hällytor kan många detaljer studeras av bergarternas inbördes relationer, sammansättning och tektoniska drag såsom förskiffring, veckning och uppspräckning.

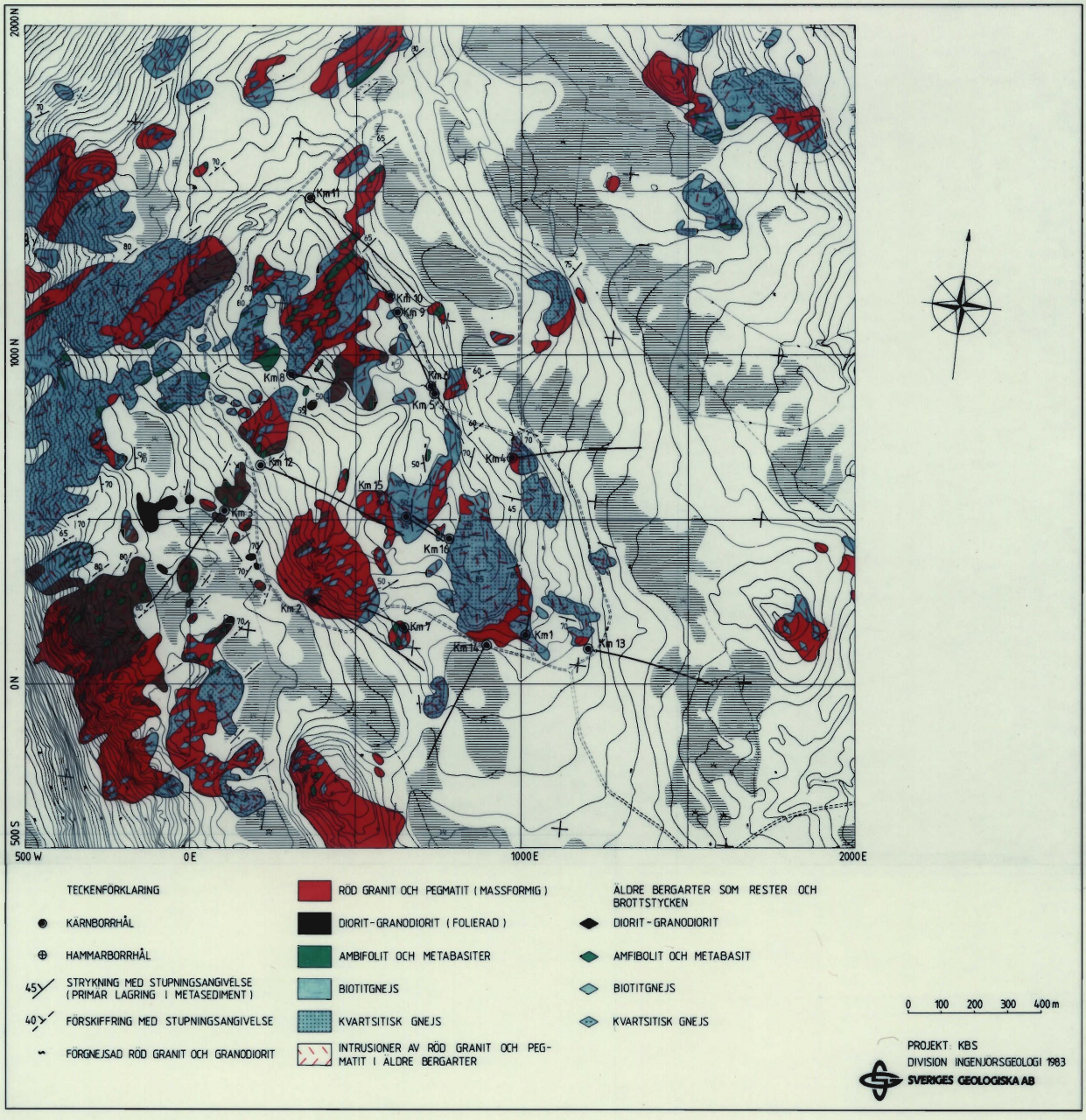
Den stora variationen i berggrundens sammansättning, uppvisar inte något samband med regionala svaghetszoner i omgivningen.

4.2 Beskrivning av berggrunden

De två huvudgrupperna av intrusiva bergarter, den folierade granodioriten tillhörande Haparandaserien, och den massformiga rödbruna och mikroklinrika Linagraniten är lätt att skilja åt i fält. Uppdelning av de svekokareliska metasedimenten är också baserad på den makroskopiska bedömningen av deras kvarts- respektive biotitinnehåll. Amfiboliter är något mindre vanliga i jämförelse med kvartsitiska gnejser och biotitgnejser. Amfiboliter har bildats av olika utgångsbergarter, av både magmatiskt och sedimentärt ursprung.

4.2.1 Kvartsitisk gnejs

I flera stråk, ibland några hundra meter breda, påträffas kvartsitiska gnejser, som utgörs av en grå övervägande finkornig kvarts-fältspat-biotit bergart. Färgen beror på halten biotit. Strukturen är vanligen ojämnkornig , bandad eller



FIGUR 5 BERGGRUNDSKARTA ÖVER TYPOMRÅDET KAMLUNGE

massiv med oregelbundna grovkorniga kvarts-fältspat sliror. Deras ursprung har varit kvartssandsten, som genom metamorfos har fått gnejsig struktur och ökad kornstorlek.

I motsats till de andra metasedimenten, visar kvartsiterna i några fall väl bevarade primära strukturer, som strömskiktning och bandning. Slipprov visar att utöver de vanliga mineralen kvarts, kalifältspat, plagioklas och biotit förekommer även granat och zirkon.

4.2.2 Biotitgnejs

Biotitgnejsen representerar metamorfa omvandlingsprodukter av leriga sedimentbergarter. Den mest karakteristiska typen är en gråsvart bergart med välutvecklad skiffrighet, orsakade av parallellordnade glimmerflak. Ofta uppträder bandning, där kvarts-fältspatrika band alternerar, med glimmerrika, vilket kan representera rester av den ursprungliga skiktningen.
Huvudmineral är fältspat, kvarts och biotit. Vidare förekommer ibland cordierit i liten mängd. Amfibolförande biotitgnejs uppvisar lägre kvartshalt.

Det finns alla mellantyper mellan de kvartsitiska gnejserna och de mera basiska , amfibolförande biotitgnejserna.

4.2.3 Skarngnejs

Skarngnejs förekommer underordnat inom typområdet. Oftast påträffas de som ljusgröna sliror eller decimeter breda band nära associerade med finkorniga amfiboliter eller biotitgnejs.

Tunna skarnband är mycket vanliga i borrhålen. Det bredaste partiet med skarn har påträffas i Km 1 mellan 472-478 m.

I slipprov uppträder 1 cm breda band som huvudsakligen består av diopsid och något albit-oligoklas. Dessa ligger varvade med mörka, några millimeter breda band av parallellordnade nålformade kristaller av tremolit och biotitkorn. Accesoriskt ingår kvarts, epidot och kalcit. Mineralsammansättningen tyder på höggradig omvandling av ursprungligen dolomitiska skikt i

lerskiffer.

4.2.4 Granodiorit-diorit

Inom typområdet förekommer ett betydande massiv av intermediära och basiska bergartsled, som tillhör Haparandaserien. Massivet sträcker sig från områdets sydvästra del mot nordost. Utbredningen mot nordost är markerad genom en svärm av isolerade fragment och kan återfinnas i bl a borrhål Km 11 mellan 480-650 m.

Bergarter från denna grupp, inträngde i samband med den regionala veckningen av de ytavlagrade bergarterna. De påverkades av veckningen och uppträder parallellt med skiffrigheten i metasedimenten.

Den mest vanliga typen av granodiorit innehåller 2-5 mm stora plagioklaskorn i en biotitrik mellanmassa. Detta ger bergarten ett porfyriskt utseende. Mikroskopiska undersökningar visar också kalifältspat, kvarts och amfibol. Accesoriskt uppträder magnetit, sulfidmineral och apatit.

Gabbroida bergarter är volymmässigt underordnade och begränsade i hällar till enstaka linser och i ett omkring 40 m brett parti i Km 14 mellan 210-245 m. De består i huvudsak av en gråsvart massa av amfiboler med korn av kalciumrik plagioklas och ofta med större korn av magnetit. På kartan, fig 5, har de fått en beteckning av amfibolit-metabasit.

Den folierade strukturen av bergarter från denna grupp har antagit ett slirigt och veckat utseende, där de har utsatts för starkare tektoniska deformationer, t ex 500 m sydväst om Km 11 och 150 m öst om Km 8.

4.2.5 Amfiboliter

Amfiboliterna utmärks av mörkgrå färg och utgörs av amfibol och plagioklas, som väsentliga mineral. Prismatiska amfibolkristaller ligger i skiffrighetsplanen och skiffrigheten förstärks med ökad biotithalt.

Amfiboliter med hög biotithalt kan representera basiska vulkaniter, som gradvis övergår till biotitgnejs, t ex i Km 3 mellan 120 och 580 m. Ursprungliga karbonathaltiga sediment eller orena kalkstenar är omvandlade till amfibolitskarn som består av ljusgrön tremolit-aktinolit, albit-oligoklas och biotit. Accesoriskt uppträder epidot och kvarts.

Hornblände och plagioklas är karakteristisk för metabasiter, som vanligen innehåller rikligt med opaka korn, enstaka kvartskorn, biotit, apatit och titanit.

Ultrabasiska bergarter har påträffats endast i Km 9 mellan 345-360 m och 380-415 m samt i Km 12 vid 650 m resp 660 m. De utgörs av en svartgrå, grovkornig bergart, som huvudsakligen består av pyroxen och amfibol. Vissa avsnitt och särskilt vid kontakterna är dessa bergarter starkt förskiffrade och biotitomvandlade.

4.2.6 Linagranit

Den södra och sydöstra delen av typområdet utgörs av Linagranit och andelen gnejsiga inneslutningar minskar. Denna granit utgör 57 % i Km 13, 54 % i Km 14 och 43 % av Km 12. Lina-graniten tillhör serorogena graniter och skär ofta äldre strukturer. Breda nordost-sydväst gående gpanitstråk är generellt anpassade till den dominerande skiffrighetsriktningen inom typområdet. Skivor av metasediment är övervägande skarpt avgränsade mot denna. Granitiskt material genomsätter berggrunden, som ådror och oregelbundna sliror.

Graniten är gråröd eller rödbrun och har massformig struktur. Kornstorleken varierar från fin- till grovkornig. Graniten uppbyggs av mikroklin, plagioklas och kvarts, samt mindre mängd biotit. I större blottningar framträder granitens förklyftning och bankartade uppsprickning.

Linagraniten är åtföljd av pegmatiter och båda bergarterna övergår i varandra utan några skarpa gränser.

Stora pegmatitgångar har observerats i nordvästra delen av

typområdet. De består av decimeter breda korn av ljusröd kalifältspat, kvarts och muskovit. Mera sällan påträffas bergkristall, turmalin, beryll, granat och magnetitkorn. Strukturen är ofta skriftgranitisk.

4.3 Bergarternas petrokemiska sammansättning

Tio stycken bergartsprover insamlades för analys. Dessa prover fördelar sig på följande bergarter: 2 kvartsitiska gnejser, 2 biotitgnejser, 2 graniter, 2 dioriter och 2 amfiboliter. Det är svårt att dra några slutsatser om de värden man får av ett så begränsat antal prover. Analyserna redovisas därför endast i tabellform (tabell 2 och 3).

Bergart	AAKM 82035 Kvartsitisk gnejs	AAKM 82058 Kvartsitisk gnejs	AAKM 82099 Biotit-gnejs	AAKM 82242 Biotit-gnejs
SiO_2 %	86,2	76,1	57,1	51,6
TiO_2 %	0,20	0,12	1,75	1,13
Al_2O_3 %	8,1	11,7	10,5	14,3
Fe_2O_3 %	0,1	0,4	12,2	4,2
FeO %	0,1	1,0	2,6	7,4
MnO %	0,02	0,03	0,24	0,15
CaO %	0,4	2,0	3,8	7,4
MgO %	0,07	2,4	6,6	7,0
Na_2O %	4,1	2,6	0,3	2,2
K_2O %	0,3	2,6	0,1	2,0
H_2O+ %	0,2	0,9	4,2	2,0
H_2O- %	<0,1	0,1	0,2	0,2
P_2O_5 %	0,04	0,08	0,23	0,42
CO_2 %	0,05	0,06	0,05	0,04
F %	0,01	0,06	0,11	0,10
S %	0,01	<0,01	0,01	0,02
BaO %	0,01	0,08	0,01	0,07
Summa	99,90	100,10	99,74	99,98

Tabell 2 Kemiska analyser av bergarter från Kamlunge (vikt -%)

	AAKM 82215	AAKM 82239	AAKM 82073	AAKM 82237	AAKM 82088	AAKM 82228
Bergart	Granit	Granit	Diorit	Diorit	Amfibolit	Amfibolit
SiO_2 %	73,0	75,3	62,1	56,0	52,3	45,7
TiO_2 %	0,09	0,20	0,62	0,72	0,46	1,19
Al_2O_3 %	15,4	13,9	16,9	17,1	10,9	11,1
Fe_2O_3 %	0,2	0,3	2,3	2,2	0,8	2,9
FeO %	0,6	1,2	3,5	5,1	3,6	7,4
MnO %	0,02	0,03	0,08	0,15	0,20	0,17
CaO %	1,9	1,0	5,1	6,4	15,9	11,2
MgO %	0,35	0,52	1,95	4,0	12,8	14,1
Na_2O %	4,5	4,0	4,4	4,0	0,5	0,6
K_2O %	3,7	3,4	1,5	1,9	0,3	2,5
H_2O+ %	0,4	0,7	0,9	1,3	1,5	2,6
H_2O- %	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
P_2O_5 %	0,05	0,04	0,28	0,27	0,18	0,06
CO_2 %	0,03	0,07	0,04	0,02	0,08	0,10
F %	0,01	0,03	0,05	0,08	0,22	0,15
S %	<0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01
BaO %	0,20	0,04	0,08	0,04	0,02	0,03
Summa	100,45	100,72	99,79	99,25	99,67	99,74

Tabell 3 Kemiska analyser av bergarter från Kamlunge (vikt -%)

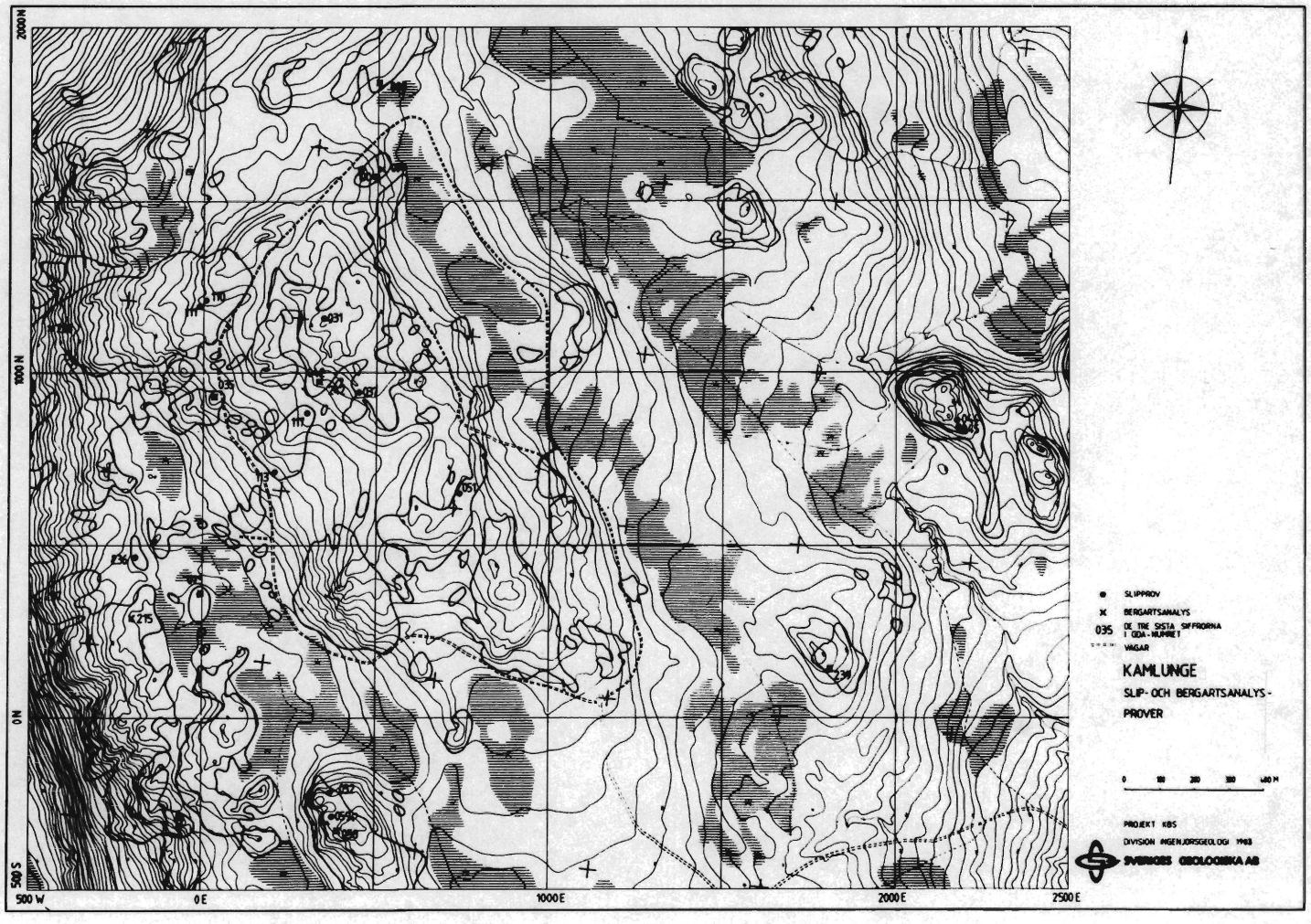


Fig 6. Provpunktslokaler för slipprover och bergartsanalyser i undersökningsområdet.

5 LINEAMENTS- OCH SPRICKSTUDIER

Med lineament avses signifikanta linjer i landskapet, som återspeglar formen av berggrundsytan. Vanligen är dessa linjer knutna till svaghetszoner i berggrunden. Vid tolkningen av lineamenten måste hänsyn ta till inlandsisens rörelser (fig 8 A). Svaghetszoner, som är parallella med isrörelseriktningen, framträder tydligare än de som är mer eller mindre vinkelräta mot isrörelseriktningen. Andra faktorer som påverkar tolkningen av lineamenten är jordtäckets tjocklek och typ, vegetation och skala hos flygbilderna.

5.1 Flygbildstolkning av regionala lineament

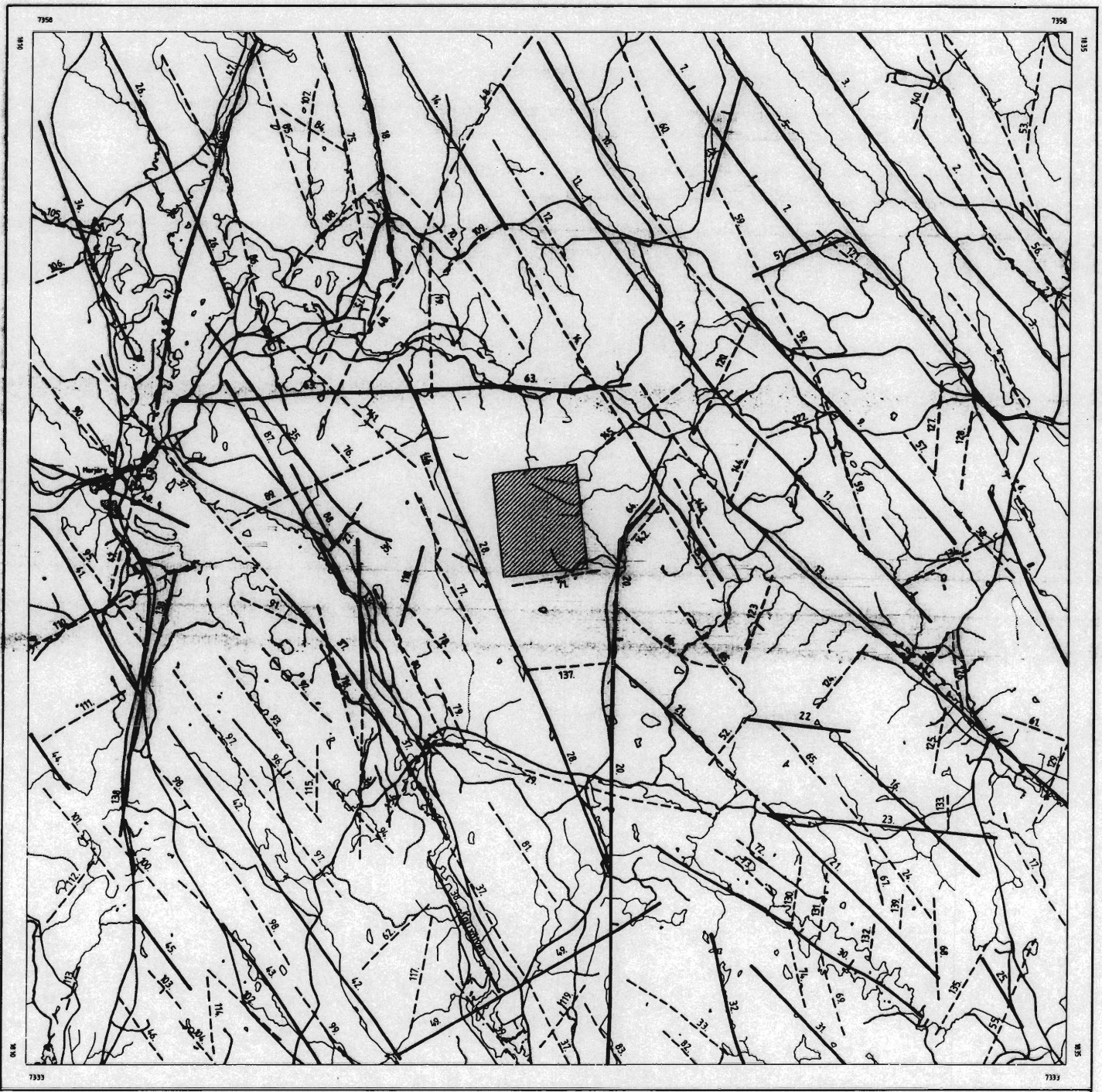
Underlag för den regionala flygbildstolkningen har varit följande:

Topografisk karta: 25 M Kalix NV och NO
26 M Överkalix SV och SO
skala 1:50000

Flygbilder: svartvita med stereotäckning
skala 1:30000

Ett 625 km^2 stort område omkring typområdet har detaljstuderats. Inom detta område räknades 146 lineament med en total längd av 618.3 km. Detta ger en lineamentstäthet på 0.99 km lineament/km^2.

Lineamenten har indelats i väl markerade lineament och svagt markerade lineament (fig 7). Väl markerade lineament omfattar topografiskt väl definierade stråk, som dalgångar och sänkor med regional uthållighet. Dessa lineament antas ha en ungefärlig bredd av 100 meter. De väl definierade lineamenten, omfattar 30 % av samtliga lineament. Övriga lineament har betecknats, som svagt markerade. Dessa lineament är i allmänhet



FLYGBILDSTOLKADE LINEAMENT INOM ETT 625 km² STORT OMRÅDE OMKRING TYPOMRÅDET KAMLUNGE

Väl markerade lineament
Svagt markerade lineament
Typområdet Kamlunge
Isrörelseriktning

0 1 2 3 4 5km
Skala i kilometer

DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI 1982
SVERIGES GEOLOGISKA AB

FIG. 7

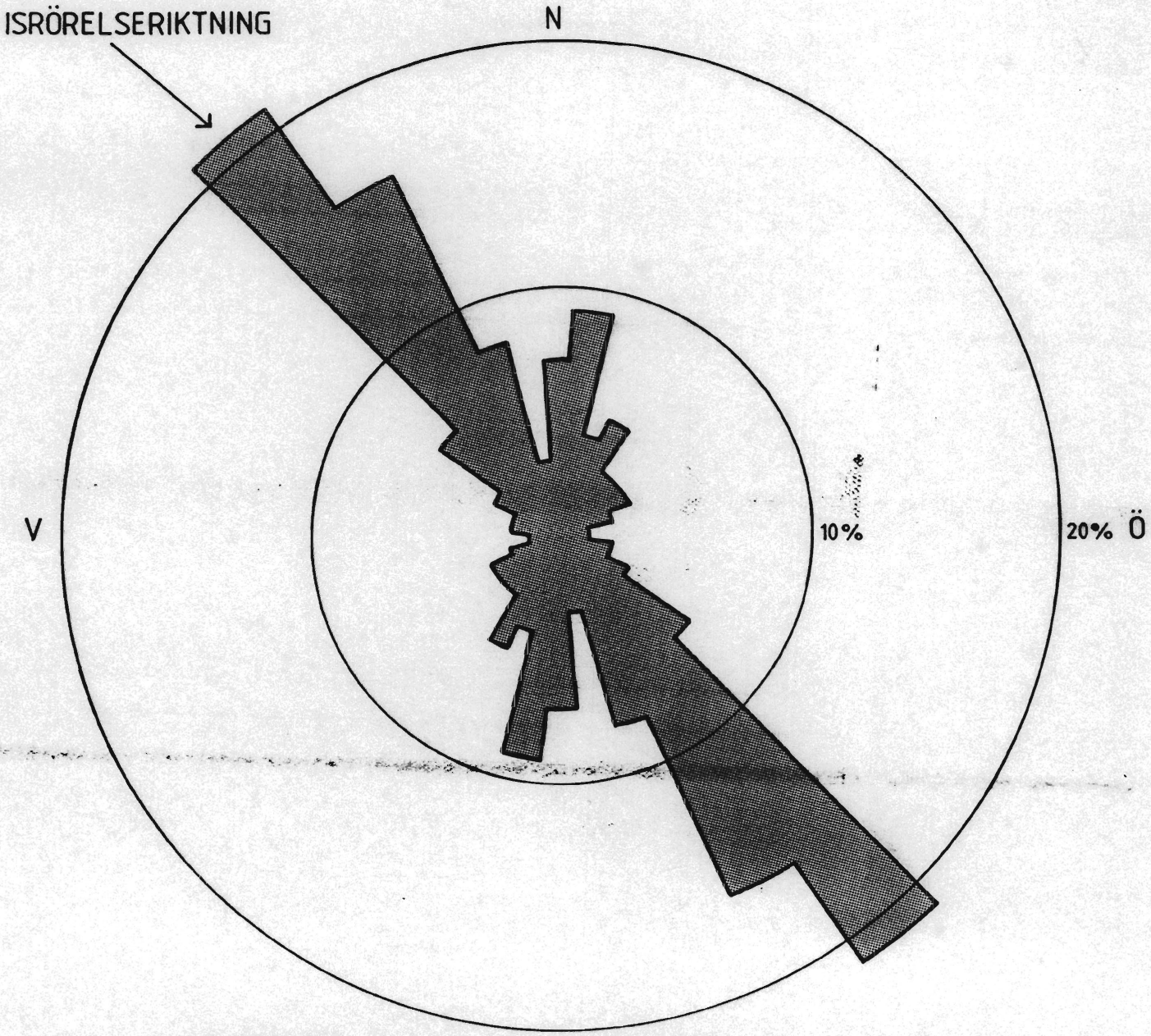


Fig 8A: Riktningen för 146 lineament inom ett 625 km^2 stort område omkring typområdet Kamlunge

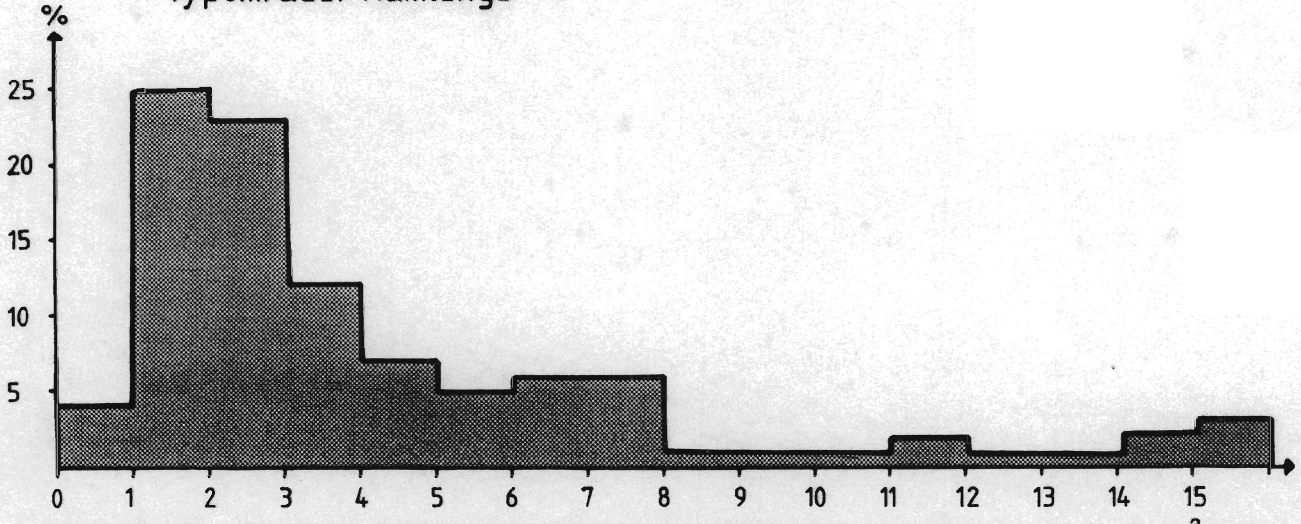


Fig 8B: Fördelningen av 146 lineament efter dess längd inom ett 625 km^2 stort område omkring typområdet Kamlunge

relativt korta och återspeglas i naturen som mindre sänkor och mjuka begränsningar av höjdpartier. De antas ha en ungefärlig bredd av 25 meter.

Lineamenten kan indelas i tre huvudgrupper, beroende på vilken riktning de har.
Den första huvudgruppen lineament, som är helt dominerande, stryker i N 40 W - S 40 E (fig 8 A). Riktningen överensstämmer med isrörelseriktningen, vilket kanske inte är så förvånande. Dessa lineament är de mest uthålliga av de tre huvudgrupperna. De inbördes avståndet mellan lineamenten varierar mellan en och två kilometer och upprepas periodiskt. Sjöar och älvar följer i stort sett denna riktning. En större zon, som avgränsar Kamlungekölen åt väster, tillhör denna grupp. Zon 28 enligt figur 7. Denna zon kan möjligtvis tidigare ha utgjort en flodfåra till Kalixälven. Den kanske t o m har varit en fjord under glaciationens slutskede.

Den andra huvudgruppen utgörs av lineament, som stryker i N 10 E - S 10 W (fig 8 A). Även dessa kan ha god uthållighet, se zon 20 enligt figur 7. Zon 20 är cirka 15 km lång. Sjöar och älvar styrs till viss del också av denna strykningsriktning.

Den tredje huvudgruppen är klart underordnad de båda övriga. Riktningen är N 30 E - S 30 W (fig 8 A). Dessa lineament är förhållandevis korta. De är otydliga och svåra att identifiera vid flygbildstolkningen pga vinkeln c:a 70° mot isrörelseriktningen, vilket medför att sprickorna ofta täcks av moränavlagringar.

Ett histogram över lineamentens längd finns redovisad i figur 8 B, som visar att de flesta linement är korta, 52 % är kortare än 3 km.

5.2 Sprickstudier - en metodbeskrivning

Sprickstudier ingår, som en del i arbetet att karakterisera en bergmassa ur bergmekanisk och hydraulisk synvinkel.

Blottningsgraden inom det undersökta området är hög, speciellt

i västra delen. Hällarna är vidsträckta och uppvisar en tydlig uppsprickning i s.k. bankningsplan. Det är dock osäkert, vilken betydelse, som skall läggas på en bergmassas sprickighet. Det finns inget klart samband mellan sprickighet och vattenföring. Detta kan bero på många faktorer, som sprickfyllnader, sprickors kontinuitet, bergspänningar etc.

De parametrar, som noteras vid sprickmätning är orientering (strykning/stupning), antal, bredd och karaktär (sprickmineral mm). Därefter följer en beskrivning av bergartstyp och förekommande strukturelement såsom förskiffring, veckaxlar och lineationer.

Mätprofilerna dras längs två mot varandra vinkelräta riktningar. Längs profilerna studeras alla sprickor, som är längre än 0.5 m. Sprickorna indelas i slutna (s), öppna sprickor (ö), slutna till öppna sprickor (s-ö) och läkta sprickor (l). Som öppna sprickor räknas sprickor med en bredd av en millimeter och uppåt.

För att erhålla ett rättvisande resultat måste alla sprickor längs profilerna studeras. Därför måste markytan noga rensas från mossa, lav, rötter mm så att sprickorna på hällarna blir synliga. Från dessa data kan sedan sprickfrekvensen (SF) beräknas enligt nedanstående formel (Ahlbom et al 1980).

$$SF = \sqrt{\frac{(\text{Antal sprickor/m})^2 \text{ profil A} + (\text{Antal sprickor/m})^2 \text{ profil B}}{2}}$$

5.3 Sprickmätningar inom typområdet Kamlunge.

Inom typområdet Kamlunge har sprickstudier utförts på 48 lokaler. Blottningsgraden inom det undersökta området är hög, speciellt i västra delen. Hällarna är vidsträckta och uppvisar en tydlig uppsprickning i s.k. bankningsplan. Denna spricktyp är dock svår att studera på hällar. I nedan angivna sprickdata är därför denna sprickgrupp av horisontella sprickor underrepresenterad. Sprickstudierna i Kamlunge har indelats efter två huvudgrupper, magmatiska och metamorfa bergarter. Den genomsnittliga sprickfrekvensen har beräknats till 1.2 för hela området. Uppdelat på de två huvudgrupperna visar det sig att de magmatiska bergarterna har SF= 1.1, medan de metamorfa bergarterna har SF=1.3. En sammanställning över sprickornas fördelning presenteras i tabell 4.

Typ	ö (%)	s-ö (%)	s(%)	läkta(%)	ofullst(%)	tot.
Magmatiska	14.9	21.2	54.1	9.1	0.7	1365
Metamorfa	20.6	17.6	57.0	3.4	1.4	2160
Totalt	18.4	19.0	55.9	5.6	1.2	3525

Tabell 4. Sprickornas fördelning för 48 lokaler inom Kamlungeområdet.

Vi kan konstatera att över hälften av alla sprickor är definerade som slutna, dvs med en bredd < 1 mm.

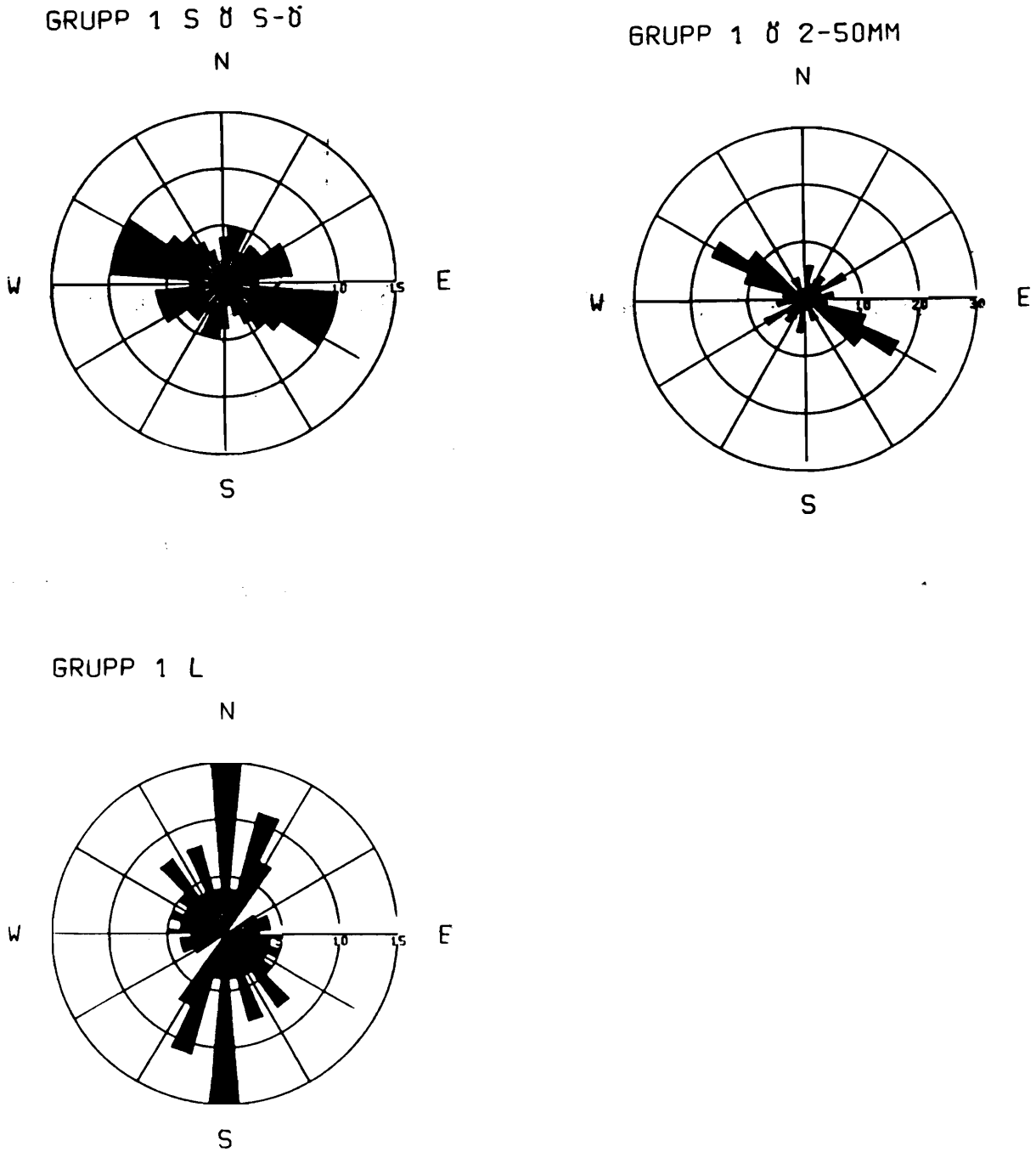
5.3.1 Magmatiska bergarter (grupp 1)

Till denna bergartsgrupp räknas granit, pegmatit och granodiorit.

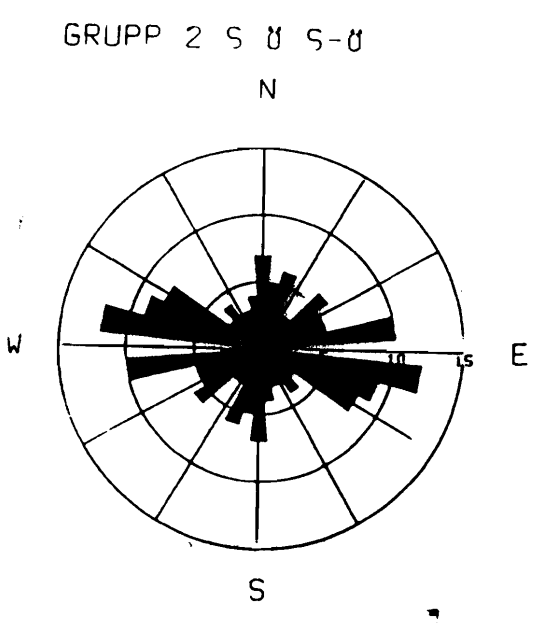
Vi kan konstatera att sprickriktningen för de läkta sprickorna markant avviker från riktningen för de slutna-öppna sprickorna. Läkta sprickor dominerar i N-S med undergrupper i N20°W-S20°E , N40°W-S40°E och N20°E-S20°W.

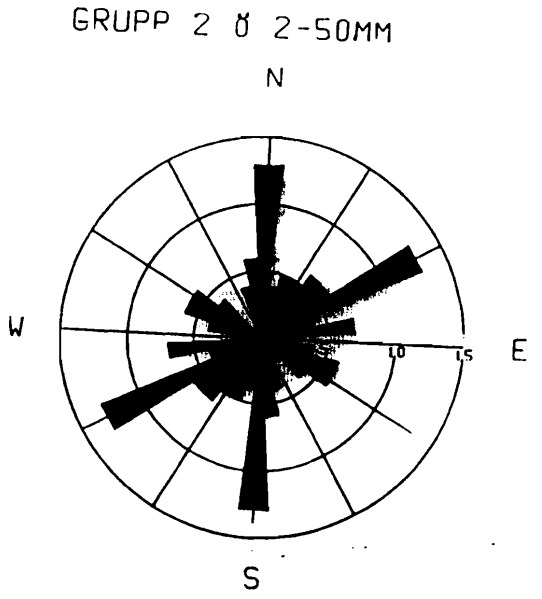
Övriga sprickor (ej läkta) visar dominerande riktningar i N70°W-S70°E, men även N70°E-S70°W är markerad.

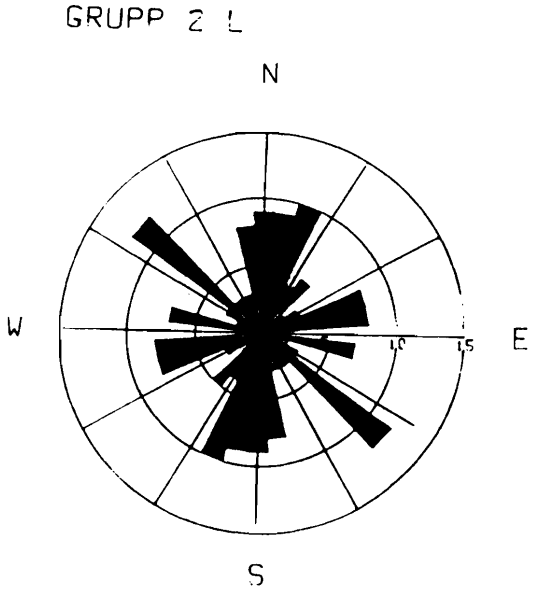
Öppna sprickor visar huvudriktning i N60°W-S60°E.



Figur 9. Sprickrosor för de magmatiska bergarterna (grupp 1).







Figur 10. Sprickrosor för de metamorfa bergarterna (grupp 2).

Om de läkta sprickorna tolkas, som äldre tensionssprickor, bör

tensionsriktningen ha varit dominant i öst-väst. Efter tensionen har området utsatts för kompression, vilket har gett upphov till de slutna sprickor i N70°W-S70°E och N70°E-S70°W. Dessa är att betrakta som skjuvsprickor varför tryckriktningen har varit i öst-väst.

Slutligen kan konstateras att de öppna sprickorna 2-50 mm visar en signifikant huvudriktning i N60°W-S60°E. Om upphovet till dessa sprickor antas vara den yngsta spänningsriktningen, innebär detta att området har varit utsatt för en tensionskraft vinkelrät sprickriktningen, dvs tensionen har verkat i N30°E-S30°W.

5.3.2 Metamorfa bergarter (grupp 2).

Huvudriktningarna för läkta sprickor i metamorfa bergarter visar på tre markerade riktningar; N50°W-S50°E, N-S och N75°E-S75°W. Eftersom den metamorfa berggrunden tillhör de allra äldsta bergarterna, kan de olika riktningarna representera mycket gammal tektonisk påverkan, som skett under de bergartsbildande processerna.

Samtliga sprickor, utom de läkta visar två signifikanta riktningar, N80°W-S80°E och N80°E-S80°W. Även N-S finns representerad, men domineras av de öppna sprickorna.
Därmed kan sprickorna i sektorn N80°W-N80°E ha uppstått vid kompression.

Sprickrosen med öppna sprickor 2-50 mm breda, visar på två signifikanta riktningar, N-S och N60°E-S60°W. Dessa sprickor tolkas ha uppkommit genom tension vinkelrät sprickriktningen dvs i E-W och N30°W-S30°E.

Slutsats:
De metamorfa bergarterna har vid de bergartsbildande processerna, påverkats av tre generationer tensionskrafter, som har verkat vinkelrät de läkta sprickornas huvudriktningar, dvs tension i: N40°E-S40W, E-W och N25°W-S25°E. Efter tensionen har de öppna sprickorna läkts.

Efter denna äldre sprickgeneration, har nya öppna sprickor utbildats, genom två faser av tension huvudsakligen i öst-väst och N30°W-S30°E. Denna generation är yngre än den förstnämnda, eftersom sprickorna inte är läkta. Tensionen i öst-väst kan även vara ett reaktiverande av de äldre läkta sprickorna.

Slutligen har området utsatts för kompression i nord-syd. Denna kraft har dock inte varit fullt utbildad, eftersom signifikanta skjuvsprickor saknas.

6. GEOFYSIK

6.1 Geofysiska metoder för lokalisering av svaghetszoner i berggrunden.

Vid arbetet med att välja plats för slutlig förvaring av radioaktivt avfall är det väsentligt att känna till vattenförande sprick- och krosszoner, som finns inom det aktuella området.

I samband med bildandet av sprickor och krosszoner sker kemiska och mekaniska processer, som orsakar en förändring av berggrundens fysikaliska egenskaper. Den uppkrossning av berget, som sker i en svaghetszon orsakar ofta:

- en sänkning av den seismiska hastigheten på grund av ökad uppsprickning
- en ökning av den elektriska ledningsförmågan på grund av ökat vatteninnehåll
- en förändring av de magnetiska egenskaperna, genom t ex oxidation
- en minskning av densiteten på grund av uppkrossning

Flera olika geofysiska metoder kan användas för att detektera sådana zoner. I det följande avsnittet redogörs kortfattat för de principer, som de geofysiska metoderna bygger på, samt vilka egenskaper som kan mätas med dessa.

6.1.1 Magnetiska mätningar

Vid magnetiska mätningar uppmäts variationer i jordens naturliga magnetfält. Anomalierna eller avvikelserna i magnetiska totalfältet orsakas av att bergarterna har olika magnetisering. Anomaliernas utseende och storlek beror på skillnaden i magnetisering mellan olika bergarter och magnetiseringsvariationer inom en bergart.

Magnetiseringen hos en bergart bestäms av bergarternas innehåll av magnetiska mineral, i huvudsak magnetit och magnetkis. Dessa magnetiska minerals fördelning i en bergart ger

upphov till ett för bergarten, karakteristiskt anomalimönster, som kan vara bandat eller oregelbundet.

Från den magnetiska anomalibilden är det möjligt att bestämma bergartsgränser, stupning hos kontakter och intrusioner av t ex diabas. Över krosszoner, som går genom magnetiska anomalier, uppträder ofta magnetiska minima orsakade av en oxidation av magnetit till hämatit (Henkel och Guzman 1977). Avbrott, deformationer och sidoförskjutningar i magnetiska anomalistrukturer kan klarlägga förkastningsmönstret, förkastningsbelopp och förekomsten av krosszoner (Henkel 1979). Generellt för dessa magnetiska störzoner är att de idag återspeglar både öppna och slutna sprickzoner. De kan t ex bestå av äldre sammanläkta sprickor, som kan liknas vid ärrbildning.

Mätningarna i Kamlunge har gjorts med protonmagnetometer.

6.1.2 Elektromagnetiska mätningar

Till de elektromagnetiska mätningarna räknas VLF-metoden (Very Low Frequency) och slingrammetoden.

Vid VLF-mätning mäter man den magnetiska fältstyrkan från avlägsna militära radiosändare med låg frekvens. Det elektromagnetiska fältet från en VLF-sändare, har en magnetisk vektor, som väsentligen är horisontell och vinkelrät mot riktningen till sändaren och en elektrisk vektor, som är i det närmaste vertikal. Berggrundens egenskaper påverkar utbredningen hos den elektromagnetiska vågen och ger upphov till anomalier, som ger information om strukturer i berggrunden.

Anomalierna hos det magnetiska fältet beror i huvudsak på induktion i geologiska strukturer, som är bättre ledare än omgivningen. En ökad elektrisk ledningsförmåga i berggrunden uppkommer, dels när mineral med god ledningsförmåga förekommer, dels när mängden vatten ökar, t ex i sprickzoner. Från anomalins utseende går det att göra bedömningar av en ledande strukturs läge, stupning och relativa ledningsförmåga.

Magnetfältet ger inte upphov till någon induktion i geologiska strukturer med en strykning vinkelrätt mot riktningen till sändaren. Denna riktning kallas därför också "döda vinkeln".

Vid markmätningarna är det möjligt att frångå problemet med riktningsberoendet hos VLF-metoden beroende på att instrumentet (EM-16) medger möjlighet att utnyttja två olika sändarstationer.

Slingram är ett system med två bärbara spolar, varav en utgör sändare och en mottagare. Det fält, som utsänds vid slingrammätning ger, liksom VLF, genom induktion i elektriskt ledande zoner upphov till ett störfält, som registreras som en anomali. Slingrammätning ger en större detaljupplösning än VLF, men har i gengäld mindre djupkänning. Den högfrekvensslingram (18 kHz), som utvecklats vid SGAB medger detektering av bergpartier av typ krosszoner med endast något förhöjd ledningsförmåga i förhållande till omgivningen.

Vid mätningarna i Kamlunge har horisontella koplanara spolar använts, vilket innebär att det är sekundärfältets vertikala komponent, som registreras. Vid mätningen uppdelas sekundärfältet i en del som ligger i fas (Z-reell) med och en del, som ligger en kvartsperiod ur fas (Z-imaginär) med primärfältet. Dessa uttrycks i procent av primärfältet. Det är i första hand den imaginära komponenten, som är användbar för att detektera sprickzoner.

6.1.3 Elektriska mätningar

Till de elektriska mätningarna räknas resistivitets- och inducerade polarisationsmetoderna. SGAB utför kombinerade potentialmätningar vilka inkluderar både bestämning av resistivitet och inducerad polarisation.

Vid de elektriska mätningarna sänds via elektroder en ström genom berggrunden, som ger upphov till ett elektriskt potentialfält. Med hjälp av två mätelektroder mäts potentialför-

delningen på markytan, och med kännedom om utsänd ström kan bergrundens skenbara resistivitet eller elektriska motstånd beräknas. Skillnader i motståndet ger framför allt upplysning om vattenförande sprickor i berggrunden, men även förekomst av elektriskt ledande mineral, exempelvis grafit eller sulfidmineral, som pyrit, magnetkis, kopparkis etc.

Att vissa strukturer i berggrunden såsom förkastningar och krosszoner, kan bestämmas med de elektriska metoderna beror på att de vanligen är relativt rika på grundvatten och därigenom är bättre ledande än den omgivande berggrunden. Joner av de salter, som i varierande mängder finns i lösning i grundvattnet, ger upphov till en elektrolytiskt betingad ledningsförmåga.

Vid mätningar av Inducerad Polarisation (IP-mätningar) utnyttjas samma elektroduppställning, som används vid resistivitetsmetoden. Under tiden, som strömmen sänds genom berggrunden, byggs spänningsskillnader upp på ömse sidor om elektriskt ledande mineralkorn, dessa polariseras. När strömmen bryts kvarstår denna spänningsskillnad, som successivt avklingar med tiden. Vid IP-mätningen mäts storleken av den spänning som finns kvar efter en viss tid. IP-mätningarna visar främst förekomsten och fördelningen av elektriskt ledande mineral i berggrunden. Genom att jämföra IP-mätningarna med reststivitetsmätningar kan mineraliserade zoner skiljas från vattenförande sprickzoner. Sprickzoner syns som långa stråk med låg resistivitet (lågt elektriskt motstånd). Men låg resistivitet kan också bero på att det finns elektriskt ledande mineral i berggrunden. Dessa områden bör till skillnad från sprickigt, vattenförande berg ge höga IP-värden.

6.1.4 Seismiska mätningar

De seismiska metodernas användning bygger på olikheter i de elastiska egenskaperna hos olika bergarter och jordarter. Små sprängladdningar alstrar ljudvågor som fortplantar sig i olika bergarter och jordarter med olika hastighet. Med s k geofoner eller seismometrar utplacerade med ett visst inbör-

des avstånd mäts tiden, som förflutit från det att den seismiska ljudvågen framkallats tills den når mätpunkten.

Bergarter, i synnerhet täta sådana, fortplantar seismiska ljudvågor bättre än jordarter. I den kristallina bergrunden uppnår ljudvågorna den högsta hastigheten. Är bergarterna krossade eller vittrade sjunker dock fortplantningshastigheten högst avsevärt. Detta förhållande medför att de seismiska metoderna används, för att påvisa sprick- och krosszoner i berggrunden. Metoden är ganska kostsam och utförs i regel, som enstaka profiler längs kritiska avsnitt.

6.2 Markgeofysiska undersökningar av typområdet

6.2.1 Målsättning

Målsättningen för de markgeofysiska undersökningarna är att från ett område med känd geologi, med hjälp av ett integrerat geofysiskt program, ta fram mesta möjliga information om tektonik och vattenförande sprickor. Resultatet av de markgeofysiska undersökningarna utgör en del av det underlag som fordras för utsättning av borrhål.

6.2.2 Omfattning

Omfattningen av det geofysiska programmet utgörs av

- tät markmätning (40x20 meter) på en yta av 5 km² med metoderna slingram (18 kHz, 60 m ramavstånd), protonmagnetometer, resistivitet och IP

- regionala profilmätningar, 38 km med VLF, slingram och protonmagnetometer

- seismikprofiler 4 km

- fysikaliska parametermätningar på bergartsprover

De markgeofysiska mätningarna inom typområdet har utförts inom ett fyra km² stort, uppstakat och tydligt markerat

område, under sommaren 1981. Området utökades med en km^2 och kompletteringsmättes samtidigt som hela området ommättes under våren och försommaren 1982. Staksystemet är befäst i terrängen, vilket innebär att mätvärdena med stor noggrannhet, storleksordningen 5 meter, kan hänföras till motsvarande läge på detaljkartan för undersökningsområdet.

Mätningar har utförts genomgående med 20 meters mätpunktsavstånd och 40 meters linjeavstånd. Mätningarna har utförts i E-W riktning i staksystemet.

IP- och resistivitetsmätningarna utfördes enligt gradientmetoden med ca 1500 meter mellan strömelektroderna. Mätområdet delades upp i sex fasta strömutlägg varvid mätningarna utfördes med ett par rörliga potentialelektroder inom ett ca en km stort delområde.

Regionala profilmätningar med VLF, slingram och magnetometer har utförts inom och kring mätområdet. Tre regionala profiler har mätts i öst-västlig riktning, varav två korsar området längs linjerna 0 N och 1000 N. En regional profil korsar området i NW-SE riktning. Mätpunktsavståndet var 20 meter. Vid VLFmätningarna har radiosändarna GBR, England och NAA, USA utnyttjats. Mätningarna utfördes för att kontrollera läget av regionala zoner i och kring typområdet.

Åtta seismikprofiler av varierande längd och med en sammanlagd längd av fyra km har utförts inom området. Samtliga profiler går i öst-västlig riktning.

Mätresultaten av magnet- och slingrammätningen samt IP- och resistivitetsmätningen har åskådliggjorts i färgsprutade och automatiskt kurvritade kartor i skala 1:5 000. I rapporten har dessa kartor sammanställts till skala 1:20 000 där resultaten av mätningarna framgår enbart ur färgintensiteterna, se figur 14-18.

6.3 Tolkning av mätresultaten

Tolkning av mätningarna har utförts från mätkartor i skala 1:5 000. I rapporten har tolkningskartorna sammanställts till skala 1:20 000.

I fig 11 föreligger en magnetisk tolkning. Underlag för den magnetiska tolkningen utgörs av den magnetiska kartan i fig 14. Hänsyn har även tagits till de övriga mätresultaten och hänvisning görs i förekommande fall till dessa. På den magnetiska tolkningskartan har inringade hänvisningsnummer lagts in. Dessa siffror motsvarar svaghetszonerna med samma nummer på lineamentskartan.

I mätområdets nordöstra hörn och även i den södra-sydvästra delen förekommer ett oregelbundet anomalimönster med låg magnetisk intensitet. Geologiskt motsvaras dessa områden sannolikt av granit och kvartsitisk gnejs. Små anomalier med måttlig magnetisering förekommer i sydvästra delen av området och orsakas troligen av mindre amfibolitkroppar eller rester av magnetiska omvandlade sedimentära bergarter.

I västra kanten på området finns ett bandat stråk med måttlig magnetisering. Stråket bildar en veckomböjning i mätområdets norra del och viker sedan av mot väster igen. Veckets södra skänkel, söder om 1000 N, motsvaras geologiskt av granodiorit-diorit. Resten av vecket motsvaras sannolikt av omvandlade sedimentära bergarter. Inom veckstrukturen finns mindre toppar på 1000-2000 nT, vilka torde bero på mindre amfiboliter

Mindre områden med bandad struktur finns även i sydöstra delen av området.

I östra kartkanten finns ett par kroppar med oregelbundet mönster och måttlig magnetisering. De flacka gradienterna visar att anomalin orsakas av någon djupare liggande bergart.

Några magnetiska gångar framträder på kartan. Den största av dessa stryker ungefär i nord-syd och är uppdelad i kortare partier.

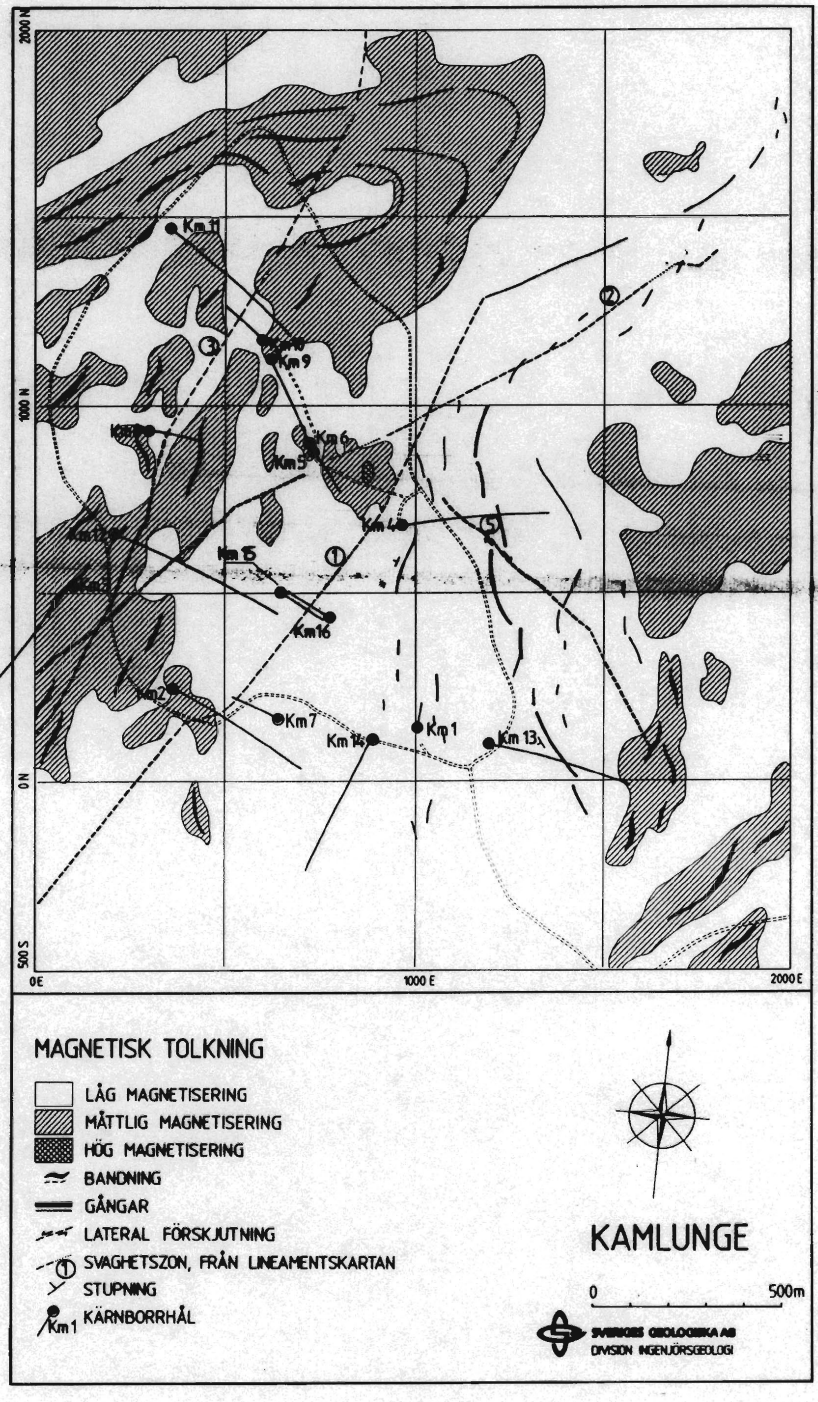

2000 N
1000 N
0 N
500 S
0E
1000 E
2000E
Km 11
Km 9
Km 6
Km 5
Km 4
Km 15
Km 16
Km 7
Km 14
Km 1
Km 13
MAGNETISK TOLKNING
LÅG MAGNETISERING
MÅTTLIG MAGNETISERING
HÖG MAGNETISERING
BANDNING
GÅNGAR
LATERAL FÖRSKJUTNING
SVAGHETSZON, FRÅN LINEAMENTSKARTAN
STUPNING
KÄRNBORRHÅL
KAMLUNGE
0
500m
SVERIGES GEOLOGISKA AB
DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI

FIG. 11

Troligen har den blivit förskjuten av gamla läkta förkastningar, som inte kommer fram på slingram- eller resistivitetsmätningarna. Men där zon 5 från lineamentstolkningen skär gången är den lateralt förkastad ca 25 m. Mot norr är gången begränsad av zon 2 och följer zonen till dess att zonen dör bort, sedan viker gången av mot norr igen. Av detta kan man dra slutsatsen att sprickriktningen för zon 5 är yngre än den för zon 2. Att gången trängt upp mellan de båda sprickriktningarnas uppkomst är också helt klart.

I Km 13 har ett 38 m långt kärnparti med amfibolit påträffats rakt under den stora magnetiska gången på ca 300 m djup. Mätningar av susceptibiliteten har visat att detta parti till stora delar är omagnetiskt. Mellan 203 och 217 m finns däremot en magnetisk diorit, som sannolikt kan förklara den kraftiga gångliknande anomalin på magnetkartan. Detta skulle ge en brant västlig stupning för gången, något som man även kan se på magnetkartan.

En parallell mindre gång väster om den stora gången splittras upp och avbryts mot zon 1 och zon 2.

Ytterligare en gång löper parallellt med zon 2, norr om denna. Det är en smal anomali, som bara indikeras med ett mätvärde per profil. Den automatiska kurvdragning med vilken kartorna är uppritade har åstadkommit en rad punktanomalier i stället för en linjär anomali.

Längs med zon 1 uppträder, i mitten på området, små positva magnetiska anomalier (figur 11). Dessa kan bero på att en liten gång av amfibolit eller diabas har trängt upp i zonens svaghetsplan. Alternativt så kan zonen ha följt en äldre magnetisk gång, som krossats upp vid zonens bildande. Därefter har magnetiten till stor del oxiderats till hämatit, så att anomalin nu är mycket svag.

I fig 12 presenteras en elektrisk och elektromagnetisk tolkning. Underlag för tolkningen utgörs av slingram-imaginär-, resistivitets- och IP-kartorna samt seismikprofilerna. De indikationer, som bedömts som allvarligast har numrerats på

tolkningskartan och de beskrivs nedan.

Zon 1 framträder kraftigt på slingrammätningen och tydligt på resistivitetsmätningen. Den stryker i N 45°E och stupar mot NW enligt resultat från slingram-imaginär kartan. På ett ställe längs anomalin var förhållandena så gynnsamma att en stupningsberäkning kunde göras. Enligt denna bör zonen stupa 55° mot NW.

Den seismiska undersökningen längs profilerna 800 N och 1200 N, fig 22 och fig 23 , bekräftar det utgående, som framkommit vid markmätningarna.

Fyra hammarborrhål, hbh 1-4, fig 31, har satts för att undersöka en kraftig slingramanomali i anslutning till zon 1. Ytterligare två hammarborrhål, hbh 5 och 6, har satts mot zonen i centrum av mätområdet. Resultaten från hammarborrningarna presenteras i kapitel 7.

För att följa upp zonen på djupet har fyra kärnborrhål, Km 2, Km 7, Km 15 samt Km 16, borrats. Man har inte funnit något sprick- eller krossparti vid borrkärnekarteringen, som har kunnat korreleras med zonens tolkade stupning (55°NW). Det tolkade utgåendet har istället sammanförts med ett sprickparti, som ger en vertikal stupning på zonen.

Zon 2 som indikerats på slingram- och resistivitetsmätningarna stryker i N 55°E och avviker därmed från det sprickmönster, som de övriga zonerna följer. Från slingramkartan kan man se att zonen stupar brant mot NW. Det har varit möjligt att utföra stupningsbestämningar på tre platser längs anomalin. Den genomsnittliga stupningsvinkeln blir 70° mot nordväst.

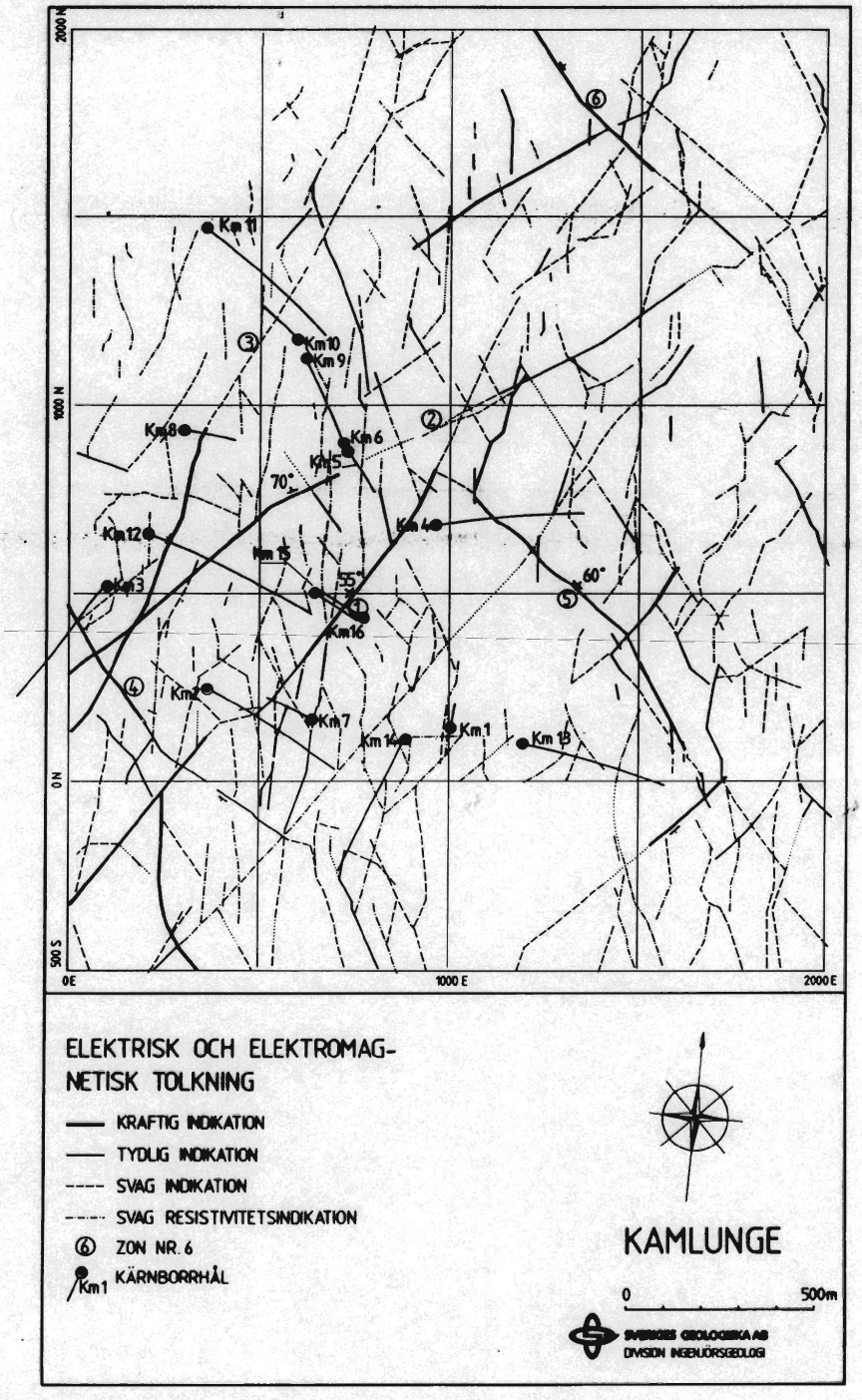

2000 N
1000 N
0 N
500 S
0E
1000 E
2000 E
Km 11
Km 10
Km 9
Km 8
Km 6
Km 5
Km 4
Km 12
Km 3
Km 15
Km 16
Km 2
Km 7
Km 14
Km 1
Km 13
70°
55°
60°
ELEKTRISK OCH ELEKTROMAG-
NETISK TOLKNING
KRAFTIG INDIKATION
TYDLIG INDIKATION
SVAG INDIKATION
SVAG RESISTIVITETSINDIKATION
ZON NR. 6
KÄRNBORRHÅL
KAMLUNGE
0
500m
SVERIGES GEOLOGISKA AB
DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI

FIG. 12

Den seismiska undersökningen visar på låghastighetszoner, där zonens tolkade utgående skär seismikprofilerna 1000 N och 1200 N.

Mot zonen har borrats fem kärnborrhål, Km 3, Km 5, Km 6 samt Km 9 och Km 12. I samtliga borrhål har man funnit sprickpartier, som kunnat sammanföras med den tolkade zonen. Den tolkade stupningsvinkeln, 70°NW, har visat sig stämma bra med det resultat man fått fram vid borrkärnekarteringen.

Zon 3 stryker i N 25°E. Den är svagt indikerad på resistivitets- och slingramkartorna. Delar av lineamentet framträder även på magnetkartan. Södra delen av zonen stupar brant mot NW, medan stupningen längre norrut i området är mera osäker.

Ett hammarborrhål, hbh 14, har satts mot zon 3 för att kontrollera vattenföringen. Dessutom har fyra kärnborrhål, Km 8, Km 10, Km 11 och Km 12 borrats mot zonen. Sprickpartier i kärnborrhålen Km 8, Km 11 och Km 12 har kunnat sammanföras med zonens tolkade läge.

Zon 4 byggq upp av flera olika riktningar, men har en regional utsträckning i ungefär N 45°W. Den framträder tydligt på slingram-imaginär kartan, men betydligt svagare på resistivitetsmätningen. Där zonen är kraftigast markerad på slingramkartan, är det vanskligt att bestämma någon stupningsriktning. Däremot ser man i det parti där zonen ej är lika starkt markerad, att den stupar klart mot sydväst.

Den seismiska tolkningen visar inte någon låghastighetszon i samband med zonen, men jorddjupet har tolkats till 8 m och berggrunden uppvisar en svacka i seismikprofil 200 N. Det kan röra sig om en förkastningssänka, där förkastningsplanen är för smala för att komma fram på seismiken. Alternativt kan det finnas ett lerlager i botten på en topografisk sänka i berggrunden, vilket skulle förklara slingramanomalin.

Ett kärnborrhål, Km 3, har satts för att kontrollera zonen, vilken också påträffats i borrhålet.

Zon 5 framträder kraftigt på slingram-imaginär kartan och syns bra även på resistivitetskartan. Den stryker i N 40°W och är alltså i stort sett parallell med zon 4. En stupningsbestämning har gjorts från slingram-imaginär kartan och gett en stupning på 60°NE. Noteras bör att anomalin ligger längs med en myr, som kan ha gett upphov till en del av, men troligen ej hela anomalin.

För att kontrollera vattenföringen har två hammarborrhål,hbh 7 och 8, borrats. Dessutom har den indikerade zonen kontrollerats med kärnborrhålet Km 4, som har borrats parallellt med zonens tolkade stupning. Någon sprickzon påträffades inte. Med detta visar man att zonen, om den finns, har en flackare stupningsvinkel än 70° mot nordost.

Zon 6 i mätområdets nordöstra hörn är en brantstående parallellzon till zonerna 4 och 5. Den framträder kraftigt på slingram-imaginär kartan. Starkaste indikationen förekommer i samband med en myrkant, vilket delvis kan förklara resistivitetskartans kraftiga gradient, men slingramanomalin fortsätter i myrkantens förlängning och förklaras sannolikt av en sprickzon.

I fig 13 presenteras en resistivitetstolkning. Underlag för tolkningen utgörs av resistivitetskartan, fig 17 samt den elektriska och elektromagnetiska tolkningskartan, fig 12.

Områden med hög resistivitet motsvaras av partier med sprickfattigt berg. Sådan områden finner man i typområdets nordvästra hörn och ett stråk från områdets mitt och söderut till 500 S, samt ett stråk uppe i nordvästra hörnet av typområdet.

Låg resistivitet finner man i samband med uppsprucket, vattenförande berg eller i samband med myrar. En myr, som är djup utgör en horisontell ledare, vilket även gäller för smala lerhorisonter, och ger låg resistivitet oavsett om det underliggande berget är bra eller dåligt.

Merparten av sprickor inom typområdet ligger inom områden med måttlig resistivitet.

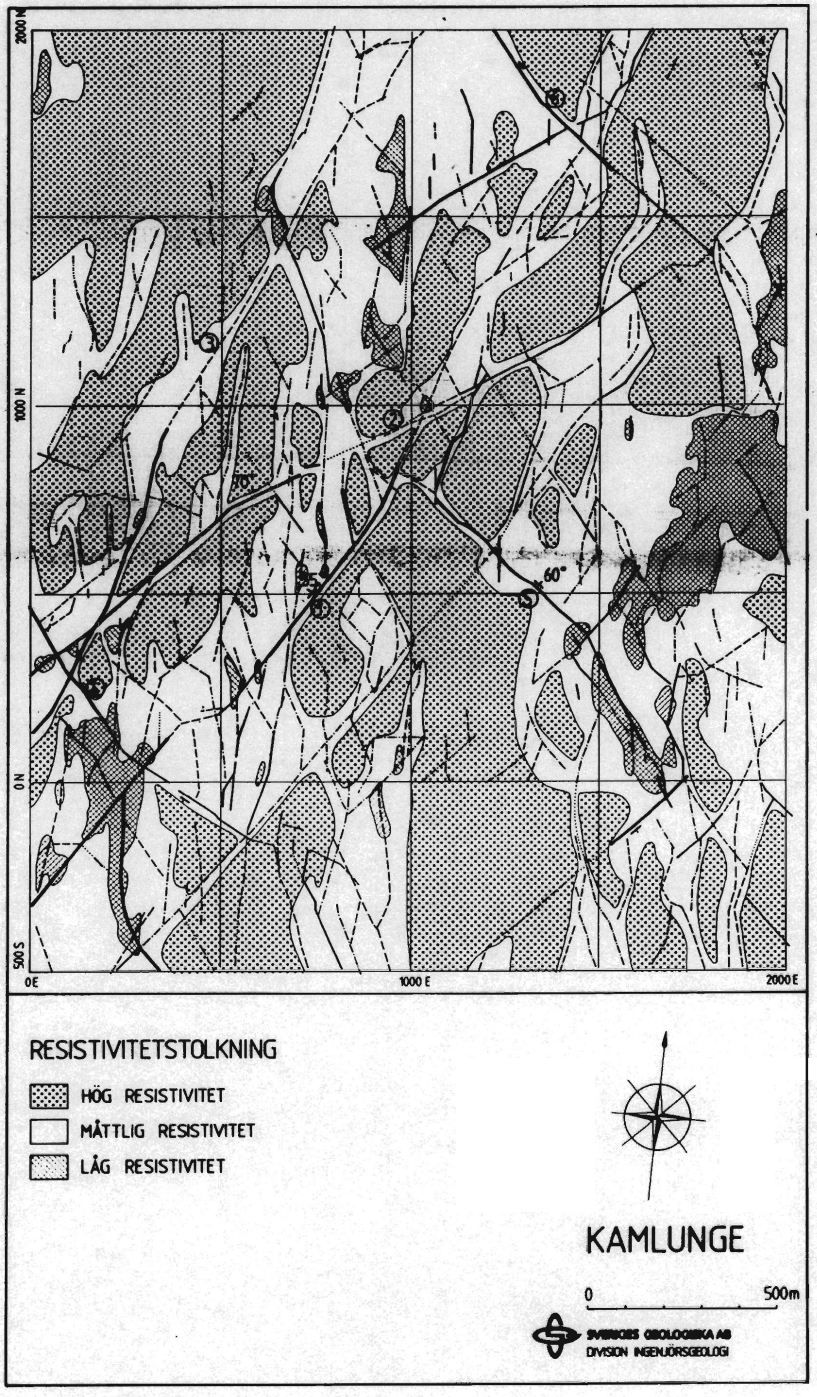

2000 N
1000 N
0 N
500 S
0E
1000 E
2000 E
70°
60°
RESISTIVITETSTOLKNING
HÖG RESISTIVITET
MÅTTLIG RESISTIVITET
LÅG RESISTIVITET
KAMLUNGE
0
500m
SVERIGES GEOLOGISKA AB
DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI

FIG. 13

MAGNETISK TOLKNING

- LÅG MAGNETISERING
- MÅTTLIG MAGNETISERING
- HÖG MAGNETISERING
- BANDNING
- GÅNGAR
- LATERAL FÖRSKJUTNING
- ① SVAGHETSZON, FRÅN LINEAMENTSKARTAN
- STUPNING
- Km1 KÄRNBORRHÅL

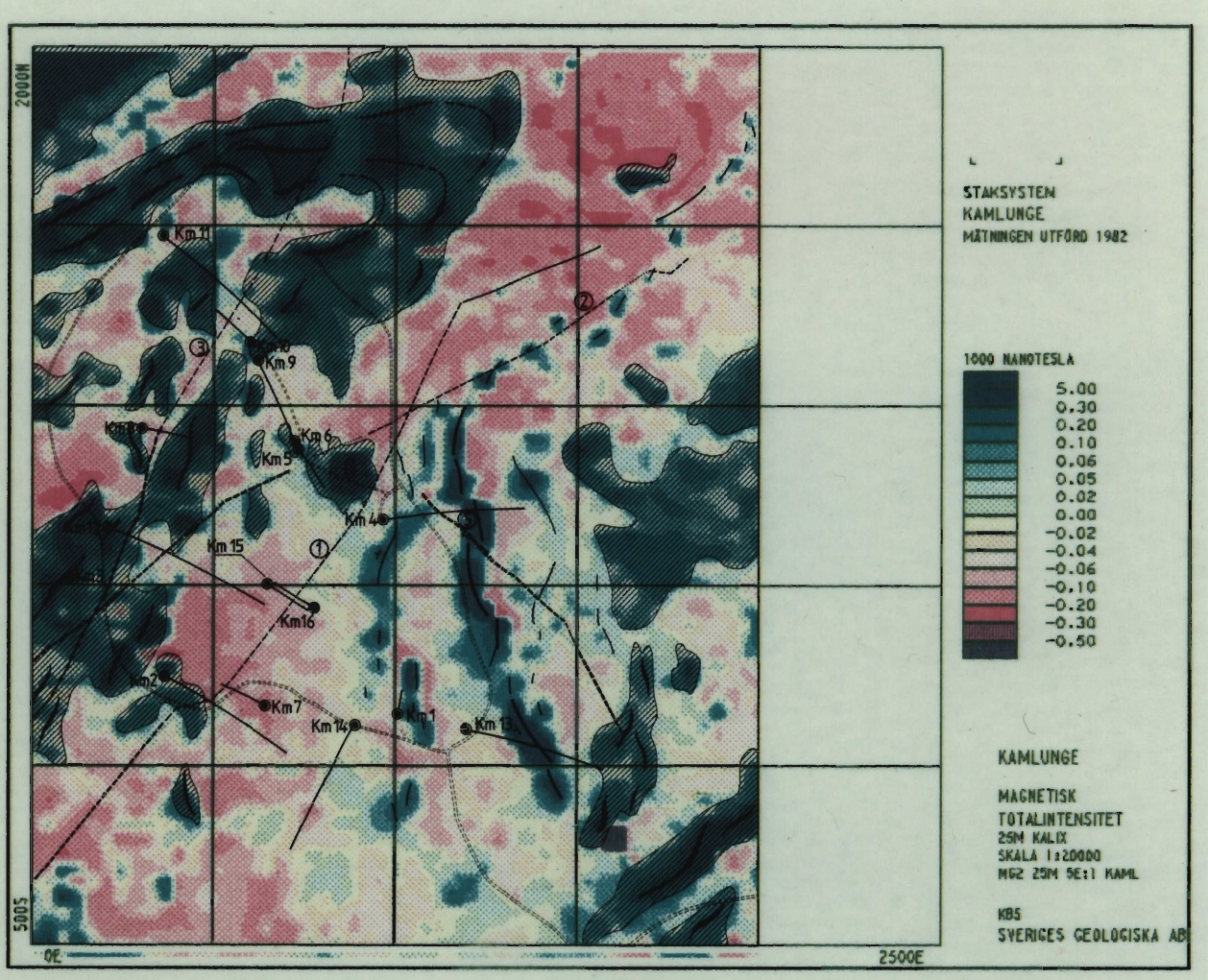


FIG. 14 MAGNETISK TOTALINTENSITET

0 500m

SVERIGES GEOLOGISKA AB
DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI

ELEKTRISK OCH ELEKTROMAG-
NETISK TOLKNING

KRAFTIG INDIKATION
TYDLIG INDIKATION
SVAG INDIKATION
SVAG RESISTIVITETSINDIKATION
⑥ ZON NR. 6
Km1 KÄRNBORRHÅL

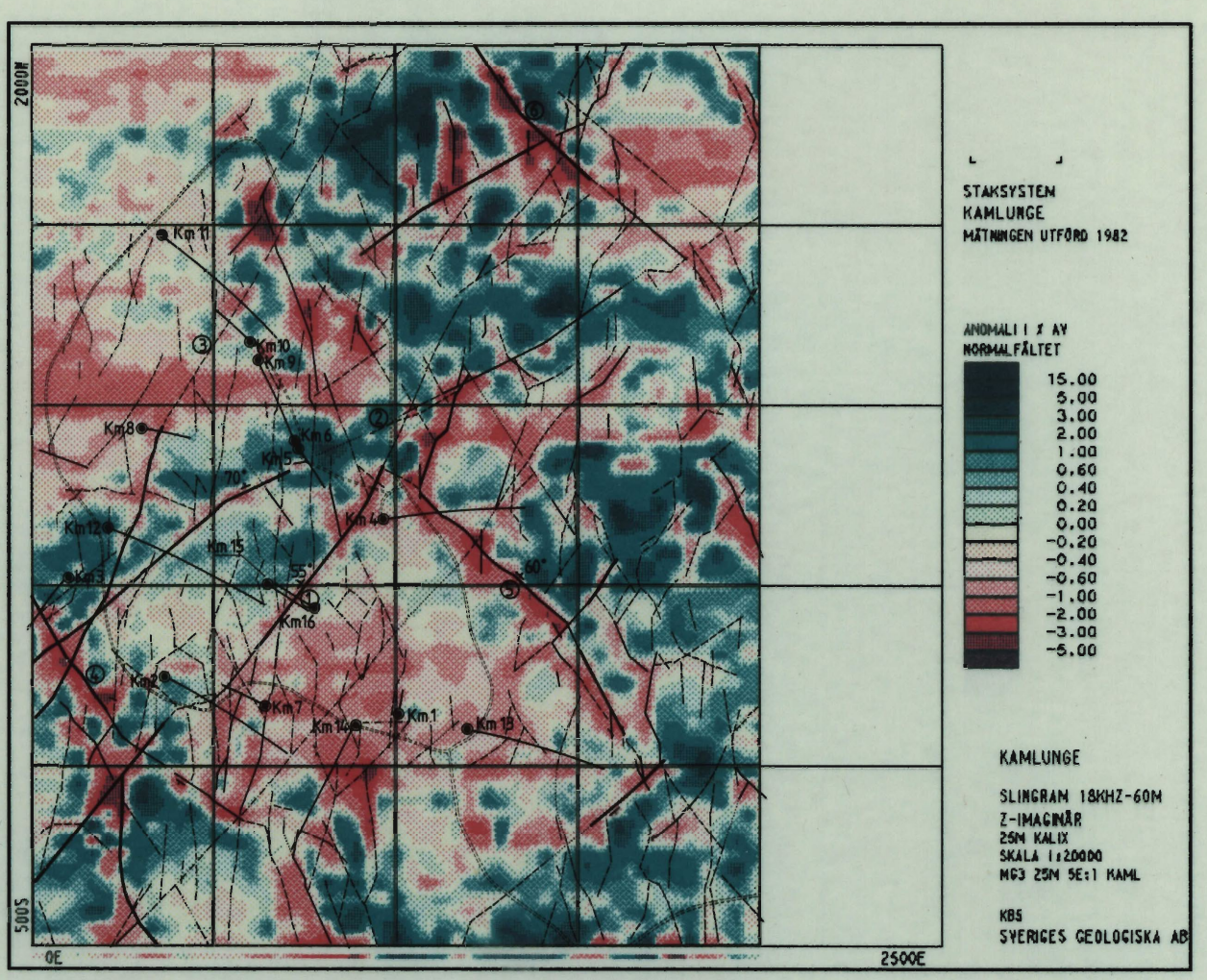


FIG. 15 SLINGRAM IMAGINÄR

0 500m

SVERIGES GEOLOGISKA AB
DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI

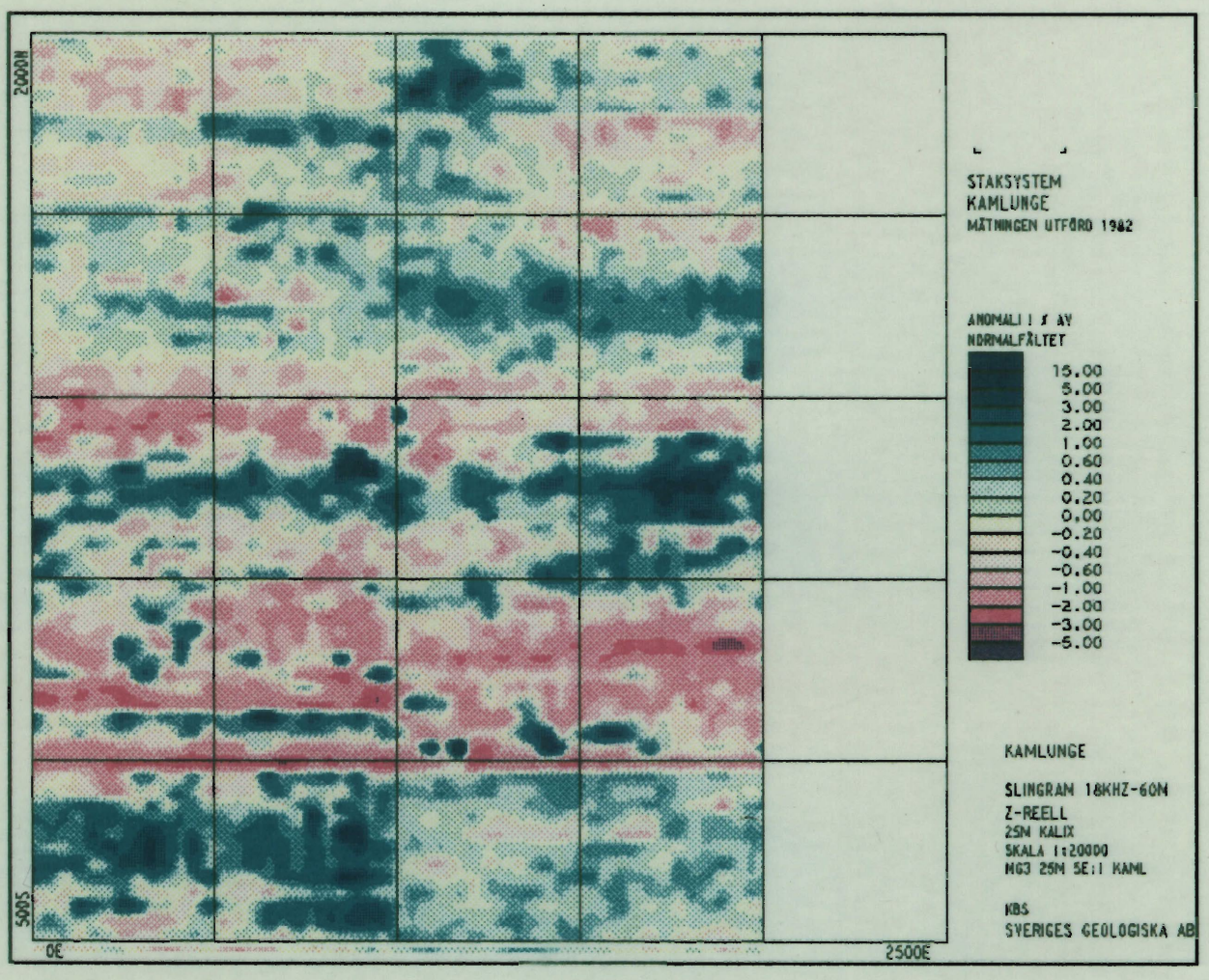


FIG. 16 SLINGRAM REELL

ELEKTRISK OCH ELEKTROMAG-
NETISK TOLKNING

KRAFTIG INDIKATION
TYDLIG INDIKATION
SVAG INDIKATION
SVAG RESISTIVITETSINDIKATION
⑥ ZON NR. 6
Km1 KÄRNBORRHÅL

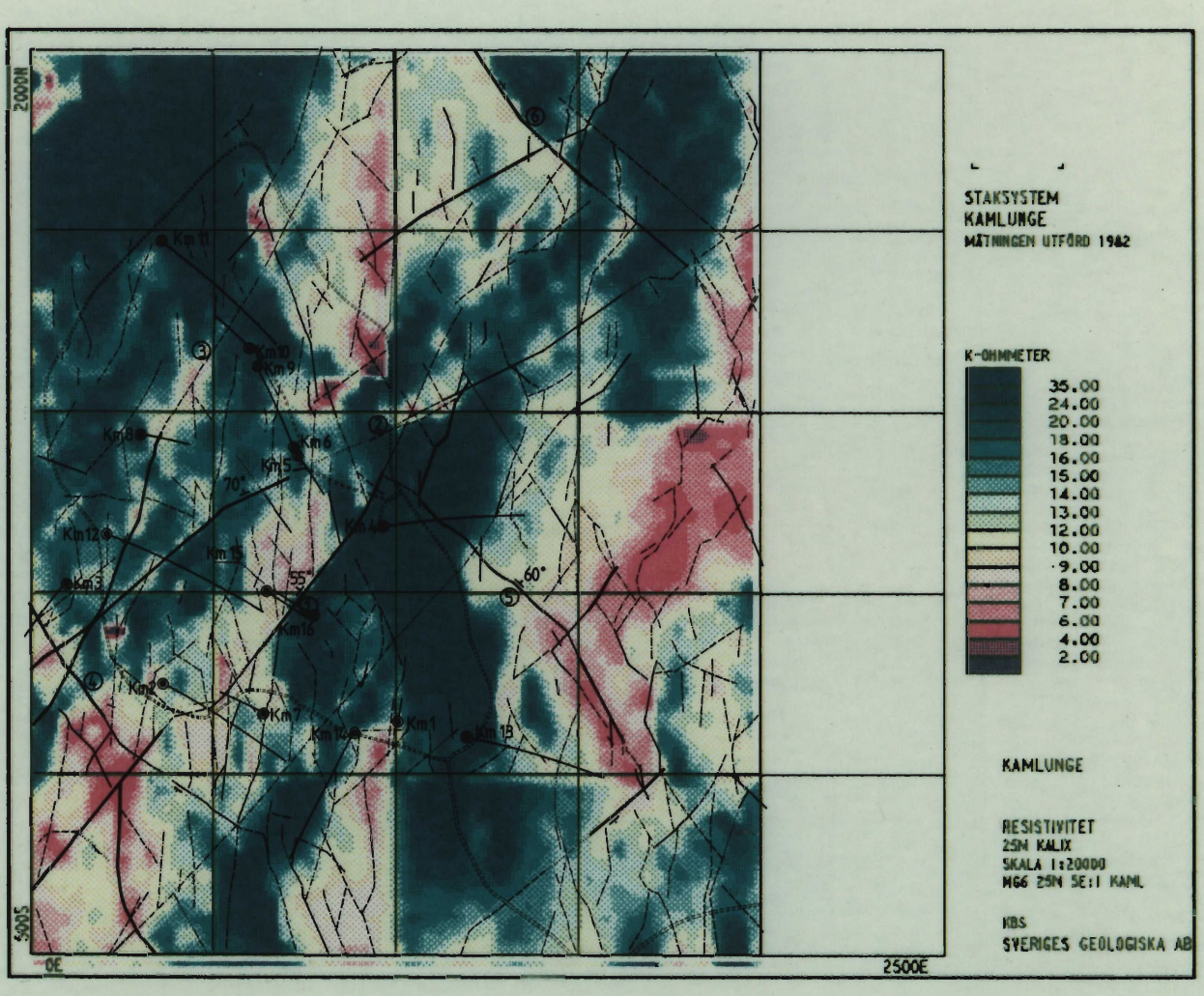


FIG. 17 RESISTIVITET

0 500m

SVERIGES GEOLOGISKA AB
DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI

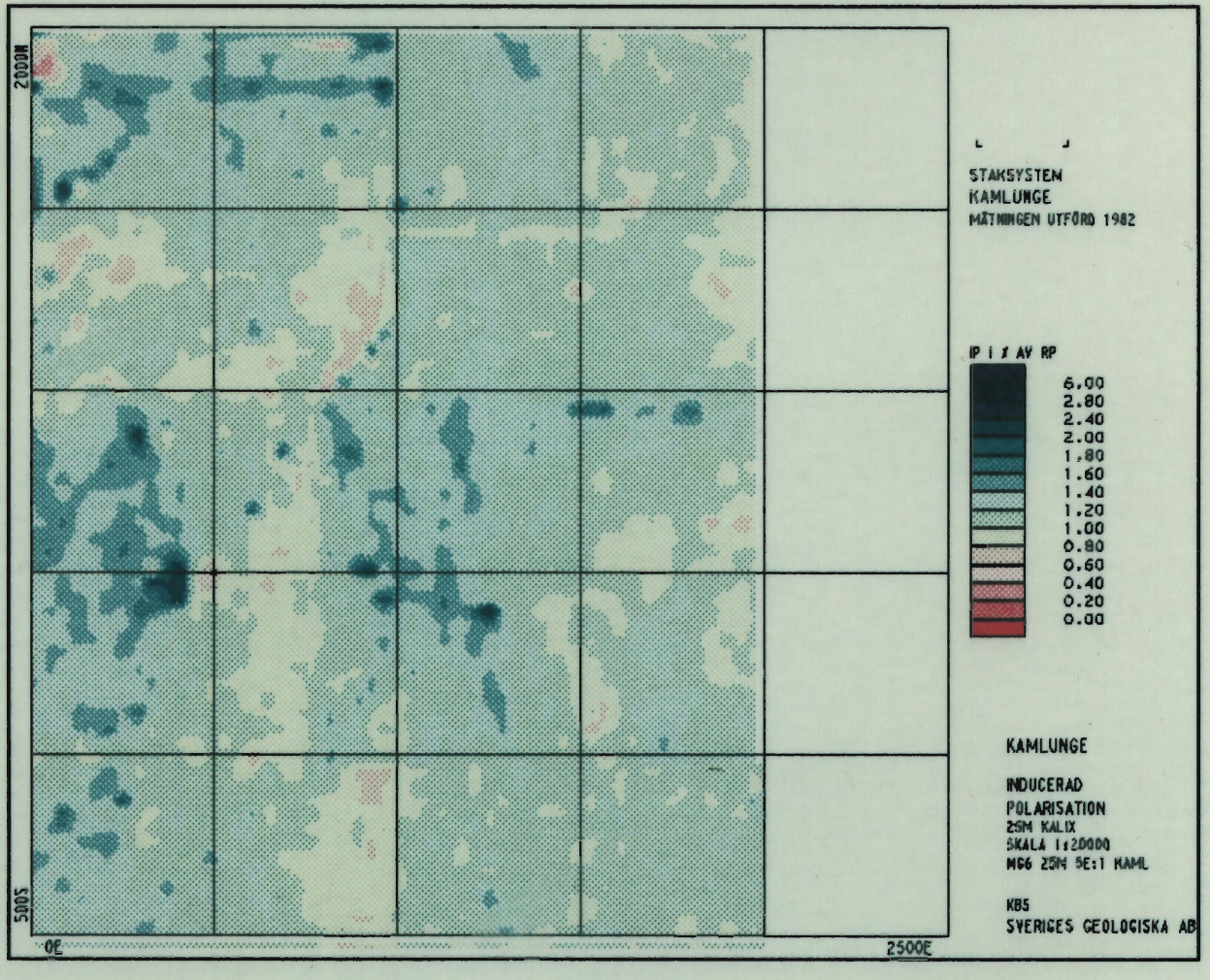


FIG. 18 INDUCERAD POLARISATION

IP-kartan, fig 18, visar en lugn bild av mätområdet. De anomalitoppar som finns har i allmänhet för låg nivå för att förklaras av sulfidmineral. Endast två små anomalier i områdets nordvästra hörn kommer upp i IP-effekter på tre procent. Dessa kan eventuellt orsakas av sulfidmineral, t ex pyrit eller magnetkis alternativt grafit.

Sprickzoner uppträder med lägre IP-effekt på grund av en ytlig urvittring av sulfidmineral. I Kamlunge verkar berggrunden vara för fattig på sulfidmineral för att sprickzoner skall framträda på detta vis. Inte ens de zoner, som från övriga mätningar förefaller kraftiga syns på IP-kartan. Däremot framträder ett antal drag i nord-sydlig riktning varav ganska många sammanfaller med diffusa resistivitetsindikationer. Både IP- och resistivitesmätningarna har en tendens att framhäva riktningar vinkelrät mot mätriktning, och det är möjligt att de nord-sydliga lineamenten är överrepresenterade på lineamentskartan.

Den seismiska undersökningen inom typområdet Kamlunge omfattar åtta profiler om totalt fyra kilometer, fig 19-23. Mätningen har utförts med fem meters geofonavstånd och 60 m mellan skottpunkterna. Det relativt stora avståndet mellan skottpunkterna motiveras av att informationen, om bergets seismiska hastighet, bedömts vara viktigare än detaljer i jordtäcket.

Jordtäcket består mestadels av morän, hastighet 800 m/s över grundvattenytan och 2500 m/s under grundvattenytan. I två av profilerna, 0 N och 200 N, har myrar gett upphov till hastigheten 1200 m/s.

Största jorddjupet påträffades längs profil 1000 N i östra delen av området och var 25 m.

Den seismiska utbredningshastigheten i berggrunden ligger på ca 5000 m/s.

Ett antal låghastighetszoner, hastighet ca 3300 m/s, har tolkats fram. Denna hastighet tyder på en ökad sprickighet som står i proportion till hastighetssänkningen (Sjögren et al 1979).

Det tolkade utgåendet för zon 1 stämmer väl överens med seismiska låghastighetszoner i profilerna 800 N Och 1000 N. Låghastighetszoner i profilerna 1000 N och 1200 N kan sammanföras med det tolkade läget för zon 2.

De tolkade zonerna 4 och 5 passerar två respektive tre seismikprofiler utan att någon låghastighetszon har påträffats. Just där zon 4 korsar profil 200 N är moränd jupet större än i omgivningen. Det kan vara fråga om en förkastning, som har gett upphov till en mindre blocksänkning. Förkastningsplanen skulle i så fall vara för smala för att synas på den seismiska tolkningen. Alternativt kan ett lerlager i botten på den tolkade svackan ge upphov till den slingramanomali, som ligger som grund för den tolkade zonens utsträckning. Nästan hela det tolkade lineamentet överlagras av myr.

Dessutom har det framkommit flera låghastighetszoner, som inte säkert kunnat sammanföras med något längre, tydligt indikerat lineament. Detta har inträffat bl a i profil 200 N, där en låghastighetszon påträffats 50 m väster om det tolkade utgåendet för zon 5. En smal låghastighetszon i profil 1200 N har inte heller kunnat förklaras med hjälp av lineamentstolkningen

Indikationer från de markgeofysiska mätningarna tyder på att det finns kortare öppna och läkta sprickor i riktning N 10^{o}W. Denna riktning framträder på resistivitets-,IP- och magnetmätningarna samt på regionala VLF-profilmätningen. Man kan tänka sig att riktningen N 10^{o}W är en gammal huvudspänningsriktning och att öppna respektive av amfibolit nu läkta tensionssprickor har utbildats. Om så är fallet borde det finnas skjuvsprickor i en vinkel på 30^{o} på ömse sidor om huvudspänningsriktningen.
På VLF-profilmätningarna är N 10^{o}W den vanligast förekommande sprickriktningen. De sprickzoner som ligger i strykningsintervallet N 20^{o}-40^{o}W stupar samtliga, med något undantag, mot

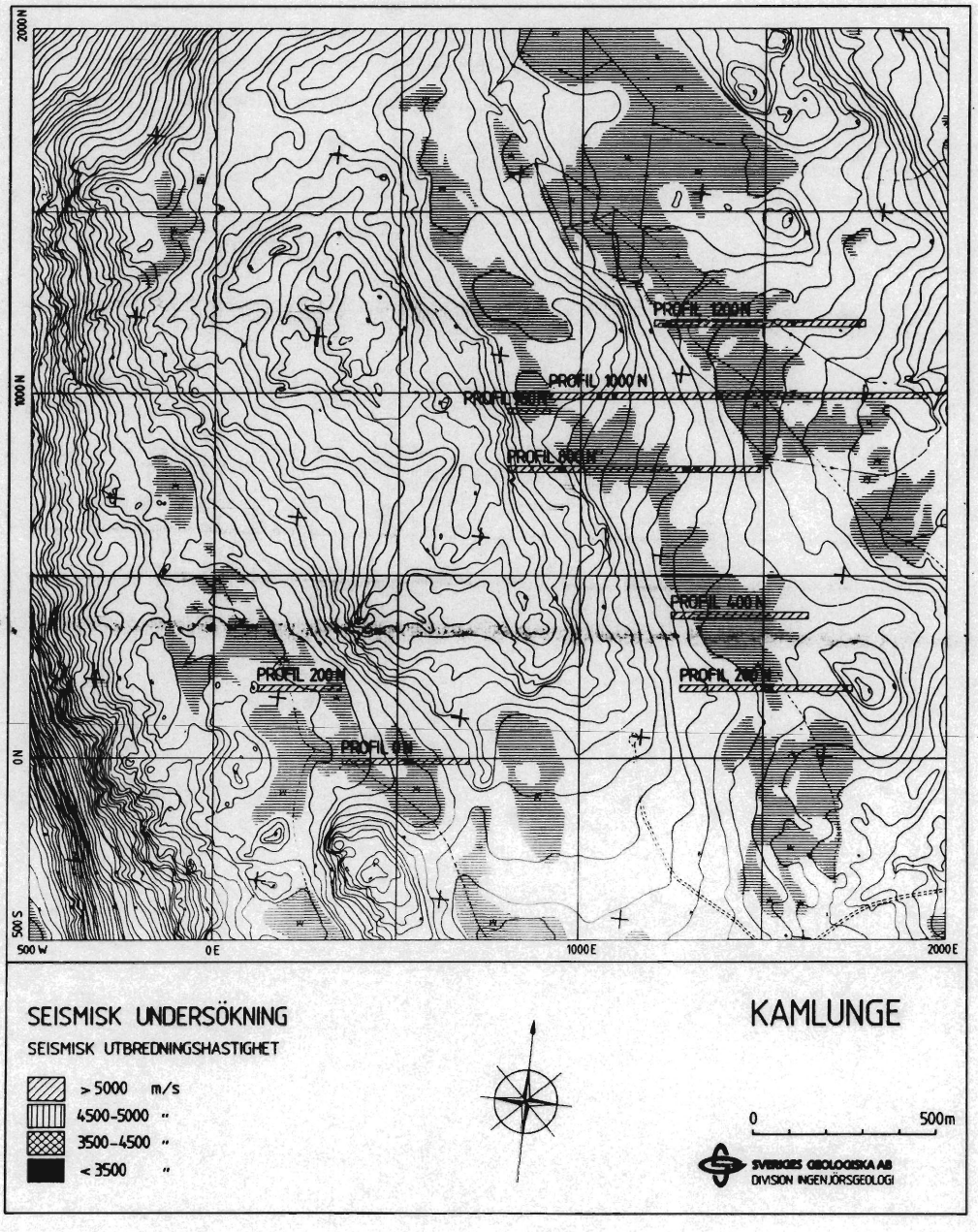
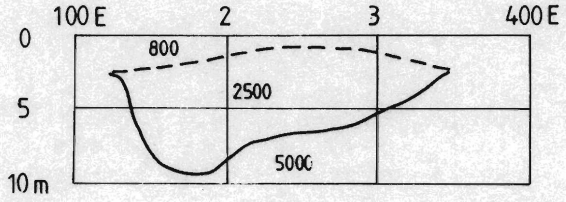

2000 N
1000 N
0 N
500 S
500 W
0 E
1000 E
2000 E
PROFIL 1200 N
PROFIL 1000 N
PROFIL 800 N
PROFIL 400 N
PROFIL 200 N
PROFIL 0 N
PROFIL 200 E
SEISMISK UNDERSÖKNING
SEISMISK UTBREDNINGSHASTIGHET
> 5000 m/s
4500-5000 "
3500-4500 "
< 3500 "
KAMLUNGE
0
500m
SVERIGES GEOLOGISKA AB
DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI

FIG. 19

PROFIL 200 N



PROFIL 0

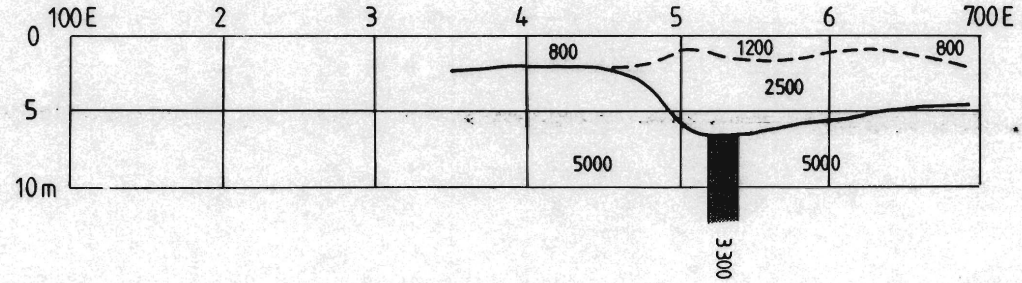
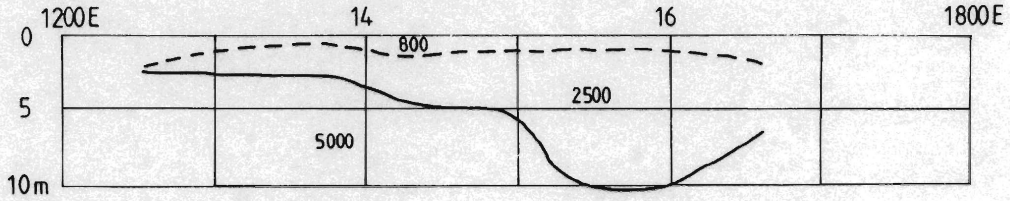


Fig. 20 Seismisk undersökning av typområdet KAMLUNGE, profiler

PROFIL 400 N



PROFIL 200. N

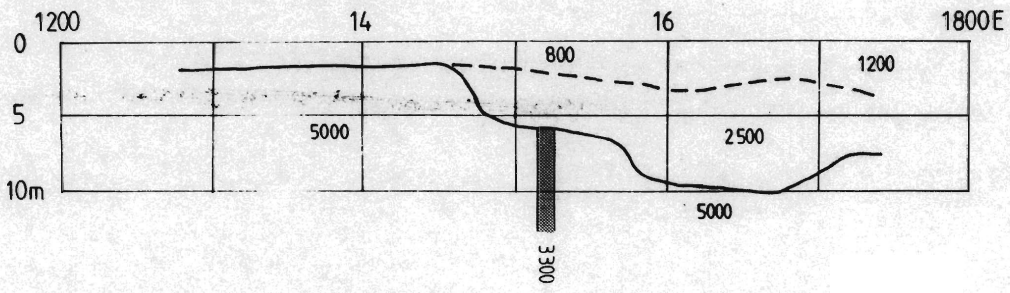
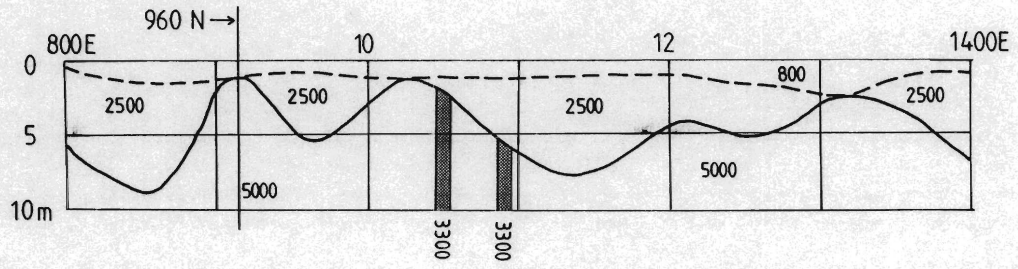


Fig. 21 Seismisk undersökning av typområdet KAMLUNGE, profiler

PROFIL 1000 N



PROFIL 800 N

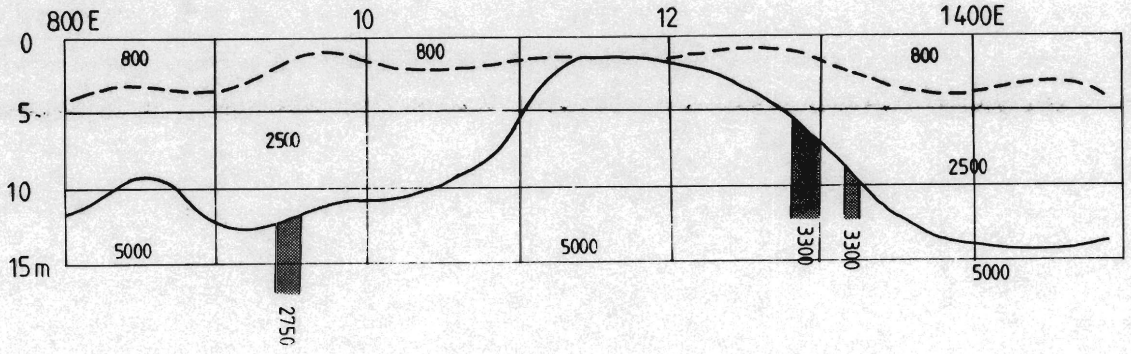
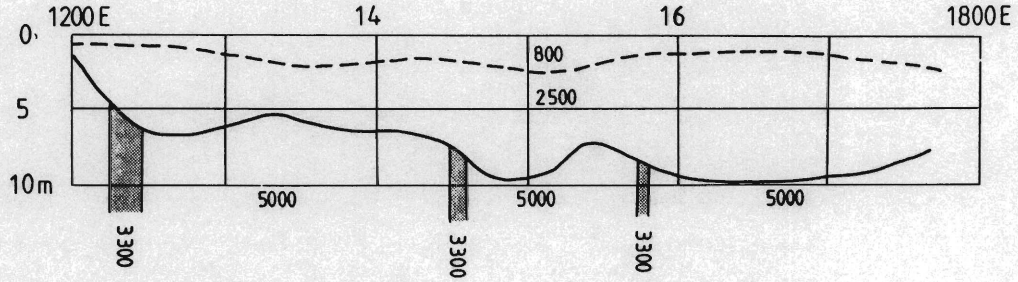


Fig. 22 Seismisk undersökning av typområdet KAMLUNGE, profiler

PROFIL 1200 N



PROFIL 1000 N

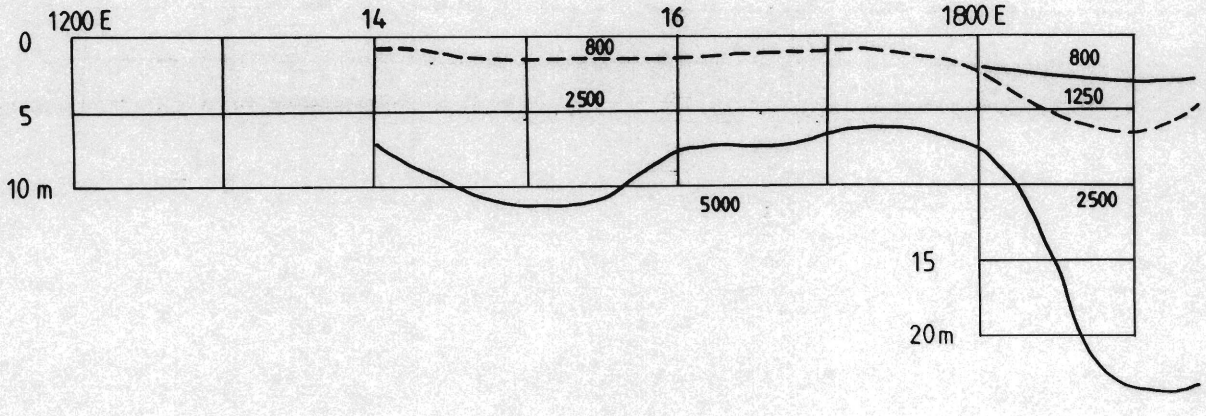


Fig. 23 Seismisk undersökning av typområdet KAMLUNGE, profiler

öst, medan de zoner som ligger inom intervallet N 0-20°E stupar nästan alla mot väst. Dessa stupningsriktningar kan förklaras om huvudspänningen åstadkommit en regional veckning med veckaxeln vinkelrät mot huvudspänningsriktningen. Ursprungligen vertikalt stående zoner, skulle då kunna visa upp en stupningsbild, som den ovan beskrivna.

En eller flera generationer huvudspänningar kan ha gett upphov till de övriga sprickriktningarna.

6.4 Petrofysisk undersökning

Under karteringsarbetet sommaren 1982 har ett antal prover tagits på olika bergarter inom typområdet. Av dessa har 48 st plockats ut för parametermätning. För att få ett större statistiskt material har ett antal prover, som samlats in under tidigare karteringsverksamhet inom och kring typområdet, använts. Dessa prover är tagna inom kartbladsområdet 25 M Kalix 8-9 d-e.

6.4.1 Tolkning av parameterdata

Vid presentation av parameterdata har målsättningen varit att på fysikaliska grunder göra en indelning av bergarterna i grupper efter likheter/olikheter i fysikaliska parametrar. Även inom en bergart kan ibland en uppdelning i grupper göras.

Proverna är inte orienterade, och man kan därför inte uttala sig om den remanenta magnetiseringens riktning.

Alla prover är parametermätta med avseende på densitet, susceptibilitet, magnetisk remanens (intensiteten) och Q-värde (remanent magnetisering/inducerad magnetisering) vid SGAB:s parameterlaboratorium i Malå. De prover som är tagna under 1982 är dessutom parametermätta med avseende på IP-effekt och resistivitet. På en del av dessa prover är även porositetsmätningar utförda. Resultaten av parametermätningarna finns presenterade i tabellerna 5 och 6.

Bergartsgrupper, som är representerade med ett fåtal prover,

kommer inte att beröras i denna tolkning.

Genom att plotta värden för densitet mot susceptibilitet, fig 24-25, kan man med hjälp av fysikaliska parametrar bergartsbestämma proverna (Henkel 1976).
Susceptibiliteten bestäms av andelen magnetiska mineral, främst då magnetit. När magnetithalten överskrider ett visst värde påverkar detta tunga mineral bergartens densitet, vilket är åskådliggjort i diagrammet genom de streckade linjernas krökning. Två prover kan alltså ha vitt skilda densiteter, men ändå ha samma silikatdensitet och är då samma bergart om de på geologiska grunder bedömts vara lika.

En homogen bergart följer en karaktäristisk trendkurva i susceptibilitet-densitetdiagrammet, där endast susceptibiliteten varierar i större utsträckning. Så är fallet med flera av de bergartsgrupper, som finns representerade i Kamlunge.

Den grupp på sju prover som klassificerats som granit, fig 24 följer en prydlig trend, liksom de nio prover som betecknats Linagranit, fig 24. Båda bergarterna ligger inom densitetsintervallet för leukogranit.

En grupp på 19 prover är geologiskt bestämda som granodiorit (Haparandaserien), fig 25. Bergarten uppvisar en tydlig trend inom detta intervall.

De flesta dioritproverna (Haparandaserien), fig 25, total 15 st, ligger samlade inom dioritintervallet, men någon tydlig trend är svår att urskilja. Några av proverna faller utanför intervallet.

En grupp med relativt stor spridning i diagrammet är de 42 prover, som geologiskt klassificerats som biotitgnejs, fig 24. Gruppen fördelar sig i områdena från granodiorit till diabas i diagrammet. Förklaringen ligger till stor del i att gnejsbegreppet är ganska diffust och att man tagit större hänsyn till strukturer än till mineralsammansättning vid bergartsbestämningen.
En del av proverna i denna grupp ligger inom det paramagneti-

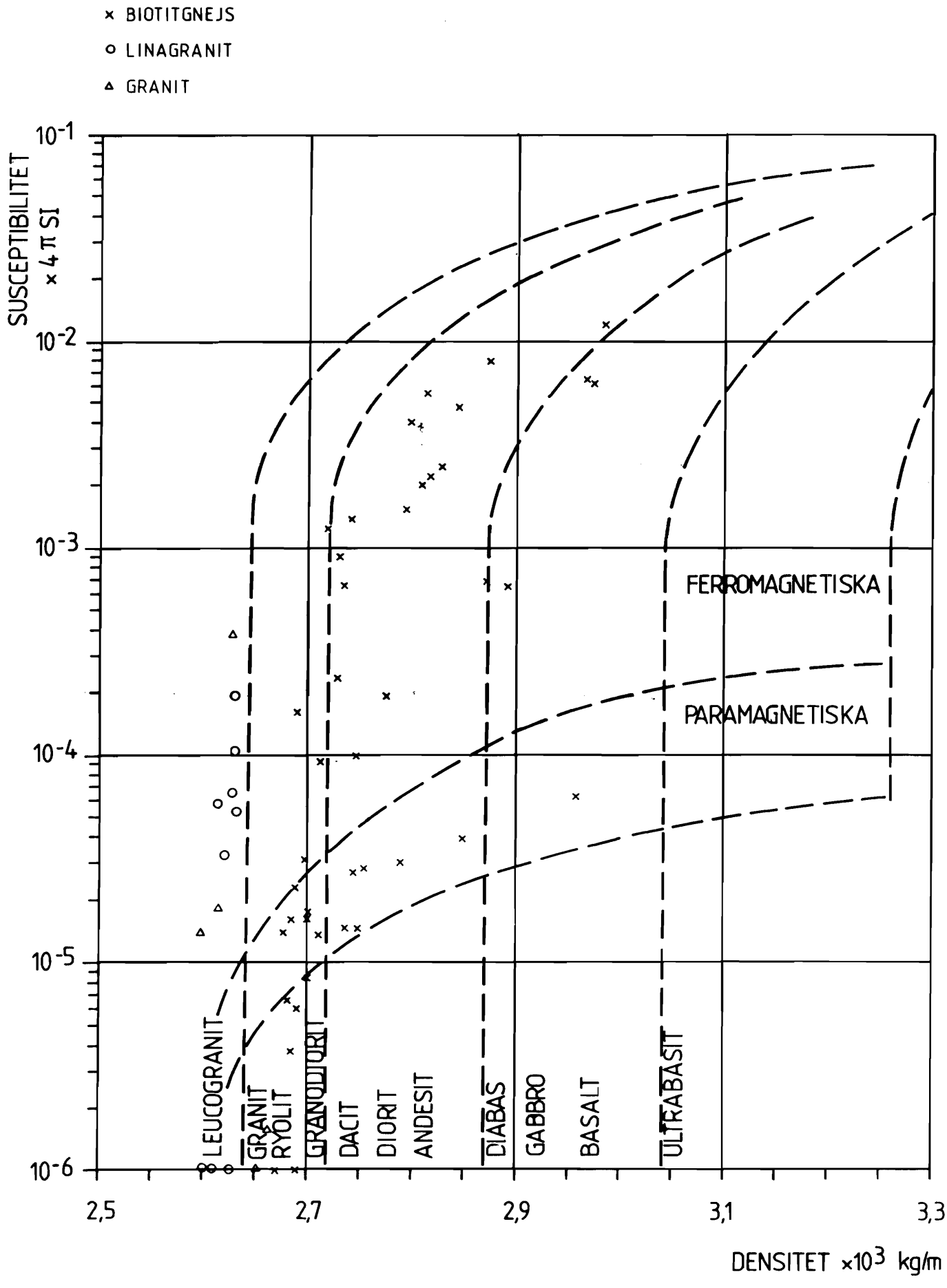


FIG. 24 SUSCEPTIBILITET - DENSITET (HENKEL 1976)

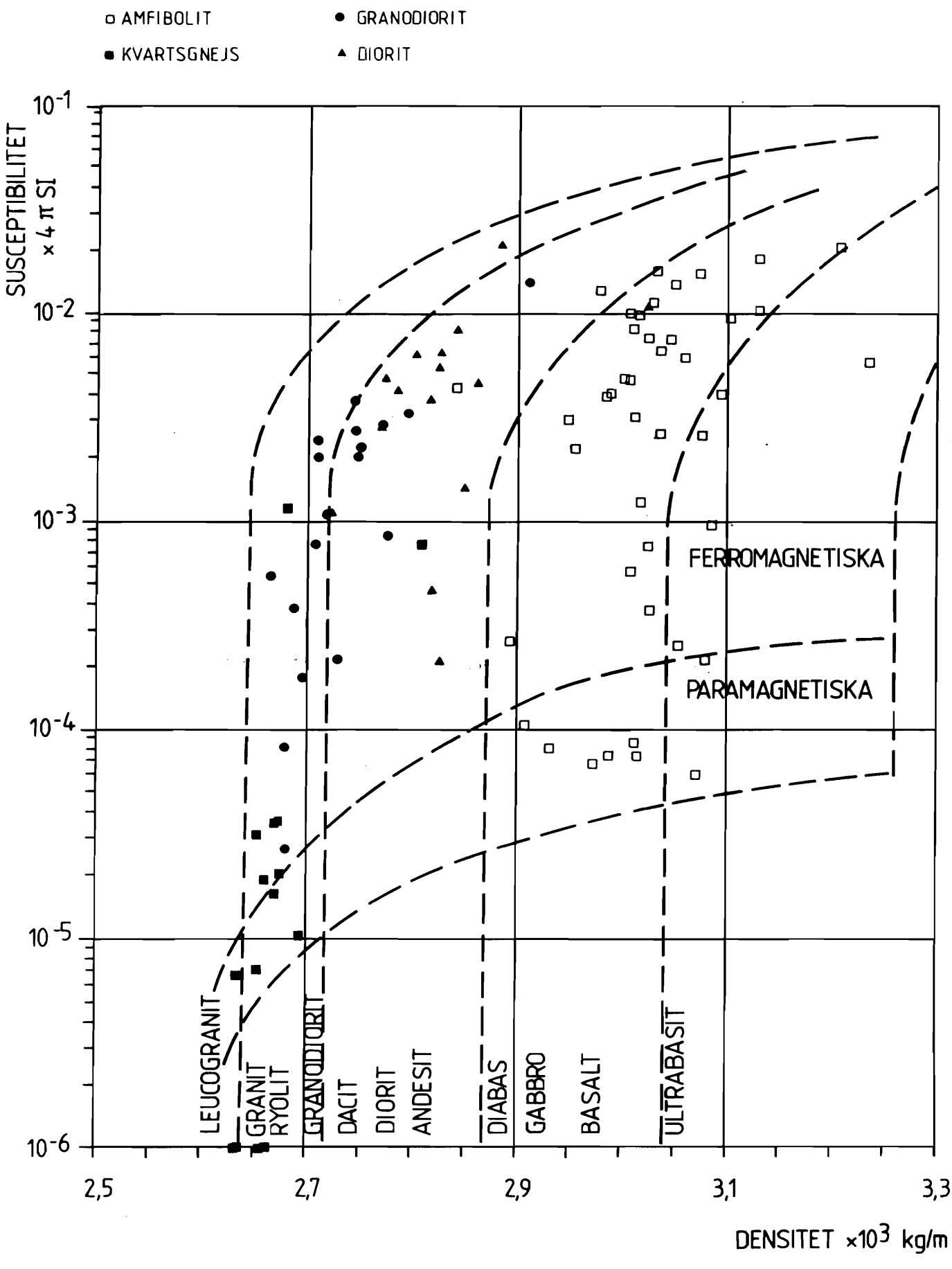


FIG. 25 SUSCEPTIBILITET – DENSITET (HENKEL 1976)

ska området. De är för få för att man ska kunna säga något bestämt, men det är möjligt att man kan indela denna heterogena bergartsgrupp i två grupper. En ferromagnetisk där de magnetiska egenskaperna beror på magnetit och en paramagnetisk där de magnetiska egenskaperna troligen beror på hämatit. Om så är fallet kan detta bero på att magnetiten på vissa platser har omvandlats till hämatit, vilket sker vid vittring. En annan förklaring är att skillnaden har primära orsaker i samband med bildandet av bergarterna.

En annan bergartsgrupp med stor spridning i diagrammet är amfibolit, fig 25. Gruppen är representerad av 43 prover. Densiteten varierar från 2.9 till 3.2 g/cm inom gruppen.
Även denna grupp kan eventuellt indelas i en ferromagnetisk och en paramagnetisk grupp, liksom biotitgnejsen. Samma resonemang som förts ovan för biotitgnejs kan vara aktuellt för amfiboliterna.

Av susceptibilitetsmätningarna kan man dra slutsatsen att de magnetiska positiva anomalierna, som kommit fram vid markmätningarna ofta är orsakade av amfibolit eller diorit. Även granodiorit och biotitgnejs kan ibland ge upphov till positva magnetiska anomalier.

Av de prover som insamlats under karteringsarbetet sommaren 1982 har 48 st mätts med avseende på IP-effekt och resistivitet, tabell 5-6.

Resistivitetsvärdena för de flesta proverna ligger mellan 10 och 100 kohmm. Värden inom detta intervall är normala för ytprover och tyder inte på någon speciell uppsprickning. De mätta proverna är ytprover och är därför vittrade och ger därmed en lägre resistivitet än friska prover. Sådana har tagits från borrkärnorna från området och jämförelser kan göras med dessa. Detta material är inte bearbetat och kommer att behandlas i en senare rapport.
Några få prover har högre resistivitet än 100 kohmm. De flesta utgörs av amfibolit.

Merparten av de uppmätta proverna har en IP-effekt, som ligger

under 5 %. Undantaget utgörs av amfibolit. Hälften av amfibolitproverna (5 st) ligger mellan 5 och 10 %. Detta orsakas sannolikt av pyrit.

Porositetsmätningar har gjorts på 12 prover, tabell 7-8. Varje bergartsprov har sågats i fyra kubiska bitar (2 cm sida) på vilka man mätt porositeten. Genomsnittsvärdena varierar mellan 0.1 och 0.7 %. Detta är normala porositetsvärden för ytprover.

Bergart	Koord	IP	Resistivitet x 10	Porositet
		%	kohmm	%
AMFIBOLIT				
SS 82:003	1140 N/ 405 E	8.2	42	0.1
007	1310 N/ 470 E	6.0	131	
008	1310 N/ 470 E	6.1	31	
009	1300 N/ 490 E	6.0	52	
010	1310 N/ 495 E	9.0	146	0.1
011	1320 N/ 470 E	3.5	118	
016	985 N/ 200 E	2.0	11	
018	1005 N/ 230 E	1.9	4	0.7
019	1005 N/ 230 E	2.5	13	
AAKM82:027	1085 N/ 200 E	1.0	1	
197	930 N/ 125 W	3.3	44	
GRANODIORIT				
SS 82:005	1150 N/ 340 E	2.4	35	
006	1150 N/ 340 E	2.5	17	
012	370 N/ 40 W	1.3	6	
013	350 N/ 20 W	3.1	18	
020	700 N/ 205 E	4.0	25	
021	700 N/ 205 E	3.1	12	
AAKM82:093	2000 N/ 560 E	4.8	11	
186	1265 N/ 80 E	-	-	

Tabell 5.

Bergart	Koord	IP	Resistivitet x 10	Porositet
		%	kohmm	%
KVARTSITISK GNEJS				
BA 82:004		2.4	51	
007		2.0	17	
AAKM82:006	160 N/ 855 E	1.5	30	0.3
014	925 N/ 30 E	1.2	20	
043	950 N/2055 E	2.5	18	0.3
BIOTITGNEJS				
BA 82:003		3.7	270	0.2
SS 82:001	1125 N/ 385 E	6.0	38	
AAKM82:002	220 N/ 960 E	2.7	22	0.4
004	455 N/ 820 E	1.4	60	0.5
021	350 N/ 400 E	2.3	56	0.4
193	1800 N/ 395 W	2.9	18	
GRANIT				
BA 82:005		1.5	30	0.4
006		1.5	10	
SS 82:004	1160 N/ 380 E	2.7	20	
AAKM82:034	1255 N/ 200 E	1.5	11	0.6
039	1000 N/ 600 E	1.7	27	0.6
056	500 S/ 450 E	0.9	19	
124	240 N/ 400 E	1.9	11	
216	285 N/ 190 E	går ej att mäta		
238	545 N/ 55 E	0.49	26	IP mkt osäker

Tabell 6.

6.5 Regionala geofysiska profilmätningar

Regionala geofysiska profilmätningar har gjorts i och omkring typområdet Kamlunge, fig 26. Profilerna F, G, H och I har mätts med slingram, VLF och magnetometer.

Vid VLF-mätningen har stationerna GBR, Rugby, England och NAA, Cutler, Maine, USA utnyttjats.

Mätningarna och respektive profils topografi samt en tolkning av profilerna finns presenterade i fig 27-30. Dessutom presenteras i fig 26 en samtolkning av de regionala zoner, som framkommit vid flygbildstolkning och regional geofysisk profilmätning.

Man bör observera att zonernas tolkade bredd, som används i figurer och text avser bredd i profilriktningen. En zon som ligger i flack riktning mot profilen blir alltså bredare i tolkningen än i verkligheten.

Zoner som bedömts som allvarliga på grund av bredd, utsträckning eller vattenföring har getts ett hänvisningsnummer i figurerna.

Profil F, fig 27, är 9,6 km lång. Profilen stryker i stort sett i öst-väst.

Zon 87 är 140 m bred och stupar mot E. Zon 88 har samma stupningsriktning och är 100 m bred, vattenförande och ytnära. Från VLF-mätningarna har inga strykningsbestämningar kunnat göras, eftersom mätvärden från GBR-sändaren saknas i denna del av profilen. Dessa zoner är dock topografiskt indikerade, med en strykningsriktning på ungefär N 10°W.

Zon 35 är ca 110 m bred, stryker i N 30°W och stupar mot öst.

Zon 28 består antingen av en mycket bred eller flera smalare zoner, vilka stryker i N 20°W. Stupningen är inte entydigt bestämd, eftersom zonpartiet överlagras av tjock myr och tjocka moränlager, vilket försvårar tolkningen.

Seismik har skjutits i området och har gett ett resultat på 45 m jorddjup eller mer.

Ett hammarborrhål har satts på seismikprofilen, man påträffade mycket uppkrossat berg på 72 m djup, efter att ha passerat tre olika moränlager. Borrhålet är satt vertikalt i västra kanten på denna överlagrade dalgång och det uppborrade djupet är sannolikt inte det maximala jorddjupet. Lineamentet syns tydligt även på en topografisk länskarta och det är mycket möjligt att Kalix älv en gång har runnit fram och eroderat ner berget och bildat denna dalgång.

Profil G, fig 28, är 11,4 km lång. Profilen är parallell med profil F.

Zon 88 är sannolikt vattenförande och ytnära. Den styker i N 10°W och stupar mot öst. Bredden är 80 m. Zonen är också påträffad i profil F.

Zon 27 är 40 m bred, vattenförande och ytnära. Den stryker i N 40°E och stupar mot öster.

Zon 35 har även påträffats i profil F och är eventuellt vattenförande. Den stryker i N 70°W och stupar mot öst. Bredden är 30 m.

Zon 77 är 50 m bred, styker i N 10°W och stupar mot väst.

Zon 28 har inte kunnat indikeras med geofysiska mätningar, men flygbildstolkning, kartstudier och seismik visar att en regional zon troligen passerar profilen, som fig 26 visar.

Zon 14 är 80 m bred, vattenförande och ytnära. Strykningen är N 50°W och den stupar mot öst.

Zon 143 är 70 m bred, ytnära och troligen vattenförande. Den stryker i N 10°W och stupar mot öst.

Zon 144 är 30 m bred, stryker i N 10°E och stupar mot väst.

Profil H, fig 29, är 9,5 km lång. Den är parallell med profilerna F och G.
Zon 36 är 160 m bred, ytlig och vattenförande. Zonen stryker i N 10°W och stupar mot öst. En lägre magnetisk nivå än omgivningen visar att en ordentlig uppkrossning och efterföljande vittring har lett till att magnetiten i bergarten har oxiderats till hämatit.

Zon 118 är 100 m bred, ytlig och vattenförande. Den stryker i N 35°E och stupar mot väst. Även denna zon har en lägre magnetisk nivå än omgivningen. Förklaringen är densamma, som för zon 36.

Zon 77, som även påträffats i profil G, har här strykningsriktningen N 20°E och stupar åt väst.

Partiet under Idträsket är speciellt intressant eftersom zon 28, från profil F, troligen skär profilen just här. Nu saknas mätvärden för detta parti, beroende på Idträsket och besvärliga terrängförhållanden i samband med Kamlungekölens västra brant. Någon tolkning har alltså inte kunnat göras av denna eventuella zon.

Zon 64 är 30 m bred, ytnära och troligen vattenförande. Strykningen är N 30°E och den stupar mot öst.

Zon 142 är 30 m bred, ytnära och sannolikt vattenförande. Den stryker i N 30°E och stupar mot öst.

Zon 15 är 40 m bred, ytnära och sannolikt vattenförande. Den stryker N 30°W och stupar mot öst.

Zon 14 är 90 m bred och sannolikt vattenförande. Den stryker N 20°W och stupar mot öst.

Zon 143 är 50 m bred och sannolikt vattenförande samt ligger ytnära. Strykningen är N 80°E och den stupar mot syd.

Profil I, fig 30, är 7,7 km lång. Profilen stryker ungefär i

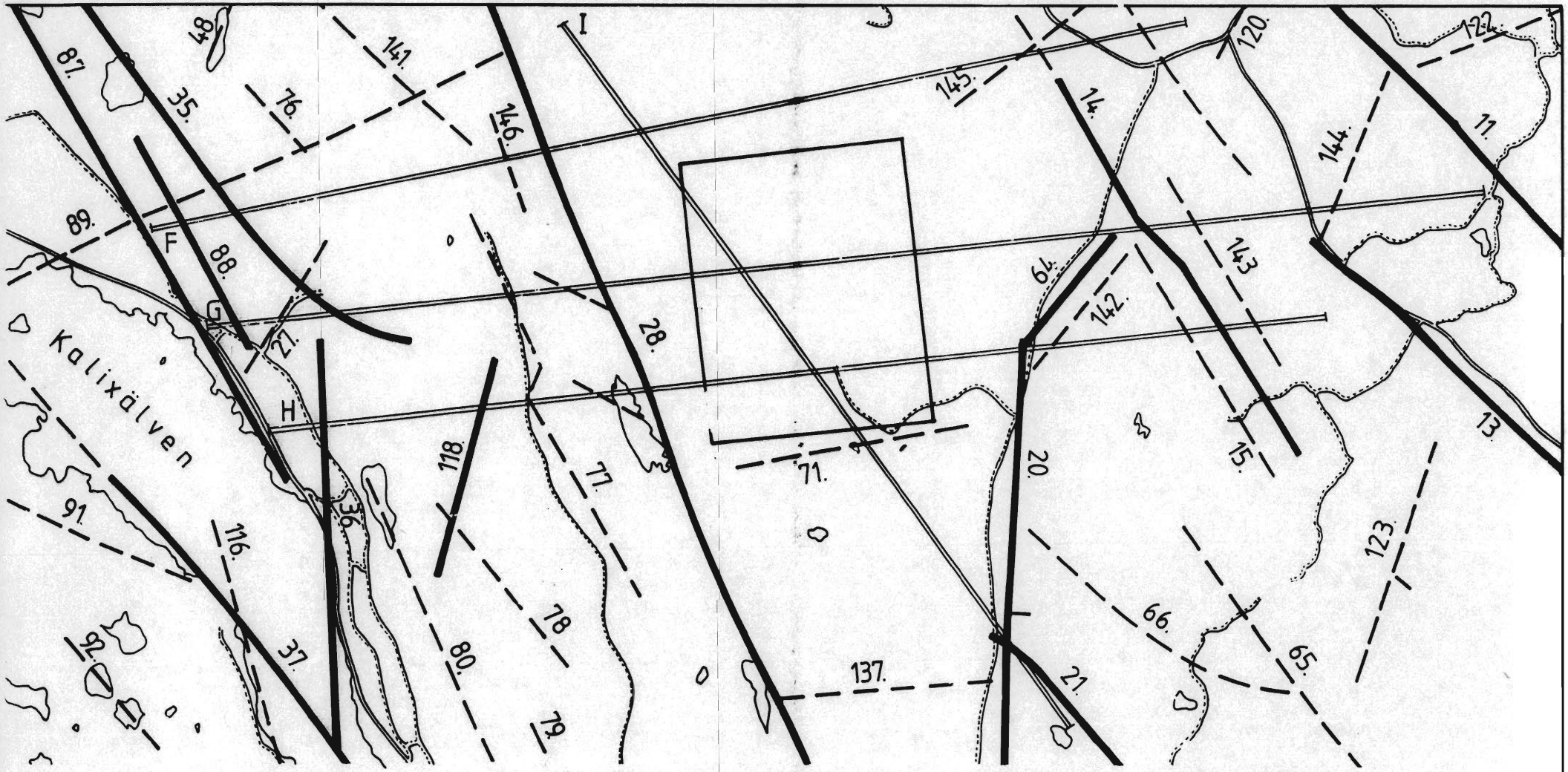
N 30°W.

Zon 21 är 70 m bred längs profilen. Den verkliga bredden är betydligt mindre på grund av att profilen korsar zonen i en flack vinkel. Zonen stryker i N 60°W och stupar mot norr.

Zon 20 ligger i anslutning till en djup myr. Från slingrammätningen har djupet beräknats till 48 m. Samtidigt som slingram-imaginärkurvan hamnar på en högre nivå på grund av myren, så visar magnetkurvan ett minimum. Detta kan bero på att myren är så djup att den skärmar av det magnetiska totalfältet. Alternativt, så kan berget vara uppkrossat och magnetiten oxiderad till hämatit. Den första förklaringen är den troligare, eftersom man inte får någon som helst negativ indikation på slingram-imaginärkurvan.

Zon 71 är 40 m bred och vattenförande. Den stryker i N 80°E och stupar mot norr.

Längs samtliga profiler varierar den magnetiska totalintensiteten kraftigt i vissa partier. Detta kan hänföras till dioriter eller amfibolitgångar. Ibland kan även band av magnetiska omvandlade sedimentära bergarter, eller mera sällan granodioriter, förklara anomalierna.



TECKENFÖRKLARING

- MÄTPROFIL
- REGIONAL SPRICKZON (≥ 100 m BRED)
- REGIONAL SPRICKZON (≥ 25m BRED)
- TYPOMRÅDE

SKALA 1:50 000

0 1 2 km

STEFAN SEHLSTEDT -ES

PROJEKT KBS

SVERIGES GEOLOGISKA AB

KAMLUNGE

REGIONAL GEOFYSISK PROFILMÄTNING

FIG. 26

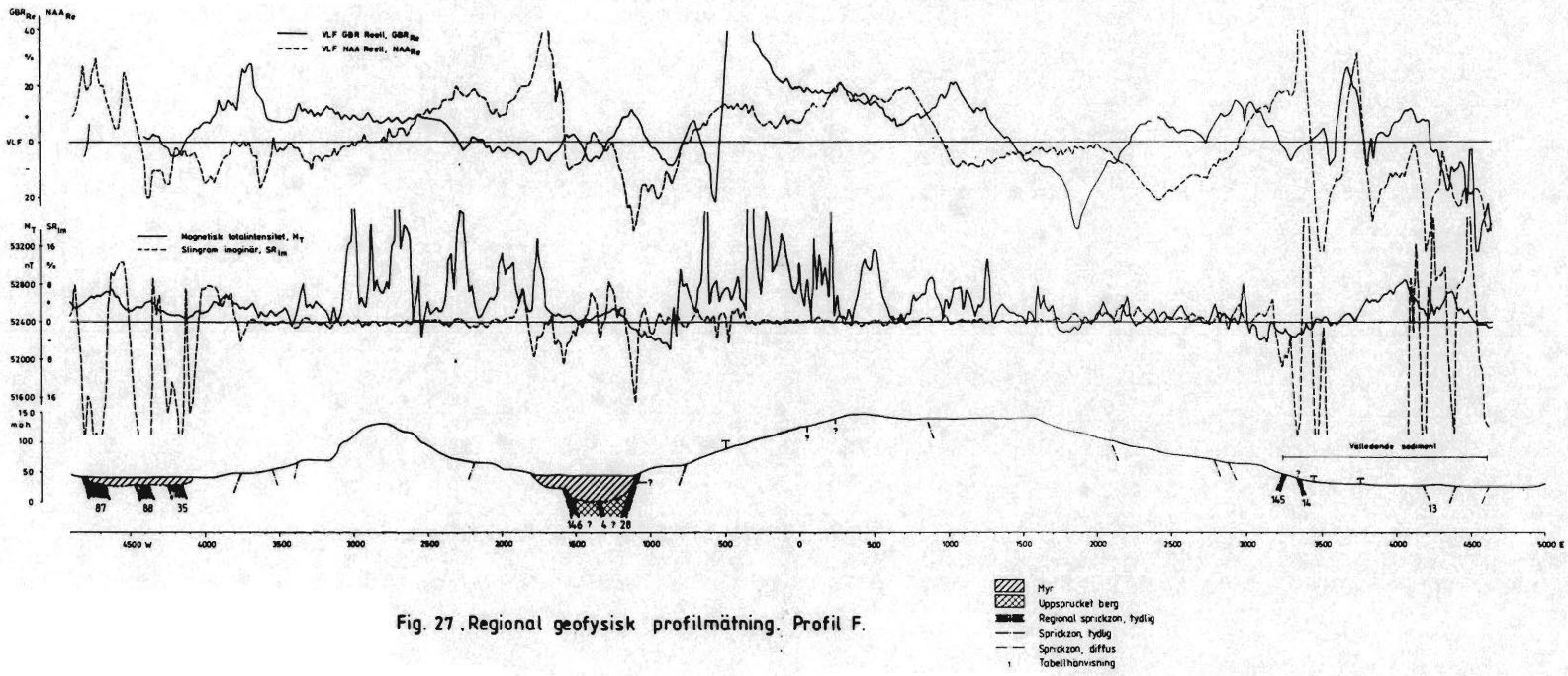


Fig. 27. Regional geofysisk profilmätning. Profil F.

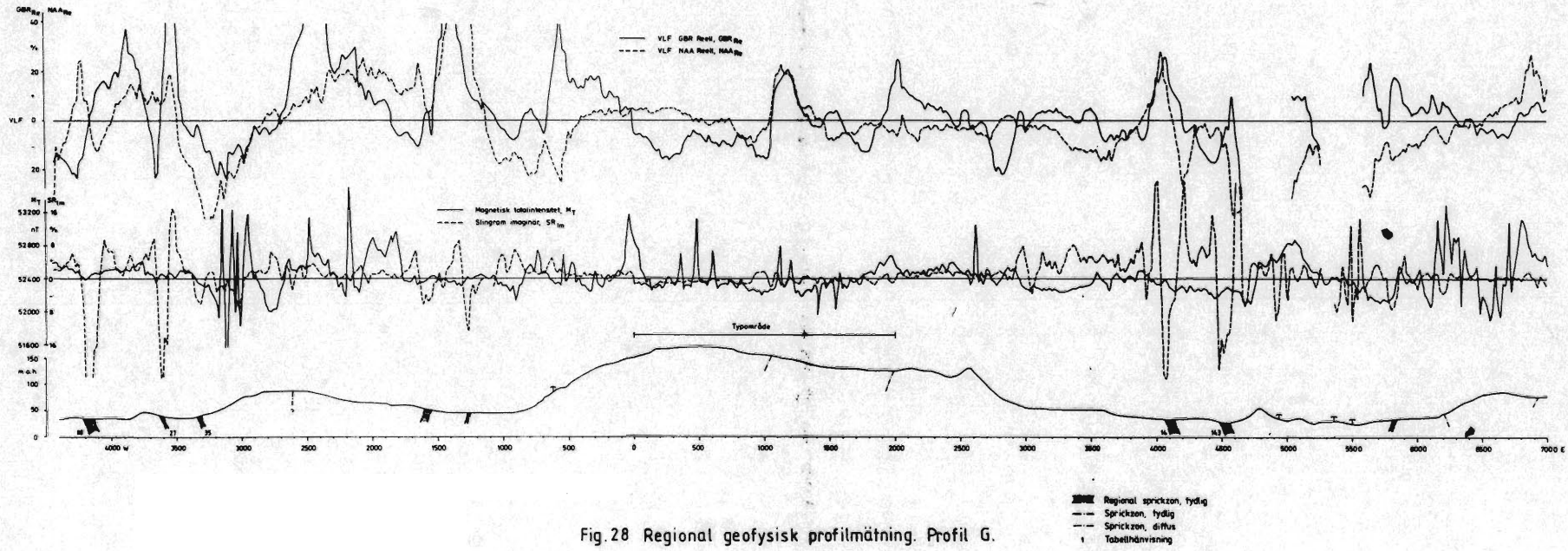


Fig. 28 Regional geofysisk profilmätning. Profil G.

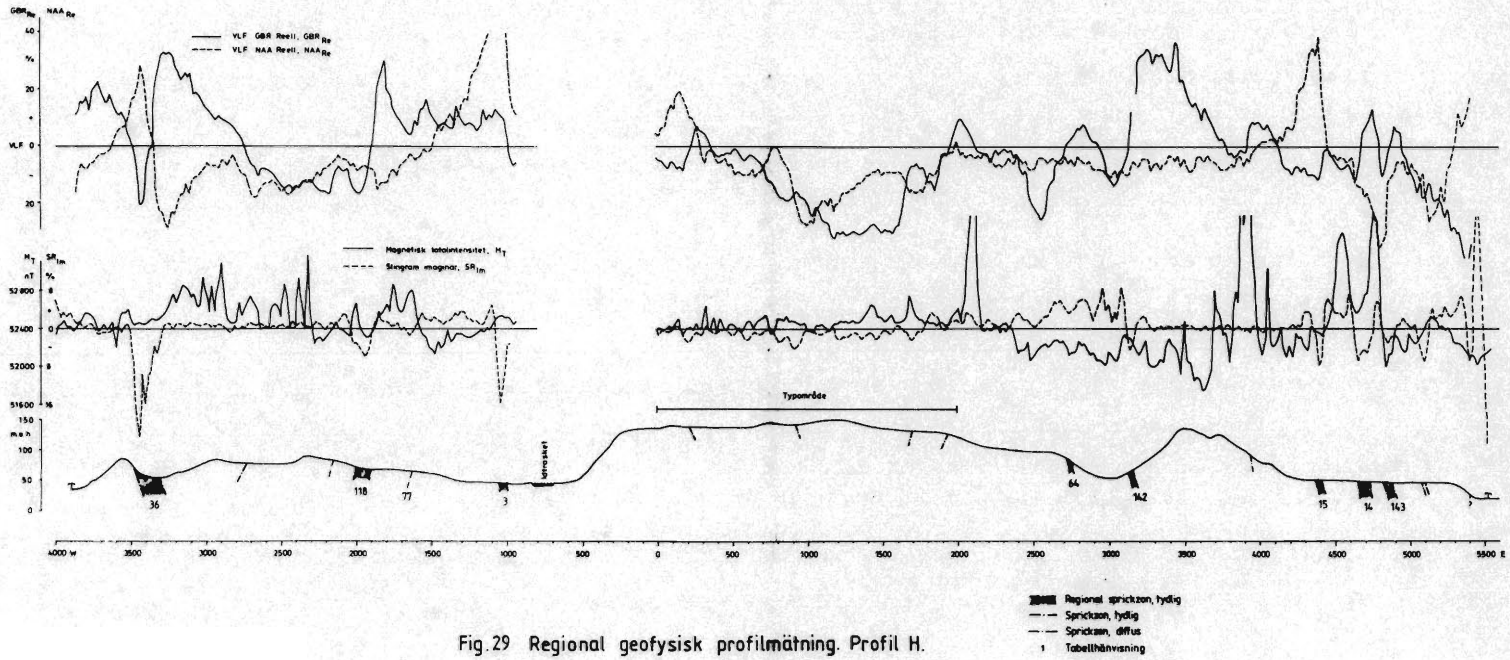


Fig. 29 Regional geofysisk profilmätning. Profil H.

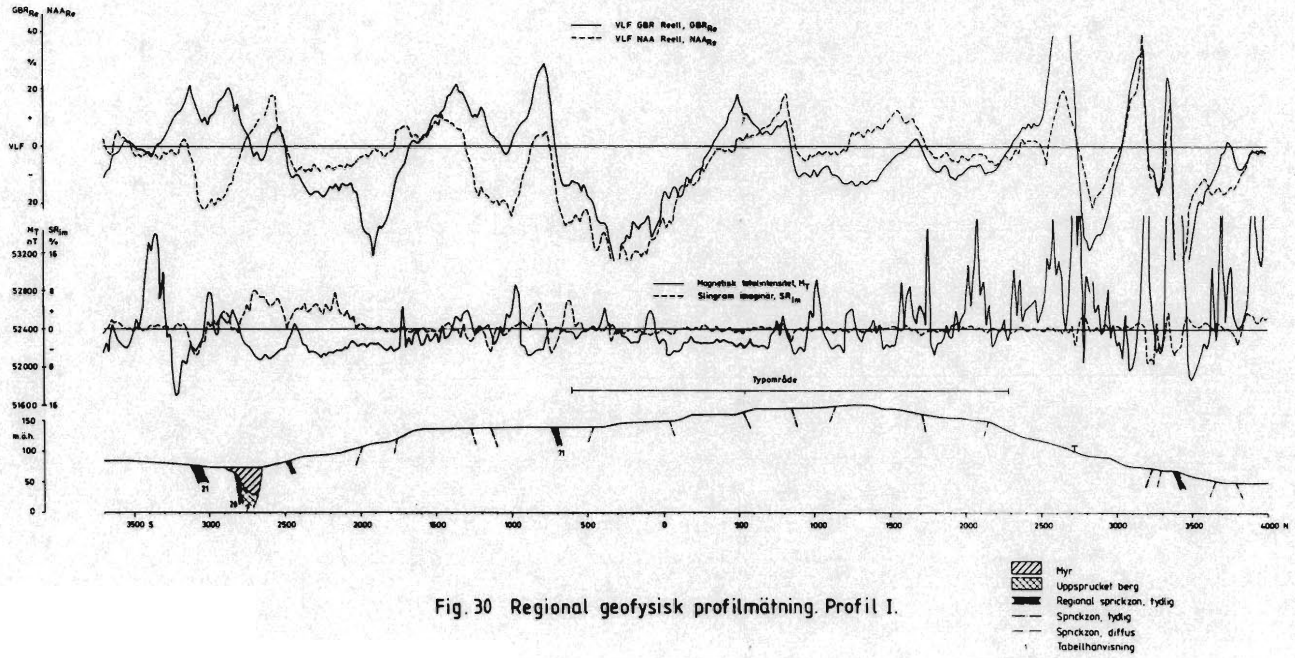
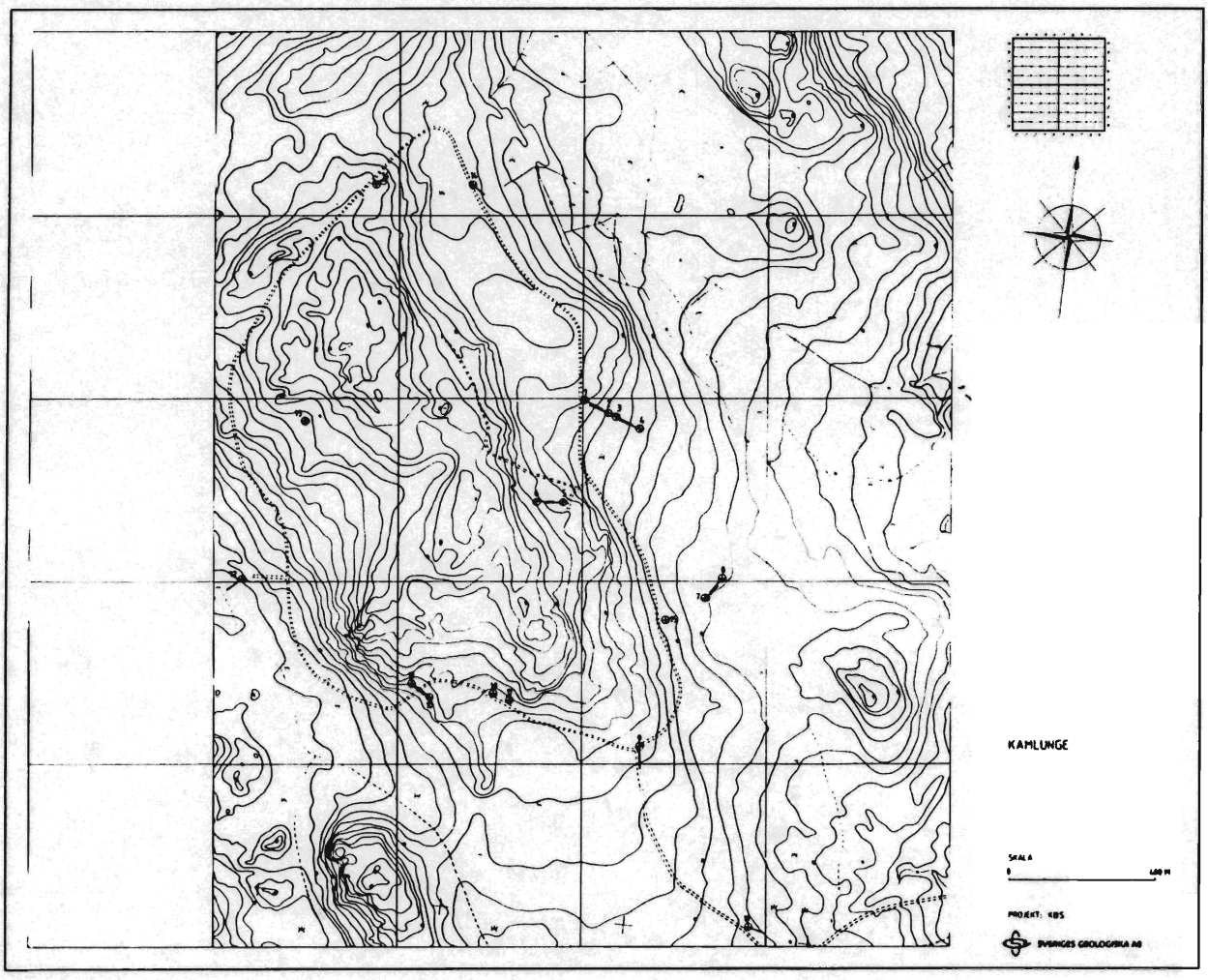


Fig. 30 Regional geofysisk profilmätning. Profil I.

7 HAMMARBORRNING

Erfarenheterna från tidigare undersökningsområden har visat att man med enbart hammarborrning inte kan bestämma svaghetszoners lägen i berggrunden.
Däremot utnyttjas hammarborrhålen för att mäta grundvattenytans variation, interferenstester mellan flera borrhål, samt inte minst för vattenförsörjning till kärnborrning och de hydrologiska mätningarna.

Inom typområdet har borrats 19 hammarborrhål, se figur 31. Längden är mellan 50-120 m, totalt 2053 m. Borrhålen är vinklade mellan 55°-90° mot horisontalplanet. Nedan följer en sammanställning av resultaten från hammarborrningarna inom typområdet Kamlunge.



Figur 31. Hammarborrhålens läge inom typområdet Kamlunge.

Hammarborrningarna startade med att borra profiler över geofysiskt indikerade lineament. Detta för att indikera de vattenförande zonernas lägen i borrhålet. Det har i Kamlunge visat sig svårt att korrelera sjunkhastigheten med sprickfrekvensen pga att berggrunden består av många olika bergarter med olika hårdhet. Det visar sig t ex att sjunkhastigeten i den röda graniten motsvarar sjunkhastigheten för "uppsprucket" berg.

Hammarborrhål 1-4 är borrade i en profil över flera korsande geofysiskt indikerade lineament. Samtliga borrhål är vattenförande, se tabell 7.

Hbh	längd	Riktn/lutn	Flöde (l/h)	Djup vid flöde(m)
1	107	S60°E/55°	6000	72
2	100	N60°W/55°	600	46
			1200	83
3	100	S60°E/55°	1500	33
			1500	62
			3000	85
4	100	N60°W/55°	1800	13

Tabell 7. Borrdata för hammarborrhål 1-4.

En schematisk tolkning av vattenföringen i hbh 1-4 framgår av fig 32.

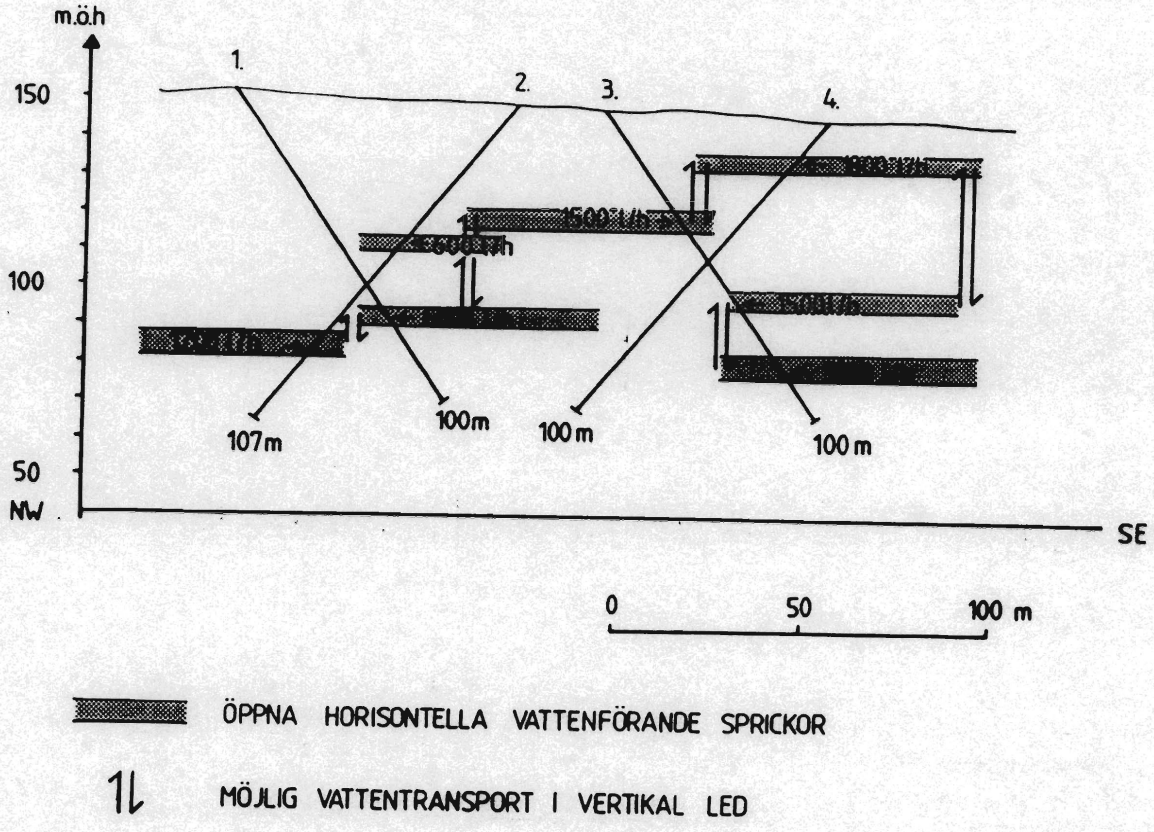


Fig 32. Schematisk tolkning av vattenföringen i hbh 1-4.

I fig 32 framgår att de vattenförande horisontella sprickplanen delvis kan vara avbrutna, läkta eller tätade, vilket gör att vattenföringen i borrhål, som ligger nära varandra kan variera kraftigt.

Vattentransporten mellan de horisontella planen utgörs av vertikala kanaler eller sprickplan. Vattenföringen är troligen även beroende av bergspänningarna.

Hammarborrhål 5 och 6 är borrade mot ett geofysiskt lineament. De vid borrningen konstaterade vattenflödena är sammanställda i tabell 8 och fig 34.

Hbh	Längd	Riktn/lutn	Flöde (l/h)	Djup vid flöde (m)
5	106	N65°W/55°	torrt	
6	115	S65°E/55°	600	20
			3000	115

Tabell 8. Borrdata för hammarborrhål 5 och 6.

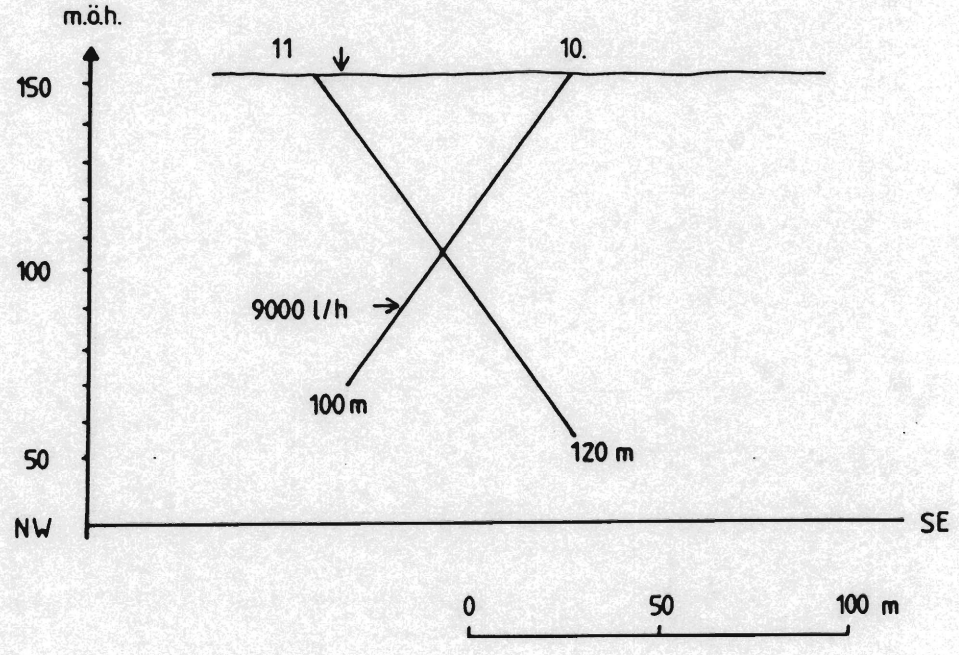
Hammarborrhål 10 och 11 är borrade mot samma geofysiska lineament som hbh 5 och hbh 6.

I hammarborrhål 10 har noterats det kraftigaste vattenflödet av samtliga borrhål inom området. Flödet uppskattas till 9000 l/h. En profil över borrhålen finns i figur 33 och borrdata för hbh 10-11 är sammanställda i tabell 9.

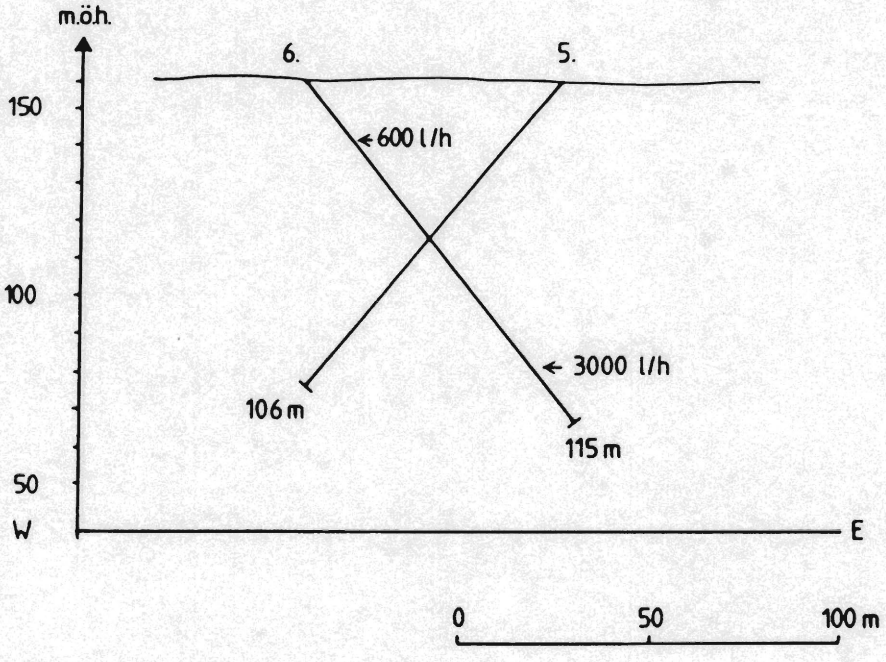
Hbh	Längd	Riktn/lutn	Flöde (l/h)	Djup vid flöde(m)
10	100	N45°W/55°	9000	76
11	120	S45°E/55°	torrt	

Tabell 9. Borrdata över hammarborrhål 10 och 11.

Tolkningen av vattenflödena för profilerna över hbh 5 och 6 samt hbh 10 och 11, bekräftar den beskrivning över de vattenförande sprickornas uppbyggnad, som finns för hbh 1-4.



Figur 33. Profil över hammarborrhål 10 och 11.



Figur 34. Profil över hammarborrhål 5 och 6.

Data över resultaten från de övriga hammarborrhålen är sammanställda i tabell 10.

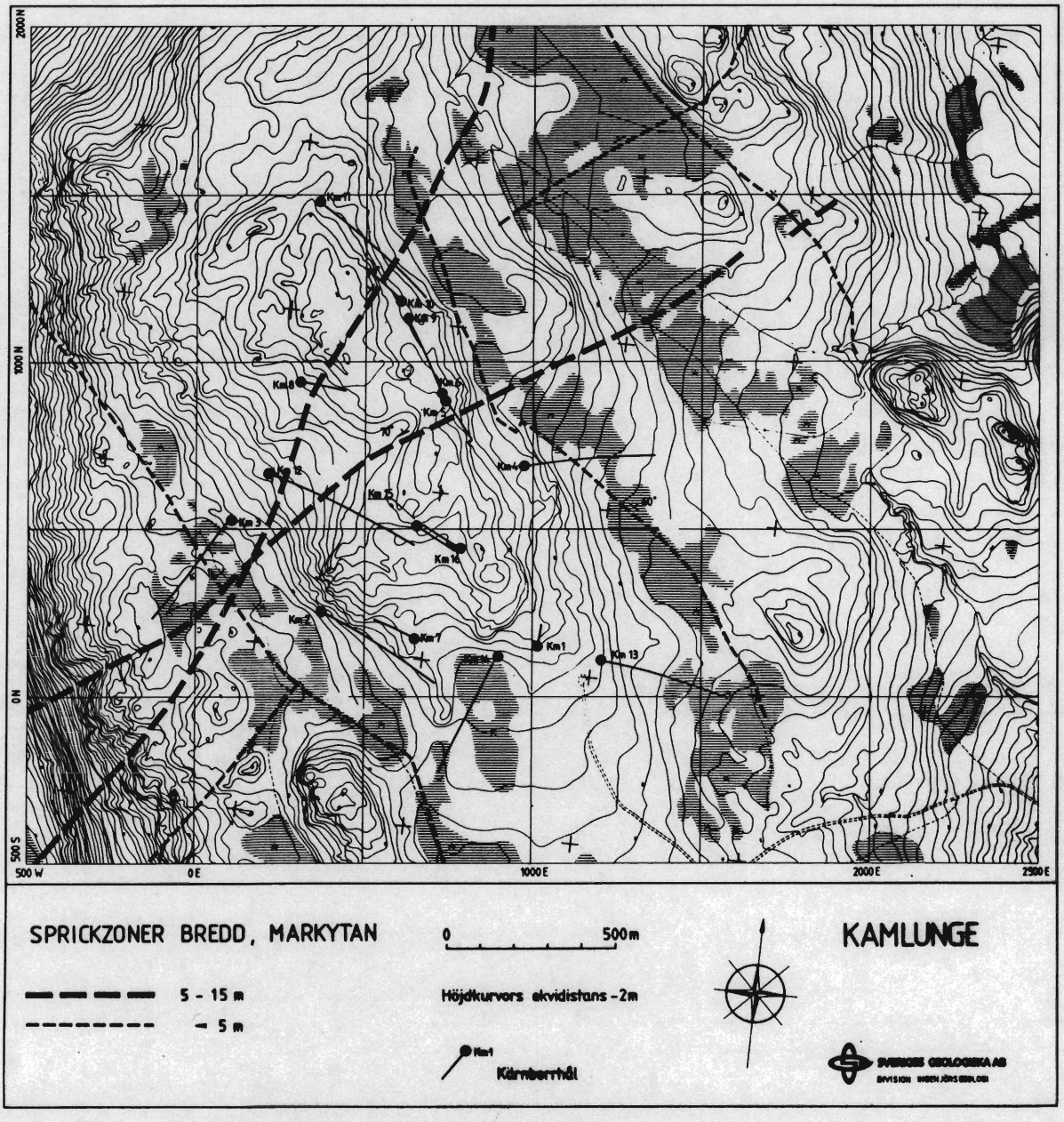
Hbh	Längd	Riktn/lutn	Flöde (l/h)	Djup vid flöde
7	115	N50°E/55°	300	
8	120	S50°W/55°	torrt (600 l/h läcker in vid rörkant)	
9	120	N-S /55°	torrt	
12	100	S30°W/55°	900	
13	100	vertikalt	720	
14	100	S55°E/55°	1500	
15	50	vertikalt	60	
16	50	vertikalt	600	
17	50	vertikalt	torrt	
18	100	vertikalt	120	
19	100	S65°E/55°	180	

Tabell 10. Borrdata över hammarborrhål inom Kamlunge.

8 Djupundersökning

8.1 Inledning

De geologiska och geofysiska undersökningarna har haft som mål att på markytan lokalisera svaghetszonerna. För att lokalisera zonerna på stort djup har 16 kärnborrhål borrats. De indikerade svaghetszonerna och borrhålens läge finns i figur 35.



Figur 35. Svaghetszoner, borrhål och profiler inom typområdet Kamlunge.

8.2 Sprickmineral

Det har utförts ett antal mineralanalyser av sprickmineral i borrkärnor från Kamlunge. Analysresultat finns i tabell 11. De vanligaste sprickmineralen är kalcit, klorit och laumontit. Underordnade mineral är epidot, gips, göthit, hämatit,piemontit, stilbit, pyrit, blyglans och barrierit. Leromvandling förekommer på enstaka ställen i form av illit, montmorillonit och smektit.

Sprickmineralen är identifierade vid okulärbesiktning. En separat rapport från kärnkarteringen kommer att lämnas senare. Nedan följer en kort beskrivning av de vanligaste sprickmineralen inom typområdet Kamlunge.

Kalcit: $CaCO_3$ är ett mycket vanligt förekommande mineral. Det avsätts t.ex. ur kalkhaltigt vatten. Kalcit finns på sprickytor nästan överallt i undersökningsområdet.

Klorit $(Mg,Fe,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$ är en mycket vanlig vittringsprodukt av silikater, som innehåller Al,Fe och Mg. Exempel på sådana silikater är pyroxen, amfibol, biotit och granat. Bergarter innehållande klorit har ofta genomgått en låggradig metamorfos.

Laumontit: $Ca(Al_2Si_4)O_{12}4xH_2O$ är ett zeolitmineral, som förekommer i samtliga borrhål i undersökningsområdet.

Epidot: $Ca_2(Al,Fe)Al_2O(SiO_4)Si_2O_7(OH)$ är ett olivgrönt silikatmineral, som är vanligt i intermediära till lågmetamorfa bergarter.

Piemontit: $Ca_2MnAl_2O(SiO_4)(Si_2O_7)OH$ är en rödbrun variant av epidot. Mineralet är tämligen sällsynt.

Gips: $CaSO_4 x2H_2O$ är ett sulfatmineral, vitt till färgen, men kan även vara genomskinligt. Gips är det första mineralet, som avsätts när havsvatten indunstar.

Stilbit: (=desmin) $CaAl_2Si_7O_{18} x7H_2O$ tillhör gruppen zeoliter, liksom laumontit. Färg gulgrön, kan även vara tegelröd. Bildar ofta bladlika aggregat.

Göthit: FeO(OH) bildas vid oxidation av järnhaltiga mineral, som pyrit och magnetit. Mineralet avsätts i marint och sött vatten i träsk och laguner i form av myrmalm. Färgen är mörkbrun till gulbrun.

Hämatit: Fe_2O_3 är stålgrå till svart i färgen. Vid repning framträder rött till rödbrunt streck. Hämatit är den viktigaste järnmalmen och har en vidsträckt utbredning. Förekommer accesoriskt i sedimentära bergarter, eruptiva bergarter och hydrotermala gångar.

Blyglans: PbS har stor utbredning och är den viktigaste blymalmen. Den förekommer i sedimentära bergarter, som hydrotermala gångar, i pegmatiter och som substansersättningar i kalkstenar och dolomiter.

Barrerit: $(Na,K,Ca)_7(Al_2Si_7)\ O_{18}x7\ H_2O$ är ett ovanligt zeolitmineral.

Illit: är en vanlig beteckning för glimmerrika lermineral. Mineralet skiljer sig från glimmer genom mindre Al substitution för Si, det innehåller mer vatten samt att K delvis ersatts av Ca och Mg. Illit har viss svällningsförmåga.

Montmorillonit: $(Al,Mg)_8(Si_4O_{10})_3(OH)_{10} \times 12\ H_2O$ är den allmänna formeln för lermineral, som tillhör denna grupp. Montmorillonit har viss svällningsförmåga.

Smektit: är ett svällande lermineral, som tillhör montmorillonit-gruppen, formel se montmorillonit.

Km 1	borrhålsdjup	82.55 m	laumontit, ev. smektit
	"	214.40	laumontit, muskovit, ev. illit
	"	222.55	kvarts
	"	666.80	gips
Km 2	"	636.30	laumontit, kalcit
	"	700.45	blyglans
Km 3	"	101.55	laumontit, kalcit, klorit, ev. smektit
	"	160.95	laumontit, ev. klorit
	"	487.35	laumontit, kalcit, ev. illit
Km 8	"	128.25	laumontit,kalcit
	"	233.85	barrerit
Km 9	"	95.85	laumontit, ev.smektit
	"	115.00	smektit,
	"	197.90	laumontit
Km 11	"	344.00	kalcit, laumontit
	"	354.00	piemontit
	"	676.00	gips
Km 12	"	112.00	kalcit
Km 13	"	371.60	desmin
	"	620.75	kvarts, muskovit
	"	671.00	desmin, hematit, ev göthit

Tabell 11. Analysresultat av sprickmineral från Kamlunge.

8.3 Kärnborrhål Km 1.

Koordinater :147 N/1010 E
Riktning :N
Lutning :85°
Borrhålslängd :674.03 m

Syfte: undersöka bergmassans egenskaper på stort djup

8.3.1 Berggrundsgeologi

Bergart	Total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	0		
Granit	237.65	35.26	46.05
Granodiorit	8.90	1.32	4.35
Amfibolit	4.15	0.61	1.75
Biotitgnejs	181.78	26.97	16.40
Kvartsitisk gnejs	241.55	35.84	35.35
Total längd	674.03		

Tabell 12. Bergarternas fördelning i Km 1.

Borrhålets övre del domineras av kvartsitisk gnejs, medan den undre delen domineras av granit och pegmatit.
Mellan 93-139 m finns granit och pegmatit, vilken troligen är en fortsättning mot djupet av det granitiska parti, som ligger strax norr om borrplatsen, se figur 5 och figur 37.
Fram till 330 m finns huvudsakligen kvartsitisk gnejs i vilken smalare partier med biotitgnejs och pegmatit finns inblandade.
Mellan 330-360 finns en bred pegmatit som innehåller talrika inneslutningar av kvartsitisk gnejs.

Vid 432 m avslutas ett sammanhängande kvartsitisk gnejsparti, som övergår i biotitgnejs. Biotitgnejsen innehåller partier av grön tremolit-diopsidskarn.
Från 495-585 m fortsätter det granitiska partiet. Detta kan vara en utlöpare till det större massivet som finns väster om Km 1, se figur 5 och figur 37. Graniten avbryts av den skarniga biotitgnejsen, mellan 585-602 m, varefter graniten och pegmatiten fortsätter till ca 642 m. Mot djupet dominerar den skarniga biotitgnejsen och borrhålet avslutas vid 674 m.

8.3.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)
Granit	747	3.14
Granodiorit	6	(0.67)
Amfibolit	14	3.37
Biotitgnejs	361	1.98
Kvartsitisk gnejs	804	3.32
Total sprickor	1932	2.86

Tabell 13. Bergarternas sprickfrekvens i Km 1.

Borrhålet uppvisar en medelsprickighet av 2.86 sprickor/m. Biotitgnejsen uppvisar en låg sprickfrekvens. Kärnborrhål Km 1 är karterad enligt det gamla manuella systemet, medan resterande borrhål har karterats med ett nyutvecklat datoriserat kärnkarteringssystem. Det innebär att de senare borrhålen kan uppvisa en något förhöjd sprickfrekvens. I de sprickzoner, som innehåller både friska och belagda sprickor räknas alltid det total antalet sprickor, när datorn utför beräkningen.
Variationen för sprickfrekvensen utmed borrkärnan framgår i figur 36. En förhöjning kan noteras mellan 500-560 m.

8.3.3 Borrhålsbeskrivning

I figur 37, framgår att en sprickfrekvensförhöjning noteras i det granitiska partiet mellan 490-560 m. Detta kan förklaras med att granitintrusivet kan vara mindre kompetent gentemot de övriga bergarterna. Graniten har intruderat in i den biotitgnejs, som redan har konstaterats ha låg sprickfrekvens,tabell 13, vilket stärker tolkningen om att kompetensskillnader föreligger.
I borrhålet har även en förhöjd kloridjonhalt i borrhålsvattnet noterats vid 590 m borrdjup. Förhöjd salthalt har även konstaterats i Km 13.

Km 1 skär en horisontell svaghetszon (H 1) på 544 till 560 meters djup. Bergarten är granit , som uppvisar förhöjd sprickfrekvens. Inga krosszoner, skjuvindikationer eller någon vittring har iakttagits. Klorit och järnoxider förekommer, som sprickmineral.

KAMLUNGE Km 1
Kumulativt sprickfrekvensdiagram

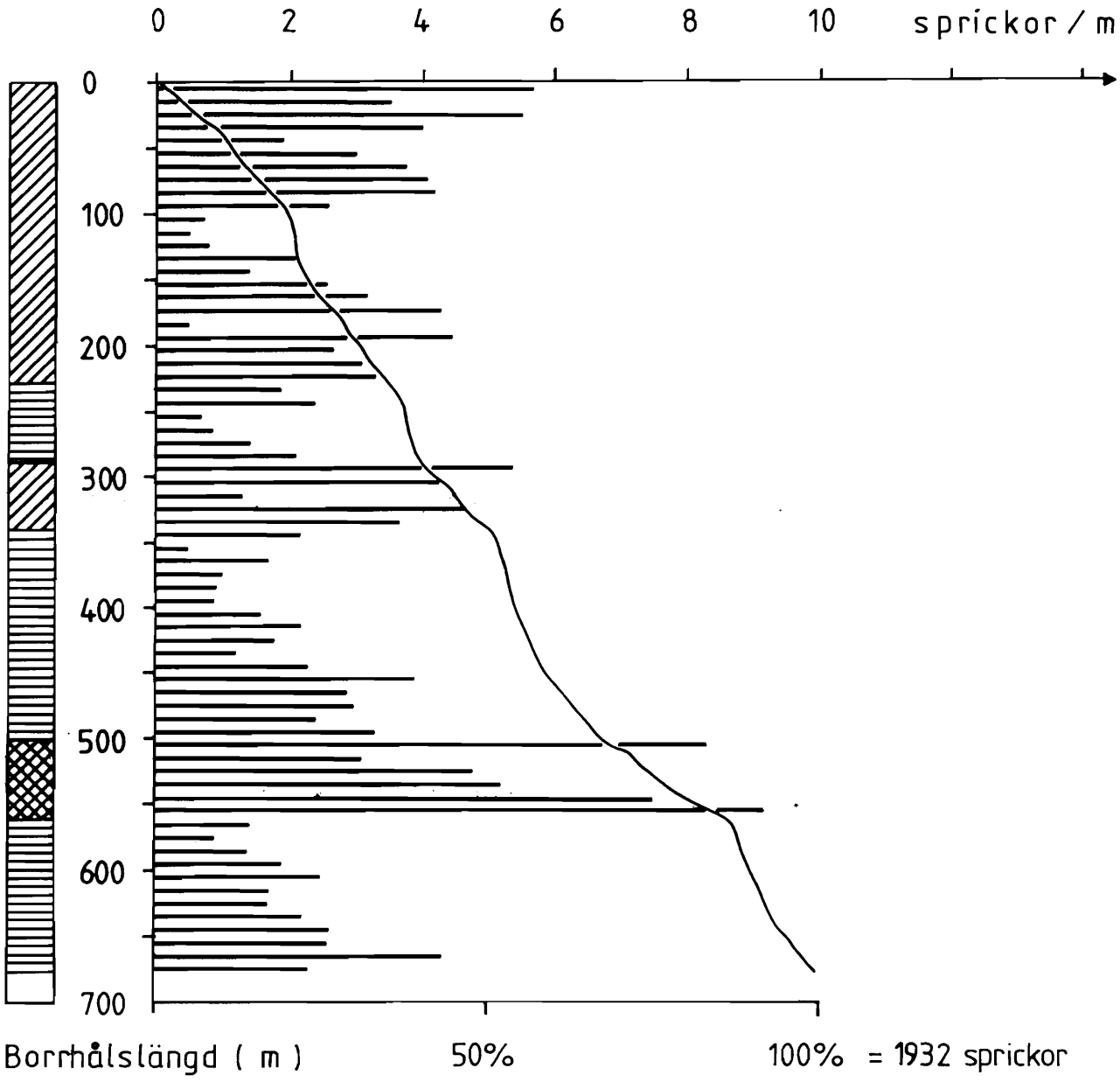


Fig. 36 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 1

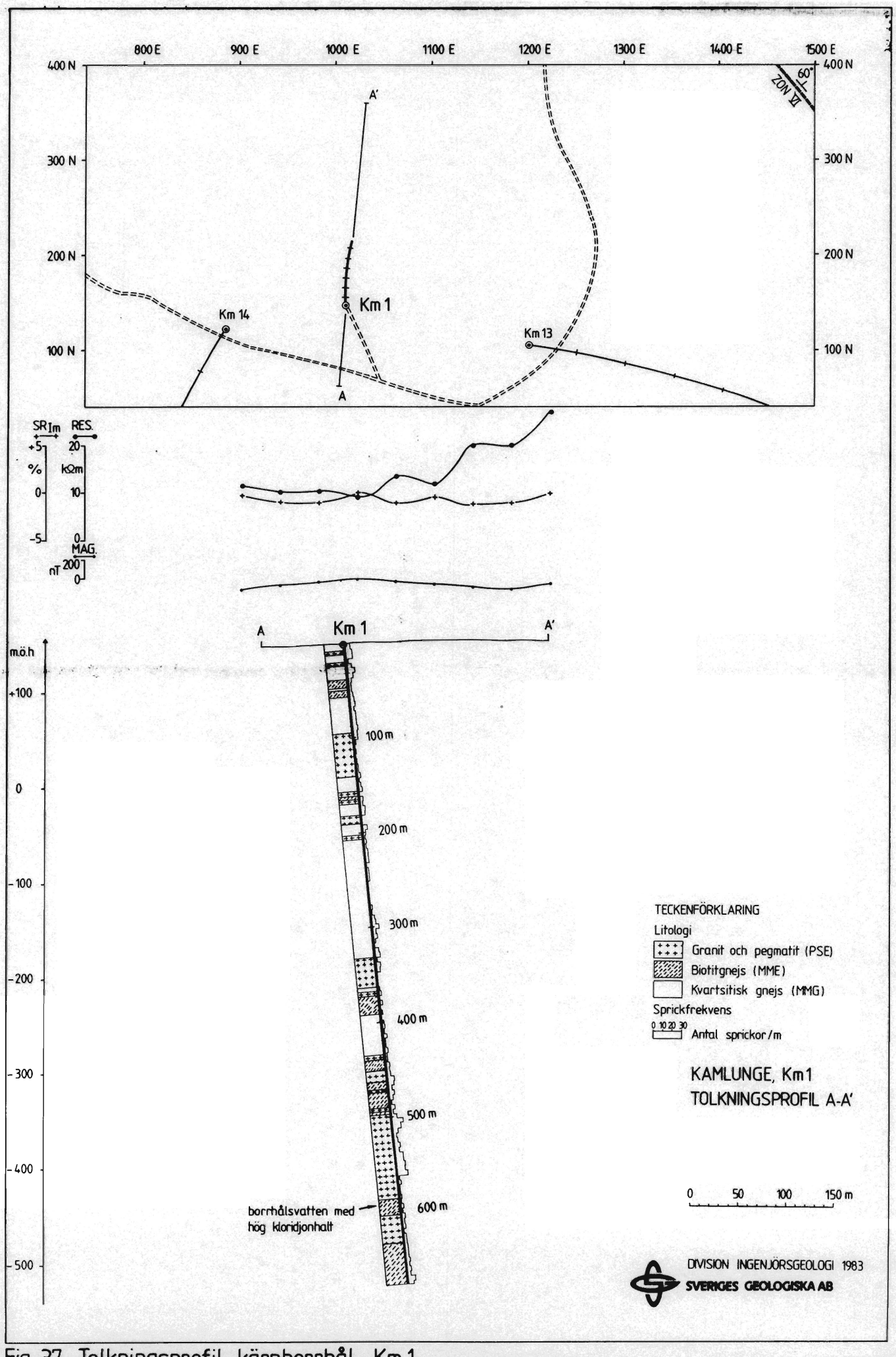


Fig. 37 Tolkningsprofil kärnborrhål Km 1

8.4 Kärnborrhål Km 2

Koordinater :252 N/358 E
Riktning :S 65° E
Lutning :60°
Borrhålslängd :701.30 m

Syfte: Penetrera geofysiskt indikerat lineament

8.4.1 Bergrundsgeologi

Bergart	Tot längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	0.50		
Granit	281.85	40.2	27.50
Granodiorit	42.55	6.1	10.30
Amfibolit	15.00	2.2	6.40
Biotitgnejs	228.75	32.6	28.50
Kvartsitisk gnejs	132.65	18.9	18.20
Total längd	701.30		

Tabell 14. Bergarternas fördelning i kärnborrhål Km 2.

Borrhålet passerar i sin övre del övervägande den röda, mikroklinrika och massformiga graniten, som innesluter mindre partier av grå , folierad granodiorit och biotitgnejs. Granodioriten, representeras av en större kropp, som avgränsar den röda graniten ca 200 m mot väst.

Från 260 m domineras berggrunden av kvartsitiska gnejser (350-500 m) och biotitrika gnejser (500-700 m). Gnejserna är

rikligt intruderade av röda massformiga graniter och pegmatiter. Dessa uppträder i både i smala ådror och gångar eller i bredare partier upp till 25 m. Ljusröda pegmatiter dominerar i de granitiska intrusiven.

8.4.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	757	2.69	
Granodiorit	74	1.74	
Amfibolit	40	2.66	
Biotitgnejs	727	3.18	30.0
Kvartsitisk gnejs	557	4.35	12.5
Total sprickor	2175	3.10	

Tabell 15. Sprickfördelningen i Km 2.

Borrhålet uppvisar en sprickfördelning av 3.10 sprickor/m. De olika bergartstypernas sprickfrekvens framgår av tabell 15.

Variationen hos sprickfrekvensen utmed borrkärnan framgår i figur 38. Den markant förhöjda sprickfrekvensen i borrhålets övre del kan förklaras med bankning i den massformiga graniten.

9.4.3 Borrhålsbeskrivning

Kärnborrhål Km 2 bedöms inte ha passerat något från markytan identifierat lineament. Däremot skär borrhålet den horisontella zonen H 1, mellan 676-684 m, se figur 39. Zonen uppvisar förhöjd sprickfrekvens och vanligaste sprickmineral är biotit.

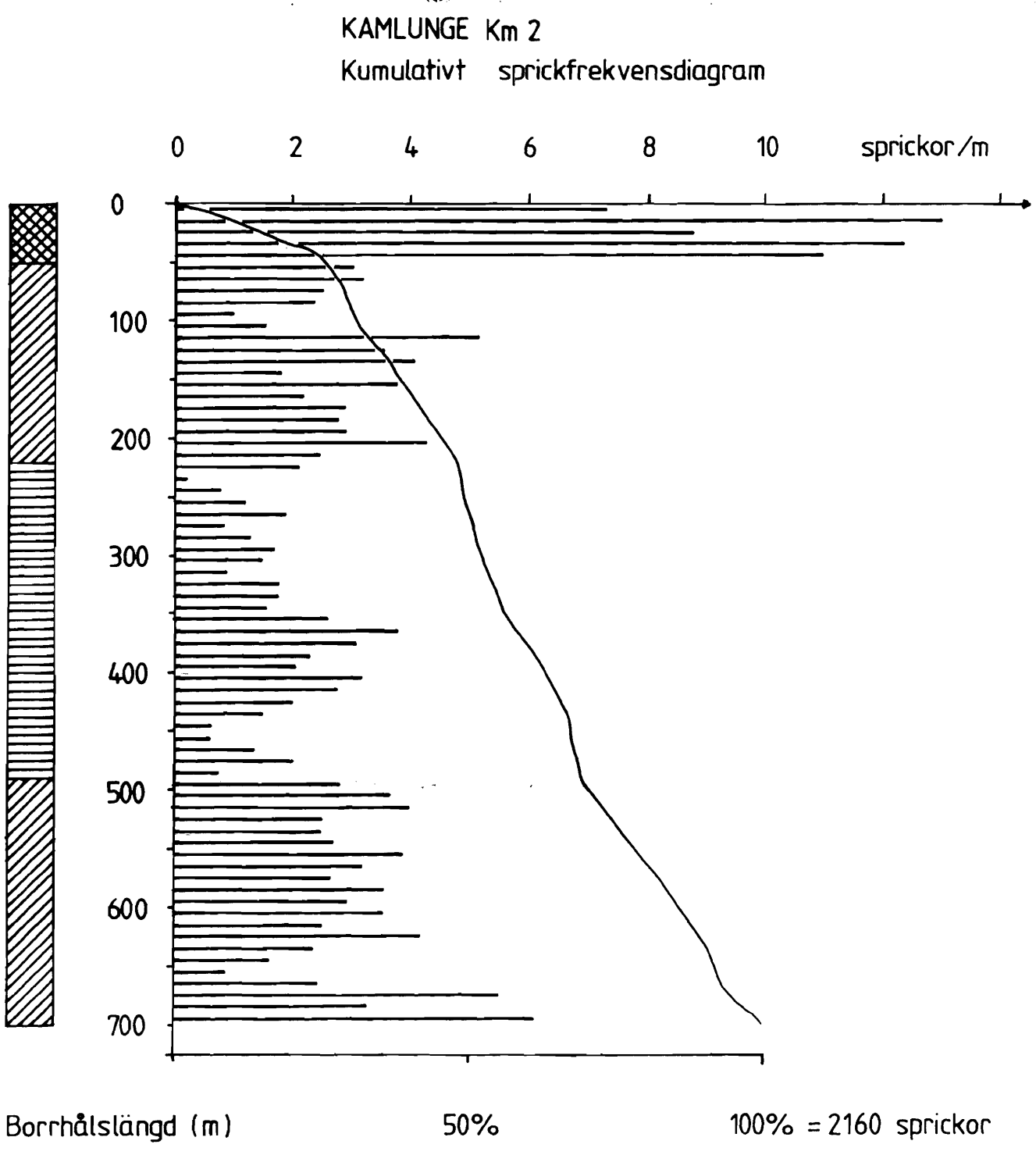


Fig. 38 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 2

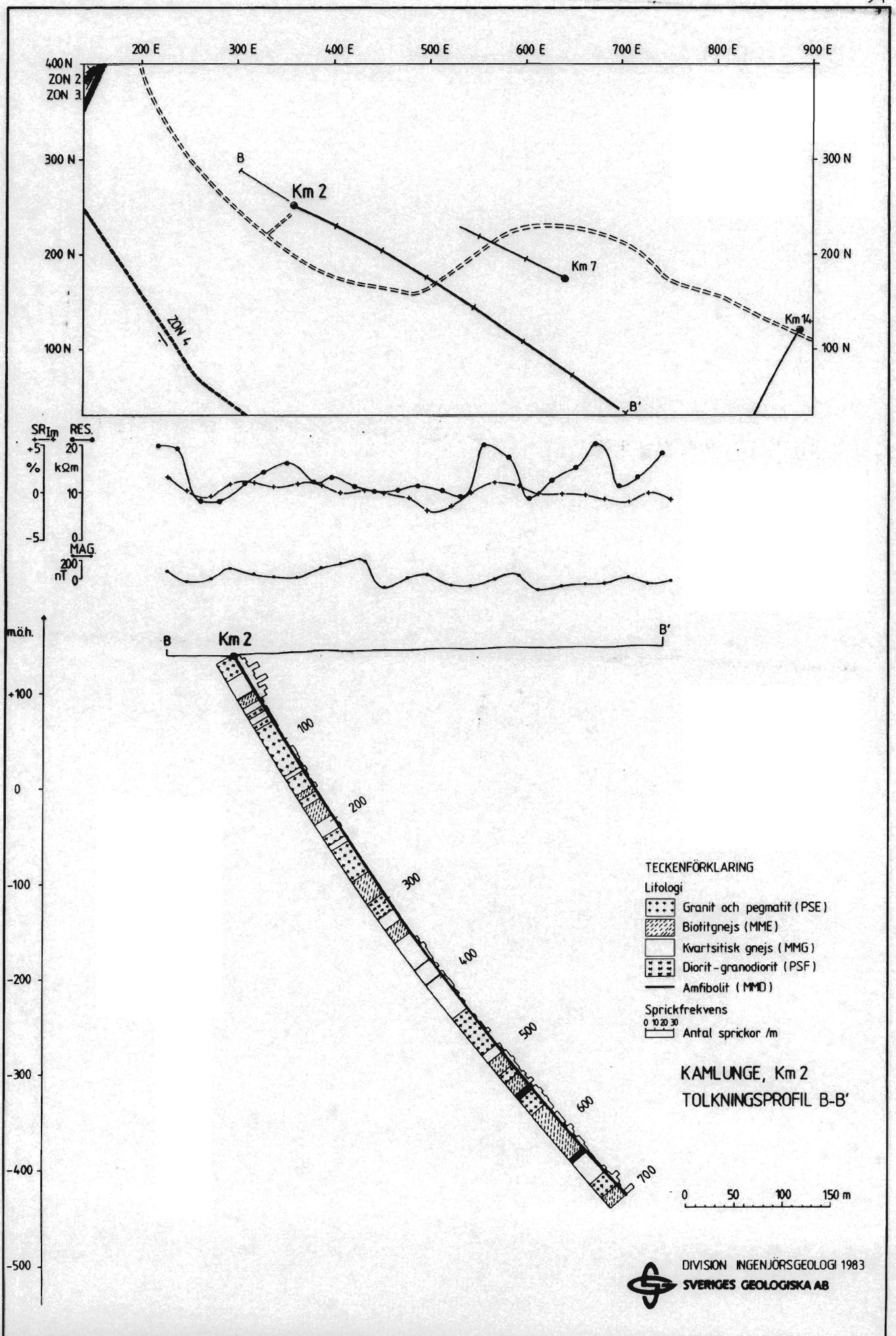


Fig. 39 Tolkningsprofil kärnborrhål Km 2

8.5 Kärnborrhål Km 3.

Koordinater :518 N/95 E
Riktning :S 28° W
Lutning :60°
Borrhålslängd :700.15 m

Syfte: penetrera bergmassan nära västra branten samt genomkorsa zon 4

8.5.1 Berggrundsgeologi

Bergart	Tot längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	0		
Granit	177.25	25.3	21.40
Granodiorit	300.00	42.9	48.90
Amfibolit	155.90	22.2	29.25
Biotitgnejs	67.00	9.6	38.10
Total längd	700.15		

Tabell 16. Bergarternas fördelning i kärnborrhål Km 3.

Borrhålet passerar i sin övre del, huvudsakligen den grå, medelkorniga granodiorten, som tillhör Haparandaserien. Bergarten representeras av det massiv, som återfinns i sydväst på berggrundskartan, fig 5. I det granodioritiska partiet finns vid 185-200 m en mer basisk bergart, diorit, som också är sulfidförande. Mindre ådror och band av granit och pegmatit genomsätter granodioriten.

Från 400 m och nedåt dominerar biotitgnejs och biotitförande amfibolit. Även dessa genomsätts av granit och pegmatit av varierande bredd.

8.5.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	843	4.76	
Granodiorit	1483	4.94	4.2
Amfibolit	674	4.32	29.3
Biotitgnejs	246	3.52	52.4
Total sprickor	3236	4.62	

Tabell 17. Sprickfördelningen i Km 3.

Borrhålet uppvisar en sprickfrekvens av 4.62 sprickor/m, och har därmed den högsta sprickfrekvensen av alla långa borrhål. De olika bergarternas sprickfrekvens framgår i tabell 17. Vi ser att andelen sprickor som är parallella med foliationen är ända upp till 52 % för biotitgnejsen, som även uppvisar den lägsta sprickfrekvensen i Km 3.

Variationen hos sprickfrekvensen utmed borrhålet framgår av figur 40. Vi ser att mot djupet avtar sprickfrekvensen.

9.5.3 Borrhålsbeskrivning

Kärnborrhål Km 3 bedöms passera tre från markytan identifierade svaghetszoner, se figur 41.
Mellan 313-337 m passeras svaghetszon 2. Bergarten är granodiorit, som är rödfärgad och intensivt förskiffrad. Sprick- och krosszoner förekommer samt även kärnförlust är noterad.

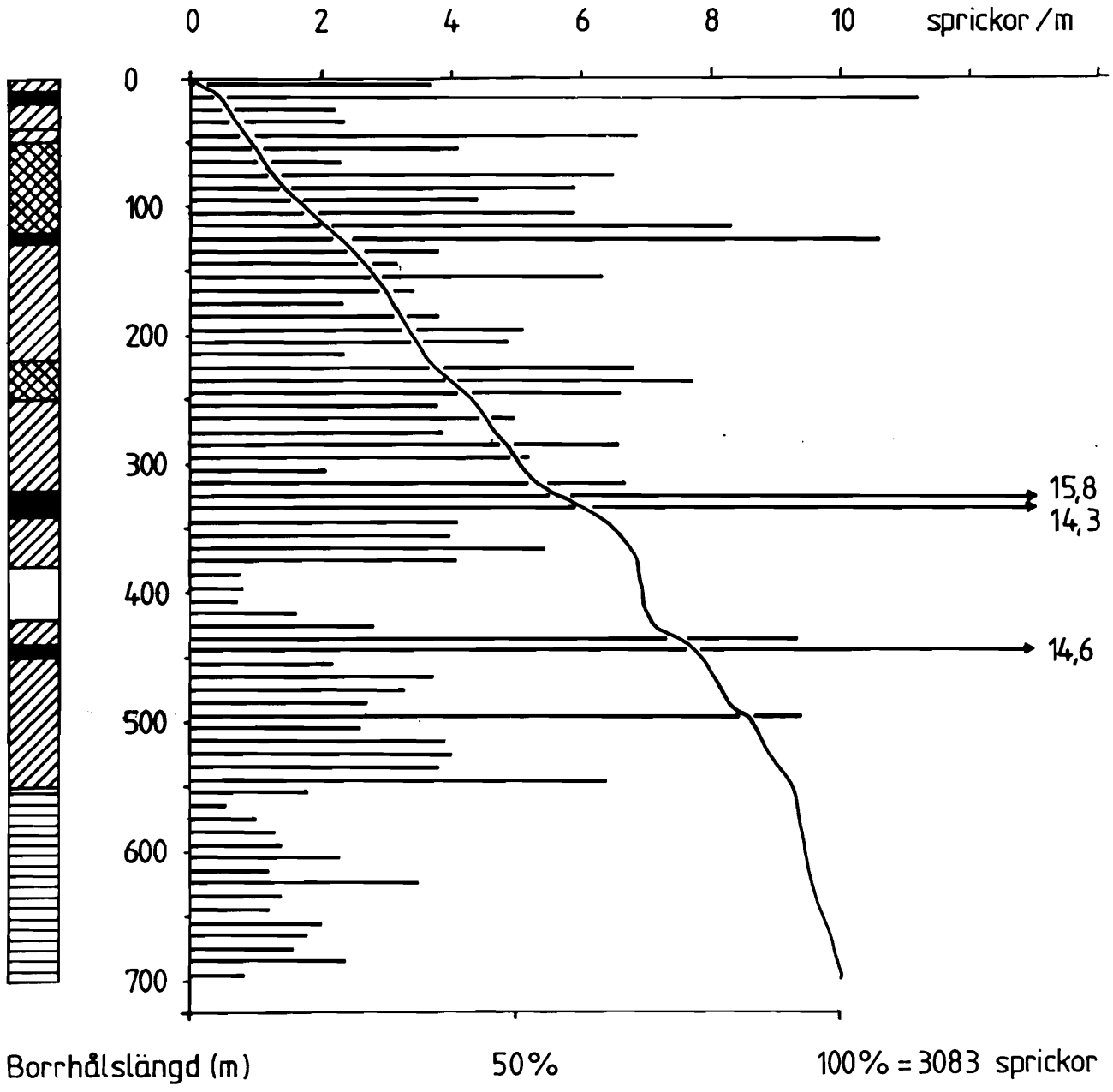
Sprickbeläggningen domineras av klorit och kalcit. Rödfärgningen av kärnan beror troligen på hämatit. Även zeolitmineral och sulfider förekommer.

Mellan 441-450 m passeras svaghetszon 3. Bergarten är biotitrik amfibolit, som är genomsatt av sliror med granodiorit. Zonen består av flera sprick- och krosszoner samt kärnförluster. Även vittring förekommer. Sprickmineral domineras av biotit och klorit, men även zeoliter och pyrit finns.

Mellan 504-517 m passeras svaghetszon 4. Bergarten är biotitgnejs och zonen omfattar en förhöjd sprickfrekvens. Sprickmineralen domineras av klorit och kalcit.

KAMLUNGE, Km 3

Kumulativt sprickfrekvensdiagram



Antal sprickor / m

- 0–0,9
- 1,0–1,9
- 2,0–4,9
- 5,0–9,9
- ≥10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 3
SGAB 1983

Fig. 40 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 3

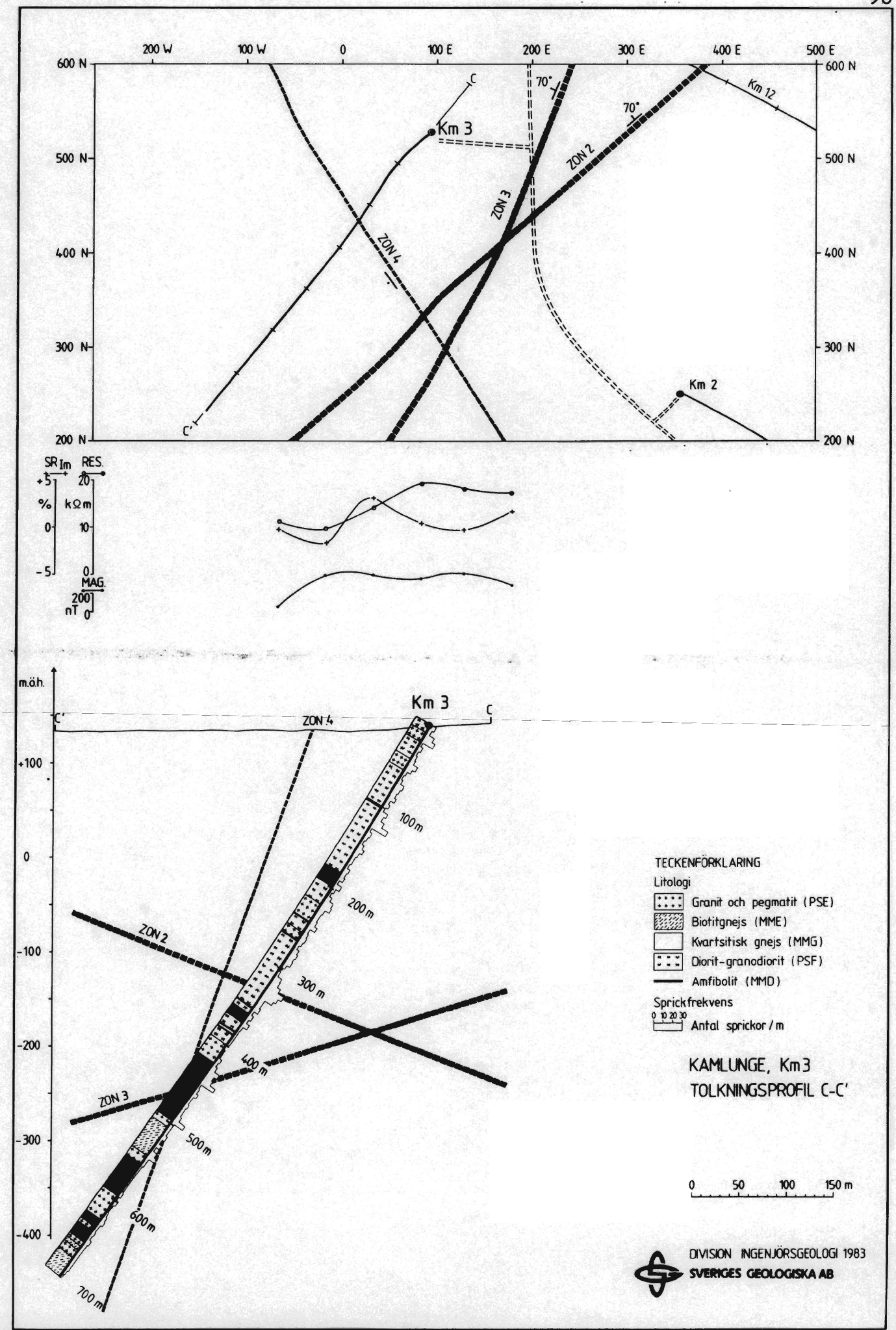


Fig. 41 Tolkningsprofil kärnborrhål Km 3

8.6 Kärnborrhål Km 4.

Koordinater : 687 N/971 E
Riktning : N 70°E
Lutning : 60°
Borrhålslängd : 700.05 m

Syfte: - genomkorsa zon 5
- undersöka bergmassan under myrområdet i nordost

8.6.1 Berggrundsgeologi

Bergart	Tot längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	0		
Granit	281.10	40.2	31.65
Granodiorit	6.45	0.9	4.85
Amfibolit	10.40	1.5	4.50
Biotitgnejs	261.85	37.4	41.20
Kvartsitisk gnejs	140.25	20.0	41.20
Total längd	700.05		

Tabell 18. Bergarternas fördelning i kärnborrhål Km 4.

Borrhålet passerar i sin övre del den kvartsitiska gnejsen med rikliga kvarts-fältspatband och ådror av pegmatit. Biotitgnejsen kännetecknas av ådrighet och slirighet. Intrusiva kroppar har jämn spridning utmed borrhålet och det finns rikligt med gnejsinneslutningar.
Den undre halvan av borrhålet uppvisar biotitgnejs i större sammanhängande partier.

8.6.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	621	2.20	
Granodiorit	25	3.87	
Amfibolit	28	2.69	
Biotitgnejs	603	2.30	40.0
Kvartsitisk gnejs	473	3.37	
Total sprickor	1750	2.50	

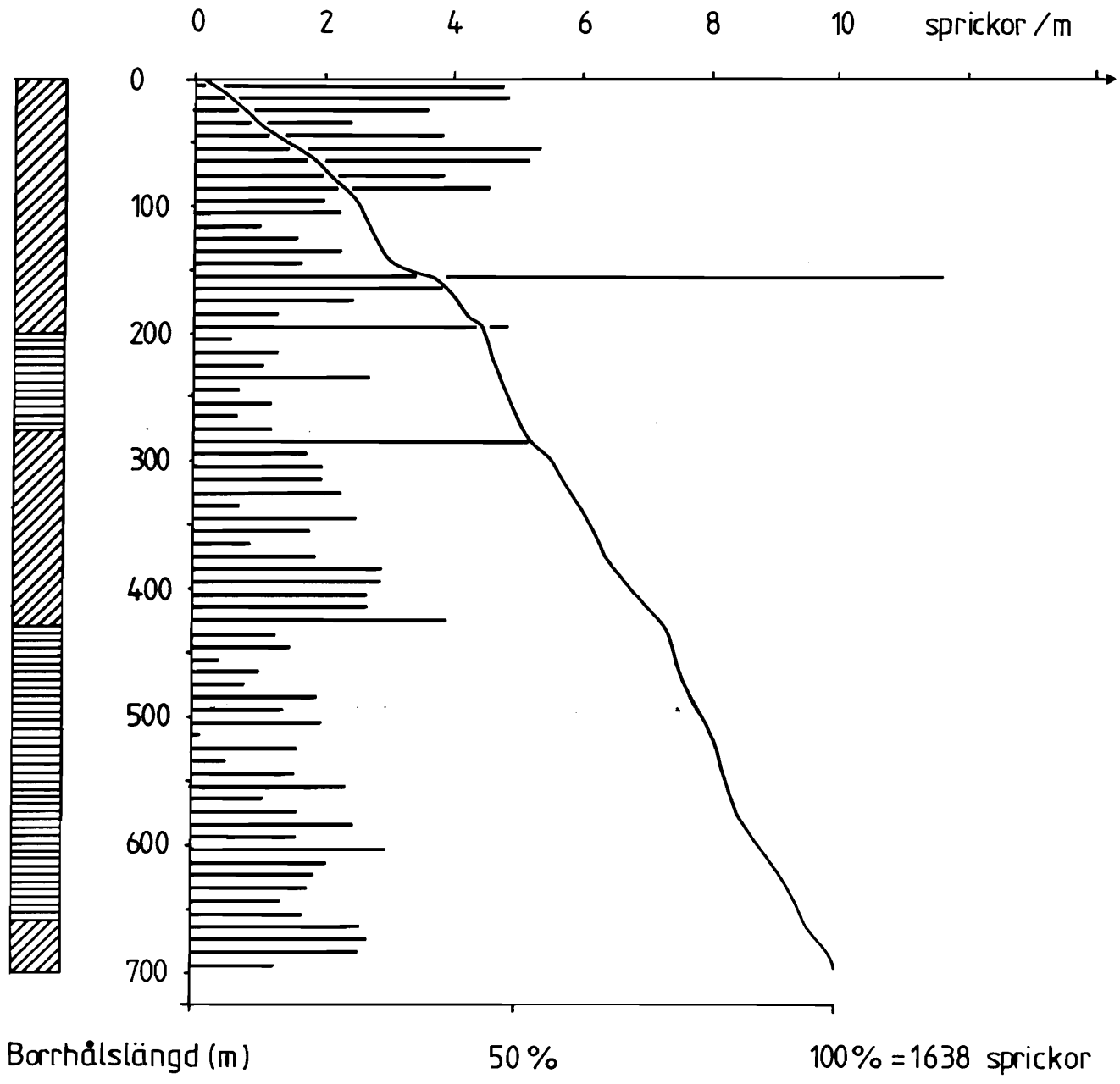
Tabell 19. Bergarternas sprickfrekvens i kärnborrhål Km 4.

Borrhålet uppvisar en medelsprickighet av 2.50 sprickor/m. De olka bergartstypernas sprickfrekvens framgår av tabell 19. Det kan noteras att för biotitgnejsen är 40 % av sprickorna parallella med foliationen. Det är rimligt att tro att dessa sprickor i många fall uppstår vid borrningen. Det betyder att biotitgnejsen "in situ" har en låg sprickfrekvens.

Variationen hos sprickfrekvensen utmed borrkärnan framgår i figur 42. Sprickförhöjningen vid 155-160 m beror på en pegmatit, som är delvis uppkrossad. I övrigt uppvisar borrhålet en jämn och låg sprickfrekvens.

8.6.3 Borrhålsbeskrivning

Kärnborrhål Km 4 passerar inte några från markytan kända svaghetszoner, se figur 43.



Antal sprickor / m

- 0–0,9
- 1,0–1,9
- 2,0–4,9
- 5,0–9,9
- ≥10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 4
SGAB 1983

Fig. 42 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 4

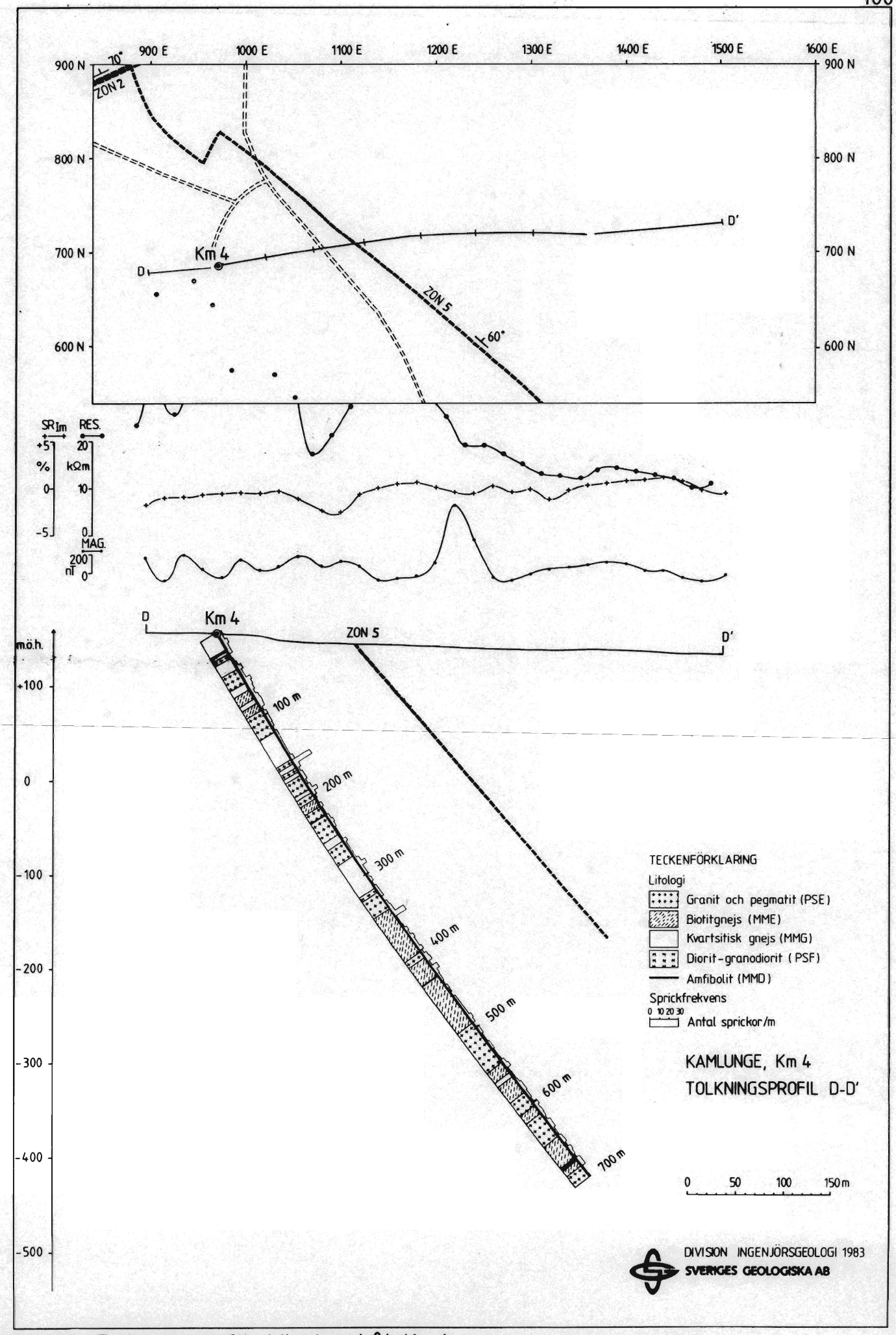


Fig. 43 Tolkningsprofil kärnborrhål Km 4

8.7 Kärnborrhål Km 5 och Km 6.

Kärnborrhål Km 5.	Koordinater	: 885 N/740 E
	Riktning	: S 40° E
	Lutning	: 60°
	Borrhålslängd	: 251.35 m
Kärnborrhål Km 6.	Koordinater	: 910 N/730 E
	Riktning	: S 40° E
	Lutning	: 60°
	Borrhålslängd	: 104.50 m

Syfte: - penetrera zon 2

8.7.1 Berggrundsgeologi

Bergart	total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	4.80	1.6	
Granit	107.15	42.6	42.70
Amfibolit	17.75	7.1	4.00
Biotitgnejs	91.70	36.5	52.60
Kvartsitisk gnejs	29.95	11.9	9.10
Total längd	251.35		

Tabell 20. Bergarternas fördelning i Km 5.

Mellan 0-100 m domineras borrhålet av biotitgnejs, som är ådrig med epidot- och amfibolsliror. Biotitgnejsen klipps i huvudsak av pegmatit i band med varierande bredder.
Mellan 105-147 m finns den bredaste pegmatiten och mellan 150

och 200 m finns flera mindre amfiboliter som alternerar med pegmatitbanden. Från 200-250 m finns kvartsitisk gnejs med pegmatit och epidotsliror.

Bergart	Total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	4.45	4.3	
Granit	30.55	29.2	14.30
Granodiorit	0.85	0.8	0.85
Amfibolit	7.30	7.0	3.65
Biotitgnejs	61.35	58.7	17.05
Total längd	104.50		

Tabell 21. Bergarternas fördelning i Km 6.

Borrhålet domineras, liksom Km 5 av biotitgnejs. Denna klipps av pegmatiter, varav den bredaste är 14.3 m. Även mindre amfiboliter finns. Biotitgnejsen har slirig struktur, ofta med amfibolit- och epidotsliror. Överenstämmelsen med Km 5 är god, och borrhålen ligger ca 25 m från varandra.

8.7.2 Sprickfördelning.

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	658	6.15	
Amfibolit	152	8.56	8.5
Biotitgnejs	689	7.51	13.2
Kvartsitisk gnejs	148	4.94	17.6
Total sprickor	1647	6.55	

Tabell 22. Berarternas sprickfrekvens i Km 5.

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	578	18.92	
Granodiorit	2	2.35	
Amfibolit	65	8.90	
Biotitgnejs	411	6.86	10
Kvartsitisk gnejs			
Total sprickor	1066	10.65	

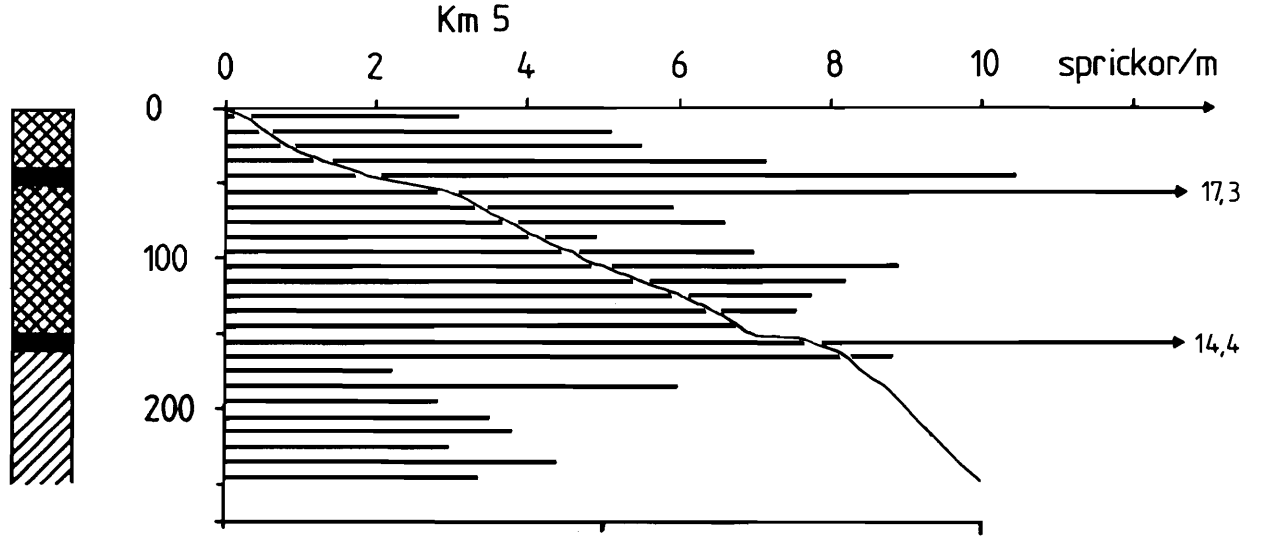
Tabell 23. Bergarternas sprickfrekvens i Km 6.

Både Km 5 och Km 6 uppvisar höga genomsnittliga sprickfrekvenser, tabell 22-23, jämfört med övriga borrhål. Det beror dels på att borrhålen är korta, varför den generellt höga sprickfrekvensen nära ytan, påverkar hela borrhålets sprickfrekvens, dels på att borrhålen passerar svaghetszon 2. Variationen hos sprickfrekvensen utmed borrhålet framgår i figur 44.

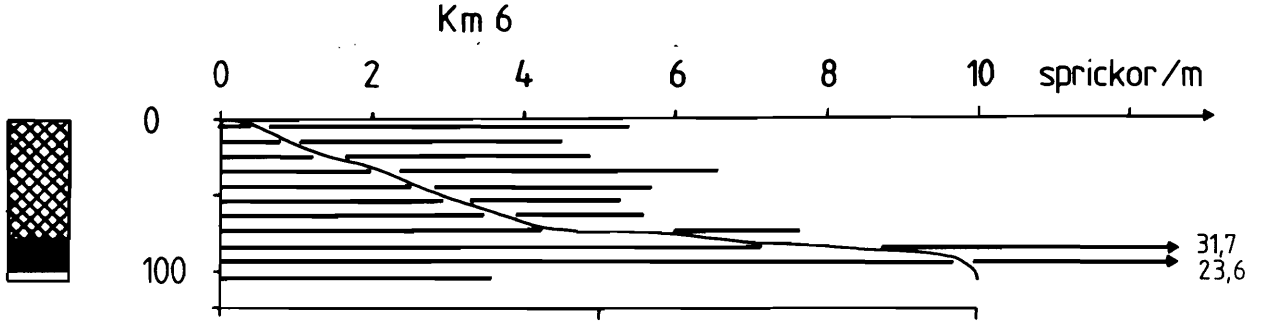
8.7.3 Borrhålsbeskrivning

Borrhålen passerar svaghetszon 2, se figur 45, mellan 47-53 m i Km 5 och mellan 86-94 m i Km 6. Svaghetszonen är uppbyggd av flera sprick- och krosszoner, vilket orsakar kärnförluster. Borrkärnan är vittrad och breccierad. Rödfärgning av kärnan beror troligen på hematit. Sprickbeläggningen utgörs av klorit, kalcit och järnoxid.

KAMLUNGE Km5 och Km 6
Kumulativa sprickfrekvensdiagram



Borrhålslängd (m) 50 % 100 % = 1647 sprickor



Borrhålslängd (m) 50 % 100 % = 1027 sprickor

Antal sprickor/m

- 0-0,9
- 1,0-1,9
- 2,0-4,9
- 5,0-9,9
- ≥10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 5 och Km6
SGAB 1983

Fig. 44 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km5 och Km6

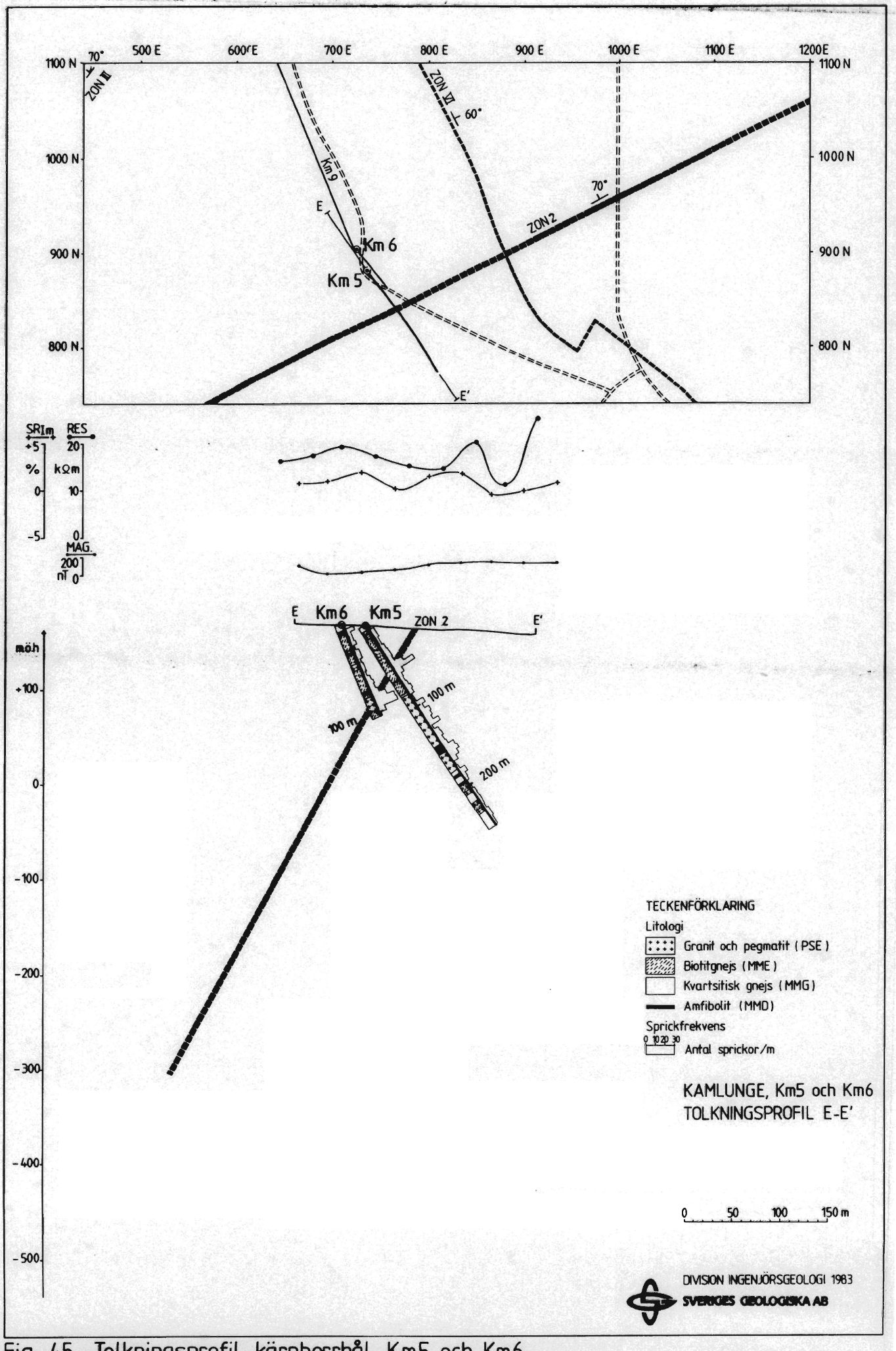


Fig. 45 Tolkningsprofil kärnborrhål Km5 och Km6

8.8 Kärnborrhål Km 7.

Koordinater : 175 N/641 E
Riktning : N 65° W
Lutning : 60°
Borrhålslängd : 249.00 m

Syfte: undersöka om ett geofysiskt lineament stupar mot sydost.

8.8.1 Berggrundsgeologi

Bergart	total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	0		
Granit	91.60	36.8	15.90
Granodiorit	2.50	1.0	2.50
Amfibolit	0.80	0.3	0.80
Biotitgnejs	154.10	61.9	30.15
Total längd	249.00		

Tabell 24. Bergarternas fördelning i Km 7.

Borrhålet består huvudsakligen av biotitgnejs, granit och pegmatit. Biotitgnejsen har ofta ådror och band av kvarts. Epidotförande sliror ger ofta en ljusgrön färg av gnejsen. Granit och pegmatit innehåller ofta rester av biotitgnejsen. En meter-bred amfibolit-metabasit finns vid 91 m, liksom ca två meter granodiorit vid 162 m.

8.8.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	373	4.07	
Granodiorit	1	(0.4)	
Amfibolit	2	(2.5)	
Biotitgnejs	361	2.34	38
Total sprickor	737	2.95	

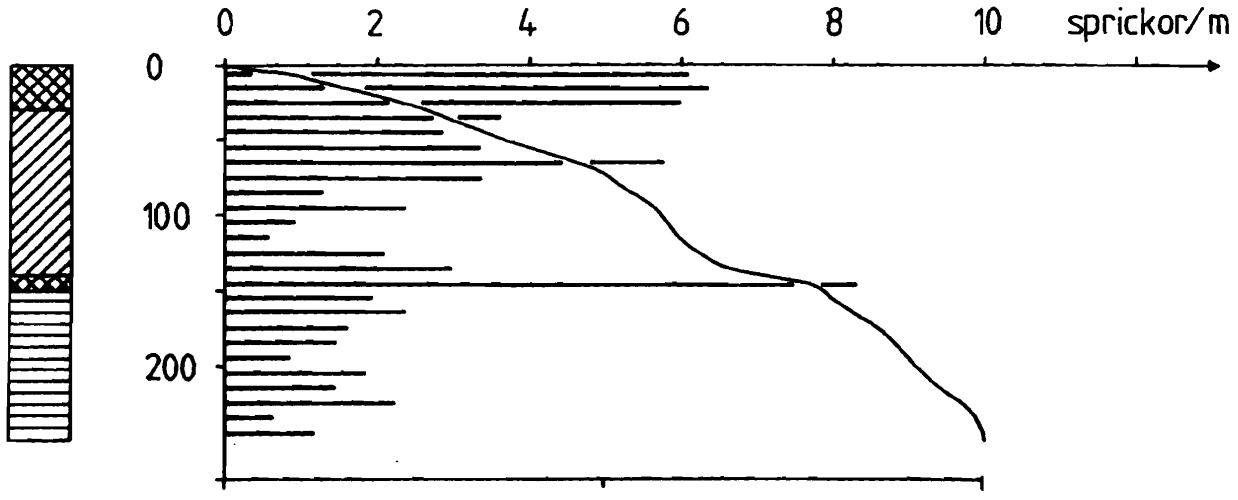
Tabell 25. Bergarternas sprickfrekvens i Km 7.

Borrhålet uppvisar en låg sprickfrekvens trots att borrhålet endast är 250 m, se tabell 25. Biotitgnejsen har den lägsta sprickfrekvensen med 2.34 sprickor/m, varav 38 % är parallella med foliationen. Variationen för sprickfrekvensen utmed borrhålet framgår av figur 46. En mindre förhöjning kan konstateras vid 145 m.

8.8.3 Borrhålsbeskrivning

Borrhålet bedöms inte pasera någon känd svaghetszon, se fig 47. En ökad sprickighet finns mellan 146-149 m, men i övrigt ger borrkärnan ett homogent intryck.

KAMLUNGE Km7
Kumulativt sprickfrekvensdiagram



Borrhålslängd (m) 50% 100% =724 sprickor

Antal sprickor/m

- 0-0,9
- 1,0-1,9
- 2,0-4,9
- 5,0-9,9
- ≥ 10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 7
SGAB 1983

Fig. 46 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 7

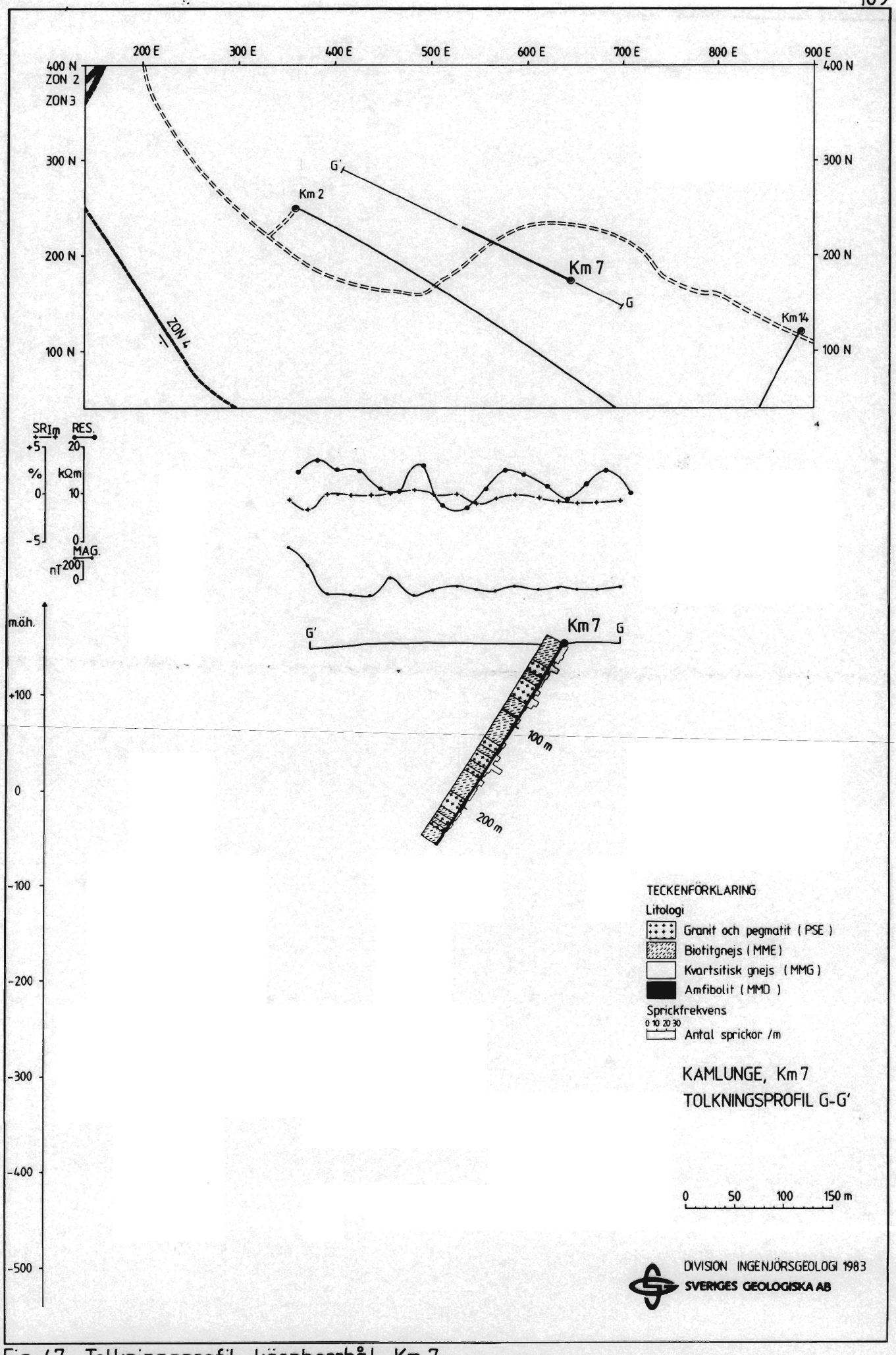


Fig. 47 Tolkningsprofil kärnborrhål Km 7

8.9 Kärnborrhål Km 8

Koordinater : 938 N/307 E
Riktning : N 90° E
Lutning : 60°
Borrhålslängd : 251.25 m

Syfte: penetrera svaghetszon 3.

8.9.1 Berggrundsgeologi

Bergart	total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	0		
Granit	67.40	26.8	11.60
Granodiorit	101.85	40.5	28.65
Amfibolit	8.65	3.4	5.60
Biotitgnejs	73.35	29.2	13.95
Total längd	251.25		

Tabell 26. Bergarternas fördelning i Km 8.

Borrhålets övre del domineras av slirig och kraftigt förskiffrad biotitgnejs, som ofta innehåller skarnband. Gnejsen är genomsatt av pegmatit- och kvartsådror. Ett bredare parti pegmatit finns mellan 35-45 m. Denna är kraftigt tektoniskt påverkad, breccierad och rödfärgad. Mot djupet dominerar granodiorit, som är en utlöpare från massivet i sydväst. Från 236 m till borrhålets slut, finns biotitgnejs.

8.9.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	sprickor inom svaghetszoner
Granit	693	10.28	169
Granodiorit	376	3.69	39
Amfibolit	68	7.86	
Biotitgnejs	698	9.52	135
Total sprickor	1835	7.30	

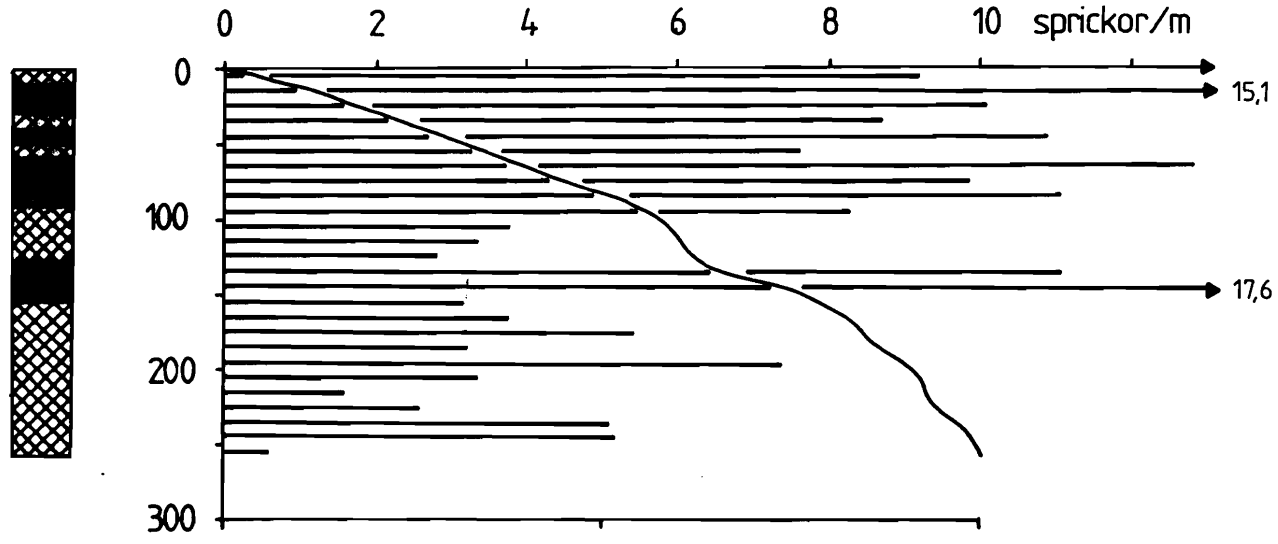
Tabell 27. Bergarternas sprickfrekvens i Km 8.

Borrhålet uppvisar en medelsprickighet av 7.30 sprickor/m. Det höga värdet beror, dels på att det är ett kort borrhål, dels på att det passerar svaghetszon 3. Granodioriten uppvisar en klart lägre sprickfrekvens än de övriga bergarterna. Variationen av sprickfrekvensen utmed borrkärnan framgår av figur 48.

8.9.3 Borrhålsbeskrivning

Borrhålet passerar svaghetszon 3, se figur 49. Generellt visar borrkärnan tektonisk påverkan, som t ex rödfärgning, gropvittring och brecciering. Zonen är uppbyggd av flera sprick- och krosszoner, som är breccierade och vittrade. Även kärnförlust finns. Sprickmineral är hämatit, klorit och kalcit.

KAMLUNGE Km 8
Kumulativt sprickfrekvensdiagram



Borrhålslängd (m) 50% 100% = 1835 sprickor

Antal sprickor/m

- 0-0,9
- 1,0-1,9
- 2,0-4,9
- 5,0-9,9
- ≥10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 8
SGAB 1983

Fig. 48 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 8

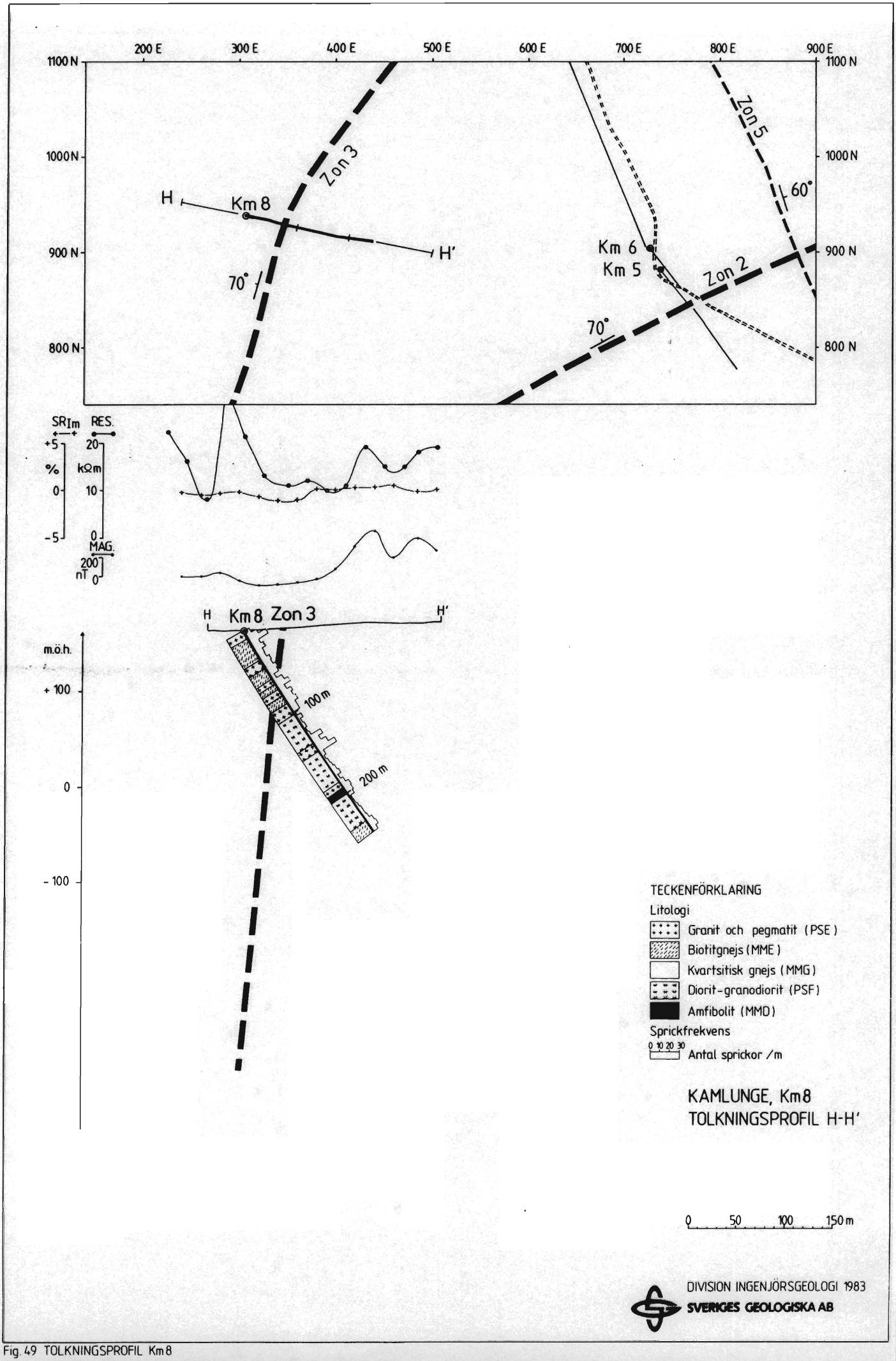


Fig. 49 TOLKNINGSPROFIL Km 8

8.10 Kärnborrhål Km 9

Koordinater : 1130 N/625 E
Riktning : S 30°E
Lutning : 60°E
Borrhålslängd : 449.25 m

Syfte: penetrera zon 2 på stort djup.

8.10.1 Berggrundsgeologi

Bergart	total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	1.65	0.4	
Granit	183.30	40.8	24.00
Granodiorit	2.20	0.5	1.35
Amfibolit	1.90	0.4	1.90
Biotitgnejs	196.45	43.7	29.90
Kvartsitisk gnejs	9.65	2.2	5.35
Hornbländit	54.10	12.0	22.05
Total längd	449.25		

Tabell 28. Bergarternas fördelning i Km 9.

Borrhålet passerar större sammanhängande partier av biotitgnejs, som ofta innehåller gröna skarnband. Granit och pegmatit uppträder som talrika sliror och gångar. Bredare granitiska partier är relativt underordnade. Ultrabasiska bergarter påträffas mellan 350-430 m. Dessa är intruderade av granit och vid kontakten delvis starkt biotitomvandlade.

8.10.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	920	5.02	
Granodiorit	6	2.73	
Amfibolit	19	10.0	
Biotitgnejs	678	3.45	28.6
Kvartsitisk gnejs	38	3.94	31.6
Hornbländepyroxenit	625	11.55	
Total sprickor	2286	5.07	

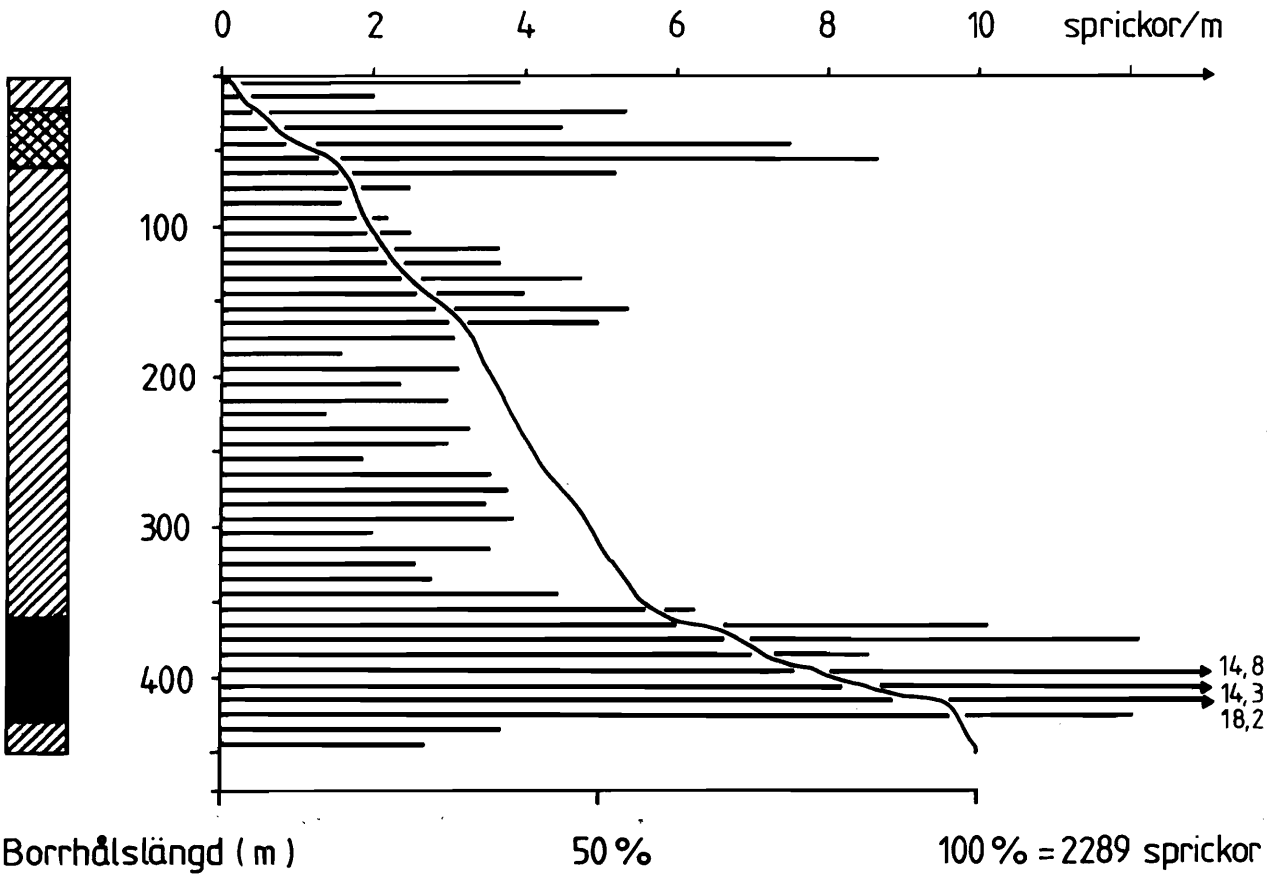
Tabell 29. Bergarternas sprickfördelning i Km 9.

Den högsta sprickfrekvensen har hornbländepyroxeniten med 11.55 sprickor/m, se tabell 29.
Variationen hos sprickfrekvensen utmed borrkärnan framgår av figur 50. Förhöjningen mot djupet beror på passerandet av svaghetszon 2.

8.10.3 Borrhålsbeskrivning

Borrhålet paserar svaghetszon 2 mellan 414-419 m, se fig 51. Zonen består av sprick- och krosszoner, som ofta är kraftigt vittrade. Sprickmineral utgörs av klorit, järnoxid och kalcit.

KAMLUNGE 9
Kumulativt sprickfrekvensdiagram



Antal sprickor/m

- 0–0,9
- 1,0–1,9
- 2,0–4,9
- 5,0–9,9
- ≥10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 9
SGAB 1983

Fig. 50 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 9

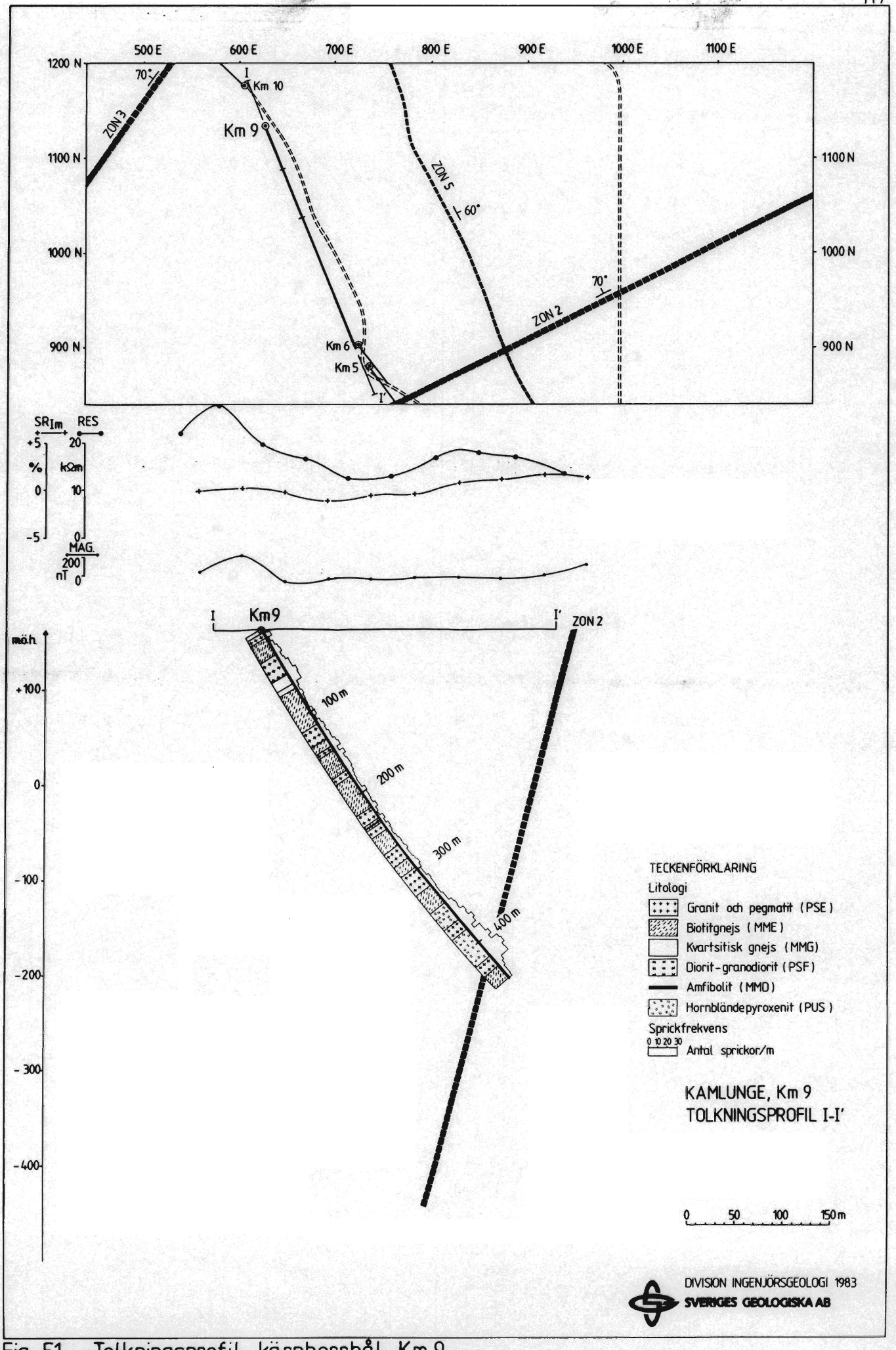


Fig. 51 Tolkningsprofil kärnborrhål Km 9

8.11 Kärnborrhål Km 10

Koordinater : 1176 N/604 E
Riktning : N 50° W
Lutning : 60°
Borrhålslängd : 287.00 m

Syfte: visa att svaghetszon 3 inte stupar mot sydost

8.11.1 Berggrundsgeologi

Bergart	total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	0		
Granit	104.20	36.3	22.15
Granodiorit	60.90	21.2	21.25
Amfibolit	25.20	8.8	18.05
Biotitgnejs	96.70	33.7	24.95
Total längd	287.00		

Tabell 30. Bergarternas fördelning i Km 10

Borrhålet har omväxlande granit, pegmatit och biotitgnejs i den övre delen av borrhålet. Mellan 88-140 m finns en granodiorit, som representerar en utlöpare till massivet i sydväst, se figur 5. Biotitgnejsen är intensivt förskiffrad och innehåller rikligt med ådror och band av aplit och pegmatit. Ställvis är biotitgnejsen grönaktig, vilket beror på sliror av skarn.
Mellan 255-273 finns en finkornig amfibolit. Riktningen på borrhålet gör att borrkärnan uppvisar många sprickor som är parallella med borrhålsaxeln.

8.11.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	466	4.47	
Granodiorit	266	4.36	2.6
Amfibolit	70	2.77	-
Biotitgnejs	406	4.19	6.6
Total sprickor	1208	4.21	

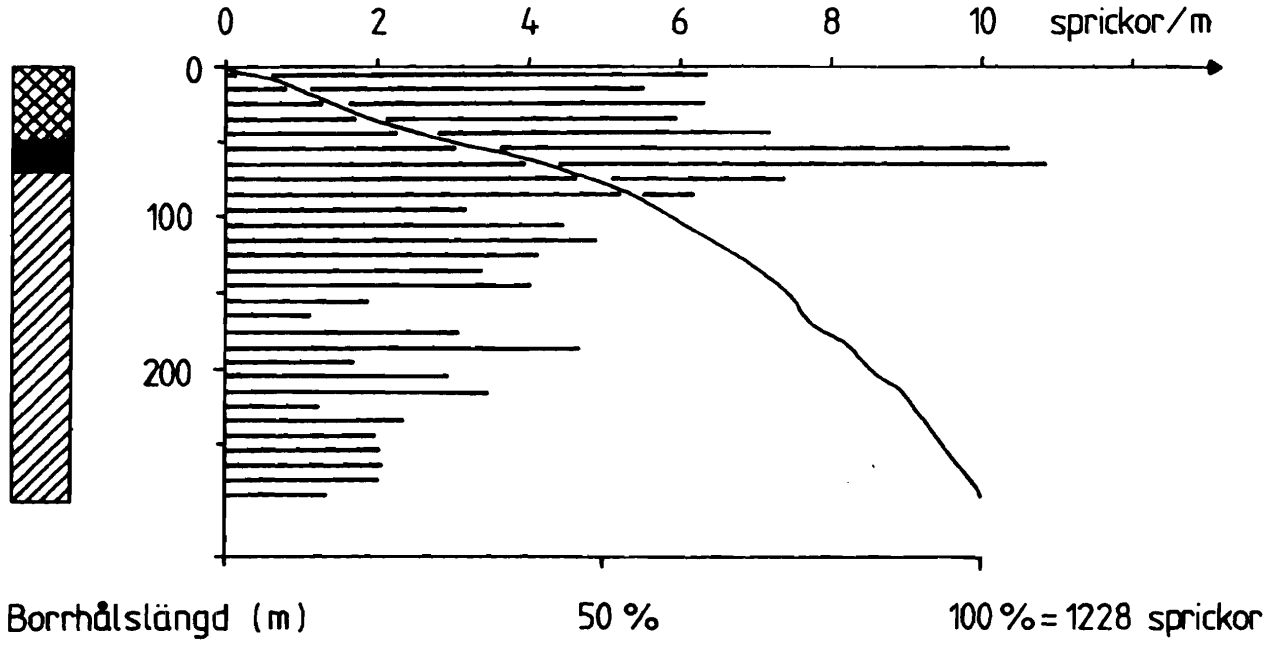
Tabell 31. Bergarternas sprickfördelning i Km 10.

Borrhålet uppvisar en medelsprickighet av 4.21 sprickor/m. Det visar sig att amfiboliten har den lägsta sprickfrekvensen med 2.77 sprickor/m.
Variationen av sprickfrekvensen utmed borrhålet framgår i figur 52. Det kan konstateras att sprickfrekvensen avtar mot djupet.

8.11.3 Borrhålsbeskrivnig

Borrhål Km 10 är borrad för att påvisa svaghetszon 3:s stupning. Det visar sig att zonen stupar mot nordväst, varför den inte har påträffats i Km 10. Däremot är zonen identifierad i det motriktade borrhålet Km 11.
Det kan nämnas att mellan 28.75-31.00 m i Km 10 finns en kärnförlust. Karaktären på borrkärnan tyder på att detta parti är mekaniskt uppkrossat, denna del har därför inte räknats in i sprickfrekvensberäkningen.

KAMLUNGE Km 10
Kumulativt sprickfrekvensdiagram



Antal sprickor/m

- 0-0,9
- 1,0-1,9
- 2,0-4,9
- 5,0-9,9
- ≥10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 10
SGAB 1983

Fig. 52 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 10

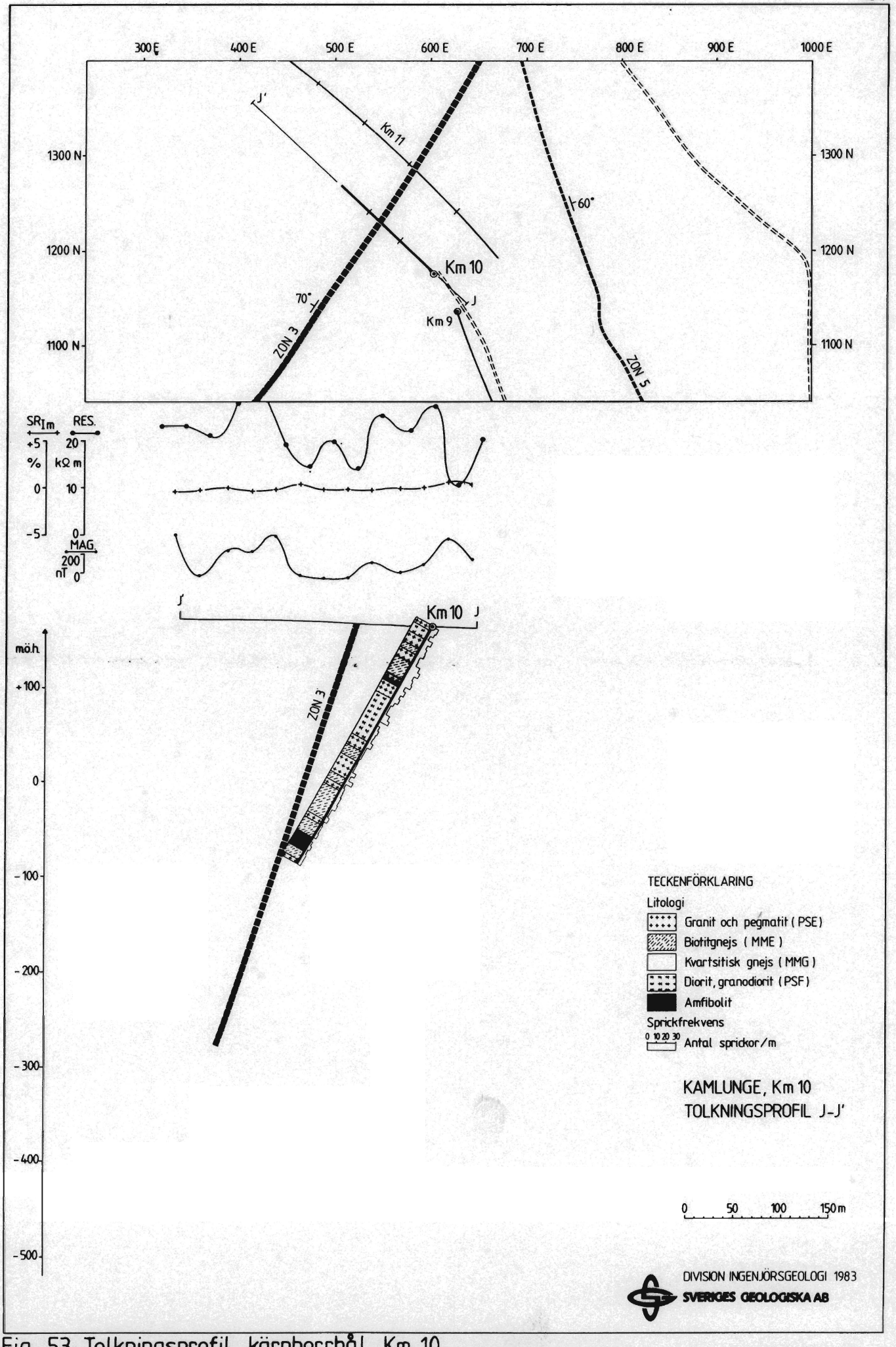


Fig. 53 Tolkningsprofil kärnborrhål Km 10

8.12 Kärnborrhål Km 11

Koordinater : 1475 N/356 E
Riktning : S 60° E
Lutning : 60°
Borrhålslängd : 700.40 m

Syfte: penetrera svaghetszon 3 mot djupet.

Bergart	Total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	6.00		
Granit	246.55	35.2	69.00
Granodiorit	214.45	30.5	38.65
Amfibolit	78.95	11.3	24.55
Biotitgnejs	154.55	22.0	30.10
Total längd	700.40		

Tabell 32. Bergarternas fördelning i Km 11.

8.12.2 Berggrundsgeologi

Mellan 0 Och 140 m förekommer ljusgrå, folierad granit, vars textur påminner om Haparandaseriens granodioriter. Den skiljer sig från denna genom sin kvartsrika matrix och låga halt av mörka mineral. Granodiorit återfinns mot djupet, mellan 480-570 m. Dessa bergarter utgör en utbredning av det vid markytan karterade massivet i sydväst, se fig 5. De utgör troligen isolerade fragment, som är ansamlade på ömse sidor om svaghetszon 3, se fig 55.

På likartat sätt återfinns mindre partier med amfibolit.
Granit och pegmatit förekommer i flera breda band, t ex mellan 205-274 m. Rikligt med sliror av granit och pegmatit finns även i de övriga bergarterna.
Biotitgnejser återfinns i band av varierande bredd, men huvudsakligen mellan 415-470 m. Biotitgnejserna är ibland skarnomvandlade, med ljusgröna diopsidförande band. De har ofta en utpräglad folierad och slirig struktur.

8.12.3 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	1272	5.16	
Granodiorit	553	2.49	16.3
Amfibolit	295	3.74	29.8
Biotitgnejs	596	3.86	49.2
Total sprickor	2716	3.88	

Tabell 33. Bergarternas sprickfrekvens i Km 11.

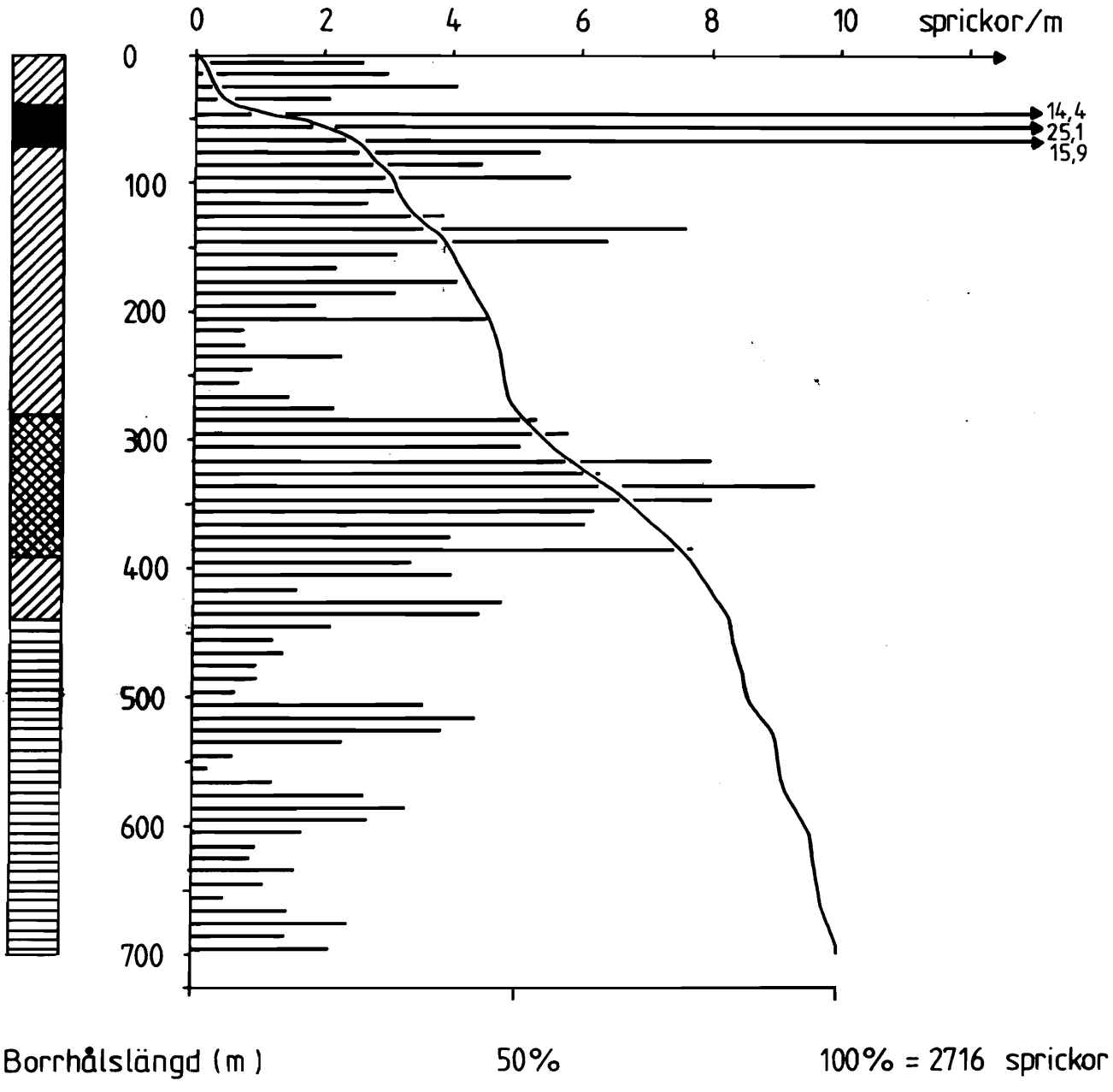
Vi kan konstatera att granit och pegmatit har generellt låg sprickfrekvens, och att den blir så hög som 5.16, beror på en kraftigt uppkrossad pegmatit, som återfinns mellan 45-70 m. Sprickfrekvensens variation utmed borrkärnan framgår av fig 54. Förutom förhöjningen mellan 45-70 m, finns en markerad sprickfrekvensförhöjning mellan 300-380 m. Därefter avtar sprickfrekvensen mot djupet.

8.12.3 Borrhålsbeskrivning

I kärnborrhål Km 11 passeras svaghetszon 3. Den utmärks genom en ökad förskiffring, som kulminerar mellan 324-335 m. I zonen finns sprick- och krosszoner. Sprickmineral utgörs av klorit, kalcit och järnoxid .

Mellan 45-60 m finns ett kraftigt uppkrossat parti av pegmatit. Detta har inte tolkats som en brantstående struktur, utan kan troligen hänföras till horisontell bankningsuppsprickning. Denna tolkning grundar sig dels på avsaknad av lineament i omedelbar närhet, samt för att ett borrhål ca 10 m från Km 11 avbröts vid 40 m, på grund av ras i borrhålet.

KAMLUNGE Km 11
Kumulativt sprickfrekvensdiagram



Antal sprickor /m

- 0-0,9
- 1,0-1,9
- 2,0-4,9
- 5,0-9,9
- ≥ 10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 11
SGAB 1983

Fig. 54 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 11

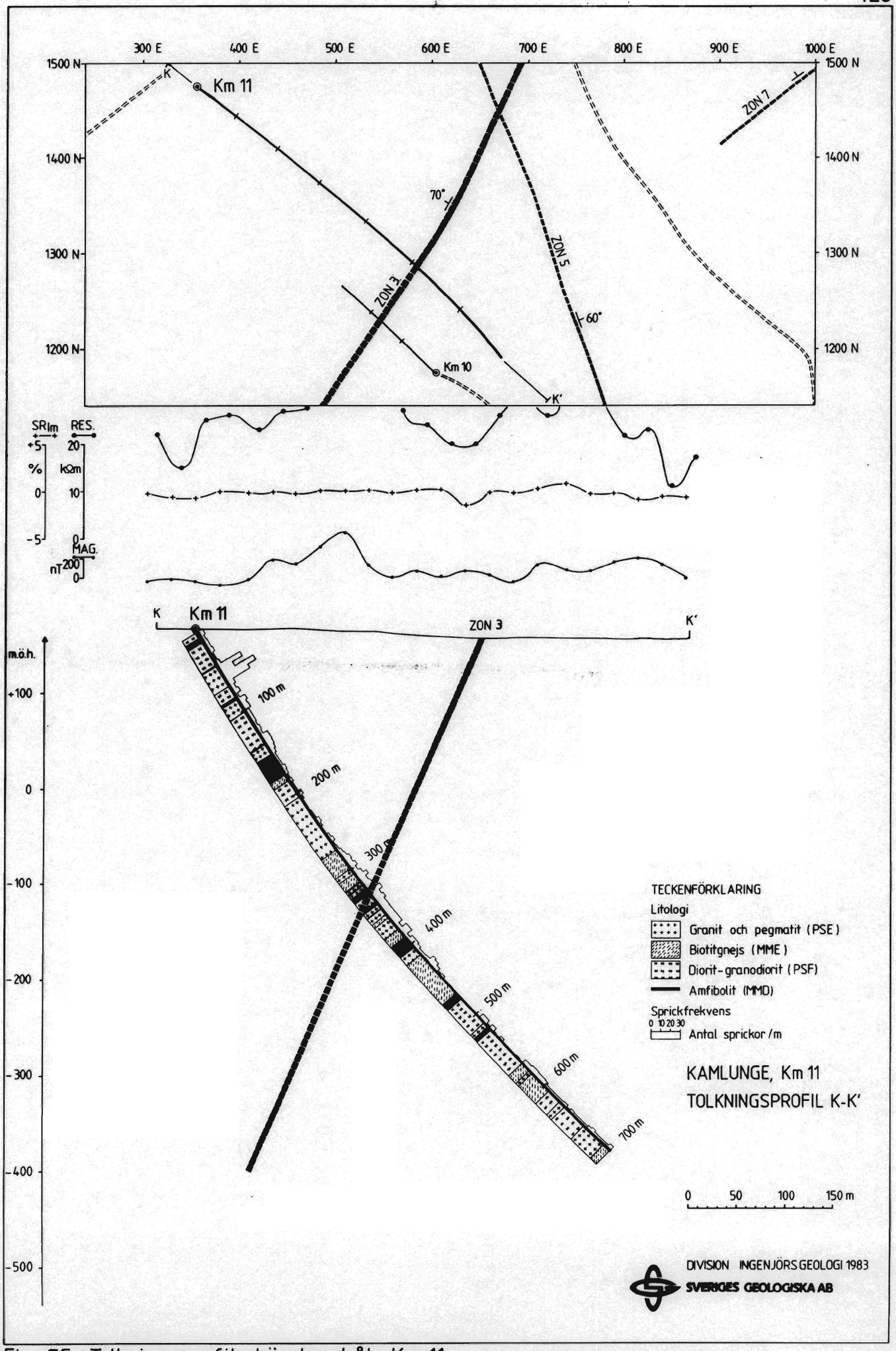


Fig. 55 Tolkningsprofil kärnborrhål Km 11

8.13 Kärnborrhål Km 12

Koordinater : 663 N/207 E
Riktning : S 70° E
Lutning : 60°
Borrhålslängd : 801.85 m

Syfte: penetrera svaghetszon 2 och 3 samt mot djupet gå in i ett sprickfattigt bergparti

8.13.1 Berggrundsgeologi

Bergart	Total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	2.90		
Granit	310.80	38.8	25.55
Granodiorit	183.95	23.0	19.20
Amfibolit	52.70	6.6	11.10
Biotitgnejs	169.95	21.2	24.40
Kvartsitisk gnejs	69.40	8.6	12.15
Hornbländit	12.15	1.5	7.00
Total längd	801.85		

Tabell 34. Bergarternas fördelning i Km 12.

Borrhålets övre del består till övervägande del av granodiorit. Förskiffringen i denna bergart ökar efter 63 m, och granit- och pegmatitinlagringarna visar ökad tektonisk påverkan. Denna påverkan kulminerar mellan 110 och 112 m och orsakar stark förskiffring, mylonitbildning och tektonisk brecciering med utfällningar av röda järnoxider.
Det finns en ljusröd granit och pegmatit, mellan 202 och 220 m, som är starkt breccierad och vittrad.

Fram till 400 m växellagrar granodiorit, biotitgnejs och granit. Sedan följer huvudsakligen kvartsitisk gnejs med granitiska partier (mellan 470 och 610 m) och därefter överväger granit, som innehåller mindre partier av biotitgnejs.
Smala inlagringar av ultrabasiska bergarter påträffades på omkring 650 m.

8.13.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	1195	3.84	
Granodiorit	1030	5.60	21.8
Amfibolit	380	7.21	42.3
Biotitgnejs	534	3.14	49.6
Kvartsitisk gnejs	270	3.89	38.9
Hornblände-pyroxenit	36	2.96	19.4
Total sprickor	3445	4.31	

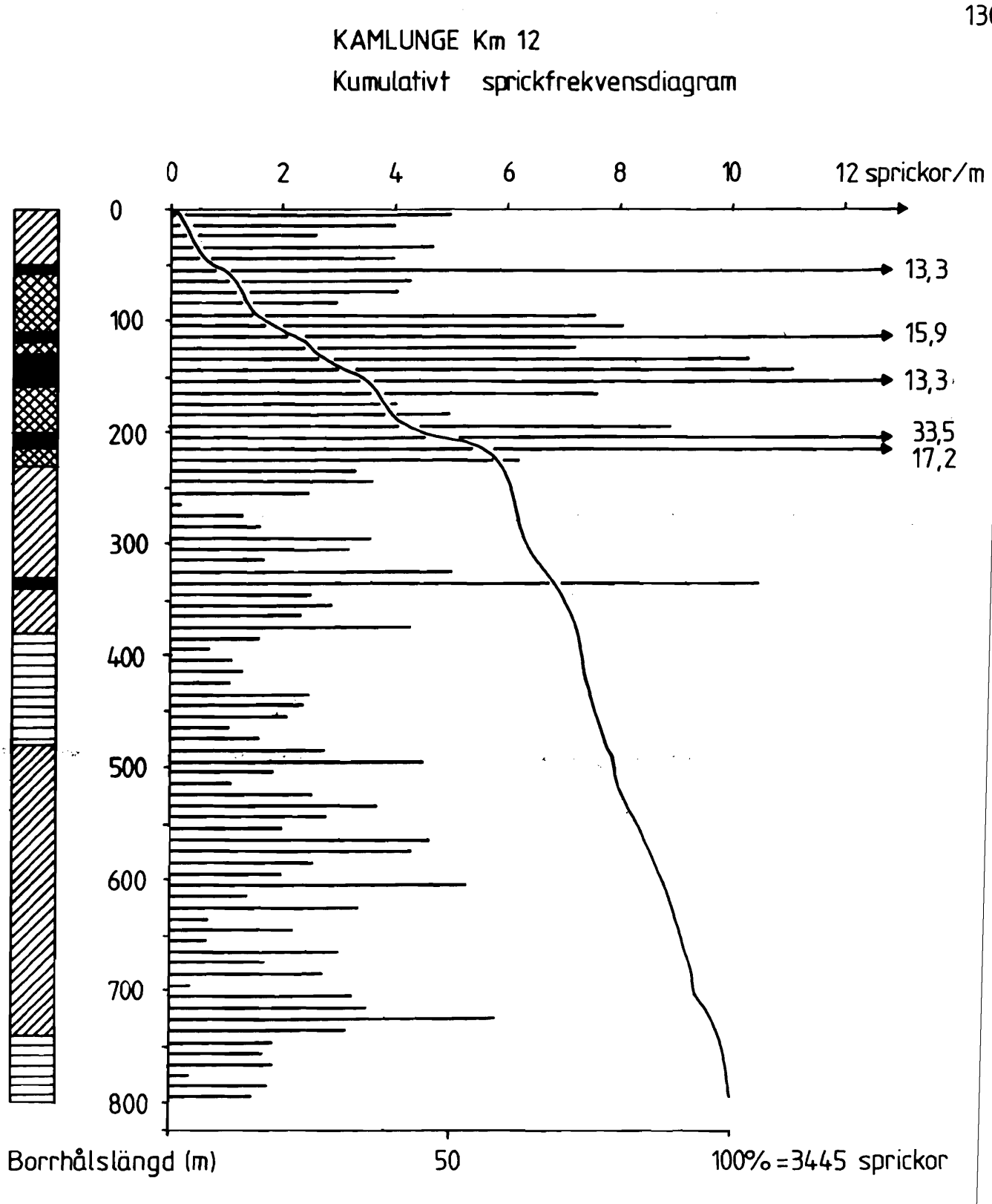
Tabell 35. Bergarternas sprickfrekvens i Km 12.

Borrhålet uppvisar en medelsprickighet av 4.31 sprickor/m. Detta är relativt högt, men borrhålet passerar två svaghetszoner. Amfiboliten har den högsta sprickfrekvensen, men representerar 6 % av bergarten i borrhålet. Vi kan se att för de förskiffrade bergarterna är andelen sprickor parallella med foliationen upp till 49 %.
Variationen utmed borrhålet framgår i figur 56. Efter passerandet av zon 2 och zon 3 avtar sprickfrekvensen mot djupet.

8.13.3 Borrhålsbeskrivning

Mellan 52-60 m passeras svaghetszon 3. Zonen är uppbyggd av sprick- och krosszoner, som är vittrade och rödfärgade. Sprickmineral är klorit, kalcit och järnoxid.
Mellan 195-210 m passeras svaghetszon 2, se fig 57. Zonen bes-

tår av flera krosszoner med kärnförluster, som följd. Borrkärnan är rödförgad, vittrad och breccierad. Sprickmineralen domineras av klorit, kalcit och järnoxid.



Antal sprickor /m

- 0–0,9
- 1,0–1,9
- 2,0–4,9
- 5,0–9,9
- ≥ 10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 12
SGAB 1983

Fig. 56 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 12

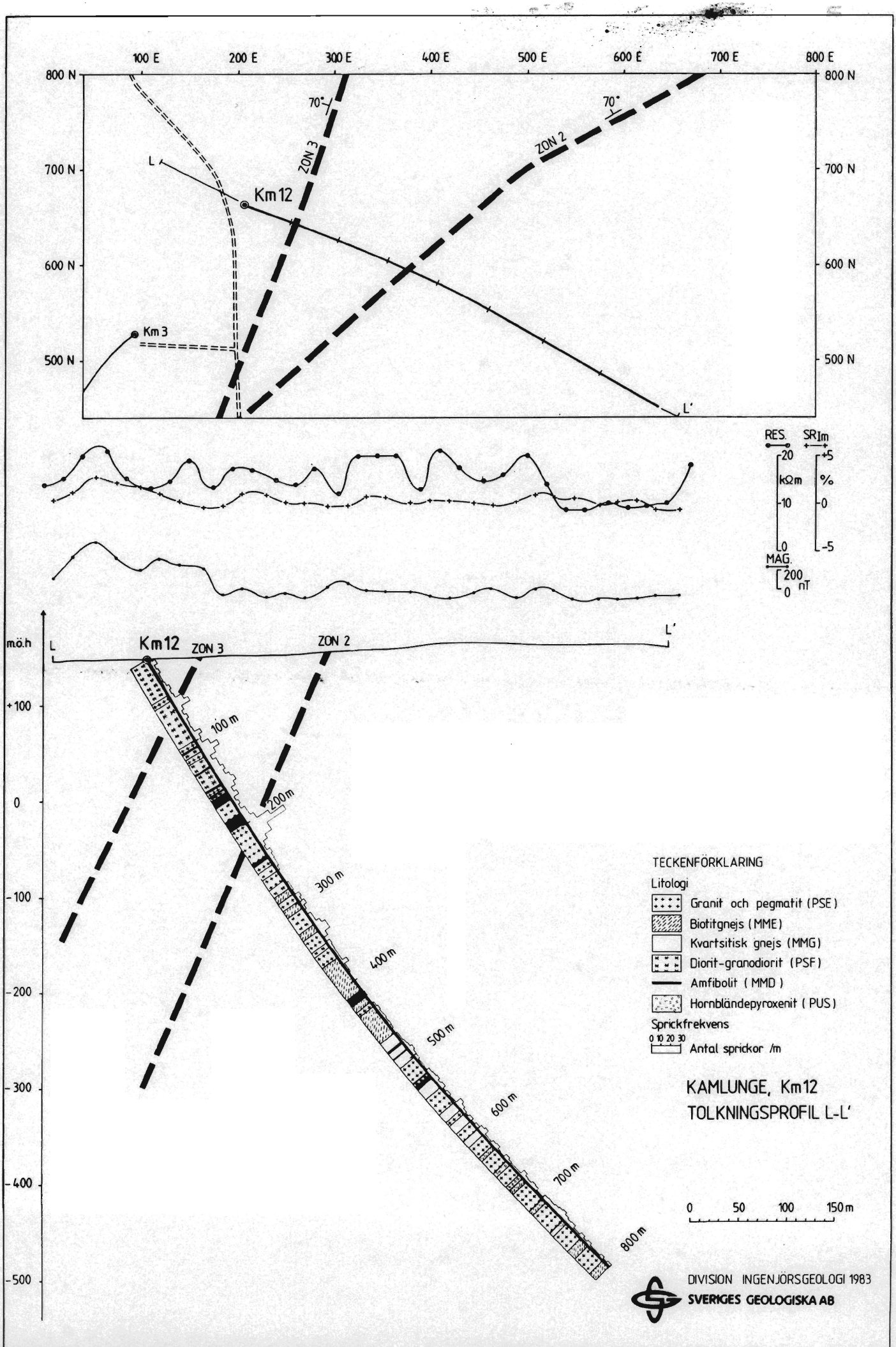


Fig. 57 TOLKNINGSPROFIL Km12

8.14 Kärnborrhål Km 13

Koordinater : 105 N/1200 E
Riktning : S 70° E
Lutning : 60°
Borrhålslängd : 703.05 m

Syfte: undersöka området i sydost

8.14.1 Bergrundsgeologi

Bergart	Total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	2.60		
Granit	399.85	56.9	95.00
Granodiorit	30.40	4.3	14.30
Amfibolit	59.85	8.5	27.80
Biotitgnejs	126.80	18.0	24.95
Kvartsitisk gnejs	83.55	11.9	15.40
Total längd	703.05		

Tabell 36. Bergarternas fördelning i Km 13.

Borrhålets övre del domineras av granit och pegmatit, som avbryts av bredare sammanhängande partier med kvartsitiska gnejser. Mellan 375-413 m finns en finkornig amfibolit, därefter finns partier av biotitgnejs, amfibolitgnejs granit och pegmatit. Även ett granodioritiskt parti finns mellan 563-575 m. Finkornig amfibolit återkommer mot djupet mellan 673-691 m. Sliror och ådror av granit och pegmatit förekommer ofta inblandade i de övriga bergarterna.

8.14.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	1286	3.25	
Granodiorit	65	2.14	23.1
Amfibolit	253	4.22	18.1
Biotitgnejs	400	3.15	53.0
Kvartsitisk gnejs	386	4.62	16.0
Total sprickor	2390	3.40	

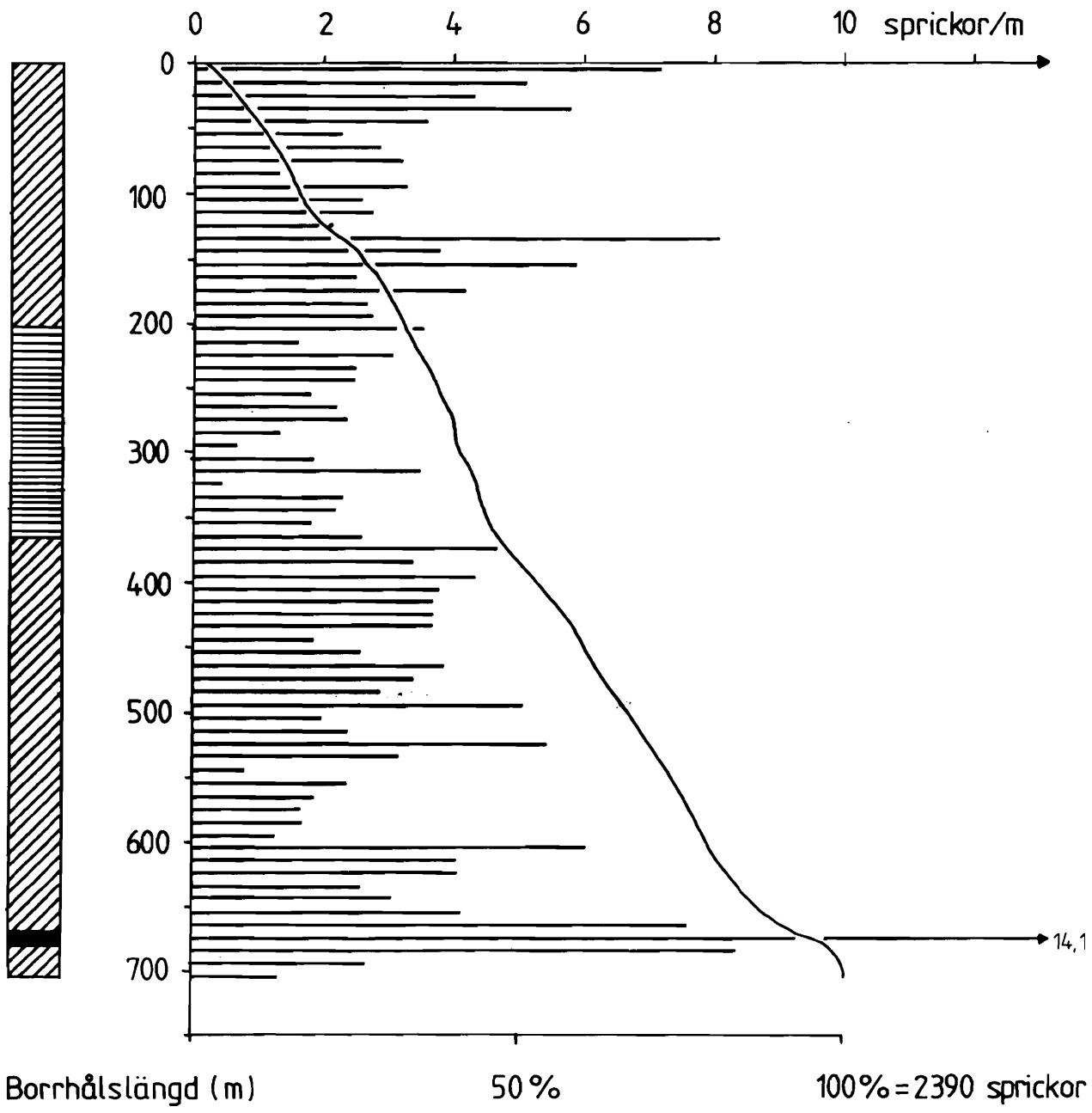
Tabell 37. Bergarternas sprickfrekvens i Km 13.

Borrhålet uppvisar en medelsprickighet av 3.40 sprickor/m. Den högsta sprickfrekvensen har den kvartsitiska gnejsen. De förskiffrade bergarterna visar, som vanligt en hög andel sprickor parallella med foliationen, med upp till 53 % för biotitgnejsen se tabell 37.
Sprickfrekvensens variation utmed borrhålet framgår av fig 58. Sprickfrekvensen är relativt låg utmed hela borrhålet. Vid 670 m finns en förhöjning som beror på svaghetszon H 1.

8.14.3 Borrhålsbeskrivning

Borrhålet passerar svaghetszon H 1 mellan 669-674 m, se fig 59.
Zonen består av sprickzoner i pegmatit, som är vittrad och rödfärgad.
Analys har visat att rödfärgningen beror på hämatit, se tabell 11. Övriga sprickmineral är klorit, kalcit och zeolit. Svaghetszonen sammanfaller med borrhålsvatten som uppvisar förhöjd kloridjonhalt. Förhöjd salthalt har även påträffats i Km 1.

KAMLUNGE Km 13
Kumulativt sprickfrekvensdiagram



Antal sprickor / m

- 0-0,9
- 1,0 - 1,9
- 2,0 - 4,9
- 5,0 - 9,9
- ≥ 10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 13
SGAB 1983

Fig. 58 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 13

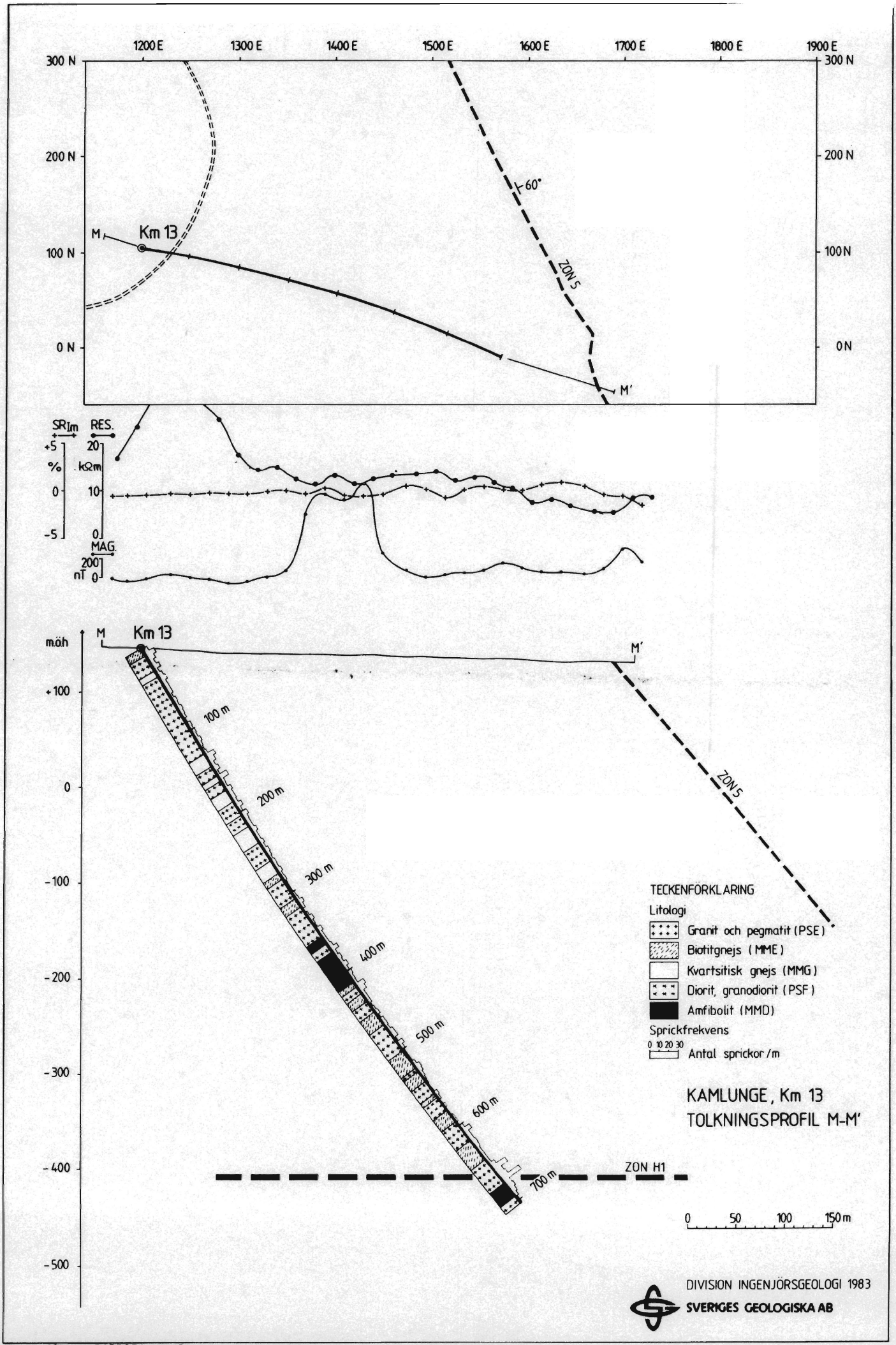


Fig. 59 TOLKNINGSPROFIL Km 13

8.15 Kärnborrhål Km 14

Koordinater : 120 N/885 E
Riktning : S 20° W
Lutning : 60°
Borrhålslängd : 700.15 m

Syfte: undersöka det myrtäckta området i sydost samt ersätta Km 1 för de hydrologiska undersökningarna.

Bergart	Total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	0.50		
Granit	384.15	54.8	84.40
Amfibolit	59.60	8.5	26.45
Biotitgnejs	103.80	14.8	32.65
Kvartsitisk gnejs	152.10	21.8	31.55
Total längd	700.15		

Tabell 38. Bergarternas fördelning i Km 14.

8.15.2 Berggrundsgeologi

Borrhålet passerar i sin övre del breda partier av granit och pegmatit, vilket motsvarar det granitiska massivet i SW, fig 5. Även kvartsitiska gnejser förekommer i den övre delen av borrhålet. Mellan 207-272 m dominerar en finkornig amfibolit. Vid 300 m finns breda graniter och pegmatiter, som växlar med kvartsitiska gnejser och mot djupet uppträder även amfibolförande biotitgnejser. Rikligt med sliror och ådror av peg-

matit, och även rester av granodiorit finns inblandade, främst i biotitgnejsen. Borrhålet avslutas i granit.

8.15.2 Sprickfördelning

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	1006	2.61	
Amfibolit	284	4.76	31.6
Biotitgnejs	273	2.63	37.4
Kvartsitisk gnejs	584	3.83	12
Total sprickor	2174	3.07	

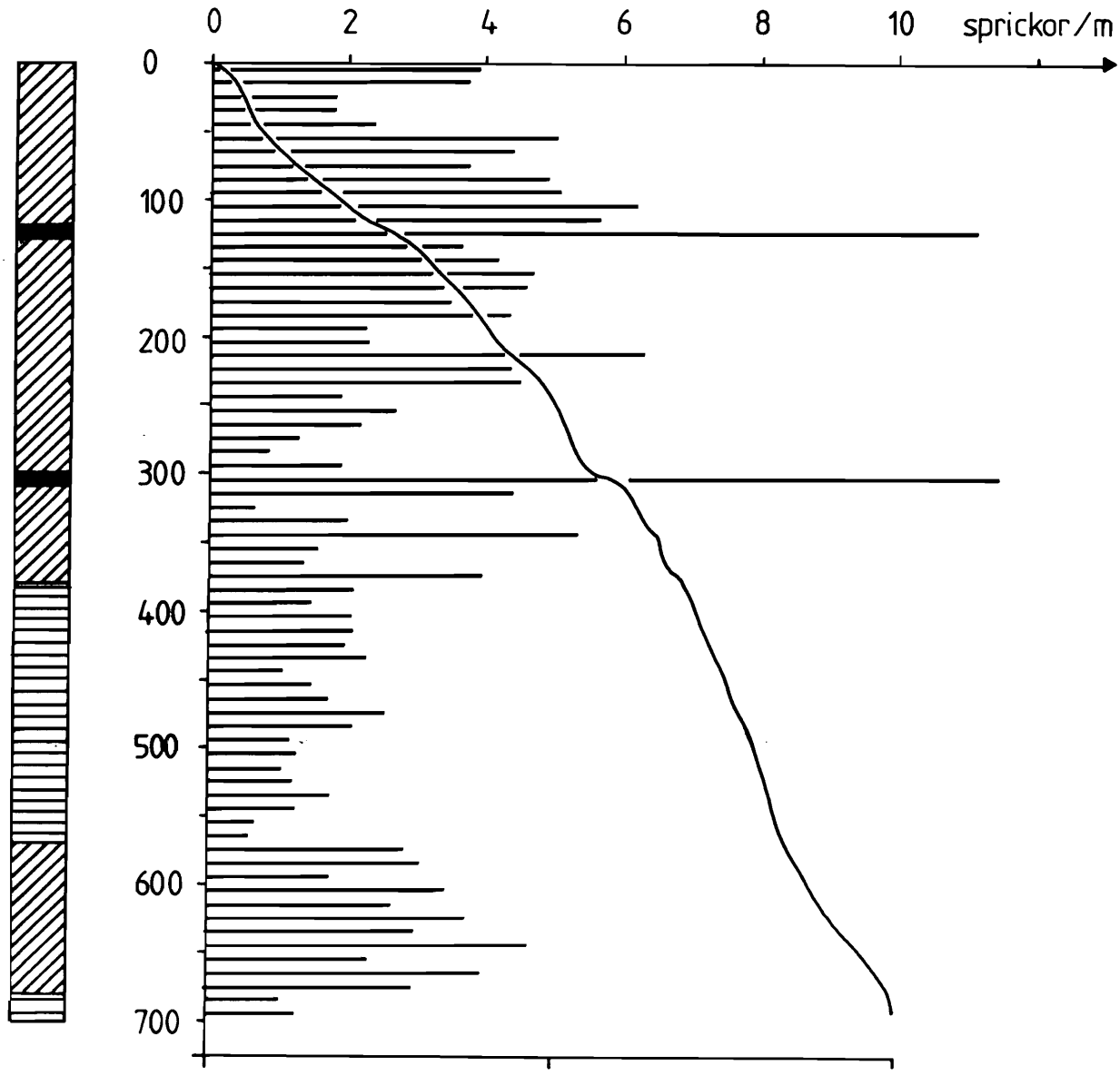
Tabell 39. Bergarternas sprickfrekvens i Km 14.

Borrhålet uppvisar en medelsprickighet av 3.07 sprickor/m. Amfiboliten visar den högsta sprickfrekvensen med 4.76 sprickor/m, se tabell 39.
Variationen hos sprickfrekvensen utmed borrhålet framgår i figur 60. Borrhålet har en förhöjning av sprickfrekvensen vid ytan, som långsamt avtar mot djupet.

8.15.3 Borrhålsbeskrivning

Det finns punktvisa sprickfrekvensförhöjningar, som t ex mellan 120-130 m. Partiet består av mikrobreccierad granit, som troligen är lokalt påverkad.
Mellan 300-307 m finns en folierad amfibolit. Denna uppvisar läkta sprickor, huvudsakligen av klorit. Bergarten tolkas tillhöra Haparandaseriens gabbroida intrusivbergarter. Troligen är den mindre kompetent, gentemot omgivande bergarter, vilket skulle förklara sprickförhöjningen.
På 667-673 meter passerar borrhålet den horisontella svaghetszonen H 1. Inga krosszoner eller kärnförluster har registrerats.

KAMLUNGE Km 14
Kumulativt sprickfrekvensdiagram



Antal sprickor /m

- 0-0,9
- 1,0-1,9
- 2,0-4,9
- 5,0-9,9
- ≥10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 14
SGAB 1983

Fig. 60 Sprickfrekvens- och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km 14

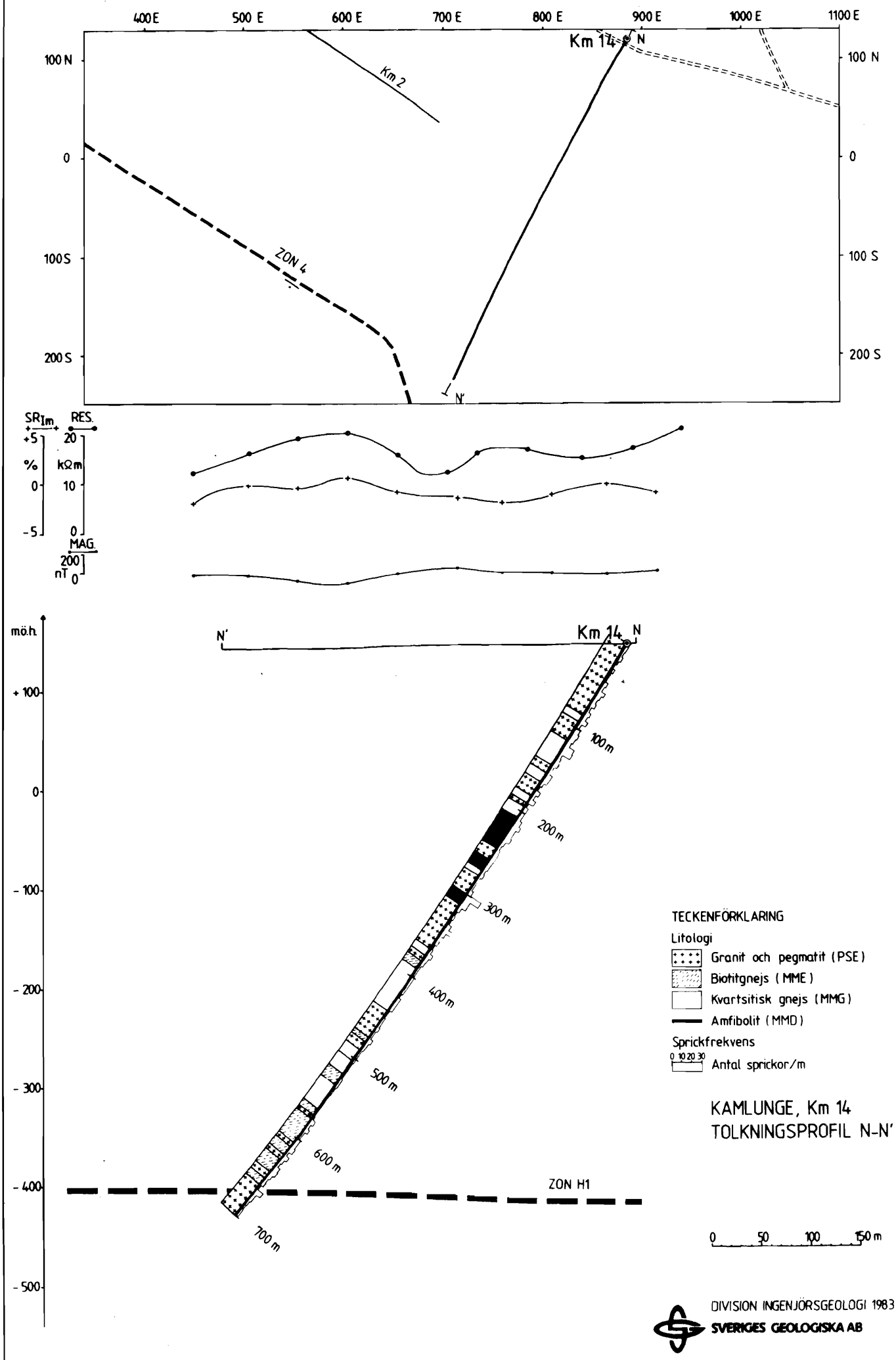


Fig. 61 TOLKNINGSPROFIL Km14

8.16 Kärnborrhål Km 15 och Km 16.

Kärnborrhål Km 15.	Koordinater	: 506 N/652 E
	Riktning	: S 60°E
	Lutning	: 60°
	Borrhålslängd	: 251.15 m
Kärnborrhål Km 16.	Koordinater	: 440 N/780 E
	Riktning	: N 60°W
	Lutning	: 60°
	Borrhålslängd	: 250.60 m

Syfte: - penetrera geofysiskt indikerat lineament

8.16.1 Berggrundsgeologi

Bergart	total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	1.40	0.6	-
Granit	107.75	42.9	46.60
Granodiorit	2.50	1.0	2.50
Amfibolit	17.85	7.1	6.55
Biotitgnejs	47.35	18.8	12.05
Kvartsitisk gnejs	74.30	29.6	23.05
Total längd	251.15		

Tabell 40. Bergarternas fördelning i Km 15.

Mellan 0 och 94 m domineras borrhålet av biotitgnejs, som delvis är bandad och innehåller sliror av pegmatit. Biotitgnejsen klipps av smala amfiboliter och pegmatiter.

Mellan 94 och 148 m förekommer huvudsakligen kvartsitisk gnejs. Ljusgrå granit och ljusröd pegmatit förekommer också.
Från 148 till 204 m dominerar grå till ljusröd granit och pegmatit.
I sista delen av borrhålet återkommer kvartsitisk gnejs, med ådror och sliror av pegmatit.

Bergart	Total längd (m)	%	längsta borrkärna med samma bergart(m)
Jord	1.90	0.8	
Granit	109.00	43.5	41.40
Amfibolit	9.55	3.8	3.00
Kvartsitisk gnejs	130.15	51.9	24.20
Total längd	250.60		

Tabell 41. Bergarternas fördelning i Km 16.

Borrhålet Km 16 domineras i början av granit och pegmatit. Kvartsitisk gnejs och amfibolit förekommer också.
Från 95 m till borrhålets slut dominerar kvartsitisk gnejs med slirig struktur och smala pegmatitgångar. Det finns även korta avsnitt med amfibolit, samt smala band av förskiffrad metabasit.

8.16.2 Sprickfördelning.

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	338	3.14	
Granodiorit	8	3.20	
Amfibolit	93	5.21	16.1
Biotitgnejs	263	5.55	22.8
Kvartsitisk gnejs	264	3.55	6.0
Total sprickor	966	3.87	

Tabell 42. Berarternas sprickfrekvens i Km 15.

Bergart	antal sprickor	SF (sp/m)	% sprickor parallella
Granit	396	3.63	
Amfibolit	31	3.25	19.4
Kvartsitisk gnejs	750	5.76	4.5
Total sprickor	1177	4.73	

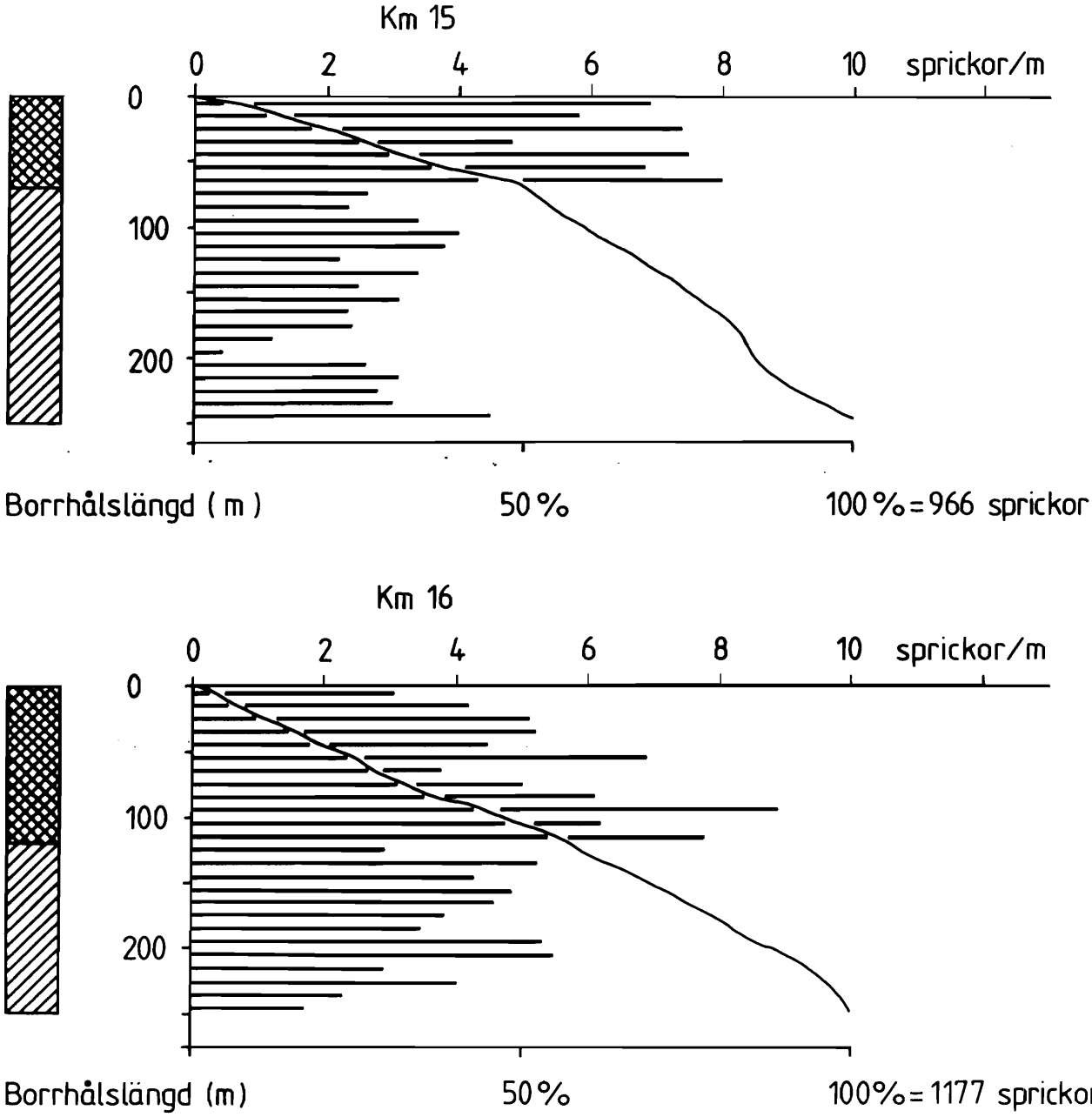
Tabell 43. Bergarternas sprickfrekvens i Km 16.

Borrhål Km 16 uppvisar högre genomsnittlig sprickfrekvens än Km 15. Av de olika bergarterna har graniten generellt låg frekvens.
I Km 15 uppvisar biotitgnejsen den högsta sprickfrekvensen med 5.55 medan det är den kvartsitiska, som har förhöjd sprickfrekvens i Km 16. Sprickfrekvensens variation framgår av figur 63.

8.16.3 Borrhålsbeskrivning

Borrhålen Km 15 och Km 16 passerar inte någon svaghetszon, som motsvarar det geofysiskt indikerade lineamentet. Däremot är sprickfrekvensen något förhöjd 59.20-60.50 i Km 15. Partiet innehåller sprickzoner och en mindre krosszon. En biotitsköl finns också i borrhålet på 45 m djup. I Km 16 finns ett avsnitt med förhöjd sprickfrekvens på 90-100 m djup.

KAMLUNGE Km 15 och Km 16
Kumulativa sprickfrekvensdiagram



Antal sprickor/m

- 0-0,9
- 1,0-1,9
- 2,0-4,9
- 5,0-9,9
- ≥ 10

KAMLUNGE
Kärnborrhål Km 15 och Km 16
SGAB 1983

Fig. 62 Sprickfrekvens och kumulativt diagram för 10 m:s sektioner i kärnborrhål Km15 och Km 16

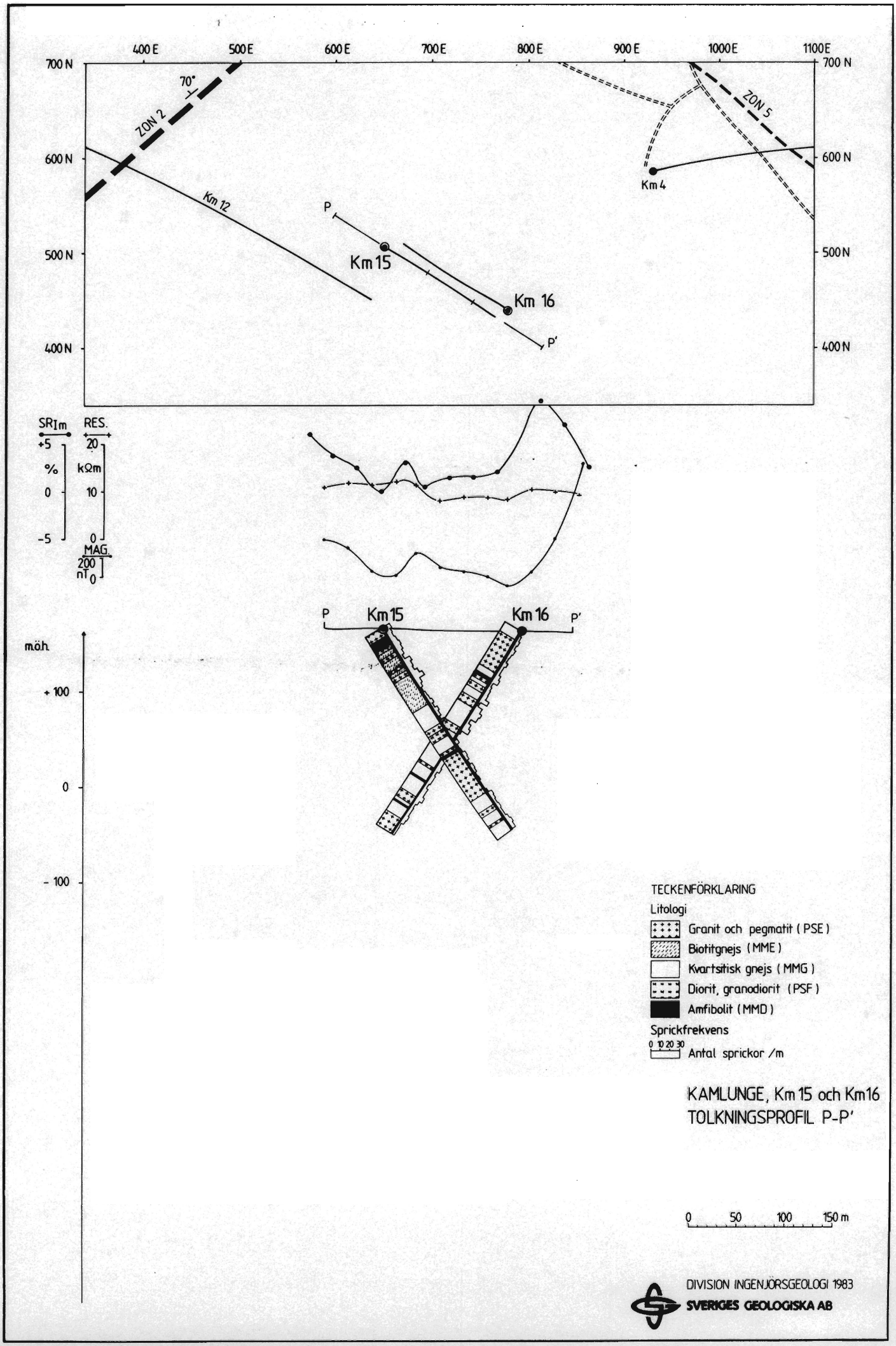


FIG. 63 TOLKNINGSPROFIL Km15 OCH Km16

9. Undersökningsresultat

Den geologiska och geofysiska markundersökningen har givit en bild av områdets svaghetszoner vid markytan. Vid djupundersökningen har svaghetszonerna tolkats mot djupet. I detta kapitel sammanställs dessa uppgifter, till en beskrivning av de större svaghetszonerna.

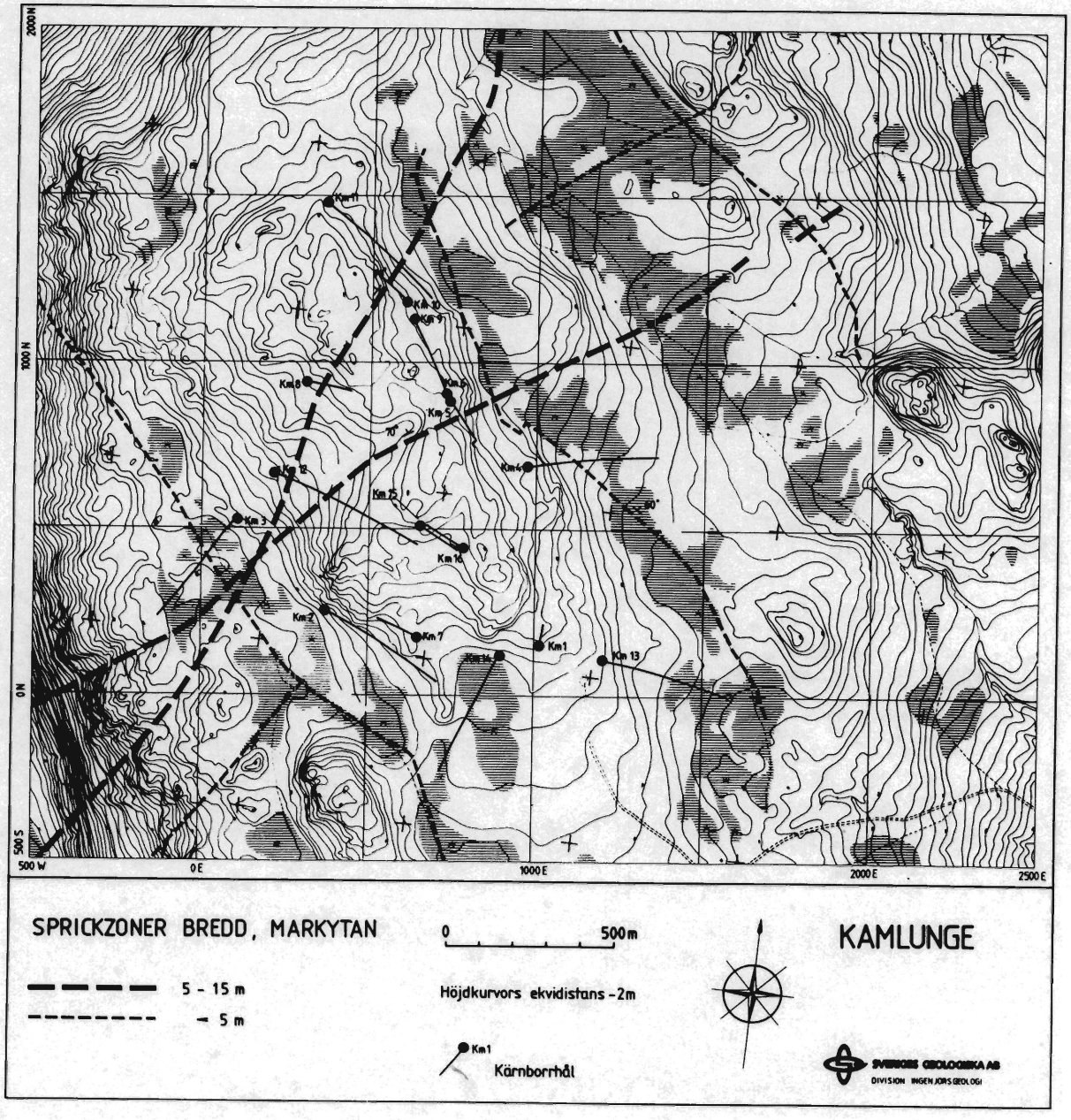


Fig 64. Svaghetszonernas läge vid markytan för typområdet Kamlunge.

9.1 Beskrivning av zon 1

Denna zon stryker i N 45° E och är vertikal. Svaghetszonens längd är 0.8 km och den är identifierad topografiskt och med geofysik. I ett tidigare skede i undersökningen misstänktes zonen ha en större utbredning. Borrhålen Km 2, Km 7, Km 15 och Km 16 är placerade för att penetrera zonens eventuella förlängning. Samtliga dessa borrhål visar inte någon förhöjning av sprickfrekvensen, som kan sättas i samband med zonen. Av den anledningen har zon 1 ansetts ha sin nordöstra avgränsning i och med skärningen med zon 4 (se figur 64).
Hammarborrhål 5, 6, 10 och 11 har borrats på zonens eventuella förlängning. Hbh 5 och 11 Är helt torra. Hbh 10 har det kraftigaste vattenflödet (9000 l/h) av samtliga hammarborrhål i undersökningsområdet (jmf kap 7).

9.2 Beskrivning av zon 2

Svaghetszonen stryker N 55° E och stupar 70° mot nordväst. Längden är cirka 3 km och dess bredd har uppskattats till 8 meter.
Identifikation av zonen har skett topografiskt och med geofysik. Zonen är påträffad i Km 3 (313-337 m), Km 5 (47-53 m), Km 6 (86-94 m), Km 9 (414-425 m) och Km 12 (195-210 m).
Zonen uppvisar rödfärgning (pga tektonisk påverkan), vittring och brecciering i borrhålen. Krosszoner finns bl a i Km 5 (2.90 m) och kärnförluster i Km 6 (1.90 m). Sprickmineralen utgörs av klorit, kalcit och järnoxider. Accesoriskt förekommer epidot, biotit, zeolitmineral och muskovit.
Hammarborrhål 1 och 2 penetrerar zon 2. Hbh 1 ger 6000 l/h på 72 meters borrhålsdjup och hbh 2 ger 600 l/h på 46 meter samt 1200 l/h på 83 meters djup (jmf kap 7).
Zon 2 framträder ej vid flygbildstolkning pga att den sänka i berggrunden, som zonen bildat är övertäckt med morän. I undersökningsområdets sydvästra hörn passerar zonen blottade hällar. Vid hällobservation har inga anmärkningsvärda sprickor eller uppkrossning iakttagits.

9.3 Beskrivning av zon 3

Zonen stryker i N 25°E och stupar 70° mot nordväst. Längden är cirka 2.9 km och bredden har uppskattats till cirka 5 m. Zonen har observerats topografiskt och med geofysik. Svaghetszonen är påträffad i Km 3 (441-450 m), Km 8 (63-69 m), Km 11 (324-335 m) och Km 12 (52-60 m).
Zon 3 karaktäriseras av brecciering, vittring och breda sprickfyllnader av kalcit, klorit och zeolitmineral. Krosszoner finns i bl. a. Km 3 (1.05 m) och Km 8 (0.55 m). Några små kärnförluster finns också. Sprickmineralen utgörs av klorit, järnoxid och kalcit. Accesoriskt förekommer även epidot, biotit och zeolitmineral.
Ett hammarborrhål nr 14 är borrat just på denna zon. Detta hål uppvisar på 34 meters djup en vattenmängd på cirka 1500 l/h (jmf kap 7).

9.4 Beskrivning av zon 4

Svaghetszonen styker N 45°W och stupar 80° mot sydväst. Dess längd är cirka 2.1 km och beräknad bredd är 4 m. Zonen har observerats topografiskt och med geofysik. Kärnborrhål Km 3 passerar zonen på 504-517 meters borrhålsdjup.
Inga krosszoner har observerats, men det finns en kärnförlust (0.30 m), som beror på mekaniskt fel vid borrningen. De uppspruckna partierna är få och smala.
Sprickmineralen utgörs av klorit och kalcit. Ingen hammarborrning har skett på zonen.

9.5 Beskrivning av zon 5

Denna zon styker i N 45° W och stupar 60° mot nordost. Dess längd är 2 km och bredden har uppskattats till 4 m. Identifikation har gjorts med geofysik. Zonen har inte påträffats i något kärnborrhål. Km 4 är riktad mot zonen, men eftersom zonen stupar parallellt med borrhålet träffas de inte.
Hammarborrhål 7 och 8 har satts på vardera sidan av zonen. Det senare borrhålet borde penetrera zonen, men någon vattenföring eller hög sjunkhastighet har inte noterats. Det är tveksamt om

denna zon existerar, men zonen får utgöra områdets östra begränsning.

9.6 Beskrivning av zon 6

Zonen styker i N 45°W och stupar 85° mot nordöst. Dess längd är 1.3 km och bredden uppskattas till 3 m. Identifikation av svaghetszonen har gjorts topografiskt och med hjälp av geofysik.
Eftersom zonen ligger i undersökningsområdets ena hörn och antas stupa ut från området, har det inte ansetts nödvändigt att borra mot denna zon.

9.7 Beskrivning av zon 7

Zon 7 stryker N 55°E och stupar 75° mot nordväst. Dess längd är 1 km och bredden är cirka 3 m. Svaghetszonen är identifierad med geofysik. Zonens karaktär är inte känd, eftersom den inte är uppborrad, då zonen ligger vid norra gränsen till undersökningsområdet och antas stupa norrut.

9.8 Beskrivning av zon H 1

Detta är en horsontell zon med en uppskattad bredd på 10 meter, figur 65. Svaghetszonen är identifierad i borrkärnor och med hydrologi. Zonen saknar uppkrossade partier och utgörs av ett avsnitt med förhöjd sprickfrekvens samt slickenside (Km 1). Zonen är påträffad i Km 1 (544-560 m), Km 2 (676-684 m), Km 13 (669-674 m) och Km 14 (667-673 m).

9.9 Zonernas lägen vid 450 meters djup

Ett snitt vid 450 meters vertikaldjup ger en bild av svaghetszonernas lägen vid detta djup (se figur 66). Zonernas läge har beräknas med hjälp av den erhållna stupningen för respektive zon. Det kan konstateras att det finns en större sammanhängande bergmassa, som avgränsas av zonerna 2, 4 och 5. Detta område torde vara drygt 1.0 km stort!

	Strykning	Stupning	Längd	Bredd	Påträffad i borrhål
Zon 1	N 45° E	90°	0.8 km	3 m	-
Zon 2	N 55° E	70° NW	3.0 km	8 m	Km 3, Km 5 Km 6, Km 9 Km 12
Zon 3	N 25° E	70° NV	2.9 km	5 m	Km 3, Km 8 Km 11, Km 12
Zon 4	N 45° W	80° SW	2.1 km	4 m	Km 3
Zon 5	N 40° W	60° NE	2.0 km	4 m	-
Zon 6	N 45° W	85° NE	1.3 km	3 m	-
Zon 7	N 55° E	75° NW	1.0 km	3 m	-
Zon H 1	-	0°	-	10 m	Km 1, Km 2 Km 13 och Km 14

Tabell 44. Sammanställning över svaghetszonerna inom undersökningsområdet Kamlunge.

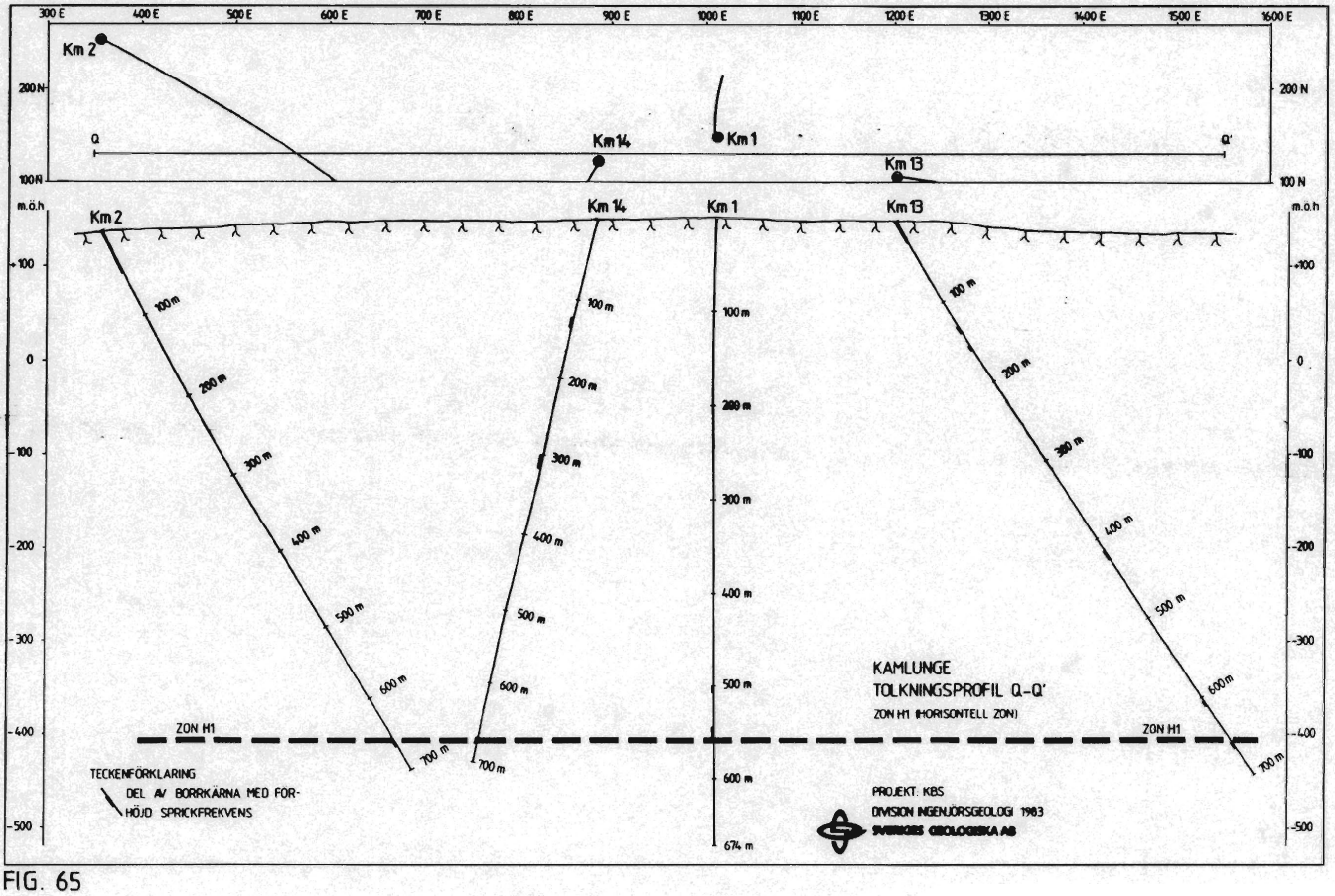

300 E
400 E
500 E
600 E
700 E
800 E
900 E
1000 E
1100 E
1200 E
1300 E
1400 E
1500 E
1600 E
Km 2
Km 14
Km 1
Km 13
Q
Q'
200 N
100 N
m.ö.h
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
100 m
200 m
300 m
400 m
500 m
600 m
700 m
674 m
ZON H1
KAMLUNGE
TOLKNINGSPROFIL Q-Q'
ZON H1 (HORISONTELL ZON)
TECKENFÖRKLARING
DEL AV BORRKÄRNA MED FÖR-
HÖJD SPRICKFREKVENS
PROJEKT: KBS
DIVISION INGENJÖRSGEOLOGI 1983
SVERIGES GEOLOGISKA AB

FIG. 65

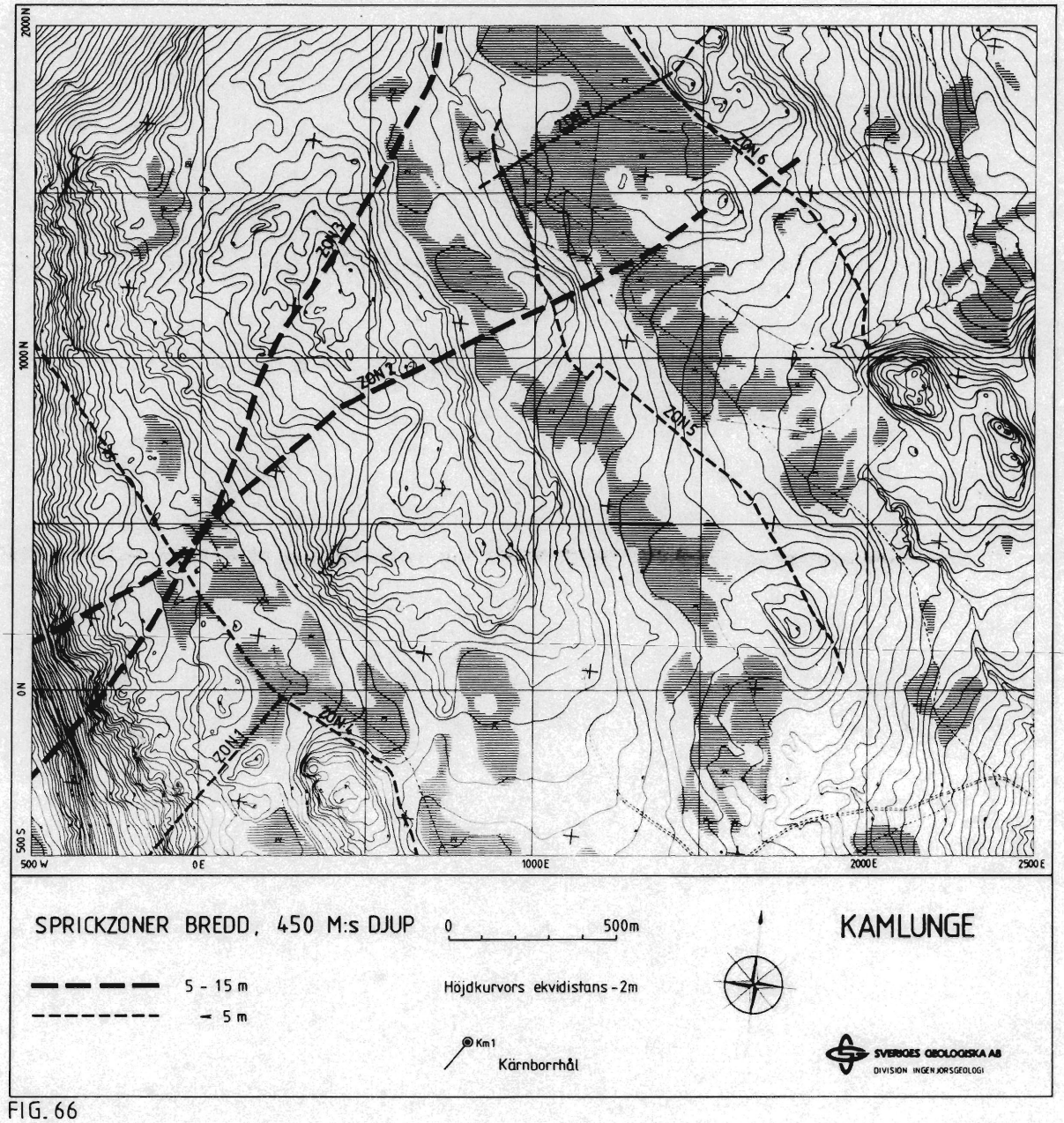

2000N
1000N
0N
500S
500W
0E
1000E
2000E
2500E
ZON 1
ZON 2
ZON 3
ZON 4
ZON 5
ZON 6
ZON 7
SPRICKZONER BREDD, 450 M:s DJUP
5 - 15 m
< 5 m
0
500m
Höjdkurvors ekvidistans - 2m
Km1
Kärnborrhål
KAMLUNGE
SVERIGES GEOLOGISKA AB
DIVISION INGENJORSGEOLOGI

FIG. 66

REFERENSER

GFF= Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar

SGAB= Sveriges Geologiska AB

SGU= Sveriges Geologiska Undersökning

PRAV= Programrådet för radioaktivt avfall, Stockholm

Ahlbom, K., Ahlin, S., Eriksson, L. and Samuelsson, L.,(1980): Berggrundsgeologiska, tektoniska och geofysiska studier på Kynnefjäll. Rapport PRAV 4.16, Stockholm.

Albino ,B, Nilsson, G., Stenberg, L., (1982): Geologiska och geofysiska mark- och djupundersökningar, typområdet Gideå. SGAB Internrapport BRAP 82111.

Carlsten, S., Duran, O., Kautsky, F.,(1982) : Geologiska och tektoniska och geofysiska undersökningar inom typområdet Fjällveden 9 H Nyköping NV. SGAB Internrapport.

Henkel, H. (1976): Studies of Density and Magnetic Properties of Rocks from Northern Sweden. Pageoph, Volym 114 Birkhäuser Verlag, Basel.

Henkel, H.,(1979): Dislocation sets in northern Sweden. GFF, 100, pp. 271-278.

Henkel, H. and Guzman, M.,(1977): Magnetic features of fracture zones. Geoexploration 15, pp. 173-181.

Kresten, P., Printzlau, I., Rex, D., Vartiainen, H. och Woolley, A., (1977) : New ages of carbonatic and alkaline ultramafic rocks from Sweden and Finland. GFF 99, pp. 62-65.

Loberg, B. (1980): Geologi: Material, processer och Sveriges berggrund. P.A. Norstedt & Söners Förlag, Stockholm.

Lundqvist, T. (1979): The Precambrium of Sweden. SGU, serie C 768, Uppsala.

Mikkola, A. (1949) : On the Geology of the Area north of the Gulf of Bothnia. Bull. Comm. geol. Finland Nr. 146. Helsinki.

Perttunen, V. (1980) : Stratigraphy of the Peräpohja schist area,in Jatulian geology in the eastern part of the Baltic shield, ed. Ahti Silvennoinen, pp. 139 -145.

Simonen, A. (1960): Prequaternary Rocks in Finland. Bull. Comm. geol. Finland, Nr 191, Helsinki.

Sjögren, B., Öfsthus, A. and Sandberg, J. (1979): Seismic Classification of Rock Mass Qualities. Geophysical Prospecting, Vol. 27, pp. 409-442.

Tir`n, S., Ericsson,L., Henkel. H., (1981): Berggrundsgeologiska , tektoniska och geofysiska studier av Voxnaområdet och det däri belägna typområdet Svartboberget. Rapport PRAV 4.36.

Welin, E., Christiansson, K., and Nilsson, Ö., (1970): Rb-Sr age dating of intrusive rocks of the Haparanda suite. GFF 92 pp. 336-346.

Welin, E., Christiansson, K., and Nilsson, Ö., (1971): Rb-Sr radiometric ages of extrusive and intrusive rocks in the northern Sweden. I. SGU serie C 666.

Ödman. O., (1957): Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län, SGU serie Ca 41, Stockholm.

ORDLISTA

Accesoriskt	används inom geologin, t ex för att ange en mycket låg halt av ett mineral i en bergart
Aktinolit	silikatmineral, ljus till mörkgrön, tillhör amfibolgruppen, jmf tremolit.
Albit	silikatmineral,Na-rik fältspat, tillhör plagioklas-gruppen.
Amfibol	mineralgrupp, bergartsbildande silikatmineral, ex. på undergrupp: hornblände.
Amfibolit	mörk bergart, rik på amfibolmineral, vanligen hornblände.
Anomali	positiv eller negativ avvikelse från ett normalvärde, används inom geofysik, geokemi m.m.
Antiklinal	är ett uppåtriktat geologiskt veck.
Arkeikum	sammanfattande namn för den tidsålder, då de äldsta prekambriska bergarterna bildades
Apatit	mineral, kalciumfosfat, vanligen grönt till grågrönt.
Bankning	horisontell uppsprickning av berggrunden pga avlastning.
Basisk	benämning på silikatbergart med lägre halt SiO än 53.5 vikt%, men högre än 44 vikt% SiO .
Beryll	silikatmineral, vanligen gulgrön eller blågrön, vissa variteter är uppskattade ädelstenar.
Biotit	silikatmineral, mörk glimmer, som innehåller Fe, Mg, K och Al.
Breccia	bergart, som består av kantiga bergartsfragment i en mörk mellanmassa, kan vara sedimentär eller bildad av uppkrossat bergartsmaterial vid förkastning eller annan bergrörelse.
Cordierit	silikatmineral, transparent, vanligen blåaktig, som innehåller magnesium och aluminium, vanlig i metamorfa bergarter.
Diabas	magmatisk gångbergart, mörk, tät och finkornig, som innehåller främst plagioklas och pyroxen.

Diopsid	silikatmineral, gråvit till ljusgrön, innehåller kalcium och magnesium, tillhör pyroxengruppen.
Diorit	magmatisk, djupbergart, bestående av plagioklas, amfibol, biotit och ev. pyroxen.
Dolomit	bergart huvudsakligen bestående av mineralet dolomit dvs en slags kalksten med innehåll av magnesium.
Folierad	används inom geologin, anger att en bergart har en skiffrig struktur.
Fyllit	metamorf bergart, bildad genom svag omvandling av ler- och slamstenar, finkornig och utpräglat skiffrig struktur.
Förkastning	en förskjutning i jordskorpan, vanligen i vertikalled.
Förkastningsbelopp	det avstånd, som ett bergarti har rört sig till ett annat bergparti (förkastats).
Gabbro	magmatisk, djupbergart, mörk och grovkornig, består av plagioklas, pyroxen samt ev. olivin.
Granat	silikatmineral, vanligen rödaktig, innehåller järn, magnesium och aluminium, vissa variteter är uppskattad smyckesten.
Granodiorit	granitliknande bergart, med lägre andel kalifätspat än egentlig granit.
Hornblände	silikatmineral, mörkgrönt eller nästan svart, innehåller järn, magnesium, kalcium, natrium och aluminium, tillhör amfibolgruppen.
Hydrotermal	kallas en omvandling genom varma vattenlösningar(100-400^{o}), ofta i sprickor.
In situ	geologisk term, som avser den plats eller läge där en bergart, jordart elller fossil har bildats.
Intrusion	process nere i berggrunden, vid vilken uppsmält, (trögt) flytande bergmaterial tränger fram.
Intrusiv bergart	bergart, som uppkommit ur bergartssmälta, som inträngt och stelnat nere i jordskorpan, som massiv eller gångar.

Kalifätspat	silikatmineral, en fältspat, som innehåller kalium och aluminium, vanligt bergartsbildande mineral.
Karelsk	benämning på äldre bergarter i övre Norrland och i norra Finland, som tillhör samma tidscykel, karelium.
Kompetent	används inom geologi om en bergmassa, som har förmåga att motstå tektoniska krafter utan att deformeras plastiskt.
Konglomerat	en sedimentär bergart, som består av rundade brottstycken av en eller flera bergarter i en mellanmassa.
Kvartsit	metamorf bergart, som huvudsakligen består av kvarts.
Magnetit	mineral, metallglänsande och gråsvart, som innehåller järn och syre i proportionerna Fe O , kraftigt magnetiskt, vanlig järnmalm
Meta	förstavelse, som anger att en bergart är omvandlad (metamorf).
Metamorfos	används inom geologin för omkristallisering, ibland till nybildning av mineral. För att metamorfos skall kunna äga rum, bör bergarten ha en temperatur av 200° till 700°. Ofta är också trycket högt, vattenånga underlättar processen.
Migmatit	metamorf blandbergart, som består av en omvandlad sedimentär bergart (ofta gnejs) och en yngre, massformig och grovkornig magmatisk bergart (vanligen granit), som förekommer i ådror, ögon eller andra former
Migmatisering	process vid vilken en bergart omvandlas till migmatit.
Mikroklin	silikatmineral, ofta rosa eller benvit kalifältspat, se fältspat.
Muskovit	silikatmineral, ljus glimmer, innehåller kalium och aluminium.
Oligoklas	se plagioklas.
Pegmatit	magmatisk bergart, mycket grovkornig granit
Plagioklas	silikatmineral, det absolut vanligaste mineralet i jordskorpan, en fältspatgrupp,

som omfattar fältspaterna: albit, oligoklas, andesin, labrador, bytownit och anortit.

Porfyroblast — förstorade korn eller kristaller i en bergart, som bildats genom termodynamisk metamorfos.

Prekambrium — sammanfattande namn för tiden före kambrium dvs. äldre än 600 miljoner år.

Primorogen — tidsintervall i ett tidigt stadium i en bergskedjebildning, jämför serorogen.

Pyroxen — mineralgrupp, för silikater, som innehåller Mg, Ca, Fe, Al och Na, t ex diopsid.

Serorogen — tidsintervall i ett sent stadium i en bergskedjebildning, jmf primorogen.

Silikat — sammanfattande namn på mineral, som innehållet kisel och syre.

Skarn — geologisk term, som betecknar en omvandlingsbergart, huvudsakligen bestående av kalciumsilikat t.ex. diopsid.

Skriftgranit — är en granitpegmatit, där stora fältspatkristaller innesluter skarpkantade kvartskristaller, liknar antika skrivtecken.

Svekokarelsk — sammanfattande namn för tiden när den svekokarelska bergkedjeveckningen pågick dvs. 1750 till 2500 miljoner år sedan.

Synklinal — ett nedåtriktat geologiskt veck, jämför antiklinal.

Titanit — silikatmineral, mörkt rödbrunt, innehåller kalcium och titan.

Tremolit — silikatmineral, vit till grå, som innehåller kalcium, magnesium och järn, tillhör amfibolgruppen, jmf aktinolit.

Tuff — bergart bildad av kompakterade vulkaniska fragment.

Tuffit — en tuff som vid avsättning blivit uppblandad med andra sediment såsom sand eller lera.

Turmalin — silikatmineral, förekommer i olika färger, vanligast är svart, röd, blå och grön. Har karakteristisk triangulärt tvärsnitt, före-

kommer accesoriskt i bl.a. pegmatiter.

Veckaxel — en linje orienterat parallellt med ett synklinalvecks djupaste del eller ett antiklinalvecks högsta del.

Zirkon — silikatmineral, olika nyanser av brun eller färglös, innehåller zirkonium.