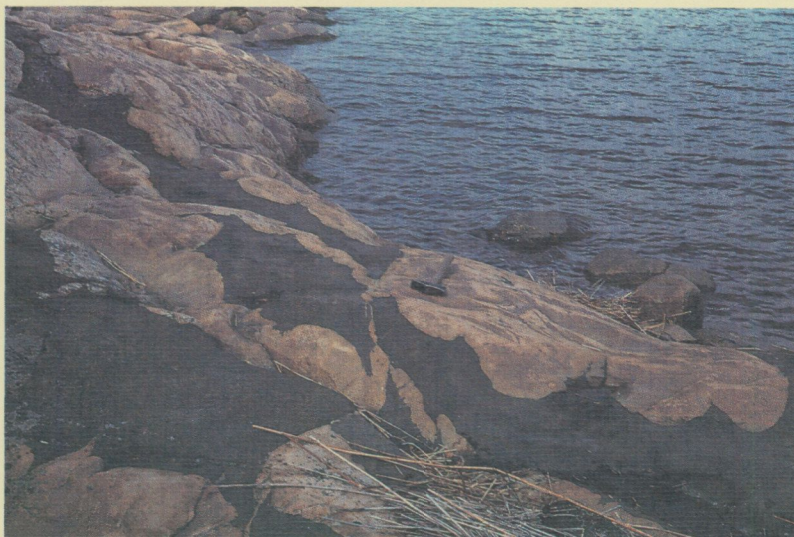


Berggrundskartor

SGU Serie Af 161, 166, 169, 172 • Skala 1:50 000

Beskrivning till berggrundskartorna Östhammar NV, NO, SV, SO

med sammanfattande översikt av
basiska gångar, metamorfos och tektonik
i östra Mellansverige



Göran Stålhös

SGU
Sveriges Geologiska Undersökning

Uppsala 1991

BERGGRUNDSGEOLOGISKA OCH GEOFYSISKA KARTBLAD

SKALA 1:50 000

Serie Af · Nr 161, 166, 169, 172

Göran Stålhös

Beskrivning till berggrundskartorna

Östhammar NV, NO, SV, SO

med sammanfattande översikt av
basiska gångar, metamorfos och tektonik
i östra Mellansverige

Description to the maps of solid rocks

Östhammar NV, NO, SV, SO

UPPSALA 1991

ISBN 91-7158-500-1

ISSN 0586-1543

För information om jordarter och grundvatten hänvisas till jordartskartor (SGU serie Ae) samt hydrogeologiska kartor (SGU serierna Ag och Ah).

Närmare upplysningar erhålls genom

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Box 670

751 28 UPPSALA

Tel 018-17 90 00

Redigering och layout: SGU

Tryck: Offsetcenter AB, Uppsala 1991

INNEHÅLL

Förord	5
Inledning	6
Översiktlig karakteristik och fördelning av ytbergarterna inom Östhammarregionen	10
Sura vulkaniska ytbergarter s.k. metaryoliter (alkaliryolit, ryodacit, natronryolit, kaliryolit-ryolit)	12
Glimmerkvartsiter, malm- och skarnassocierade led, fragmentbergarter och konglomerat	27
Intermediära vulkaniska ytbergarter (metadacit-metaandesit) jämte associerade fragmentbergarter	35
Basiska vulkaniter (metabasalter) jämte associerade fragmentbergarter ...	42
Metasedimenten inom nordöstra delen av bladet Östhammar NV (övergångsled metavulkanit-metasediment)	47
Metasedimenten inom bladet Östhammar NO	51
De vulkaniska och sedimentära ytbergarternas kemi	53
Karbonatstenar, tidigare brytning och tillgångar samt skarn	61
Prim- eller synorogena djubergarters utbredning och karakteristik	71
Djupgrönstenar	72
Granitoider (graniter, granodioriter och tonaliter)	82
Djubergarternas kemi	93
Gångbergarter av skilda åldrar och deras tektoniska relationer (metabasit, porfyr och metadiabas)	95
Gångar av felsitporfyr	123
Serorogena granitoider	123
Metamorfos: hydrotermala omvandlingar – tidig kontaktmetamorfos, regionalomvandling (hög, medel och låg), sen kontaktomvandling samt retrograd omvandling	126

Regionalmetamorfosen i östra Mellansverige i belysning av granat-biotitjämvikter	133
Tektonik	137
Stratigrafi	158
Spricktektonik	162
Malmområden och gruvor	165
Gruvor på kartbladet Östhammar SV	167
Gruvor på kartbladet Östhammar NV	176
Gruvor på kartbladen Östhammar NO och SO	190
Analystabeller (tabell 1–15)	202
Summary	234
Litteraturförteckning	241

FÖRORD

Beskrivningen över Östhammarregionens berggrund baserar sig på material insamlat successivt under fältarbeten på de fyra kartbladsområdena Östhammar SV, NV, NO och SO i nämnd ordning. Arbetet i fält startade sensommaren 1982 och fortgick de sex följande somrarna. Fältrekognosceringen har kunnat bedrivas med stöd av ett hållmanuskript, det senare ett resultat av en parallell men något tidigare slutförd jordartskartering över hela kartområdet. Onödigt tidspillet har härigenom kunnat undvikas i sökandet efter blottningar, speciellt i de hållfattiga västra delarna av regionen. Av praktiska och tidsmässiga skäl har de två först färdigställda kartbladen, SV och NV, blivit kraftigt överrepresenterade relativt sett vad gäller den dokumentation i form av planimetriska och kemiska analyser som ingår i beskrivningen.

Den kortfattade beskrivningen i marginalen till de olika kartbladen vänder sig i första hand till en publik med viss geologisk utbildning men bör nog också till stora delar kunna förstås och utnyttjas av de flesta som har något intresse och fallenhet för ämnet. Då man i samband med den fortskridande tryckningen av de enskilda kartbladen med åtföljande korta beskrivningar redan tidigt tvingats ta ställning till vissa ännu ej lösta problem kan en del mindre omtolkningar av åsikter eller något förändrade beteckningar i kartorna inte undvikas om man tar hänsyn till den långa tidsrymd projektet ospänner. I fältarbetena har följande geologer och extrageologer deltagit, nämnda i alfabetisk ordning: Ulf Andersson, Ronald Arvidsson, Stefan Bergman, Leif Björk, Birgitta Bygghammar, Olav Eklund, Katalin Holényi, Anders Lindén, Lena Lundqvist och Sam Sukotjo. Mikroskoperingsarbetet i form av punkträkningsanalyser har utförts av Birgitta Bygghammar. Elisabet Carlson har ritat samtliga kartmanuskript och streckfigurer. Mikrofotografierna har tagits av Claes Ålinder, medan Karl Erik Alnavik utfört övrigt reproarbete. Kerstin Finn och Inger Nord renskrev manuskriptet, vilket därefter redigerats av Agneta Ek. Sakgranskare av manuskriptet har varit Thomas Lundqvist och John Smellie korrigerade den engelska texten. Till samtliga nämnda personer vill jag framföra mitt varma tack.

BESKRIVNING TILL BERGGRUNDSKARTORNA ÖSTHAMMAR SV, NV, NO OCH SO

AV GÖRAN STÅLHÖS

Inledning

De fyra kartbladsområden som denna beskrivning omfattar, nämligen Östhammar SV, NV, NO och SO, sträcker sig i söder från trakten av Storvreta ca 10 km N om Uppsala till i höjd med Forsmarks kärnkraftverk i norr. Så när som på ett obetydligt område i sydost är regionen i sin helhet belägen inom norra delen av Uppsala län och upptar där ungefär en tredjedel av ytan. Området kännetecknas av en mycket låg topografi med allmänt förekommande högsta höjder kring 40–50 m på de västra bladen. Ett fåtal höjder i mitten av SV-bladet når över 60 m eller maximalt 73.4 m i Släsbyhällan (2c). Österut sänker sig urbergsytan gradvis och når inom de östra bladen sällan över 30 m. Minst tre fjärdedelar av den totala arealen är skogklädd med utbredda träsk och sumpmarker, särskilt inom de båda västra bladen där blottningsgraden följaktligen är tämligen låg. Naturskyddsområdet Florarna i centrala delen av NV-bladet utgör ett exempel härpå. Hällfrekvensen närmare kusten är däremot mycket hög, inte minst i skärgården på NO-bladet. Detta skapar förutsättningar för ett otal detaljiakttagelser som stundtals bringar klarhet i komplicerade geologiska relationer. Andra observationer åter är ganska svåra att tolka och av tidsmässiga skäl göra rättvisa åt inom ramen för den pågående verksamheten. Här krävs ofta ingående och tidsödande forskning för att lösa problemen. Den basinformation som då erfordras, utöver den här tilltänkta beskrivningen, dvs. primärmaterialet i form av dagböcker och kartor i skalan 1:10 000, finns att tillgå i SGUs arkiv. En liten handledning, utarbetad av SGU, beträffande metodik och bergartsindelning som här tillämpas kan rekommenderas för läsare mindre förtrogna med den geologiska nomenklaturen (Wikström 1981, s. 1–21).

Östhammarregionens berggrund ingår som en liten del i den vidsträckta, ca 2000 till 1800 miljoner år gamla, nu kraftigt nedvittrade svekokarelska bergskedjebeltet, omfattande stora delar av Sverige och Finland. Den nu frampreparerade, ganska ensartade berggrunden inom de fyra kartbladen, är väl lämpad för en gemensam beskrivning. Den svekokarelska utvecklingen inom regionen alternativt Uppland och (Sörmland) framgår av schema, sid. 8. Eruptivbergarter är i majo-

ritet, dels sådana av ytkaraktär bildade genom vulkanisk verksamhet, dels på djupet stelnade magmabergarter. De förra, äldsta bergarterna, upptar ca en tredjedel av arealen (gul färg) i form av sura, intermediära och basiska vulkaniter, lokalt med inlagringar av karbonatstenar, skarn och malmer. Ett obetydligt inslag av metasediment, sannolikt jämnåldriga med vulkaniterna, kan noteras inom de båda norra kartområdena. Bland djupbergarterna dominerar primorogena, ofta förskiffrade granitoider, med växlande surhetsgrad (tonaliter, granodioriter och graniter). Dessa bildar mellan hälften och två tredjedelar av berggrundsytan (olika nyanser av brunt). Knutna till de senare är basiska, något äldre djupbergarter av gabbro-diorittyp, spridda i små massiv över hela regionen. Några få procent av ytan täcks av genombrytande massformiga yngre graniter och pegmatiter (röd färg) företrädesvis längst i norr respektive sydost. Basiska lager och gång-eruptiv av olika åldrar uppträder rikligt. Någon fast anstående berggrund yngre än urberget har inte påträffats inom regionen om man undantar fynd av underkambrisk sandsten som sprickfyllnad i kalkstenen i Lenabergs kalkstensbrott (Åhman 1973, s. 29). Rikligt med block av jotnisk sandsten och framförallt röd och grön ortocerkalk, speciellt i regionens nordöstra del, har bidragit till den kalkrika jordmån som karakteriserar stora delar av länet.

Inom regionens vulkaniska bildningar har ett stort antal malmfyndigheter sedan lång tid bearbetats. Av dessa kan nämnas den i särklass viktiga Dannemora gruva, den enda kvarvarande i drift. Också gruvfälten kring Ramhäll, Vigelsbo och Vattholma förtjänar att omnämnas. Det har i allt väsentligt rört sig om magnetitmalmer, men en del sulfidmalmer har också brutits i Dannemora (se sid. 180).

Den äldsta regionalgeologiska karteringen inom den aktuella regionen skedde mellan åren 1868 och 1889 i samband med tillkomsten av kombinerade jordarts- och berggrundskartor i skalan 1:50 000 i Sveriges geologiska undersöknings regi. Undersökningsområdet inbegriper hela eller mindre delar av följande tolv äldre kartor i SGU Ser. Aa ordnade efter berörd areal, nämligen Öregrund (100%), Alunda (100%), Salsta (50%), Örbyhus (50%), Grisslehamn (15%), Svartklubben (15%), Rånäs (10%), Forsmark (10%), Leufsta (5%), Upsala (5%), Norrtelge (2%) och Grundkallen (2%). Långt senare, 1956, tillkom 2:a upplagan av kartbladet Uppsala inom samma kartserie.

En bättre överblick av de geologiska sambanden än nämnda kartblad ger den av Törnebohm (1880–1882) utgivna, heltäckande berggrundskartan över Mellersta Sveriges Bergslag i skala 1:250 000, inbegripande det aktuella området (delar av blad nr 3). Kartverket med tillhörande beskrivningar baserar sig dels på före nämnda årtal färdigställda Aa-kartor och dels på sex års kompletterande fältstu-

Svekokarelsk utveckling i östra Mellansverige (Uppland kontra Sörmland) med tonvikt på den inom Uppland belägna Östhammarregionen.

Svecokarelian evolution in Eastern Central Sweden (Uppland contra Sörmland) with emphasis on the Province of Uppland including the Östhammar region.

Blockrörelser + sprickbildning	Diabaser (sällsynta i Uppland)	Åldrar milj. år 1000–1550	
Lokal arteritisk åderförgnejsning + plastisk veckning	Serorogena graniter+ pegmatiter	1790	
Blockrörelser + sprickbildning	Metadiabaser (gen. 3) (Sörmland–Bergslagen)		
Kulminerande regionalveckning med associerad omvandling (svagare i Uppland än i Sörmland)	Granitoider?	1840?	
	F ₁ -F ₂ { Påprägling av plan- och lineärförskiffring. Åderförgnejsning + pegm.bildning + regeneration (sistnämnda enbart i Sörmland)	1854	
	? { Basiska gångar (gen. 2)		
Blockrörelser + sprickbildning			
Magmatektonik-diapirism? (starkare i Uppland än i Sörmland) Lokal, av äldre granitoider förorsakad ådring	F ₀ { Felsitporfyrgångar Synorogena mantel-deriverade granitoider Djupgrönstenar	Pegmatit Kv.monz. Granit Granodiorit Tonalit Diorit Gabbro Ultrabasit	1886
Syngenetisk, småskalig, interfolial veckning + blockrörelser	Vulkaniter, karbonatstenar malmer, fragmentbergarter, konglomerat, sediment, mandelstensbasalt, basiska lagergångar (gen. 1)	1898	
Underlag okänt			

dier under ledning av Törnebohm med början 1876. Likheten när det gäller utbredningen av olika bergartsled mellan Törnebohms kartbild och den här presenterade är mycket stor om man bortser från många nog så viktiga detaljer, ett gott betyg för den dåtida, väl hundra år gamla karteringen. Det är främst djupgrönstenarnas mängd och form som skiljer, men också uppdelningen inom gnejsgraniterna är annorlunda, liksom i viss mån gränsdragningen mellan vulkaniter och granitoider.

En av Sund (1957) upprättad karta över "nordöstra Upplands berggrund" i skala 1:275 000 i huvudsak anslutande sig till den ovan av Törnebohm givna kartbilden förtjänar också att nämnas.

Bland övriga publikationer som berör den aktuella regionen skall i första hand nämnas Lindroths (1916) akademiska avhandling "Den Järnmalmförande formationen omkring Ramhäll". Detta arbete, fortfarande i hög grad aktuellt, har varit av stort värde och åtföljs av en berggrundskarta som till arealen motsvarar ca en tredjedel av bladet Östhammar SV.

En del av originalmaterialet till uppsatsen över "Vattholmatraktens järnmalms- och kalkstensfyndigheter" (Åhman 1973) har vidare i form av några kartlagda ekonomiska blad (1b och 1c) väsentligt underlättat arbetet inom berörda område.

En KBS-rapport med tillhörande karta från området öster om Finnsjön (Olkiewicz och Arnefors 1981) skall också nämnas. Denna har med begränsad revidering kunnat utnyttjas direkt inom en yta av ca två ekonomiska blad (Östhammar NV, 8d, 9d). Ett bidrag till geologin inom bladet Östhammar SO (5i, 5j) ger också en mindre karta i uppsatsen "Berggrunden inom leptitområdet mellan Harg och Hargshamn i Norra Uppland" (Beyer 1954).

En specialkarta i skalan 1:250 000 slutligen, sammanställd av hydrogeologiska avdelningen på SGU, ger en överblick av berggrunden inom Uppsala län och grundar sig på äldre material fram till år 1983. Kartan är ritad på ett modernt topografiskt underlag (Ser. Ah nr 5).

Förutom berggrunds- och strukturgeologiska kartor, de senare kommenterade i kapitlen om tektoniken, innefattar de bifogade kartfoldrarna även fyra flygmagnetiska kartor över den magnetiska totalintensitetens fördelning inom Östhammarregionen. Det är främst mineralet magnetit som ger upphov till magnetismen i berggrunden. Ju större positiv anomali (starkt blå färg) desto större halt av detta mineral. Kartan ger följaktligen en bild av magnetitens fördelning. Det betydligt svagare magnetiska mineralet magnetkis ger också upphov till anomalier om halterna är tillräckligt höga. Endast då de magnetiska mineralen är regelbundet knutna till speciella bergartstyper kan en viss överensstämmelse mellan

bergartsgränser och magnetiska konturgränser påräknas. En förhöjd men ojämnt fördelad halt av magnetit och/eller magnetkis utmärker ofta de järnmalms- eller kisförande sura vulkaniterna med lokalt höga magnetiska anomalier som följd (jfr berggrundskartan med den magnetiska kartan). De intermediära vulkaniterna och basalterna däremot har generellt en mera jämnt fördelad låg till måttlig magnetithalt att döma av anomalernas utseende på SO-bladet. Djuvgrönstenarna visar ofta tydliga magnetiska anomalier, dock endast inom sådana delar av massiven där magnetithaltiga differentiat antas föreligga. Exempel på massiv upplade i både hög- och lågmagnetiska delar förekommer såväl öster om Gimo (4g) som sydväst om Faringe k:a (Of). Bland de primorogena granitoiderna är främst tonaliterna lågmagnetiska (se NV- och SV-delarna av bladet Östhammar SO) medan de intermediära och sura leden visar en oregelbunden låg till medelhög magnetisk anomalibild.

Ett komplement till Östhammarregionens berggrund utgör beskrivningarna till kartbladen Uppsala SV, SO (Stålhös 1972), Enköping SO och SV (Stålhös 1974 och 1976) samt Uppsala (Lundegårdh 1956), alla i huvudsak belägna inom ramen för landskapet Uppland.

Översiktlig karakteristik och fördelning av ytbergarterna inom Östhammarregionen

Ytbergarter av vulkaniskt ursprung är jämnt fördelade inom undersökningsområdet och upptar ca en tredjedel av den totala berggrundsytan inom vart och ett av de fyra Östhammarbladen. Störst utbredning framför allt inom bladen Östhammar SV och NV har s.k. metaryoliter (alt. hälleflintor och/eller leptiter), ett gemensamt namn för sura metavulkaniter av ryodacitisk, ryolitisk och alkaliryolitisk sammansättning (se kartans teckenförklaring). Ett karakteristiskt drag hos de alkaliryolitiska leden är en ofta förekommande kemisk uppdelning i natronrespektive kaliextrema led, ett förhållande som tidigt uppmärksammades av geologerna (se det följande). En porfyrisk utbildning med strökorn av kvarts och/eller fältspat i metaryoliterna ger en tydlig fingervisning om deras vulkaniska ursprung. Redan tidigare undersökningar inom SV-bladet i trakten av Ramhäll (Lindroth 1916) visade att de aktuella vulkaniterna till väsentlig del torde utgöras av kristalltuffer och tuffiter avsatta på intermittenta landytor och/eller direkt i havet. Lokalt kraftigt förhöjda glimmerhalter i metaryoliterna avspeglar sannolikt ett primärt tillskott av lerhaltigt vittringsmaterial, betingat av en subakvatisk bildningsmiljö. I samma riktning pekar också ett betydande inslag av kalk-

stenar, dolomiter jämte skarn- och malmhorisonter, vilka i väsentlig grad har sin upprinnelse i kemiska utfällningar och organiska processer i tidigare havsområden. Möjligen ingår också, om tolkningen är riktig, en del ignimbriter, lavor och/eller hypabyssiska (ytnära) intrusioner bland de ofta ganska väl bevarade sura metavulkaniterna. Genetiskt samhöriga med de senare är också vissa fragmentbergarter, konglomerat och kvartsporfyriska glimmerkvartsiter, samtliga betecknade med vulkaniternas gula bottenfärg.

Jämsides med sura metavulkaniter och delvis växellagrande med dessa kan ett ökande inslag av intermediära vulkaniter noteras då man från trakten norr om Vigelsbo gruvfält (7 e) rör sig mot nordost, norr och nordväst. Intermediära led med tonvikten lagd på metadaciter utgör också en väsentlig del av vulkaniterna inom bladen Östhammar SO och NO (gult med gröna prickar). I sistnämnda fall, inte minst på Söderön (7j) och söder om Östhammar, har metadaciterna ofta en porfyritisk utbildning och växellagrar, möjligen delvis som ytligt intruderade lager, med en för övrigt dominerande rödlätt skiktad, lokalt kvartsporfyrisk metavulkanit. I dessa sammansatta vulkanitområden tillåter inte kartskalen adekvata beteckningar, utan vissa blandbeteckningar i form av omväxlande gröna och röda prickar på gult måste tillämpas. Små inslag av metadacit (i vid bemärkelse) är också vanliga som begränsade skivor och brottstycken i gnejsgraniterna, främst inom de båda östra kartbladen.

Basiska metavulkaniter med sannolikt lavaursprung har en mycket begränsad utbredning i form av metabasalter till metaandesiter (ljusgrön färg), speciellt inom bladen Östhammar NO och SO. Små förekomster finns också på NV-bladet. På några av de tidigare nämnda lokalerna har mandelstensbasalt och sannolik pillowlava iakttagits. I likhet med de sura metavulkaniterna är också basalterna och de nyss omtalade metadaciterna associerade med fragmentförande led.

En distinkt och logisk gränsdragning mellan metavulkaniter och metasediment är inte alltid genomförbar. Ett exempel härpå utgör det som sediment betecknade området i nordöstra delen av kartbladet Östhammar NV. En gemensam nämnare för detta område är en ofta förekommande tydlig skiktning i bergarterna och frånvaron i allt väsentligt av kvartsströkorn. En sydlig zon med sedimentlika bergarter av ryolitisk sammansättning (gula spolar på blått) avlöses norrut av gråvackelika led (blått med gröna prickar) med svåravgränsat inslag av delvis plagioklasporfyritisk metadacit. Längst i norr finns till sist ett område med kvartsrika glimmerskiffrar.

Mera sedimentlika led uppträder i ett antal långsmala, avgränsade stråk, huvudsakligen inom bladet Östhammar NO. Frånvaron av kvartsfältspatströkorn

utmärker dessa vanligen kvarts- och glimmerrika, ej sällan granatförande bergarter.

Sura vulkaniska ytbergarter, s.k. metaryoliter (alkaliryolit, ryodacit, natronryolit, kaliryolit-ryolit)

De i rubriken anförda bergarterna med associerade, något glimmer- och skarnförande led, bildar, som ovan nämnts, huvuddelen av metavulkaniterna inom de båda västra kartbladen men förekommer också rikligt inom den västra delen av SO-bladet. Liknande bergarter, kraftigt uppblandade och växellagrande med porfyritiska metadaciter, upptar också ca hälften av vulkaniterna inom bladet Östhammar NO. Av ca 125 i slipprov undersökta sura vulkaniter har 88 stycken planimetrerats och den volymprocentuella mineralfördelningen ställts samman i variationsdiagrammen 1, 2 och 3. Av dessa kan också den vanliga kornstorleken i bergarternas matrix utläsas, liksom förekomst och storlek av eventuella strökorn. Vidare framgår anortitinhållet i plagioklaserna, liksom vissa bergarters ekvivalentnorm (=E) framräknad ur tillgängliga kemiska analyser (jfr 32 kemiska analyser i tabell 1, 2 och 3). Hälleflintskorniga led med korndiameter i matrix underskridande 0.05 mm enligt definition dominerar bland de planimetrerade metavulkaniterna inom de båda västra bladen. De tätaste, ej planimetrerbara leden, med kornstorlekar ned mot 0.01–0.02 mm, finner man i det nord-sydliga vulkanitstråket från Skyttorp (2b) i söder till Lillbyasjön i norr (6d). Allra bäst bevarade är utan tvivel vulkaniterna i och omkring Dannemora gruvområde där såväl mikrogranofyriska, sfärlitiska (fig. 1) som eutaxitiska, bandartade strukturer påvisades mycket tidigt av Nordenskjöld (1895) och Törnebohm (1878). Något grövre leptitkorniga led finner man lokalt i gränsen mellan gnejsgraniterna och metavulkaniterna, t.ex. i området NO om Finnsjön, N om om Körbo (8d). Här anstår massiva bergarter bestående av oligoklas, kvarts och biotit (<10 vol.%) av vilka en del utgör en tydlig intrusiv randfacies till de tonalitiska urgraniterna medan andra möjligen skall klassas såsom förgrovade metavulkaniter.

Det stora flertalet sura metavulkaniter är i växlande omfattning strökornsförande, porfyritiska med kvarts, plagioklas (ofta albitisk) och i begränsad utsträckning kalifältspat, som bildar större kristaller från 0.5 till 5 mm i diameter. Kvartsströkorn är utan jämförelse vanligast. Endast i mera natronextrema led kan albitiska strökorn konkurrera i mängd. Man kan då tala om kvartsfältspatporfyrier även om för enkelhetens skull endast en beteckning utnyttjas i kartan (röda punkter på gult).

Diagram 1 visar mineralsammansättningen i sådana sura metavulkaniter, där en förhållandevis jämn fördelning råder mellan mineralen kvarts, plagioklas och kalifältspat. Därutöver tillkommer ett obetydligt inslag av biotit-muskovit och/eller skarn (i ökande mängd t.h. i diagrammet).

Natronryoliterna i diagram 2 domineras av albitisk plagioklas (lokalt >60 vol.%) och kvarts. Övriga mineral är desamma som i diagram 1.

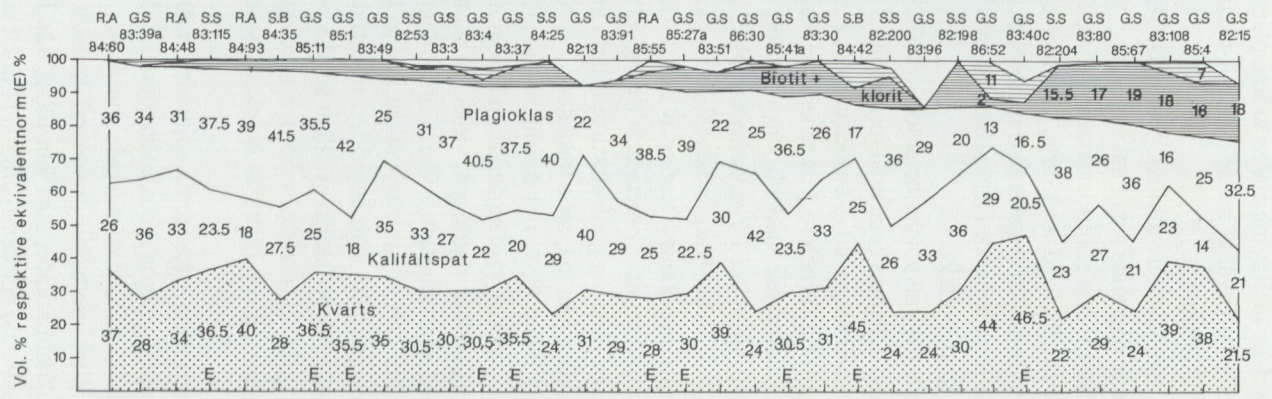
Kaliryoliter och ryoliter, slutligen, har ställts samman i diagram 3. Här dominerar kalifältspat, ofta >60 vol.%, följd av kvarts, glimmer och skarn. Kaliextrema led tycks vara mindre vanliga än motsvarande natronextrema, vilket antyds av den ringa mängden av de förra bland de i huvudsak slumpvis tagna och planimetrerade slipproven (jfr diagram 3 och 2).

Enligt det klassifikationssystem för vulkaniska bergarter som tillämpas här (IUGS 1980) eller i något modifierad och mera detaljerad form enligt Streckeisen (1967) är huvuddelen av vulkaniterna i diagram 1–3 att beteckna som ryodaciter och alkaliryoliter (se triangeldiagram fig. 2a och b). I de senare har plagioklaserna en albitisk sammansättning (gränsen här vald till An_{10} jämfört med An_5 enligt IUGS 1980), medan anortitinnehållet i ryodaciternas plagioklas är $>An_{10}$. I några fall i diagram 2 (7 av i allt 38 st) ersätts albiten av sur plagioklas, vilket i strikt mening föranleder en omklassificering av motsvarande bergarter, varvid benämningen natronryolit ersätts av metadacit (se fig. 2a). En obetydlig höjning av CaO-halten i plagioklaserna ger följaktligen starkt utslag i nomenklaturen. Hur stor del sådana dactiska led, med förhållandevis sur plagioklas, som proportionsvis döljer sig bland för övrigt dominerande, albitförande natronryoliter är omöjligt att avgöra utan mycket ingående undersökningar.

De sura metavulkaniterna är i allmänhet vitgrå, grå, violettgrå till rödaktiga, täta eller finkorniga bergarter med granoblastisk textur. Fördelningen mellan kalifältspat, här pertitisk mikroklin, och plagioklas i dessa kan sällan förutsägas på grundval av färgen, vilket speciellt gäller de grå leden. Bland de vitgrå överväger måhända plagioklas medan de rödaktiga ej sällan är rika på kalifältspat. Övriga mineral är biotit (gulgrön till mörkt olivgrön), muskovit, magnetit samt epidot, grossular, diopsid, vesuvian och hornblände i skarniga associationer (se t.ex. diagram 3, GS 86:56).

De natron- respektive kaliextrema metavulkaniterna uppträder i många områden ganska oregelbundet utan att antyda någon inbördes stratigrafi. Likväl överväger natronextrema led inom den ost-västligt orienterade zonen över Ramhälls gruvområde (3d). Kaliryoliter–ryoliter–ryodaciter dominerar däremot inom det stora synformartat uppbyggda vulkanitområde, som kan följas från Rasbokil–Vattholma i söder via Skyttorp (SV, 2b) till den tydligt synklinalt uppbyggda

DIAGRAM 1. Mineralfördelningen i sura metavulkaniter (alkaliryoliter-ryodaciter) från kartbladsområdena Östhammar SV, NV och NO. Motsvarande kemiska analyser framgår av tabell 1.
 Modal compositions of alkalirhyolites-rhyodacites from the areas of map-sheets Östhammar SV, NV and NO.
 Corresponding chemical analyses in Table 1.



An %	Olig 15	30	8	10	<10	15	15	20	20	20	15	4	5	Olig	Olig	18	26	Olig	Olig	ε	20	7	Olig	20	20	0	0	30	>25	20	Olig	25	35
Apatit	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	0.3	+	+	-	-	-	-	-	0.1	+	+	+	-	+	
Zirkon	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opakmineral	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	1.5	+	-	1	0.5	0.2	-	+	+	+	2	+	1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	0.3
Biotit	1	2	3	3	2.8	4.2	5	3.5	1	+	+	+	+	4.6	7.5	6	5	9	9	5	8	-	11	2	3.2	12.6	17	19	18	16	17.7		
Klorit	-	1	+	2.2	-	+	+	+	4	2.5	5.5	7	2	-	+	2	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	-	0.3	
Musk-ser.	-	+	-	-	+	+	-	1	-	2.8	+	+	3.5	+	2	+	8	4	-	+	8	4	-	11	6.4	-	-	+	4	7	+	-	
Amfibol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8
Epidot	+	1	-	+	+	+	+	1	1	+	+	+	1	3	+	3	+	-	-	+	-	+	2	-	1	-	1	1	+	-	-	-	3.8
Kalcit	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	0.8	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	2	-	7	-	-	+	-	-	-	-	-
Titanit	-	+	-	+	-	0.3	-	+	+	+	-	+	+	0.6	+	+	-	+	+	-	+	-	1	-	-	0.3	+	-	-	-	-	-	1.1
Granat	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diopsid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kornstorlek	0.05-0.15	0.05-0.1	0.1	0.1-0.15	0.07	0.02-0.1	0.02	0.03	0.03	0.03	0.1	0.15-0.25	<0.05	0.05-0.1	0.2-0.4	0.05	0.05-0.1	0.1-0.2	0.1-0.2	0.15-0.35	0.06	0.05	0.05-0.1	0.2-0.4	0.05	0.05-0.1	0.1-0.2	0.03-0.07	0.05-0.07	0.05-0.1	0.1-0.2	0.1-0.2	
Strömkorn	1	0.5-1	1-2	0.5-5	1-1.5	1	1-1.5	1-3	0.3-2	1-4	0.5-1.5	1-1.5	1	0.5	0.5-2	1-3	1-3	1.0	0.5-1.5	0.7-2.5	0.5-2	1.5-5	0.5-1.5	0.5-2	1.5-5	0.5-1.5	0.5-2	1.5-5	1-2	1.5-5			
N	275	285	245	295	630	240	350	420	265	620	290	245	255	310	545	295	360	275	260	360	265	295	285	275	550	275	580	290	375	270	350	395	
			kem.			kem.					kem					kem.											kem.						

Analyslokaler till diagram 1

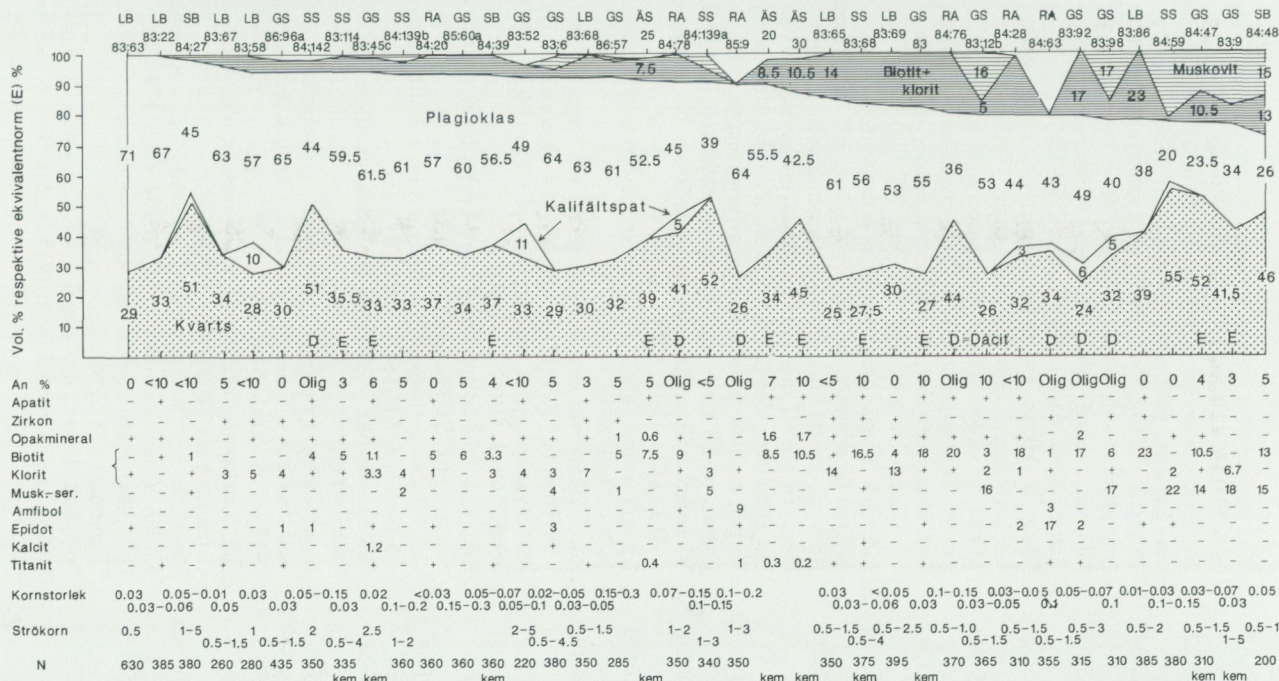
- RA84:60 Röd, kvartsporfyrisk ryodacit. – 1.5 km N om Krapelåsens triangelp. 50,33. 66827/16223. Östh. NV (6e).
- GS83:39a Röd, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit. – Ängsgruvan, N om Vattholma. 66587/16081. Östh. SV (1b).
- RA84:48 Rödlätt, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit. – 600 m OSO om Krapelåsens gruva. 66824/16217. Östh. NV (6e).
- SS83:115 Röd, kvarts-fältspatporfyrisk alkaliryolit. – Vägskäring ca 300 m NV om Granbacken. 66778/16109. Östh. NV (5c). Kemisk analys.
- RA84:93 Gråvit, skiktad alkaliryolit. – 500 m S om Skällbo. 66917/16206. Östh. NV (8e).
- SB84:35 Röd, kvartsporfyrisk alkaliryolit. – 1.5 km NV om Körbo. 66947/16154. Östh. NV (8d).
- GS85:11 Ljusgrå ryodacit. – Ca 350 m N om Fridhem. 66897/16215. Östh. NV (7e). Kemisk analys.
- GS85:1 Violettblå, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit-dacit. – 1 km N om Sonbo, invid väg. 66918/1618. Östh. NV (8d). Kemisk analys.
- GS83:49 Rödgrå, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit eller randfacies av salisk gnejsgranit. – 800 m VSV om Järlebo. 66699/16074. Östh. SV (3b).
- SS82:53 Ljusgrå ryodacit (skiva i gnejsgranit). – 500 m V om Nyckelbol. 66524/16153. Östh. SV (Od).
- GS83:3 Rödgrå, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit. – 500 m NO om Altomta, ca 2 km NV om Lena k:a. 66578/16059. Östh. SV (1b).
- GS83:4 Röd, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit, kristalltuff. – 100 m N om norra Koltorp, ca 1 km SSO om Salsta. 66592/16082. Östh. SV (1b). Kemisk analys.
- GS83:37 Röd, lätt skiktad, kvarts-fältspatporfyrisk alkaliryolit. – 200 m NV om Strömhagsgruvan. 66578/16086. Östh. SV (1b). Kemisk analys.
- SS84:25 Röd alkaliryolit eller småkornig randfacies av salisk gnejsgranit. – 700 m V om Skogen. 66972/16134. Östh. NV (9c).
- GS82:13 Gråröd, kvarts-fältspatporfyrisk, strimmig ryodacit (ignimbrit?). – 250 m SV om Älvansborg. 66501/16098. Östh. SV(Ob).
- GS83:91 Gråröd, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit. – Ca 500 m S om Strömhagsgruvan, Ö om Vattholma. 665725/16086. Östh. SV (1b).
- RA85:55 Gråröd, skiktad ryodacit. – 500 m SO om Kilbovret. 66763/16398. Östh. NO (5h). Kemisk analys.
- GS85:27a Grå ryodacit. – 300 m SV om Gunbyle, vid väg 79. 66811/1637. Östh. NO (6h). Kemisk analys.
- GS83:51 Rödgrå, kvartsporfyrisk ryodacit. – Ca 7 km NO om Viksta k:a. 66697/16057. Östh. SV (3b).
- GS86:30 Gråröd, kvartsporfyrisk, ryodacit. – 200 m S om Långalma (stora vägskalet). 66856/16484. Östh. NO (7j).
- GS85:41a Röd alkaliryolit. – 300 m SV om triangelp. Ornön, Söderön. 66871/16428. Östh. NO (7i). Kemisk analys.
- GS83:30 Rödgrå, kvarts-fältspatporfyrisk, intrusiv randfacies av intermediär gnejsgranit? – Koltorpsgruvorna. 66578/16086. Östh. SV (1b).
- SB84:42 Kvartsporfyrisk alkaliryolit. – Vid Bystadgruvorna, ca 900 m VSV om Sonbo. 66905/1617. Östh. NV (8d). Kemisk analys.

- SS82:200 Grå ryodacit. – 200 m Ö om Grönvallen. 665425/16121. Östh. SV (0c).
- GS83:96 Rödlätt, skarnfläckig ryodacit. – Ca 500 m VNV om Lenabergs kalkstensbrott. 6656/16082. Östh. SV (1b).
- SS82:198 Grå, skiktad, kvartsporfyrisk ryodacit. – 1 km Ö om Grönvallen, vägskal. 66543/16127. Östh. SV (0c).
- GS86:52 Röd, kvartsporfyrisk alkaliryolit. – 500 m OSO om Gården. 66857/16441. Östh. NO (7j).
- GS83:40c Röd, kvarts-fältspatporfyrisk alkaliryolit (ignimbrit eller lava?). – 500 m NO om Säbytorp. 66655/16088. Östh. SV (2b). Kemisk analys.
- SS82:204 Rödgrå, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit eller randfacies av gnejsgranit? – Ca 2.5 m V om Rasbokil k:a. 66548/16122. Östh. SV (0c).
- GS83:80 Grå, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit eller randfacies av gnejsgranit? – Ca 1.5 km O-OSO om Vattholma sjukhem. 66572/16112. Östh. SV (1c).
- GS85:67 Grå, kvartsporfyrisk ryodacit. – 400 m S om Stjärnudden. 6681/16374. Östh. NO (6h).
- GS83:108 Grå, kvartsporfyrisk, fragmentförande ryodacit. – Ca 500 m NV om Grönvallen. 66548/16115. Östh. SV (0c).
- GS85:4 Grå ryodacit. – Ca 300 m S om Skällbo. 66919/16204. Östh. NV (8e).
- GS82:15 Grå, plagioklasporfyritisk ryodacit eller randfacies av granodiorit? – Ca 1.5 km O-ONO om Kölinge. 6659/1617. Östh. SV (1d).

järnmalmsfyndigheten vid Dannemora (se kartan och Lager 1986). Vulkaniterna väster om Dannemora verkar åtminstone delvis natrondominerade och utgör möjligen en något lägre stratigrafisk nivå. Den kalibetonade synklinalen i Dannemora fortsätter troligen över Filmsjön och Lillbysjön och övergår norrut i ett mera obestämbar synklinorium med avseende på fördelningen natrium-kalium inom Vigelsbofältet (7e) med dess förgreningar i söder kring Krapelåsen (6e) och i norr mot Juvansbo (7e, 8e). Från Vigelsbo gruvor åt NNV förbi Älgsjön och Finnsjön (8d) och vidare västerut söder om Åkerbysjön (9c) tycks natrondominerade led överväga, inte sällan med ett visst dacitiskt inslag. Bland alkalivulkaniter inom NO-bladet är kalirika eller kaliextrema sådana främst belägna på Söderön (7i, j), i Östhammarstrakten och kring Harg (5i, j). Endast enstaka fynd av natronextrema vulkaniter har noterats inom detta kartblad (se diagram 2 prov GS 86:57 och 85:60a). En allmän tendens till kornförgrovnig genom rekristallisation (0.1–0.3 mm) kan förmärkas i ytbergarterna när man rör sig från nordöstra delen av NV-bladet i höjd med Finnsjön och österut in på hela bladet Östhammar NO. Från trakten av Harg och söderut på SO-bladet avtar återigen omvandlingsgraden.

DIAGRAM 2. Mineralfördelningen i natronryoliter (Na-extrema vulk.) med svagt inslag av daciter (=D). Materialet härstammar väsentligen från kartbladsområdena Östhammar SV och NV. Motsvarande kemiska analyser framgår av tabell 2.

Modal compositions of Na-rhyolites with inferior contributions of dacites (=D). The material essentially comes from the areas of map-sheets Östhammar SV and NV. Corresponding chemical analyses in Table 2.



ÖSTHAMMAR NV, NO, SV, SO

Analyslokaler till diagram 2

- LB83:63 Röd natronryolit. – Sixtensgruvan, 400 m VSV om Gruvstugan. 666451/161342. Östh. SV (2c).
- LB83:22 Rosagrå, skiktad natronryolit. – Ca 50 m SV om Tälgruvan, 2,5 km Ö om Ramhäll. 66668/162158. Östh. SV (3e).
- SB84:27 Rosagrå, skiffrig, kvartsporfyrisk natronryolit. – 400 m SO om Ingstarbo. 66946/16141. Östh. NV (8c).
- LB83:67 Grårosa, skiktad, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit. – S om Släsbyhällan. 666413/16127. Östh. SV (2c).
- LB83:58 Rosagrå, skiktad, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit. – 500 m NO om Gruvstugan. 66649/161415. Östh. SV (2c).
- GS86:96a Mörkt gråviolett, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit. – Ramhälls gruvor. Stort dagbrott 300 m Ö om centralschaktet. Östh. SV (3d).
- SS84:142 Grå, kvartsporfyrisk, något dacitisk natronryolit. – Ca 500 m SSO om Gustavsbo. 66954/16125. Östh. NV (9c).
- SS83:114 Mörkgrå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit (lava). – Ca 350 m NV om Granbacken. 66778/16109. Östh. NV (5c). Kemisk ana-lys.
- GS83:45c Rosagrå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit. Dm-bred gång eller möjligen skiva i röd, kvartsporfyrisk gnejsgranit. – 800 m NNO om Djupdalen. 66672/16098. Östh. SV (3b). Kemisk analys.
- SS84:139b Vitgrå, skiktad, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit. – Knaphällsgruvan, ca 1,3 km V om Gustavsbo. 66955/161004. Östh. NV (9c).
- RA84:20 Violettrå, skiktad natronryolit. – Ca 200 m NV om Brostugan. 66819/16184. Östh. NV (6d).
- GS85:60a Ljusgrå natronryolit. – Gruvbacken, ca 600 m SSV om Barkö. 66855/16367. Östh. NO (7h).
- SB84:39 Röd, skiktad natronryolit. – Bertilsvik vid Finnsjön, ca 1 km SV om Källviken. 66920/16164. Östh. NV (8d). Kemisk analys.
- GS83:52 Röd, kvartsporfyrisk natronryolit. – Ca 7 km NO om Viksta k:a. 66696/16062. Östh. SV (3b).
- GS83:6 Röd, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, lava? – Ca 2 km N om Salsta. 66622/16082. Östh. SV (2b).
- LB83:68 Grå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, kristalltuff? – Ca 300 m N om Heden. 66647/16117. Östh. SV (2c).
- GS86:57 Grå natronryolit. – 200 m V om Sjöruddu, Söderön, 66870/16469. Östh. NO (7j).
- ÄS25 Kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, granofyrisk, växellagrande med kalksten. – Ramhällsfältet. Äldre kemisk analys från Lindroth 1915 (s. 25). Östh. SV (3d).
- RA84:78 Grå, kvartsporfyrisk, något dacitisk natronryolit. – Ca 2 km VSV om Östora. 66816/16239. Östh. NV (6e).
- SS84:139a Vitgrå, kvarts-fältspatporfyrisk, natronryolit. – Knaphällsgruvan, 1,3 km V om Gustavsbo. 66955/16104. Östh. NV (9c).
- RA85:9 Grå, plagioklasporfyrisk natronryolit–metadacit. – 1,2 km VSV om Djuprudan. 66812/16251. Östh. NO (6f).
- ÄS20 Porfyrisk, skiktad natronryolit. – Klockgruvan, Ramhäll. Äldre kemisk analys från Lindroth 1915 (s. 20). Östh. SV (3d).

- ÄS30 Porfyrisk natronryolit. – Stenringens gruva. Äldre kemisk analys från Lindroth 1915 (s. 30). Östh. SV (3c).
- LB83:65 Grå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, kristalltuff. – 250 m NO om Släsbyhällan. 666465/161295. Östh. SV (2c).
- SS83:68 Grå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, lava eller ignimbrit? – Ca 200 m SV om N. Bullerbacken, V om Dannemora. 66772/16107. Östh. NV (5c). Kemisk analys.
- LB83:69 Grå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, sannolikt tuff. – 500 m N om Heden. 666471/161173. Östh. SV (2c).
- GS83 Mörkgrå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, lava eller ignimbrit? – V om Dannemora, vägskärnning nära Granbacken. Östh. NV (5c). Kemisk analys.
- RA84:76 Grå, biotitrik natronryolit–metadacit. – 750 m ONO om Krapel-åsens triangelp. 50,33. 66814/16227. Östh. NV (6e).
- GS83:12b Rödgrå, muskovitrik, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, intrusiv? – 600 m V - VNV om Gillingboda. 66654/16056. Östh. SV (3b).
- RA84:28 Rödgrå, kvarts-fältspatporfyrisk, något fragmentförande natronryolit. – Brotorp. 66826/1618. Östh. NV (6d).
- RA84:63 Rödgrå, skarnskiktad natronryolit–metadacit. – 2 km VSV om Öst-mora. 66823/16228. Östh. NV (6e).
- GS83:92 Grå, biotitrik metanatronryolit–metadacit. – 500 m N om Lenabergs kalkstensbrott. 665615/16087. Östh. SV (1b).
- GS83:98 Grå, muskovitrik natronryolit–metadacit. – Ca 200 m ONO om Kårbo, SO om Lena k:a. 66553/16078. Östh. SV (1b).
- LB83:86 Grå, biotitrik natronryolit, kristalltuff. – Ca 600 m V om Släsbyhällan. 66647/16121. Östh. SV (2c).
- SS84:59 Grå, skiktad, muskovit- och kvartsrik natronryolit. – Ca 200 m N om Hagelstorp. 66963/16123. Östh. NV (9c).
- GS84:47 Grå, glimmerrik, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit. – 1.3 km NNV om Andersbo. 66888/16176. Östh. NV (7d). Kemisk analys.
- GS83:9 Rödgrå, glimmerrik, kvarts-fältspatporfyrisk, skiffrig natronryolit, lava eller ignimbrit? – Öräng, ca 500 m V om Skyttorp. 66637/16069. Östh. SV (2b). Kemisk analys.
- SB84:48 Grå, glimmerrik, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit. – 300 m SV om Sonbo. 66906/16177. Östh. NV (8d).

De sura metavulkaniterna är ofta skiktade, främst invid karbonatstenar, skarnhorisonter och malmförekomster. Vanligast och samtidigt lättast att konstatera är en skiktning inom ramen för cm–dm-skala (se fig. 3, 4, 5a och b och 6). Mera grovbakad skiktning är ofta svårare att belägga i en enstaka blotning. Särskilt fältspatporfyryer och/eller kvartsporfyryer bildar ibland breda bankar från några meter upp till hundratalet meter i växellagring med finskiktade tuffitiska led. Strökorn är mindre vanliga och saknas ofta i de senare. Mängden strökorn i de porfyriska leden växlar starkt från några volymprocent till mer än halva voly-

Analyslokaler till diagram 3

- GS85:10b Gråvit ryolit. – Ca 900 m NO om Juvansbo. 66898/16222. Östh. NV (7e).
- GS85:10a Röd, epidotfläckig kaliryolit. – Ca 900 m NO om Juvansbo. 66898/16222. Östh. NV (7e).
- GS85:50a Gråröd, kvartsporfyrisk kaliryolit. – Blåsut, ca 400 m SO om Ed plantskola. 66852/16406. Östh. NO (7i). Kemisk analys.
- SS82:67 Violettblå, kvarts-fältspatporfyrisk ryolit. – 800 m V–VNV om Lundby. 66515/16153. Östh. SV (0d).
- GS86:37 Violettblå, skiktad kaliryolit. – 500 m SO om Åkersberg, Söderön. 66863/164505. Östh. NO (7j).
- RA84:35 Röd, skiktad, kvartsporfyrisk kaliryolit. – Krapelåsen. 66826/16211. Östh. NV (6e).
- GS83:94 Grå kaliryolit. – 150 m N om Kallmyra, Ö om Vatholma. 65562/1610. Östh. SV (1b). Kemisk analys.
- RA84:77 Röd, skiktad kaliryolit. – 2 km SV om Östmora. 668181/16237. Östh. NV (6e). Kemisk analys.
- GS86:38 Rödgrå kaliryolit. – 200 m S om Nybröte. 668645/16462. Östh. NO (7j).
- GS83:107b Röd, kvartsporfyrisk ryolit med skarnfragment (ur dm-stor konglomeratboll). – 500 m NV om Grönvallen. 66548/16115. Östh. SV (0c).
- GS83:31 Grå, lätt kvartsporfyrisk kaliryolit. – 350 m ONO om Rudtorp, NO om Vatholma. 66585/16088. Östh. SV (1b).
- GS82:35 Gråröd, kvartsporfyrisk ryolit. – 1 km N om Grönvallen, ca 3 km VNV om Rasbokil k:a. 66525/16117. Östh. SV (1c).
- GS83:14 Grå, kvartsporfyrisk, glimmerrik ryolit. – 500 m N om Gillingboda. 66656/16062. Östh. SV (3b).
- GS86:56 Rödligt, skarnskiktad kaliryolit (epidot, grossular, diopsid, vesuvian). – Ca 500 m S om Sjøruddu, Söderön. 66865/16471. Östh. NO (7j).
- GS83:107a Grå, kvartsporfyrisk, biotitrik ryolit (matrix i grovt konglomerat). – Ca 500 m NV om Grönvallen. 66548/16115. Östh. SV (0c).
- GS83:28 Finsiktad, hornblände-epidotskarnig kaliryolit. – Kajsagruvan, ca 1.5 km SO om Salsta. 6659/16087. Östh. SV (1b).

men. I det senare fallet har man sannolikt att göra med kristalltuffer (fig. 7). En i dm-skala skiktvis varierande halt av strökorn kan ses lokalt, t.ex. norr om vägskälet ca 2.5 km SO om Bredåsens gruvor (7d). Sådana iakttagelser understryker bergarternas karaktär av sedimentära bildningar med tuffogent ursprung (jfr Lindroth, 1916, s. 16–30). Strökornen har sällan de idiomorfa kristallformerna bevarade, utan har i stor utsträckning blivit spräckta eller uppstyckade i samband med eruption och avlagring (se fig. 8). I traktén av Skyttorp (SV, 2b) där de

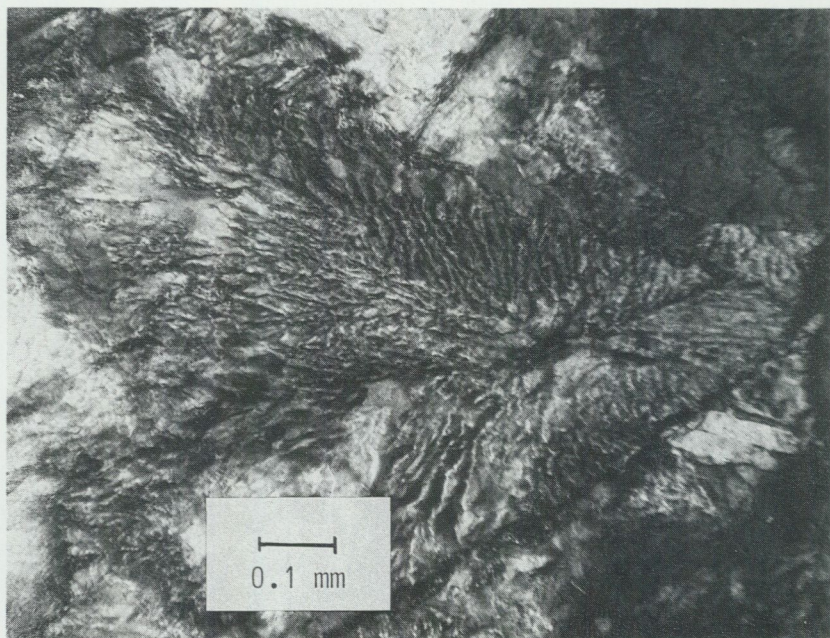


Fig. 1. Natronextrem hälleflinta (prov RA84:3) med mikrogranofyrisk sammanväxning mellan albit och kvarts i sfärlitiska aggregat. – Storbya, ca 3 km NO om Film k:a (6d), NO-bl. 66832/16174. Foto Claes Ålinder. 1/2 kors. nic., 100x.

Well-preserved Na-rhyolite with spherulitic texture.

Fig. 2a och b. Klassificering av sura metavulkaniter på basis av mineralogisk sammansättning enligt Streckeisen (1967) och IUGS (1980). Materialet härrör från kartbladen Östhammar SV, NV och NO. Se diagram 1, 2 och 3; N=88. I fig. 2b tillkommer glimmerkvartsiter-skiffer och skarnbergarter från NV- och SV-bladen (diagram 4; N=17). Den övervägande delen av sistnämnda led är genetiskt starkt knutna till metavulkaniterna.

Classification of acid metavolcanites on the basis of modal composition according to Streckeisen (1967) and IUGS (1980). The material mostly derives from the areas of map-sheets Östhammar SV, NV and NO. Cf. Diagrams 1, 2 and 3; N=88. Fig. 2b also includes mica-quartzites-schists and skarn rocks from the mentioned areas (cf. Diagram 4; N=17). Most of these rocks seem to be genetically related to the metavolcanites considered here.

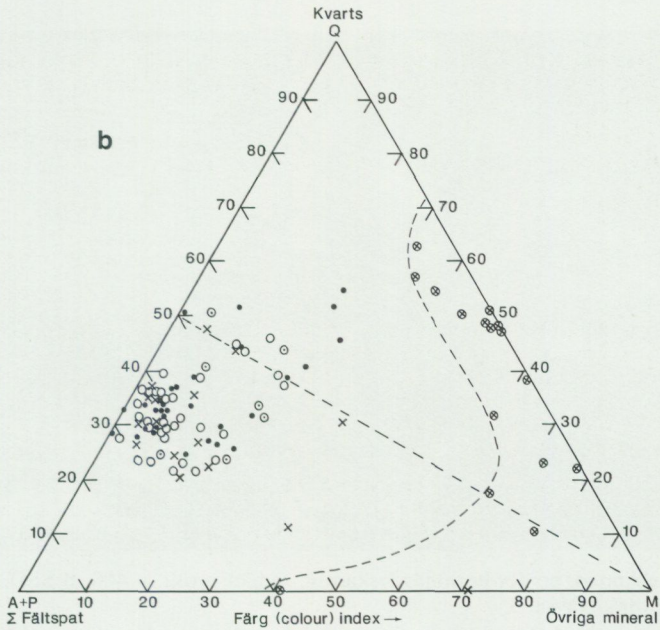
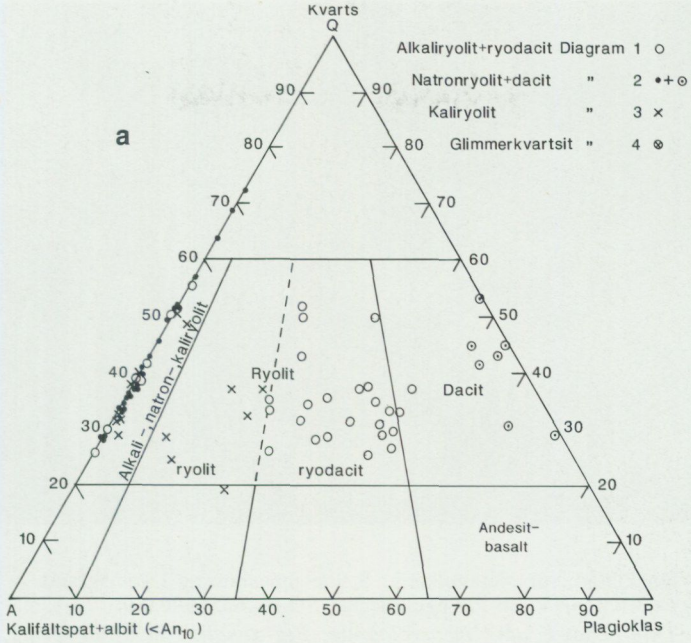




Fig. 3. Finskiktad, sur metavulkanit. Större inneslutning i gnejsgranit. – Vägände, ca 3 km NNV om Faringe k:a (lg), SO-bl. 66566/16380.
Thin-bedded, acid metavolcanite. Big xenolith in synorogenic, gneissic granite.



Fig. 4. Finskiktad, epidot-hornbländeskarnig, rödlätt rhyolit. – 400 m SSO om Skållbo (8e), NV-bl.
Thin-bedded, light red rhyolite with intercalations of epidote and hornblende skarn.

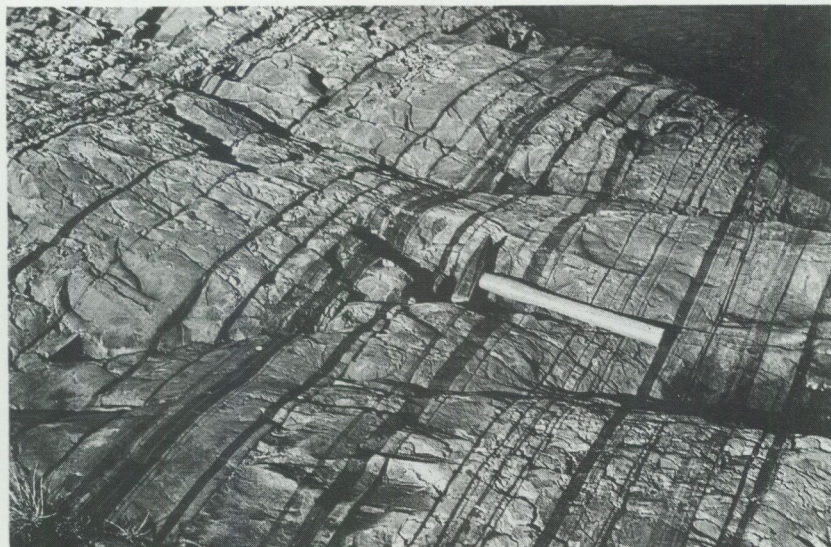


Fig. 5a. Rödlätt, tuffitisk ryolit i växellagring med tunna bäddar av basisk tuffit.
 b. Dito, där basisk tuffit dominerar. – Identiska lokaler S om Getskärsudden, ca 5 km
 OSO om Öregrunds k:a (8j), NO-bl.

Red rhyolite interbedded with thin layers (a), and thick layers (b), of basic tuffite.

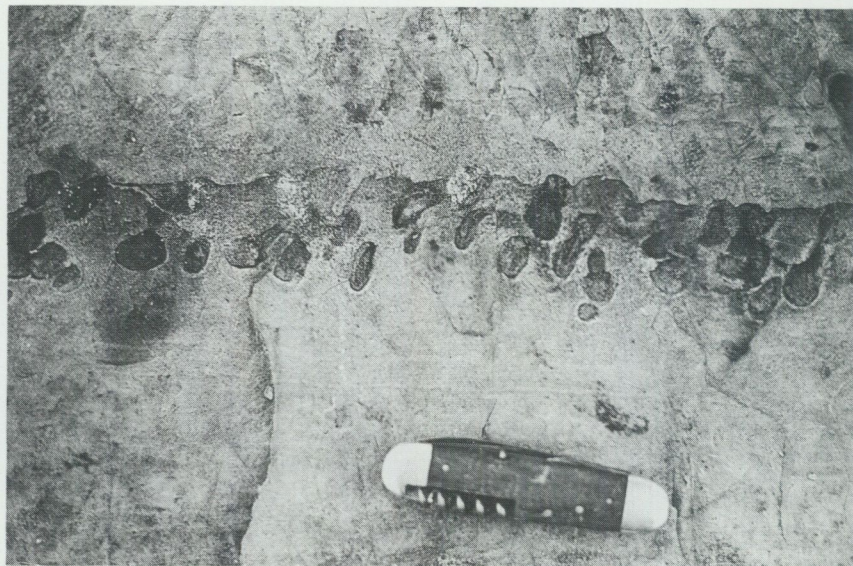


Fig. 6. Skiktad, glimmerförande ryolit med "graded bedding" och "load casts" antydande stratigrafiskt uppåt mot NNO (= uppåt i bilden). Ursprunget till de rundade konfigurationerna är oklart. – Ca 3 km O om Vattholma (1c), SV-bl. 66569/16105. Foto Thomas Lundqvist.

Mica-bearing rhyolite with graded bedding and load casts giving way up direction to the NNE (top of the picture). The origin of the rounded configurations is not quite clear.

nord-sydligt och ost-västligt förlöpande vulkanitstråken korsar varandra uppträder mäktiga, väsentligen homogena ryolitiska, röda kvartsporfyrrer, som lokalt antyder ett diskordant uppträdande mot angränsande skiktade led. I ett fall några hundra meter nordost om Norra Säby (3b) skär en kvartsporfyr som en tiotals meter bred tunga ner i en skiktad sur metavulkanit. En senare penetrativ deformation har därefter förlänt de båda leden en skenbar konformitet. Möjligen har vi här att göra med ytnära subvulkaniska intrusioner eller alternativt lavar vars begränsade utbredning i trakten kan tyda på den omedelbara närvaron av en eller flera vulkaner i området. Likartade möjliga lavar uppträder i form av massiva kvarts-fältspatporfyrrer där vulkanitstråket i riktning norrut åter vidgar sig i området väster om Dannemora gruva. Till skillnad från tidigare nämnda kristalltuffar eller tuffblandade sediment är strökornen i detta fall bättre bevarade, lokalt idiomorfa och jämnt fördelade, därmed påminnande om vulkaniska stelnings-

bergarter (se fig. 9). Även här indikeras sålunda ett möjligt läge för vulkancentra. En del av de aktuella bergarterna torde också inbegripa ignimbriter, vilket antyds av Lager (1986) i hans analys av stratigrafin i Dannemora gruva. Sådana delvis terrestriska bildningar, dvs. högtempererade askflöden som sammansvetsats till fast bergart, utgör nämligen enligt honom en betydande del av den undre lagerföljden i gruvan, varvade med landavsatta tuffer och flodsediment. Precis som lavor och subvulkaniska intrusioner torde ignimbriter kunna ge upphov till såväl överskärande kontakter mot omgivningen som idiomorfa och jämnt fördelade strökorn, vilket utmärker de aktuella bergarterna. Det krävs dock väl bevarade led som i Dannemora gruva för att kunna särskilja de för ignimbriterna typiska strukturerna (fig. 10) från den helt vanliga tektoniska förskiffringen. Särskilt påtaglig är den senare då den lokalt tar sig uttryck i en framträdande fältuppdelning och granulering av kvartsströkornen, vilket ofta är fallet (se fig. 11 och 12). Eljest är den regionala utbredningen av eventuella ignimbriter svår att komma åt. Detta gäller i än högre grad i de ofta starkt förgrovade sura vulkaniterna på kartbladet Östhammar NO.

Åldern på de nu omtalade sura vulkaniterna torde ligga kring 1890 milj. år enligt zirkondatering av sannolikt korrelerbara metaryoliter från det ca 10 km söder om Östhammarregionen belägna Uppsalaområdet (1891+10 milj. år enligt Welin 1987). Som jämförelse kan nämnas att liknande zirkonåldrar också har noterats i metavulkaniter stratigrafiskt belägna under Grythytte- och Saxåsynklinerna i centrala Bergslagen (Welin 1987, tab. 2).

Glimmerkvartsiter, malm- och skarnassocierade led, fragmentbergarter och konglomerat

Utöver tidigare anförda fältspatrika vulkaniter med låga till måttliga halter av glimmer och skarn (se diagram 1, 2 och 3, högra delarna) har i diagram 4 förts samman ett antal utpräglade, nästan fältspatfria glimmerkvartsiter med växlande höga muskovit- och/eller biotithalter. Strökorn av kvarts, ofta tydliga sådana, är vanliga i flertalet av dessa bergarter, vilka härigenom trots en klart sedimentär prägel vad gäller sammansättningen knyter an till den vulkaniska utvecklingen. Även en del malm- och skarnassocierade led ingår i diagram 4 (t.h.). Materialet, som huvudsakligen är hämtat från SV- och NV-bladen, gör inte anspråk på att täcka in den nästan osannolika variation i proportionerna mellan glimmer-, skarn-, och malmineral som förekommer i hela den undersökta regionens malmassocierade zoner. En mer eller mindre distinkt växellagring mellan olika

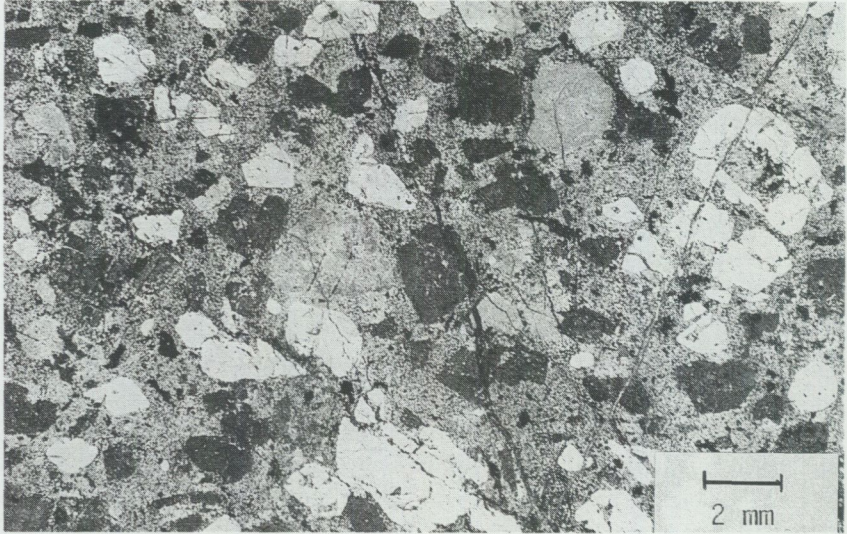


Fig. 7. Röd, kvarts-fältspatporfyrisk ryodacit, sannolikt kristalltuff. – 100 m N om norra Koltorp, ca 1 km SSO om Salsta (1b), SV-bl. 66592/16082 (se prov GS83:4 i diagram 1). Foto Claes Ålinder. Kors. nic., 5x.

Red, quartz-feldspar porphyritic rhyodacite, probably a crystal tuff.

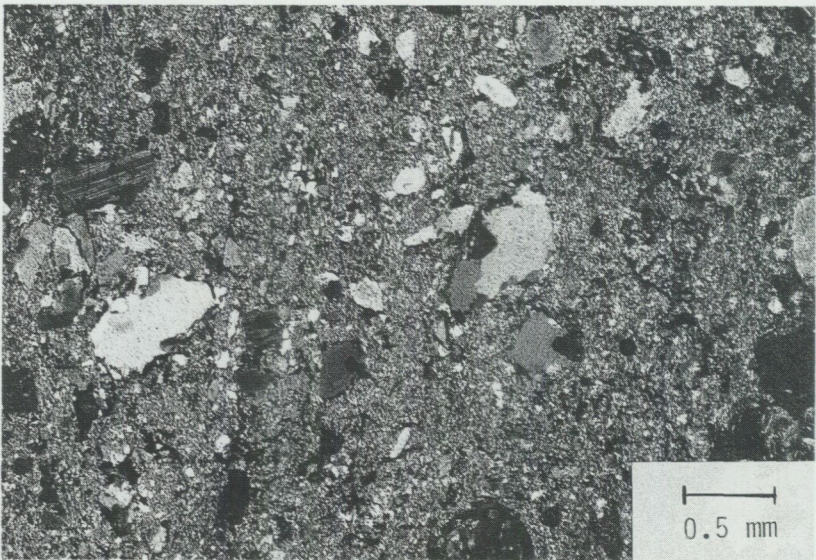


Fig. 8. Grå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, sannolikt en tuff. – 500 m N om Heden (2c), SV-bl. 666471/161173. (Se prov LB83:69 i diagram 2.). Foto Claes Ålinder. 1/2 kors. nic., 26x.

Grey, quartz-feldspar porphyritic Na-rhyolite, probably of tuff origin.

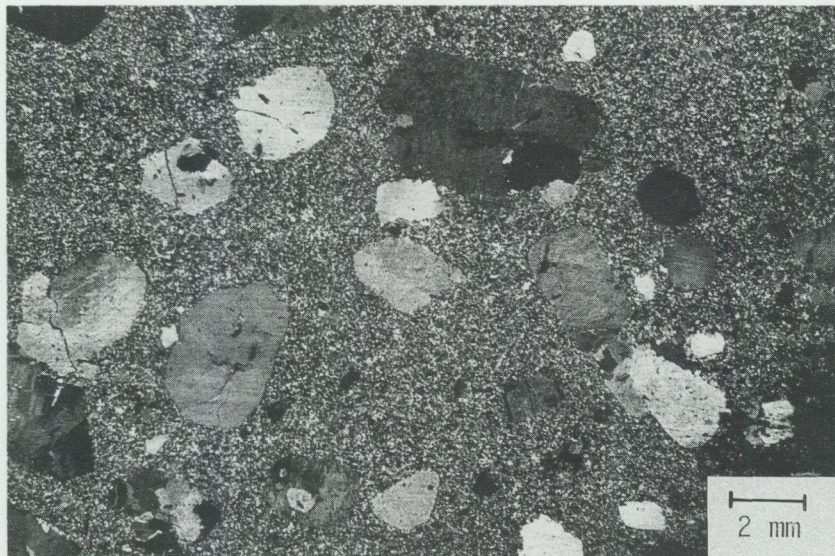


Fig. 9. Mörkgrå, kvarts-fältspatporfyrisk natronryolit, sannolikt lava. – Ca 350 m NV om Granbacken, V om Dannemora gruvor (5c), NV-bl. (Se prov SS83:114 i diagram 2.). Foto Claes Ålinder. Kors. nic., 5x.

Quartz-feldspar porphyritic Na-rhyolite, probably lava.



Fig. 10. Röd, kvartsporfyrisk ryolit, sannolikt av ignimbitursprung. – 500 m S om Säby (2b), SV-bl. 66643/16084 (prov GS83:18). Foto Claes Ålinder. 1/2 kors. nic. 26x.

Red, quartz porphyritic rhyolite, probably of ignimbitic origin.

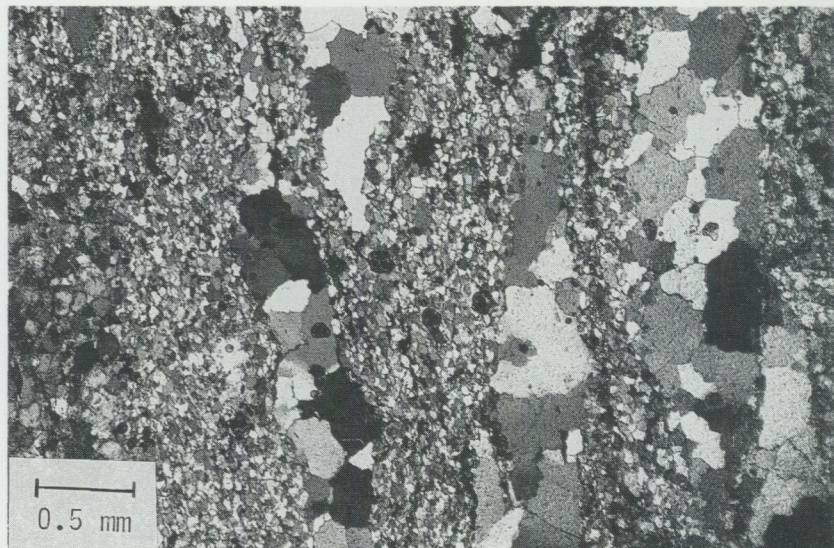


Fig. 11. Förskiffrad natronryolit med granulerade kvartsströkorn. - 400 m SO om Ingstarbo (8c), NV-bl. 66946/16141 (prov SB84:27 i diagram 2). Foto Claes Ålinder. 1/2 kors. nic., 26x.

Schistose Na-rhyolite with granulated phenocrysts of quartz.

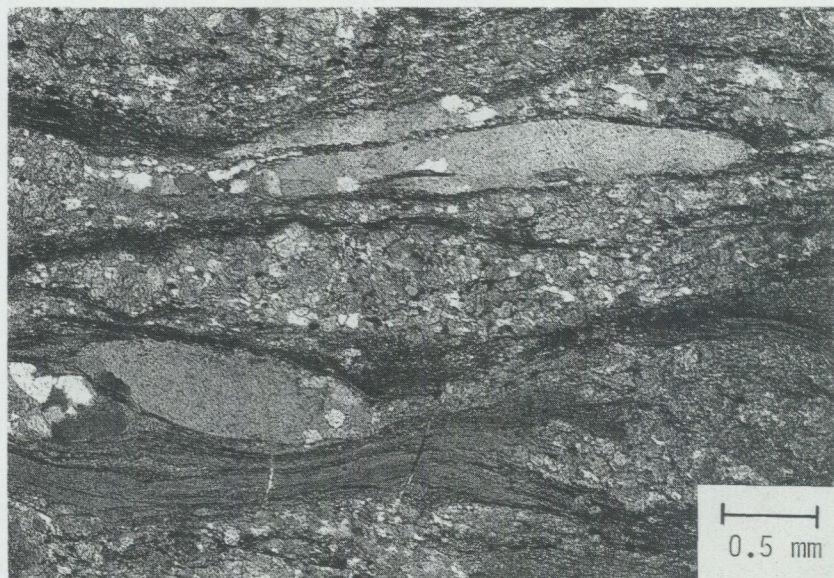


Fig. 12. Mylonitiserad, röd, kvartsporfyrisk hälleflinta. - 100 m SV om Långbron (6d), NV-bl. (prov RA84:6). Foto Claes Ålinder. 1/2 kors. nic., 26x.

Mylonitic, red, quartz porphyritic rhyolite .



Fig. 13. Monomikt vulkanisk breccia med brottstycken av kvartsporfy, inbäddade i en biotitrik matrix med betydande inslag av plagioklas och kvarts. – Gustavsberg, S om Nolsterby (6a), Grisslehamn NV.

Monomict volcanic breccia with xenoliths of quartz porphyry in a matrix containing biotite, plagioclase and quartz.

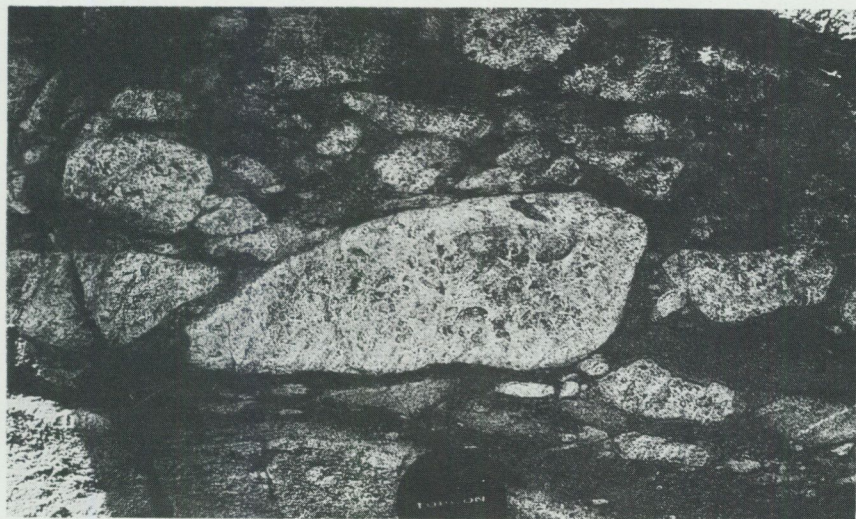


Fig. 14. Monomikt konglomerat med kvartsporfyrbollar, inbäddade i en kvartsporfyrisk mikroklin- och biotitrik matrix. – Ca 3 km V om Rasbokil k:a (0c), SV-bl. 66548/16114.

Monomict conglomerate with boulders of quartz porphyry, surrounded by a matrix rich in microcline and biotite.

Analyslokaler till diagram 4

- GS83:5 Vitgrå, kvartsporfyrisk muskovitkvarst. – 1.2 km N om Salsta. 66613/16079. Östh. SV (2b). Kemisk analys.
- GS82:34 Kvartsporfyrisk glimmerkvarst. – 1.2 km V om Lura, ca 3 km VNV om Rasbokil k:a. 66556/16118. Östh. SV (1c). Kemisk analys.
- Ä763 Mörk kvartsporfyr, glimmerkvarst. magnetithaltig. – Dannemora gruva nära Örnerns schakt, Östh. NV (5c). Äldre kemisk analys från Nyström 192 (GFF 44, s. 763).
- GS86:95 Kvarst-hornblände-biotit-granatskarn. – Släsbyhällan, västligaste-gruvtecknet. 666435/16125. Östh. SV (2c).
- LB83:76 Kvartsporfyrisk glimmerkvarst. något Mg-Fe-anrikad. – 2 km V om Film k:a. 66808/16135. Östh. NV (6c). Kemisk analys.
- RA84:58 Fragmentförande, kvartsporfyrisk glimmerkvarst. – 200 m Ö om Broskogen. 66819/16187. Östh. NV (6u).
- LB83:33 Skiktad glimmerkvarst. – 2 km Ö om Knivsta. 66647/16112. Östh. SV (2c).
- GS83:81 Kvartsporfyrisk, fragmentförande muskovitkvarst. – 750 m Ö om Vattholma sjukhem. 665715/161035. Östh. SV (1c).
- GS83:97a Glimmerkvarst. – Lenabergs gruvor, V om vägen vid Stenby. 66557/16072. Östh. SV (1b).
- GS82:33 Cordieritförande, något kvartsporfyrisk glimmerkvarst. – 1.5 km V om Lura, ca 3 km VNV om Rasbokil k:a. 66557/16117. Östh. SV (1c).
- GS85:41b Glimmeskiffer, starkt Mg-Fe-anrikad som lokal zon i röd ryodacit. – 300 m SV om triangelp. Ornön, Söderön. 66871/16428. Östh. NO (7i). Kemisk analys (jfr prov 41a i diagram 1 och tabell 1).
- GS83:16 Kvarstrik biotit-epidot-hornbländeskarn. – 3.5 km N om Skyttorp. 6667/16068. Östh. SV (3b).
- RA85:61 Fragmentförande, biotit-epidotglimmerskiffer. – 500 m SSO om Masugnen. 66767/16399. Östh. NO (5h).
- GS83:33b Malmrik, skiktad biotitglimmerskiffer. Såväl magnetit som kis ingår. – Farmorsgruvan (varpen), ca 400 m Ö om Norra Koltorp. 66592/16085. Östh. SV (1b).
- SS82:201 Granatförande, något kvartsporfyrisk biotit-epidotkvarst. – 300 m V om Grönvallen. 66543/16114. Östh. SV (0c).
- GS83:12a Biotit-epidotskarn. – 600 m V - VNV om Gillingboda, N om Skyttorp. 666535/16056. Östh. SV (3b).
- GS83:64b Grått plagioklasdominerat hornblände-epidotskarn. – Gruvhål, 600 m ONO om Nybol. 66702/16033. Östh. SV (4a).
-

komponenter som glimmer, kvarts, fältspat, epidot, hornblände, diopsid, granater av olika sammansättningar, magnetit och kismineral antyder en primär kombination mellan sedimentära processer och kemiska utfällningar, förstärkta och kompletterade med hydrotermala, metasomatiska och metamorfa skeenden. Karbonatstenar av varierande mäktighet ingår också i dessa associationer. Vare sig för ovannämnda glimmerkvartsiter eller för de malm- och skarnassocierade leden i diagram 4 är klassifikationssystemet för vulkaniter tillämpligt. Det rikliga inslaget av glimmer, skarn och/eller kvarts belyses dock av triangeldiagrammet fig. 2b.

Medan en tydlig skiktning ofta gör sig gällande i de glimmer- och skarnförande leden (se ovan) är vissa av de kvartsporfyriska glimmerkvartsiterna ganska massiva, påminnande om normala kvartsporfyryr med den skillnaden att den fin-korniga kvarts-fältspatrika grundmassan ersatts av kombinationen fingrynig sericit-muskovit plus kvarts (jfr proverna GS 83:5, 82:34 och LB 83:76). Denna omvandling torde i första hand ha inneburit en tillförsel av vatten och borttransport av natrium (kalium) och kalcium.

I kapitelrubriken anförda s.k. fragmentbergarter (se teckenförklaringen) finns både i Vattholma- och Ramhällsområdena men är säkert mycket vanligare än vad kartan anger. De påträffas slumpartat och är för övrigt svåra att avgränsa i detalj. Bergarten består av olikstora, kantiga, ofta tektoniskt utvalsade fragment av ljusa, delvis porfyriska vulkaniter inbäddade i glimmerkvartsiter eller glimmeranrikade vulkaniter (se diagram 4, proverna GS 83:81 och RA 84:58). Fragmentbergarterna bör rimligtvis uppfattas som vulkaniska tuffbreccior där tidigare konsoliderat vulkaniskt material sprängts loss i samband med eruptioner och bäddats in i samtidigt avsatta askor och sediment (fig. 13).

Ett av vulkaniskt material uppbyggt konglomerat med rundade, ibland decimeterstora bollar, främst av kvartsporfyr, har iakttagits 500 m NNV om Grönvallen, ca 3 km väster om Rasbokil k:a (0c, 1c, se fig. 14). En boll därifrån visade sig vara en fläckvis epidotskarnig, tät, kvartsporfyrisk kaliryolit, i sin tur inbäddad i en likaledes kvartsporfyrisk, mikroklin- och biotitrik matrix (diagram 3, GS 83:107 a, b). Det i huvudsak monomikta, intraformationella konglomeratet övergår efter ett tjugotal meter i nordostlig riktning (uppåt?) i en fragmentförande, glimmerrik ryodacit (diagram 1, GS 83:108). Ytterligare en möjlig konglomeratlokal omnämns av Törnebohm (1880, s. 18) från trakten norr om Brunna gruvor (1b).

Intermediära vulkaniska ytbergarter (metadacit-metaandesit) jämfört associerade fragmentbergarter

Den här tillämpade klassifikationen för metavulkaniter baserad på fördelningen mellan kvarts, kalifältspat och plagioklas enligt IUGS (1980) alternativt Streck-eisen (1967) tar inte hänsyn till bergarternas innehåll av mörka mineral, vilket utgör en inbyggd svaghet. Streckeisens mera detaljrika uppdelning som med fördel tillämpades för de sura metavulkaniterna är därför mindre gångbar bland de intermediära leden där mörka mineral upptar en allt större volym. Speciellt de höga halterna av biotit med åtföljande högt K_2O -innehåll i de s.k. kvartsandesiterna enligt Streckeisen gör att många av dessa på kemiska grunder snarast bör betecknas såsom metadaciter. De i diagram 5a och b sammanfattade planimetriskt undersökta intermediära vulkaniterna från undersökningsområdet (42 st) bör därför i vidaste bemärkelse betecknas såsom metadaciter i enlighet med den något förenklade klassifikation, som IUGS (1980) tillämpar. Till dessa led fogar sig ett antal kvartsfattigare metaandesiter (se triangeldiagrammen fig. 15a och b). Av lokalangivelserna för de enskilda analyserna i diagram 5a och b framgår att huvuddelen av materialet stammar från NV-, NO- och SO-bladen medan SV-bladet är föga representerat då metadaciter nästan helt saknas där (se dock fig. 2a). Metadaciterna från NV-bladet, sammanfattade i diagram 5a, härrör väsentligen från området längst i nordost (9d, e). De utgör där ett inte avgränsbart, betydande inslag i för övrigt gråvackebetonade sediment, vilka tidigare i korthet omnämnts (se s. 11, bet. blått med gröna prickar). Även en del spridda förekomster av metadacit, med begränsad utbredning på NO-bladet, redovisas i samma diagram. Mineralfördelningen är i huvudsak följande: plagioklas (andesin) > biotit ± hornblände > kvarts >> kalifältspat. Lokalt förekommer rikligt med epidot. Bland övriga mineral kan nämnas titanit, apatit, granat och magnetit. I några fall finns 1 till 4 mm stora, delvis zonarbyggda, sericitomvandlade strökorn av andesin, vilka antyder dessa bergarters primärt vulkaniska ursprung. Till skillnad från de välbevarade sura metavulkaniterna på de båda västra bladen har en kraftig omkristallisation drabbat många metadaciter, inte minst i närområdet till de yngre graniterna (9d, e), där korndiametrar på 0.1–0.3 mm är vanliga. I trakten av Östhammar och på Söderön (7j) finns som tidigare nämnts (s. 11) ett betydande inslag av porfyritiska, sannolikt hypabyssiskt intrusiva metadaciter i växelagring med skiktade, kalibetonade sura metavulkaniter. Dessa metadaciter (diagram 5b) skiljer sig från flertalet metadaciter i diagram 5a genom att de är betydligt rikare på kalifältspat och samtidigt fattigare på mörka mineral (se fig. 15a och b). Tre exempel från Söderön visade följande sammansättningar:

Analyslokaler till diagram 5a

- SB85:82 Grå, skiktad dacit. – 350 m SO om Örnäs. 66942/16366. Östh. NO (8h).
- SS84:119 Grå, skiktad, tuffitisk dacit. – 300 m V om vägskälet mot Berkinge på väg 76. 66967/16230 Östh. NV (9e). Kemisk analys.
- SS84:133 Grå, skiktad, tuffitisk dacit. – 500 m NO om vägskälet mot Berkinge på väg 76. 66967/16230. Östh. NV (9e).
- SS84:125 Grå, grov metaandesit. – 550 m NV om Norrtorp. 66993/16203. Östh. NV (9e).
- GS87:12 Grå dacit. – 1 km VSV om Hässelby. 66584/16279. Östh. SO (1f).
- SS84:130 Grå, skiktad, tuffitisk dacit. – 1.2 km SO om Frebbenbo. 66977/16216. Östh. NV (9e).
- GS85:9 Mörkgrå dacit. – 800 m N om Storgubben vid väg 76 (S om vägen). 669835/16191. Östh. NV (9d). Kemisk analys.
- GS85:8 Mörkgrå, porfyritisk dacit. – Ca 800 m N om Storgubben vid väg 76 (N om vägen). 66984/16191. Östh. NV (9d).
- GS85:59 Mörkgrå, skiktad dacit. – 600 m V om Brudgrind. 66861/16374. Östh. NO (7h).
- SS84:141 Mörkgrå, skiktad, tuffitisk dacit. – 500 m Ö om Gustavsbo. 66954/16125. Östh. NV (9c).
- GS85:66 Grå, porfyritisk dacit. – 150 m V om Stjärnudden, ca 700 m S om Uppskedika. 668145/163715. Östh. NO (6h).
- SS84:121 Grå, skiktad, tuffitisk dacit. – 800 m V om vägskälet mot Gullbacken på väg 76. 66970/16205. Östh. NV (9e). Kemisk analys.
- SS84:129 Mörkgrå, skiktad, tuffitisk andesit. – 400 m S om Frebbenbo. 66983/16206. Östh. NV (9e).
- RA85:58a Granatförande andesit. – Löhammar. 66789/16412. Östh. NO (5i).
- GS85:56 Mörkgrå dacit som skivor i gnejsgranit. – 200 m SO om Motorp. 66861/16392. Östh. NO (7h).
- RA85:37 Mörkgrå, porfyritisk dacit. – Betlehem, V om Hökshuvud. 66798/16317. Östh. NO (5g).
- RA85:56 Mörkgrå, plagioklasporfyritisk dacit. – 200 m S om Kilbovret. 66763/16394. Östh. NO (5h).
- RA85:17 Mörkgrå, andesit. – 1 km SV om Rovsättra. 66827/1627. Östh. NO (6f).
- RA85:59 Grå, epidotrik plagioklasporfyrit (inneslutning i gnejsgranit). – S om Löhammarsjön. 66774/16411. Östh. NO (5i).
- LB83:19 Grå, skiktad, tuffitisk dacit. 500 m Ö om Skarphärad, ca 5 km ONO om Morkarla k:a. 66732/16246. Östh. SV (4e).
- RA84:50 Grå, skiktad, tuffitisk dacit. – 1 km ONO om Krapelåsgruvan. 66833/16219. Östh. NV (6e).
- RA84:61 Grå dacit. – Brandtorn. 66822/16223. Östh. NV (6e).
- GS84:19b Grå, skiktad, tuffitisk dacit (konformt genomsatt av gnejsgranit). – 800 m V om Fälandbo, Ö om Fälaren. 66933/16108. Östh. NV (8c).
- GS85:3 Mörkgrå, andesit. – 300 m VNV om Knappens. 66929/16177. Östh. NV (8d).

Analyslokaler till diagram 5b

GS85:12	Grå dacit. – Ca 350 m N om Fridhem, Ö om Älgsjön. 66895/16214. Östh. NV (7e).
GS86:58	Grå, porfyritisk dacit. – Skarpslätt (30 m Ö om huset), Söderön. 66866/16468. Östh. NO (7j). Kemisk analys.
GS86:89	Grå, porfyritisk dacit. – 1.3 km OSO om Sandika. 66823/164515. Östh. NO (6j).
GS86:75a	Grå dacit. – 100 m VSV om Eriksberg, Östhammar. 668441/16415. Östh. N (6i).
GS86:51	Grå, porfyritisk dacit. – 500 m Ö om Gården, Söderön. 66857/16491. Östh. NO (7j). Kemisk analys.
GS86:79	Grå dacit. – 250 m VNV om Kanikebol. 66835/164208. Östh. NO (6i).
LL87:8	Grå ryodacit – Häll mitt i Älgmyren. 666995/164555. Östh. SO (3j).
GS86:19	Mörkgrå, porfyritisk dacit med hornbländenålar. – Ringboda. 66751/16405. Östh. NO (5i). Kemisk analys.
GS86:73a	Grå dacit gångformigt intrusiv. – 100 m V om Marieberg, Östhammar. 66842/164085. Östh. NO (6i).
GS86:63b	Grå, kvartsporfyrisk dacit. – S om Kråknäs, Söderön. 66853/16484. Östh. NO (7j). Kemisk analys.
GS85:27b	Grå dacit. – 300 m SV om Gunböle. 66811/1637. Östh. NO (6h).
GS86:21	Grå dacit med hornbländenålar. – 750 m Ö om Ringboda. 66751/16415. Östh. NO (5i). Kemisk analys.
GS86:86	Grå dacit. – 600 m S om Johannelund. 668325/16429. Östh. NO (6i).
LL87:16	Grå dacit. – 400 m VSV om Kullen. 666280/164240. Östh. SO (2i).
GS86:33	Grå, granatförande, kvartsporfyrisk dacit. – 500 m V om Långalma. 6686/16468. Östh. NO (7j). Kemisk analys.
LL87:15	Grå ryodacit. – 200 m SV om Bysättra. 666325/164245. Östh. SO (2i).
OE87:9	Grå ryodacit. – 400 m S om Gisslarändan. 66717/16418. Östh. SO (4i).
LL87:19	Grå dacit. – Ca 200 m V om Sågdammen. 666035/164055. Östh. SO (2i).

andesin>kvarts>kalifältspat \leq biotit>>hornblände (se diagram 5b, proverna GS 86:51, 86:58 och 86:63b). Också här uppträder ströckorn av andesin i en finkornig matrix kring 0.1–0.3 mm. Spridda, mm-stora magnetitkristaller utgör ett typiskt inslag i bergarterna.

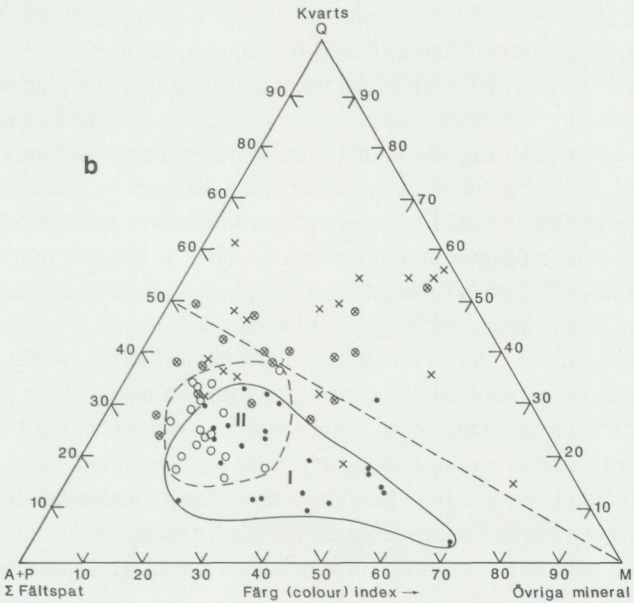
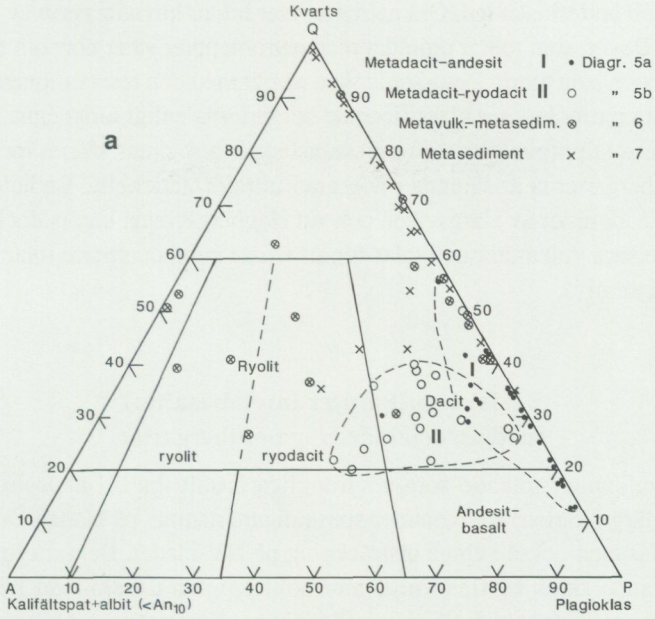
Likaledes kalifältspatrika metadaciter övergående i metaryodaciter dominerar den mäktiga nord-sydliga vulkanitzon som från området 3 km V om Harg (5i) sträcker sig ned till södra delen av SO-bladet. Dessa mestadels grå, lokalt porfy-

ritiska eller skiktade led igenkännes ofta på sina mm-långa, idiomorfa hornbländenålar, delvis regellöst, kärvskifferlikt anordnade och överskärande och delvis väl anpassade till bergartens skiffriighet (se diagram 5b, GS 86:19 och 86:21). Förutom att bergarten i detta stråk är glest och oregelbundet fragmentförande förekommer också svåravgränsade partier av metaandesit till metabasalt i de eljest dominerande daciterna. Ett litet men ständigt magnetitinslag också här ger upphov till en jämn och uthållig magnetisk anomalibild.

På samma sätt som i de sura metavulkaniterna ingår också fragmentförande led, s.k. tuffbreccior, bland de intermediära vulkaniterna. Dessa led är t.o.m. mycket vanliga, främst i trakterna SO och S om Börstils k:a (6i) men också i området öster om Hargs k:a (5i, j) där Beyer (1954, s. 183–214) lämnat en ingående redogörelse för sådana bergarter och deras omedelbara geologiska inramning. Huvudsakligen ljusa grå fragment är här generellt inbäddade i en mörkare matrix av dacitisk till metaandesitisk sammansättning. De mestadels kantiga fragmenten enligt Beyer (s. 201) ligger ibland så tätt att 3000 stycken cm-stora sådana ryms på en kvadratmeter stor hällyta, som vid Högbergsvreten ca 1.5 km ONO om Hargs k:a. Fragmentfrekvensen kan dock växla starkt. Från samma område beskrivs också en fragmenthorisont med inslag av halvmeterstora block, som är följbart tiotals meter (Beyer 1954, fig. 10). Både inom det omtalade Hargområdet liksom i trakten av Hanneberg SO om Börstils k:a är fragmenten ofta tydligt orienterade med sin längdaxel i stänglighetsriktningen (se Sund 1957, fig. 1). Generellt är fragmenten också finkornigare (0.05–0.1 mm) och mindre basiska än omgivande mera rekrystalliserade biotit- och/eller hornbländeförande

Fig. 15a och b. Klassificering av intermediära metavulkaniter från kartbladen Östhammar NV–NO (diagram 5a; N=24) och NO–SO (diagram 5b; N=18) på basis av mineralogisk sammansättning enligt Streckeisen (1967) och IUGS (1980). Sammansättningen hos övergångsled mellan metavulkanit och metasediment i den nordöstra delen av kartbladet Östhammar NV representeras av diagram 6 (N=19). Något entydigare metasediment från Östhammar NO illustreras av diagram 7 (N=19).

Classification of intermediate metavolcanites on the basis of modal composition according to Streckeisen (1967) and IUGS (1980). The material derives from the map-areas Östhammar NV–NO (Diagram 5a; N=24) and NO–SO, respectively (Diagram 5b; N=18). Diagram 6 (N=19) represents rocks transitional between metavolcanite and metasediment within the northeastern part of map-sheet NV. Rocks with still more sedimentary affinity from the map-area NO (Diagram 7; N=19) are finally represented.



dacitiska till andesitiska led. Grå natronleptiter bildar huvudmassan av fragmenten enligt Beyer, som tolkar området med natronleptiter strax norr om fragmentbergartszonen som äldre. Detta torde vara riktigt med den reservationen att de av honom som natronleptiter klassificerade bergarterna enligt mina egna iakttagelser och hans slipprovbeskrivningar snarast skall betecknas såsom metadaciter. Fragmentbergarterna är sålunda i hög grad intraformationella. En hel del fragment från båda sidor av Hargsviken och vid Högbergsvreten utgörs dock av alkalibetonade sura vulkaniter och talar för att i sista hand de senare intar en stratigrafiskt lägre nivå.

Basiska vulkaniter (metabasalter) med associerade fragmentbergarter

Basiska vulkaniter tolkade som ursprungliga basaltiska till andesitiska lavar (ljusgrön färg i kartan) förekommer som tidigare nämnts på bladen Östhammar SO och NO men också i ringa utsträckning på NV-bladet. Bergarterna utgörs i sitt nuvarande skick av finkorniga amfiboliter, vilka till skillnad från övriga vulkaniter inte kunnat kvantifieras med hjälp av planimetriska analyser. Vanlig slipprovsgranskning i förening med halvkvantitativa beräkningar ur sex kemiska analyser i tab. 5 (t.h.) antyder följande mineralogiska huvudsammansättningar: hornblände (50–75 vol.%)>>andesin (15–30 vol.%)>biotit, epidot, klinopyroxen, kvarts, magnetit och titanit. Kalcit tillkommer där mandelstensutbildning föreligger (se prov RA 85:54a). Minst rekristalliserad tycks en plagioklasporfyrisk metabasalt vid Sjötorp (6d) N om Österbybruk vara, med en mycket fin-kornig (<0.1 mm), nålfiltig väv av hornblände impregnerad med små magnetitkorn (RA 84:27). Sannolikt att parallellisera med denna är en likartad utbildad ca 50 m mäktig metabasalt vid Broskogen ett par kilometer norrut (RA 84:21). Ytterligare två små, möjligen samhöriga metabasalter är belägna från 1 till 2 km NV om Berkinge (9c) på NV-bladet. Den senare uppvisar en mot söder vettande, några meter bred, slaggig stelningsyta liknande den hos en lava med mandelstenslika kalcitutfyllda, delvis utvittrade oregelbundna hålrum (se fig. 16). Stratigrafiskt uppåt i den brantställda lagerföljden torde vara mot söder just i denna punkt (ej markerat i kartan). Inom samma hållparti iaktogs också 1–5 cm stora bollar och fragment av en ljus kvartsporfy eller metaarenit i metabasalten.

Det mest framträdande, flera hundra meter mäktiga metabasaltstråket i Östhammarregionen börjar i södra delen av SO-bladet öster om Bladåkers k:a (1h) och kan med avbrott följas norrut förbi och öster om St. Hallsjön (4h). Längre



Fig. 16. Slaggig, mandelstensförande metabasalt utgörande överytan av en mäktig lavabädd. – Ca 2 km NV om Berkinge (9e), NV-bl. 6697/162125.

Scoriaceous, amygdaloidal surface of a metabasaltic fragment-bearing lava.



Fig. 17. Basaltisk blåsrumslava. – S om Björsta (5h), NO-bl.

Basaltic lava with small open, amygdaloidal cavities.

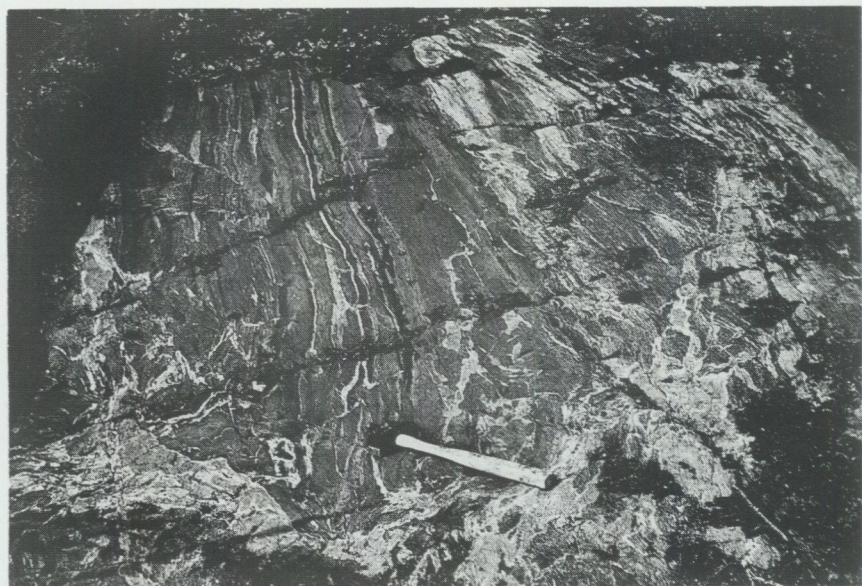


Fig. 18. Skiktad basaltisk tuffit eller lava med syngenetiskt hydrotermalt bildade genomvävande ådror av epidot. – Höjden S om Björsta (5h), ca 5 km NV om Harg k:a, NO-bl.

Thin-bedded basaltic tuffite or lava with veins of epidote probably formed hydrothermally and syngenetic.

norrut, in på NO-bladet, möter man återigen likartade finkorniga (0.05–0.15 mm) metabasalter i ett av metadaciter uppsplittrat stråk från Illersättra (5hi) över Björsta till området strax öster om Nyäng (6h). I höjden söder om gården Björsta finns upprepade dm-tjocka mandelstensförande horisonter av metabasalt med slaggljnkande utseende (fig. 17). Epidotskarniga skikt och/eller ådror av sannolikt syngenetiskt hydrotermalt ursprung genomväver lokalt den nämnda bergarten. Ådrorna utgörs av ca 95 vol.% epidot och resten hornblände jämte titanit (fig. 18). Skiktade basaltiska led, möjligen att tolka som basaltiska tuffiter, uppträder också här. Omkring 2 km NV om Björsta (6h) i stråkets förlängning finns basalt med rikligt inslag av cm-dm-stora ljusa vulkanitfragment. Ytterligare två större fält av basalt, diffust avgränsade från omgivande metadaciter, breder ut sig öster om Börstils k:a (6i). I det västra av dessa invid gården Hanneberg förekommer som på många andra håll en till flera centimeter stora, utvittrade, blåsumsliknande kaviteter, typiska för de basaltiska lavorna inom regionen. Fragment ingår också i de lokalt vackert skiktade basalterna (se fig. 19). En möjlig kuddla-



Fig. 19. Skiktad metabasalt med spridda, diffusa brottstycken av sur metavulkanit. – Sandika båtmanstorp, N om vägen, ca 2 km OSO om Börstil k:a (6i), NO-bl. 66824/16437.

Bedded metabasalt with diffuse xenoliths of acid metavolcanites.

veutbildning i de senare har iakttagits i ett fall vid motortävlingsbanan Kanikebol (6i) söder om Östhammar. Ett ca 4 dm brett vertikaltällt skikt med denna utbildningsform följbart ett tiotal meter (se fig. 20) ligger här inklämt mellan två mäktiga, helt identiska bäddar av porfyritisk metadacit. En närliggande, något tiotal meter mäktig kalkstenshorisont, liksom närheten till kalkstenar överlag och växellagring med dessa inom vissa små basaltförekomster i södra delen av Östhammar antyder att nämnda formationer lokalt intar samma stratigrafiska nivå (se s. 159). Ett vackert exempel på fragmentförande basalter skall också nämnas från Hargshamn (5j) söder om järnvägen, där i en välblottad håll starkt utvalsade, olikstora, ljusa fragment av natronryolit till sur dacit (matrix 0.1 mm) omges av en finkornig (0.2–0.5 mm) hornblände-biotit-plagioklasrik matrix (se fig. 21). Relationen mellan yt- och djupgrönsten belyses i en höjd 300 m NO om Källtorpet (0h) sydost om Bladåkers k:a. En porfyritisk basaltlik grönsten är där tydligt breccierad av den omgivande, medelkorniga gabbbron.

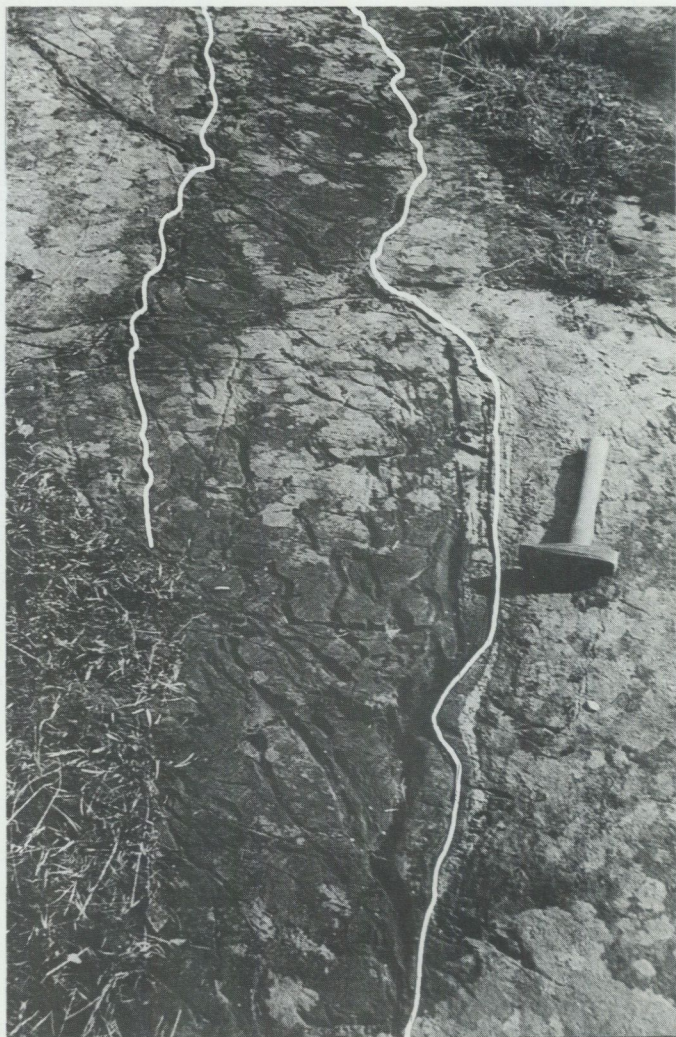


Fig. 20. Sannolik kuddlava som 4 dm bred bädd inom en porfyritisk, intermediär metavulkanit. – Ca 50 m SO om litet kalkstensbrott invid Kanikebols motocrossbana. Östhammar (6i), NO-bl.

Pillow lava as a thin bed (about 40 cm) in a porphyritic, intermediate meta-volcanite.

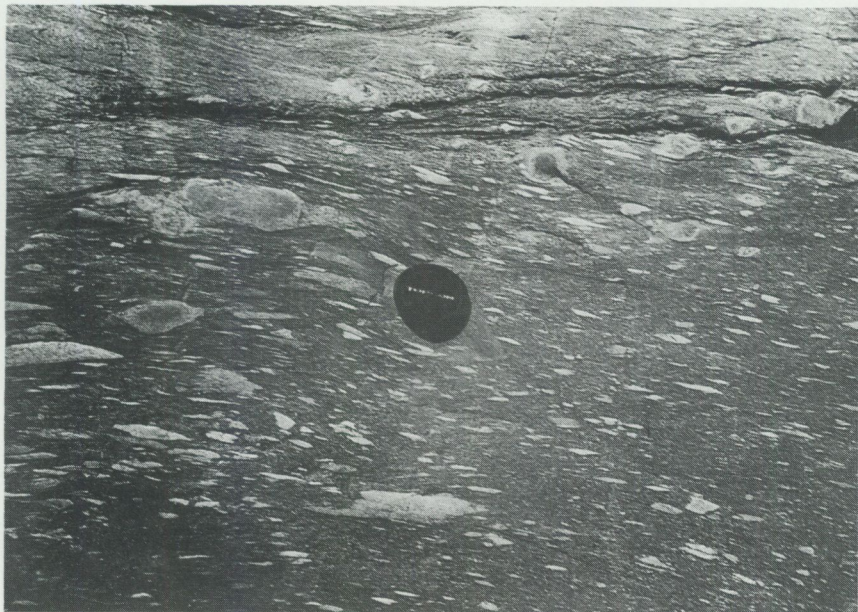


Fig. 21. Vulkanisk breccia. Fragmenten utgörs av saliska metavulkaniter i en biotit- och hornbländerik, andesitisk till basaltisk matrix. – Hargshamn (5j), NO-bl. 667507/16455.

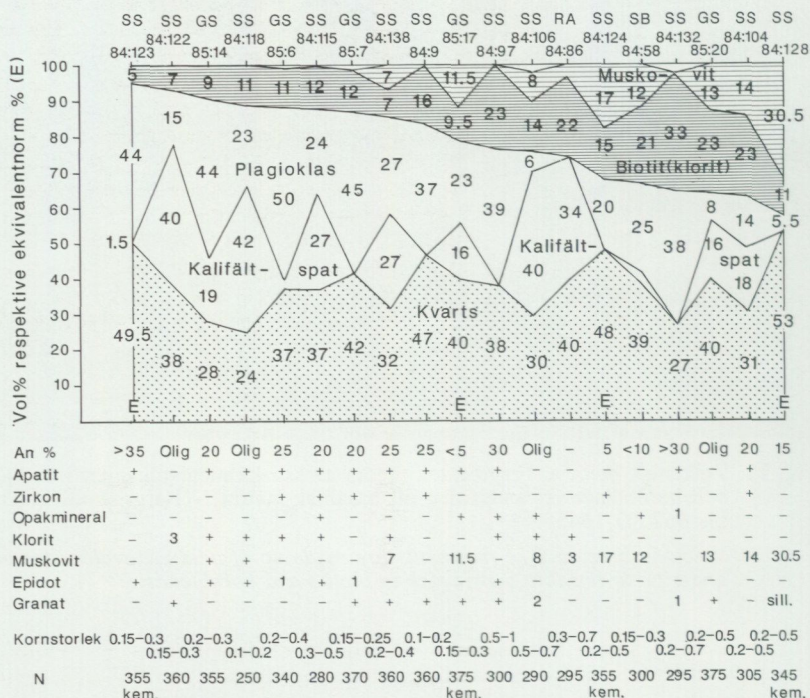
Volcanic breccia. The fragments are made up of acid metavolcanites in an andesitic to basaltic matrix rich in biotite and hornblende.

Metasedimenten inom nordöstra delen av kartbladet Östhammar NV (övergångsled metavulkanit-metasediment)

I nordöstra delen av NV-bladet (9d, e) uppträder grå, rödgrå och mörkgrå, ofta skiktade bergarter, som skiljer sig från tidigare omtalade metavulkaniter genom lokalt kraftigt förhöjda glimmerhalter och frånvaron av kvartsströkorn. Dessa ofta sedimentlika (se tidigare s. 35), ibland granatförande led är kraftigt rekristalliserade (0.3–0.7 mm) samt plastiskt veckade utmed olikorienterade branta axlar. Nämnade egenskaper har sannolikt sin orsak i de penetrerande, näraliggande yngre graniterna som kan ha orsakat kontaktomvandling och deformation. Gnejsiga eller stundom något åderförgnejsade bergarter är därför inte ovanliga bland dessa

DIAGRAM 6. Mineralfördelningen i övergångsled mellan metavulkanit och metasediment från nordöstra delen av kartbladet Östhammar NV (jfr kemiska analyser i tabell 3 och 4).

Modal composition of rocks transitional between metavolcanite and metasediment from the northeastern part of map-area Östhammar NV. For chemical analyses see Tables 3 and 4.



Analyslokaler till diagram 6

- SS84:123 Grått, dacitbetonat metasediment. - 700 m SO om Frebbenbo. 66980/16209. Östh. NV (9e). Kemisk analys, tab. 4.
- SS84:122 Grått, skiktat, ryolitbetonat metasediment. - 1.5 km S om Frebbenbo. 66972/16206. Östh. NV (9e).
- GS85:14 Grått, skiktat, dacitbetonat metasediment. - 1.3 km NV om Berkinge, invid väg 76. 66968/1622. Östh. NV (9e).
- SS84:118 Grått, skiktat, ryodacitiskt metasediment. - 350 m SV om vägskalet mot Berkinge på väg 76. 66961/16223. Östh. NV (9e).
- GS85:6 Grått, skiktat, dacitbetonat metasediment. - 500 m V om Giboda. 6699/16172. Östh. NV (9d).
- SS84:115 Grått, ryodacitiskt metasediment. - 700 m SO om bron över Gålarmoån på väg 76. 66953/16233. Östh. NV (9e).
- GS85:7 Grått, skiktat, dacitbetonat, granatförande metasediment. - 250 m VNV om Giboda. 66992/16175. Östh. NV (9d).

- SS84:138 Rött, ryodacitiskt metasediment. – 400 m SO om vägkorsning på väg 76 i norra kartkanten. 66996/16145. Östh. NV (9c).
- SS84:9 Grått, skiktat metasediment. – 300 m NO om Stenas. 66991/16186. Östh. NV (9d).
- GS85:17 Alkaliryolitiskt, något granatförande metasediment. – 300 m SO om Skärsättra. 6699/16157. Östh. NV (9d). Kemisk analys, tab. 3.
- SS84:97 Mörkgrå, granatförande biotitgnejs. – 1.5 km NNV om Gålarmoraåns mynning. 66988/16225. Östh. NV (9e).
- SS84:106 Grårött, granatförande, ryolitiskt metasediment. – 1 km VSV om bron över Gålarmoraån på väg 76. 66957/16221. Östh. NV (9e).
- RA84:86 Ljusgrått, lätt ådrat, glimmerskiktat, kaliryolitiskt metasediment. – 1.5 km OSO om Berkinge. 66250/16238. Östh. NV (8e).
- SS84:124 Grå, kvarts-muskovit- biotitglimmerskiffer. – Ca 1.2 km NO om Frebbenbo. 66995/16214. Östh. NV (9e). Kemisk analys, tab. 4.
- SB84:58 Mörkgrå, skiktad, biotit-muskovitglimmerskiffer. – 6 km N om Östensbo. 66943/16241. Östh. NV (8e).
- SS84:132 Mörkgrå, skiktad, granatförande biotitgnejs. – Vid väg 76, 1.2 km S om Frebbenbo. 66975/16208. Östh. NV (9e).
- GS85:20 Ryodacitisk, något granatförande glimmerskiffer. – 500 m SO om Skärsättra. 66989/16158. Östh. NV (9d).
- SS84:104 Mörkgrå, ryodacitisk glimmerskiffer. – Ca 400 m Ö om bron över Gålarmoraån på väg 76. 66959/16235. Östh. NV (9e).
- SS84:128 Grå glimmerkvartsit. – 800 m Ö om Frebbenbo. 66986/16214. Östh. NV (9e). Kemisk analys, tab. 4.

tektoniskt inkompetenta ("plastiska") led. Det aktuella, komplicerat uppbyggda området kan delas upp i en sydlig zon av rödgrå till ljusgrå metasediment av ryodacitisk sammansättning (gula spolar på blått). En mellersta zon kring och norr om riksväg 76 består av mörkgrå, skiktade gråvackebetonade led, sannolikt utgörande omlagrade metadaciter med eller utan granat respektive hornblände (gröna prickar på blått). Här finns också metaareniter jämsides med något glimmerrikare led. Metadaciter med strökorn av plagioklas uppträder också rikligt i denna zon och deras sammansättning är redan tidigare anförd inom ramen för diagram 5a (se s. 35). En tredje zon till sist sträcker sig väster om Södra Åssjön (9e) och norrut. Den domineras av glimmerskiffrar med inslag av fältspatrikare led jämte granat. De tämligen heterogent sammansatta, sedimentbetonade bergarternas mineralfördelning framgår av diagram 6. Vanligen domineras kvarts över endera av oligoklas eller kalifältspat. Därefter följer biotit och muskovit i nämnd ordning. Bland småmineralen märks granat, epidot, apatit och zirkon. De enskilda proverna i diagram 6, ehuru tolkade som sediment, har plottats i klassi-

fikationstrianglarna för metavulkaniter (fig. 15a och b) enligt IUGS (1980) jämsides med tidigare metadaciter i diagram 5a och b. Sedimentens prägel av om-lagrade ryolitiska respektive dacitiska vulkaniter antyds av punkternas fördelning i fig. 15a. Ett vackert exempel på *graded bedding* i den södra delen av det nu om-talade sedimentområdet (9e) framgår av fig. 22. Stratigrafiska uppåtbestämningar ger tyvärr inga entydiga resultat på grund av den breccierande yngre granitens störande inverkan.

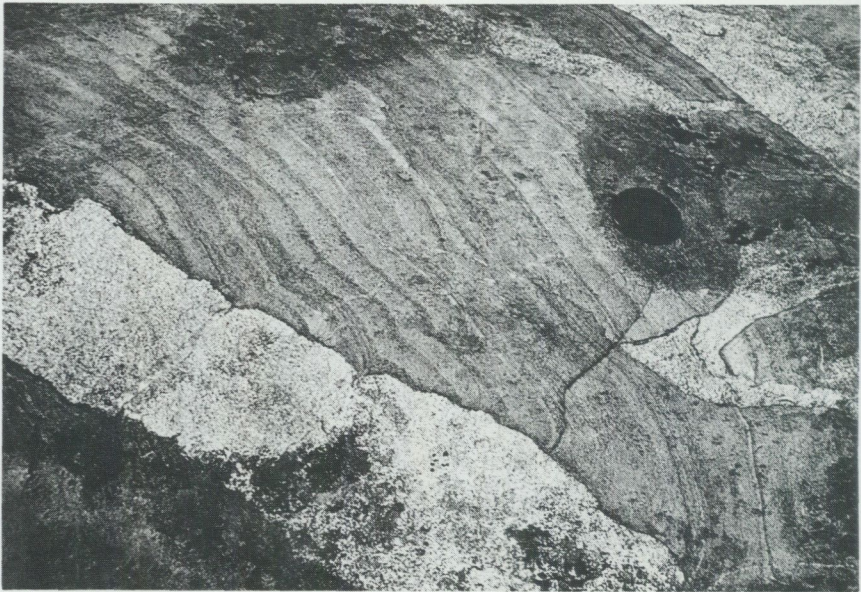


Fig. 22. "Graded bedding" i metagråvacka skuren av grå yngre granit. – 2 km NV–VNV om Berkinge (9e), NV-bl.

Graded bedding in metagreywacke cut by grey young granite.

Metasediment inom kartbladet Östhammar NO

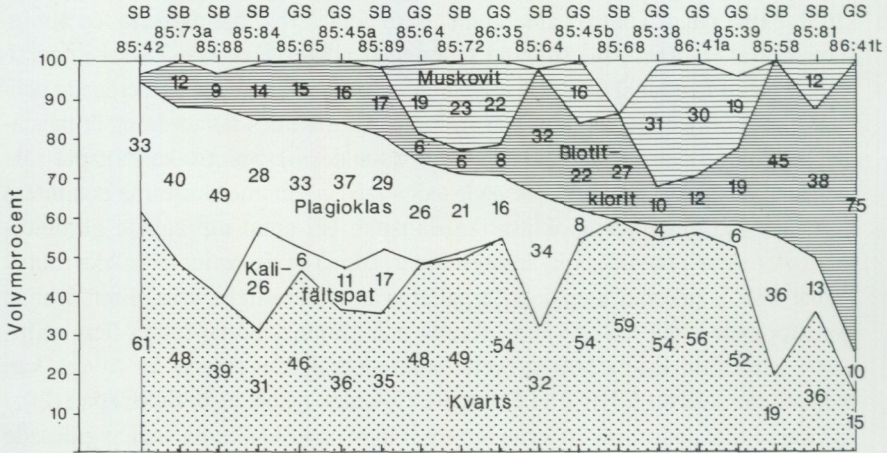
Till skillnad från de i föregående avsnitt behandlade, med avseende på sammansättningarna något kontroversiella metasedimenten, har här aktuella led åtminstone delvis en mera väldefinierad sedimentär prägel. Diagram 7 visar mineralfördelningen i ett antal av dessa metaarenitiska till glimmerskifferbetonade och/eller glimmerkvartsitiska bergarter. Mineralens inbördes rangordning är mestadels följande: kvarts \leq plagioklas (oligoklas-andesin)>>biotit>kalifältspat i de metaarenitiska eller gråvackebetonade leden medan glimmerskifferna domineras av kvarts \leq glimmer>plagioklas>>kalifältspat. Ett antal utpräglade glimmerkvartsiter visar i huvudsak kvarts>glimmer. Bland övriga mineral märks främst granat, apatit, zirkon och epidot. Bergarterna är ofta kraftigt rekrystalliserade med kornstorlekar kring 0.2–0.5 mm. Kvarts och glimmer bildar lokalt flera millimeter stora fält. Ett ca 500 m brett sedimentstråk, det största för övrigt, kan med mindre avbrott följas från Forsmark (9g) mot sydost förbi Storträsket (8i).

Längre mot sydost på Söderön har tre från metavulkaniterna vagt avgränsade sedimentlika zoner skiljts ut, kännetecknade av gradvis förhöjda kvarts-, glimmer- och granathalter. Möjligen har vi här att göra med omvandlingsbergarter bildade ur metavulkaniter (diagram 7, proverna GS 86:4la, 86:4lb, GS 85:38 och 85:39), att likna vid glimmerkvartsiterna i diagram 4 trots frånvaron av relikta strökorn. Flera andra små, karttekniskt ej avgränsbara sedimentstråk finns i denna zon. Gränsen vulkanit-sediment blir här flytande. Ett annat i nordvästlig riktning utsträckt, delvis åderförgnejsat sedimentstråk väster om Norrskedika (7h) är starkt genomvävt av gnejsgranit. Ytterligare ett sedan gammalt välkänt sedimentstråk med kis- och magnetitförande gruvor är beläget kring Borggårde ca 2 km NV om Hökhuvud k:a (6g). Ett flertal mindre förekomster av metasediment, ibland ganska svåra att avgränsa från omgivande gnejsgraniter, har noterats inom det aktuella kartbladet. Flertalet av nu nämnda lokaliteter finns exemplifierade i diagram 7.

Metasedimenten i diagram 7 har samtliga förts in i triangeldiagrammen fig. 15a och b. Punkterna faller som väntat alltmer i riktning mot trianglarnas kvartsrika hörn (Q) jämfört med metadaciterna (diagram 5a, b) och de övergångsbetonade metasedimenten (diagram 6). Överfört till vulkanitnomenklaturen utgör de nu aktuella metasedimenten kvartsrika metaryodaciter till metadaciter, medan de allra kvartsrikaste sedimentleden i egenskap av tänkbara omvandlingsbergarter helt faller utom ramen för vulkanitnomenklaturen.

DIAGRAM 7. Mineralfördelningen i metasediment (delvis omvandlingsbergarter) från kartområdet Östhammar NO.

Modal composition of metasediments (partly metasomatites) from the map area Östhammar NO.



An i %	25	20	35	25	20	20	20	25	25	25	35	25	-	-	-	-	35	25	30
Apatit	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+
Zirkon	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+
Opakmineral	+	-	-	-	-	-	-	+	+	1	-	-	-	1	+	+	+	1	+
Biotit	2	9	9	14	15	16	17	6	-	8	32	22	27	10	12	19	45	38	75
Klorit	1	3	-	+	-	-	-	6	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
Muskovit	2	-	-	+	+	+	1	19	23	22	-	16	-	31	30	19	-	12	-
Hornblände	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Epidot	1	-	1	1	-	-	-	+	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Titanit	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Granat	-	-	-	-	+	-	1	1	-	-	+	-	12	-	-	4	+	-	-
Sillimanit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Kornstorlek	0.2-0.4	0.1-0.15	0.1-0.15	0.2-0.5	0.2-0.4	0.2-0.3	0.5-4	0.2-0.5	0.3-0.6	>0.5									
	0.15-0.3	0.2-0.5	0.15-0.25	0.2-1.0	0.2-0.5	1-3	0.2-1	0.3-1.0	0.5-2										
N	360	355	385	360	370	375	360	365	410	420	350	380	360	355	430	365	370	370	375

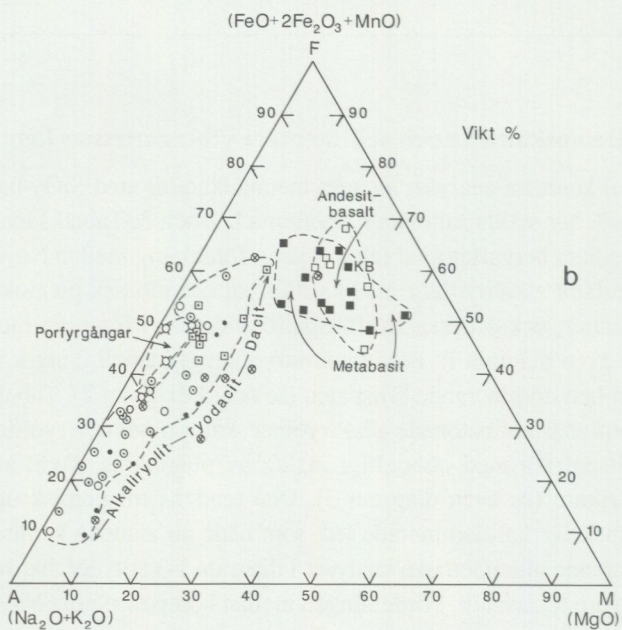
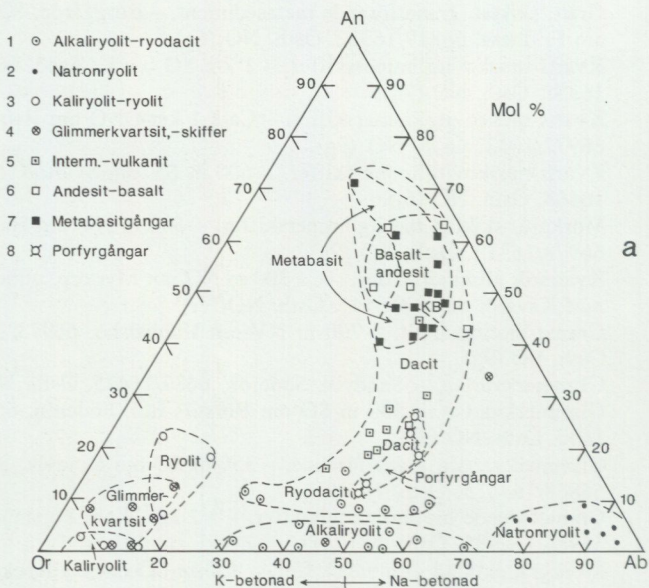
Analyslokaler till diagram 7

- SB85:42 Grå, skiktad fältspatkvartsit. – 800 m N om Vamsta. 6693/1627. Östh. NO (8f).
- SB85:73a Grå metaarenit. – 1.5 km SV om Storskäret. 66964/16334. Östh. NO (9g).
- SB85:88 Grå, skiktad metaarenit. – Borggårde. 66822/16322. Östh. NO (6g).
- SB85:84 Grå, skiktad, ryodacitisk metaarenit. – 1.2 km NO om Gyllkroken. 66937/16379. Östh. NO (8h).
- GS85:65 Grå metaarenit, lokalt granatförande. – 250 m NV om Stjärudden (500 m S om Uppskedika). 66816/163715. Östh. NO (6h).
- GS85:45a Mörkgrå metaarenit. – Ca 300 m NO om Myrtorp, utmed vägen mot Kavarö. 66895/16441. Östh. NO (7i).

- SB85:89 Grått, skiktat, granatförande metasediment. – Borggårde, 800 m N om Fridhem. 66819/16322. Östh. NO (6g).
- GS85:64 Kvarts-muskovitglimmerskiffer. – 1 km SO om L. Aspö. 66883/16351. Östh. NO (7h).
- SB85:72 Kvarts-muskovitglimmerskiffer. – Ca 1.1 km ONO om Habbalsbo. 66972/16323. Östh. NO (9g).
- GS86:35 Kvarts-muskovitglimmerskiffer. – 600 m SV om Svartnö. 66843/16468. Östh. NO (6j).
- SB85:64 Mörkgrå, skiktad biotitglimmerskiffer. – 600 m NV om Habbalsbo. 66978/16310. Östh. NO (9g).
- GS85:45b Kvartsrik glimmerskiffer. – Ca 300 m NO om Myrtorp, utmed vägen mot Kavarö. 66895/16441. Östh. NO (7i).
- SB85:68 Granat-biotitkvartsit. – 700 m NV om Habbalsbo. 66973/16309. Östh. NO (9g).
- GS85:38 Glimmerkvartsit. – Sandvik, Söderön. 6687/16445. Östh. NO (7i).
- GS86:41a Glimmerkvartsit. – 500 m SO om Börstils-Bol, Söderön. 66852/1650. Östh. NO (7j).
- GS85:39 Glimmerkvartsit, granatförande. – 350 m SO om Sandvik, Söderön. 66868/164475. Östh. NO (7i).
- SB85:58 Granatförande biotitglimmerskiffer. – 1.2 km N om Forsmark k:a. 66984/162985. Östh. NO (9f).
- SB85:81 Mörkgrå, skiktad glimmerskiffer. – 450 m SO om Gyllkroken. 66926/16373. Östh. NO (8h).
- GS86:41b Biotitglimmerskiffer. – 500 m SO om Börstils-Bol, Söderön. 66852/1650. Östh. NO (7j).

De vulkaniska och sedimentära ytbergarternas kemi

Ett trettiotal kemiska analyser av sura metavulkaniter med SiO_2 -halter från 79 till 69 vikt-% har ställts samman i tabellerna 1, 2 och 3. Tabell 1 innefattar fältspatintermediära bergarter med relativt jämn fördelning mellan Na_2O och K_2O , närmare bestämt alkaliryoliter med kalifältspat och albitisk plagioklas ($<\text{An}_{10}$) samt ryodaciter, också dessa kalifältspatförande, nu i förening med oligoklas ($>\text{An}_{10}$; se även diagram 1). Bland natronryoliterna i tabell 2 utgör albitisk plagioklas den helt dominerande fältspaten (se också diagram 2). Tabell 3 fortsättningsvis, omfattar kalibetonade alkaliryoliter, kaliryoliter och ryoliter, i flertalet fall kalifältspatrika med obetydligt inslag av plagioklas, såväl albitisk som något kalkrikare (se även diagram 3). Den tendens till kemisk uppdelning i natron- respektive kalidominerade led, som både nu aktuella kemiska analyser och motsvarande planimetriska analyser i diagram 1–3 antyder, har framskymtat redan i tidigare textavsnitt. Fördelningen mellan komponenterna Na_2O , K_2O och



CaO uttryckt i form av CIPW-normens Ab, Or och An i triangeldiagrammet fig. 23a belyser detta förhållande. Ryodacitfältet i figuren intar en position jämförbar med djupbergarter av normalgranitisk till salisk granitsammansättning (jfr Ab, Or, An-diagram i fig. 39a). Samma jämförelse visar också att den bland de sura vulkaniterna påvisbara uppdelningen i kaliryolit, natronryolit och alkaliryolit med samhörande horisontell spridning av analyspunkterna (se fig. 23a) saknar motsvarighet inom djupbergarterna (fig. 39a). Primärmagmor som givit upphov till vulkaniter med dessa speciella sammansättningar förefaller därför inte särskilt sannolika. Dock har vissa forskare i tidigare skeden (Johansson 1910) tänkt sig möjligheten av att en ursprunglig intermediär magma under vissa betingelser spaltats upp i kali- respektive natronrika delmagmor. Även Magnusson (1940) tycks ha varit inne på liknande tankegångar om än i något modifierad form. En numera förhärskande uppfattning är att metasomatiska processer, dvs. tillförsel och borttransport av olika kemiska komponenter som ägt rum ungefär samtidigt med vulkanismen i stor utsträckning kan förklara inte bara uppdelningen i natron- och kalirika led utan också uppkomsten av malmer, glimmeromvandlade vulkaniter samt i viss mån karbonatstenar och skarn, alla genetiskt samhöriga med de sura vulkaniterna (Arvanitidis och Rickard 1981, Frietsch

Fig. 23a och b. Mol% Ab, Or, An (CIPW-norm) och AFM-diagram (vikt%) för samtliga kemiskt analyserade metavulkaniter och sannolika derivat av dessa inom Östhammarregionen. För metabasiter och porfyrgångar tillkommer en del material från övriga Uppland.

CIPW-norm Ab, Or, An (mol%) and AFM diagram (weight%) for all chemically analysed metavolcanites and their possible mica-rich derivatives from the Östhammar region. As considers metabasitic and porphyritic dikes, some analyses derive from different parts of the Province of Uppland.

1. 9 st alkaliryoliter + 8 st ryodaciter (tabell 1 och 3)
2. 9 st natronryoliter (tabell 2)
3. 3 st kaliryoliter + 3 st ryoliter (tabell 3)
4. 8 st glimmerkvartsiter och -skiffrar av växlande ursprung (tabell 4)
5. 9 st daciter (interm. metavulkaniter, tabell 5)
6. 6 st andesiter-basalter (basiska metavulkaniter, tabell 5)
7. 13 st metabasitgångar varav 4 st från kbl Östhammar NV (tabell 10) och återstoden från följande publikationer: Herrängsfältet (3 st från tabell 8-10 i Magnusson 1940), 2 st i tabell 3b (kbl Enköping SV), 1 st från Ramhäll, Östhammar SV (Lindroth 1916, s. 115) samt från området 2 km V om Läby k:a, V om Uppsala, 3 st, varav 1 st representerande en medelsammansättning för kontinental basalt; KB (S. Bergman 1984, tabell 7)
8. 5 st porfyrgångar varav 3 st från Herrängsfältet (tabell 5-7 i Magnusson 1940), 1 st från tabell 3b i kbl Enköping SV och 1 st från tabell 2 i kbl Uppsala (Lundegårdh 1956).

1982, Lagerblad och Gorbatshev 1983, Baker och de Groot 1983, Lundström 1983, Baker 1985, Lagerblad och Gorbatshev 1985 m.fl.). Metasomatosen torde ha skett via hydrotermala konvektionströmmar från gränssytan mellan ett natrium- och magnesiumhaltigt havsvatten och ned mot djupet i successivt avsatta, ännu okonsoliderade vulkaniska utbrottsprodukter (se fig. 24). En natronanrikning sker vid högre temperatur ($>150^{\circ}\text{C}$) än motsvarande kalianrikning ($<150^{\circ}\text{C}$). Av detta skäl återspeglar fördelningen av natron- och kalivulkaniter avståndet till värmekällan och är generellt en funktion av djupet. Den ej sällan anförda klassiska lagerföljden inom Bergslagens metavulkaniter med natronbetonade led i botten följda av kalivulkaniter får härigenom en sannolik förklaring. Regionala oregelbundenheter med erosion i vissa områden och deposition i andra gör dock att verkligheten är betydligt mer komplicerad och endast lokalt uppfyller de ideala villkoren. I samband med natron-kaliuppdeleningen har magnesium anrikats lokalt och lakning av metaller ägt rum i de djupare delarna av vulkaniterna enligt fig. 24. Exhalativ-sedimentär malmbildning sker slutligen i de övre delarna av lagerföljden.

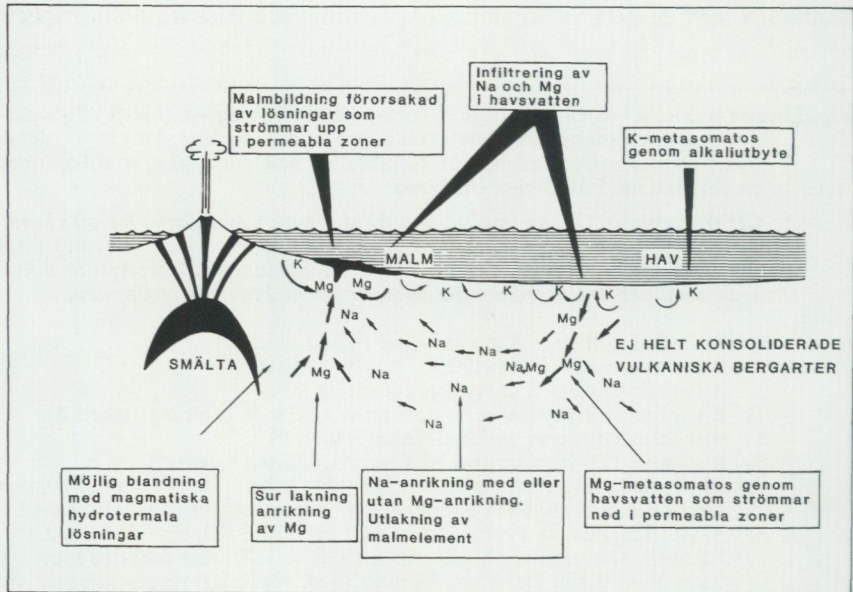
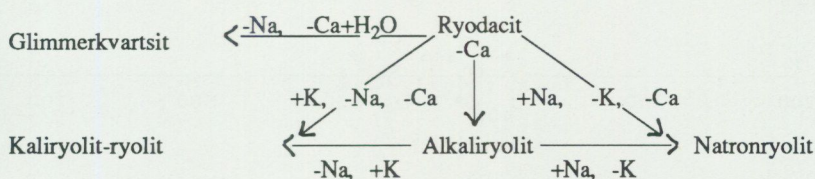


Fig. 24. Schematisk bild illustrerande den hydrotermala konvektionsprocessen inom submarint deponerade vulkaniter. Modifierad från Lagerblad och Gorbatshev 1985.

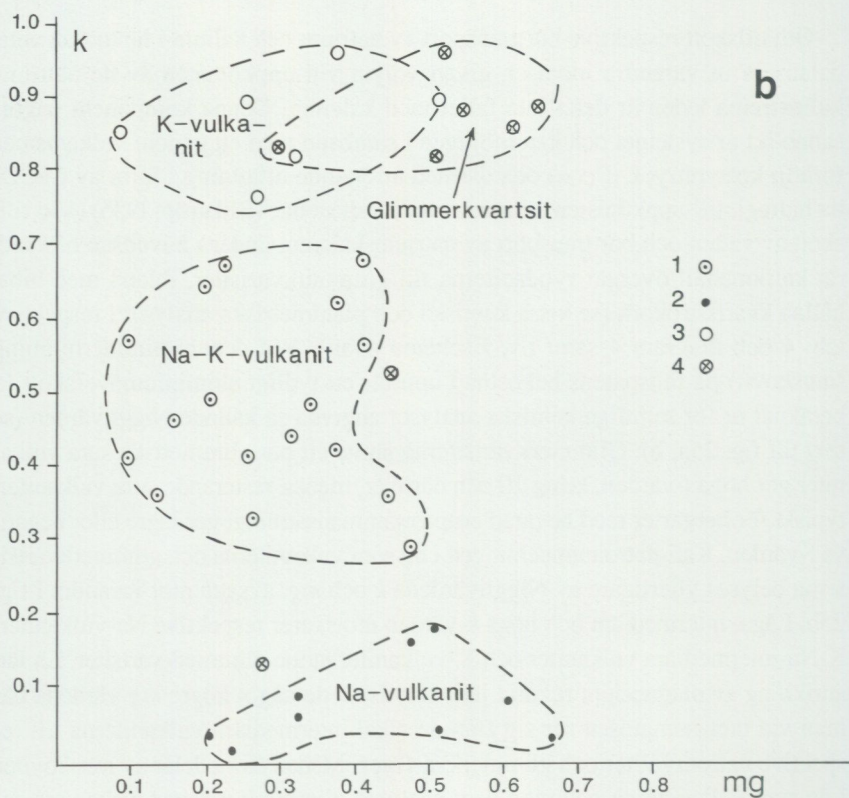
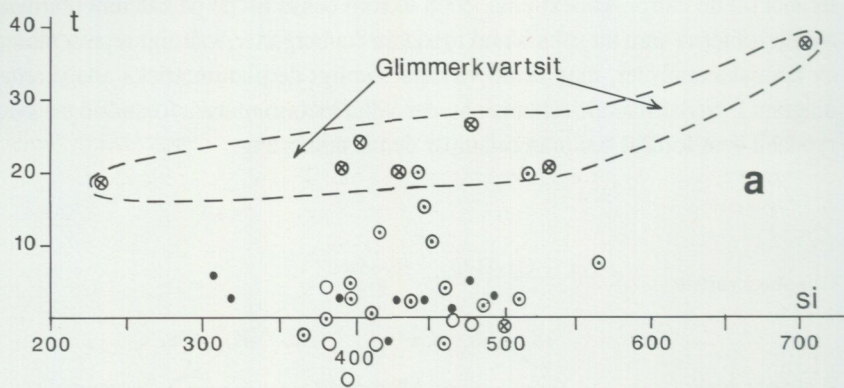
Sketch illustrating hydrothermal convection processes in submarine volcanic rocks. From Lagerblad and Gorbatshev (1985).

För att återvända till de i fig. 23a angivna sura vulkaniterna torde utgångsmaterialet till de natron-kaliextrema leden liksom också till de på kalcium utarmade alkaliryoliterna vara att söka bland ryodacitiska bergarter, måttligt representerade av kemiska analyser, men desto vanligare enligt de planimetriska analyserna i diagram 1. Nedanstående schema antyder vilka metasomatiska förändringar av en ryodacit som fordras om man tillämpar denna tankegång:



Om tillskott respektive borttransport av natrium och kalium i huvudsak antas balansera ut varandra inom en given volym vid uppkomsten av de natrium-kaliextrema leden är detta inte fallet med kalcium. Denna komponent frigörs sannolikt ur systemet och kan möjligen i samband med ett genom vulkanismen förhöjt kolsyretryck (PCO_2) och därmed åtföljande utfällning i form av CaCO_3 ha bidragit till uppkomsten av associerade kalkstenar (Billström 1985). Vid tillskott av vatten och borttransport av natrium-kalcium under i huvudsak oförändrat kaliinnehåll övergår ryodaciterna till glimmerkvartsiter, ibland med bibehållna kvartsströkorn (se vissa kemiska och planimetriska analyser i respektive tab. 4 och diagram 4 samt t.v. i schema ovan). Vid denna glimmerbildning (muskovit) på fältspatens bekostnad uppstår ett tydligt aluminiumöverskott (t) beräknat ur för samtliga kemiska analyser angivna så kallade Nigglivärden (se text till fig. 25a, b). Glimmerkvartsiterna jämte ett par glimmerrika sura vulkaniter ger höga t -värden, kring 20 och däröver, medan resterande sura vulkaniter, typiskt för bergarter med bevarad eruptivsammansättning, ger lägre eller negativa t -värden. Kali-natronuppdelningen i de sura vulkaniterna och glimmerkvartsiterna belyses ytterligare av Nigglivärdena k och mg , avsatta mot varandra i fig. 25b. Låga, intermediära och höga k -värden motsvarar respektive Na-vulkaniter, K-Na-intermediära vulkaniter och K-vulkaniter jämte glimmerkvartsiter. En lätt anrikning av magnesium relativt järn antyds av de något högre mg -värdena när man vid metasomatosen rör sig från de alkaliintermediära vulkaniterna till respektive natronryoliter och glimmerkvartsiter. Medan stora delar av muskoviten i de sura vulkaniterna och med dem anslutna glimmerkvartsiter tycks vara se-

$$t = al - (c + alk)$$



kundärt bildad, är biotiten svårare att klassificera i detta avseende. Minalet ingår nämligen dels i måttliga mängder i de sura vulkaniternas normala mineralparagenes, men bildas också genom tillskott av magnesium (s.k. magnesiometasomas; se fig. 24) på fältspatens bekostnad (jfr prov 41b i tab. 4 med 41a i tab. 1). I de som metasediment tolkade bergarterna (se diagram 6, 7 och tabell 4 t.h.) där, på några undantag när, fältspat vanligtvis förekommer vid sidan av glimmer och kvarts kan biotiten delvis tillskrivas ett betydande inslag av redeponerade intermediära vulkaniter (se diagram 5a, b). Biotiten kan också i vissa fall utgöra en normal beståndsdel i ordinära vittringssediment. Detta bidrar i hög grad till osäkerheten i bedömningen om vulkaniternas gula eller sedimentens blå bottenfärg skall begagnas i kartan. De med blått betecknade arealerna är i detta avseende ganska kontroversiella, inte minst inom nordostdelen av NV-bladet (se s. 35).

Kemiska analyser med beräknade Niggli-värden för intermediära och basiska vulkaniter, närmare bestämt nio metadaciter (SiO_2 från 69 till 61 vikt-%) och sex metaandesiter-metabasalter (SiO_2 från 54 till 44 vikt-%), framgår av tabell 5. Niggli-värdena *alk*, *c*, *al* och *fm* avsatta mot *si* i fig. 26 beskriver en normal magmatisk differentiationstrend i detalj att jämföra med motsvarande för en serie

Fig. 25a och b. Östhammarregionens sura metavulkaniter och dito glimmerkvartsitiska omvandlingsbergarter, åskådliggjorda med hjälp av ur kemiska analyser beräknade Niggli-värden i tabellerna 1-4.

a) Al-överskottet (*t*) avsatt mot kiselsyrainnehållet (*si*).

b) Kali-natronkvoten (*k*) avsatt mot kvoten magnesium-järn (*mg*)

Acid metavolcanite with associated secondarily formed mica-quartzites from the Östhammar region, visualized by Niggli-values calculated from chemical analyses in Tables 1-4.

a) Al-surplus (*t*) plotted against silicium (*si*)

b) Potassium/sodium quotient (*k*) plotted against quotient magnesium/iron (*mg*)

1. Alkaliryolit-ryodacit (tabell 1 och 3); N=17)

Alkalirhyolite-rhyolite

2. Natronryolit (tabell 2; N=9)

Na-rhyolite

3. Kaliryolit-ryolit (tabell 3; N=6)

K-rhyolite-rhyolite

4. Glimmerkvarzits till skiffer (tabell 4; N=8)

Mica-quartzite and mica-schist.

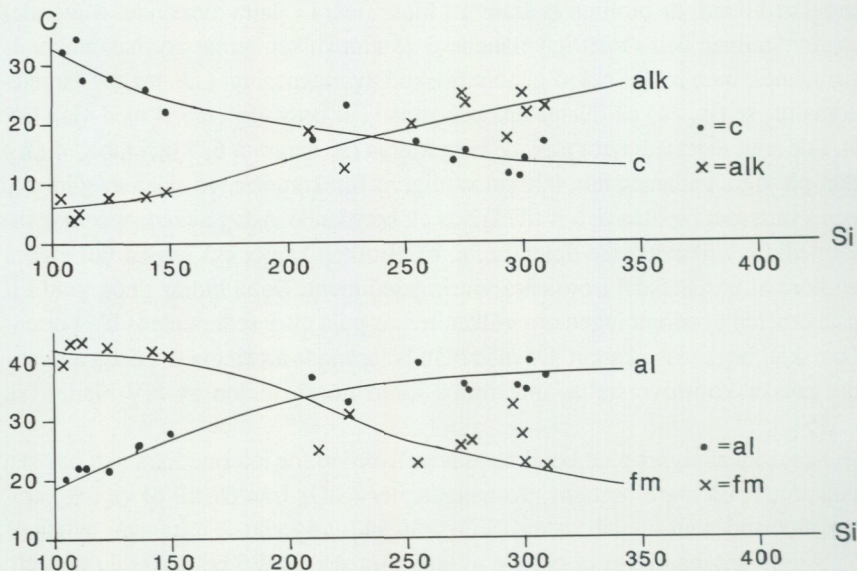


Fig. 26. Differentiationstrender för metadaciter–metaandesiter och metabasalter i Östhammarregionen (tab. 5; N=15) belyst med hjälp av Niggli värdena *alk*, *c*, *al* och *fm* avsatta mot *si*.

*Differentiation trends for metadacitic–metaandesitic and metabasaltic rocks from the Östhammar region (Table 5; N=15) visualized by the Niggli values, *c*, *alk*, *al* and *fm* plotted against *si*.*

sannolikt ytligt intrusiva porfyrier-porfyriter längre söderut i Uppland (Stålhös 1972, s. 51). Samma differentiationstrend basalt-andesit-dacit belyses också om analyserna ifråga fogas till de redan i triangeldiagrammet Ab, Or och An kommenterade och åskådliggjorda sura vulkaniterna (se fig. 23a). Med reservation för det ofullständiga analysmaterialet sammanfaller analyspunkternas utbredningsområde tämligen väl med motsvarande för regionens djupbergarter inom ramen för gabbro-diorit-tonalit och granodiorit (se triangeldiagram fig. 39a). En viktig skillnad utgör den stora spridningen av gabbro–diorit i riktning mot triangeln An-hörn enligt sistnämnda figur beroende på en mera långtgående kemisk uppdelning till följd av gravitativa processer inom de långsamt stelnade basiska djupbergarterna än i de snabbt konsoliderade vulkaniska leden. De aktuella yt- och djupbergarterna kan också jämföras med hjälp av fördelningen mellan alkali, järn och magnesium enligt figurerna 23b och 39b. Likheten mellan bergartsfor-

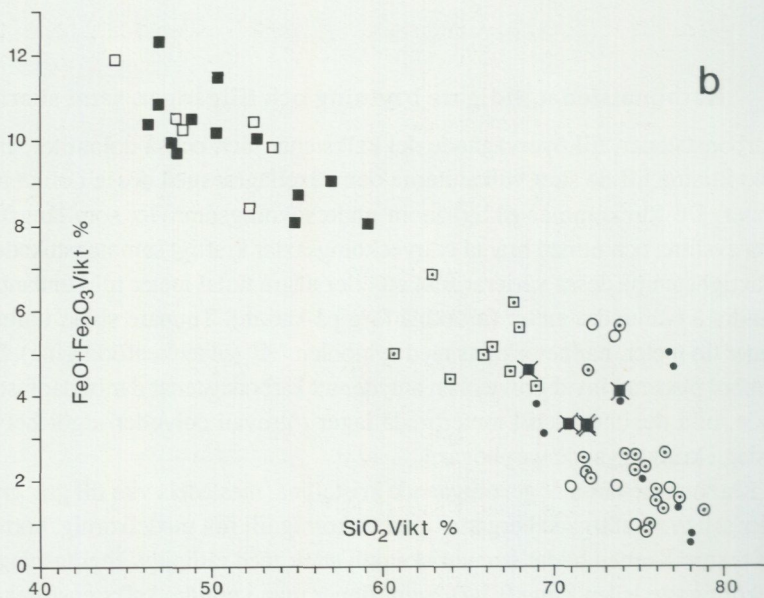
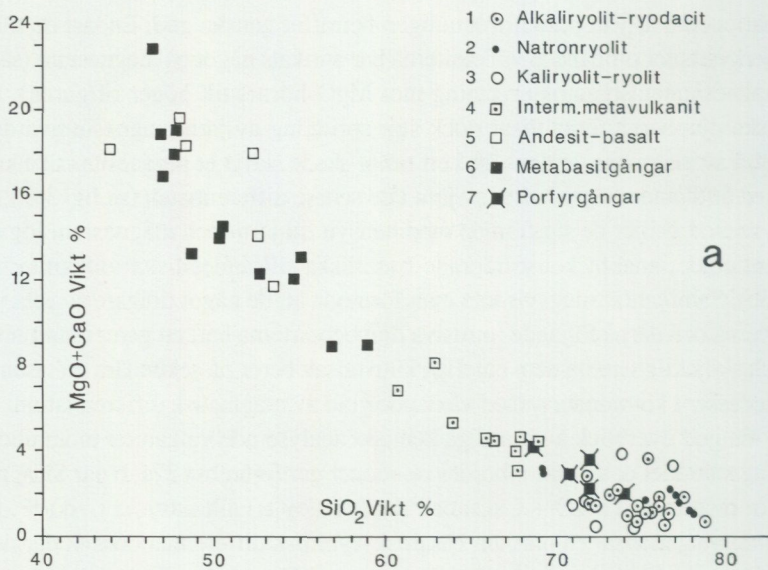
mationerna är vad punktfördelningen beträffar ganska god. Endast de till glimmerkvartsiter omdanade vulkaniterna har anrikats något på magnesium (så kallad magnesiometasomatos i riktning mot MgO-hörnet till höger i figuren). De basiska djupbergarterna visar dock stor spridning av järn-magnesiumvärdena till följd av magmans tendens att i ett tidigt skede skilja ut magnesiumrika kumulat med åtföljande högre halter av järn i de senare differentiaten (se fig. 39b). I detta avseende skiljer de sig från de med hänsyn till järn- och magnesium föga differentierade, snabbt konsoliderade basaltiska till andesitiska vulkaniterna (fig. 23b). Sammanfattningsvis kan man förmoda att de något tidigare avsatta ytbergarterna och därpå följande intrusiva djupbergarterna haft ett gemensamt ursprung och skiljaktigheterna dem emellan i huvudsak beror på sekundära metasomatiska processer i kombination med växlande grad av magmatisk differentiation.

En god överblick av samtliga kemiskt analyserade vulkaniter inom undersökningsområdet och deras inbördes relationer ger figurerna 27a, b där SiO_2 plottats mot respektive $(\text{MgO} + \text{CaO})$ och $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ allt uttryckt i vikt-%. Punktfördelningen visar en obruten basaltisk-ryolitisk differentiationssvit där de intermediära mellanleden dock är tämligen tunnsådda och antyder en viss bimodalitet (jfr även Löfgren 1979, fig. 2). Denna bimodalitet är dock mindre utpräglad än den man finner i t.ex. Grythytteområdet i västra Bergslagen (van der Velden m.fl. 1982, s. 178–179).

Karbonatstenar, tidigare brytning och tillgångar, samt skarn

Karbonatstenar, till övervägande del kalkstenar men också dolomiter, är genetiskt knutna till de sura vulkaniterna och växellagrar med dessa i olika proportioner. De förekommer rikligt inom undersökningsområdet som långsträckta, ofta avslitna och utmed branta tvärveckningsaxlar kraftigt sammanstukade lager. Mäktigheten på dessa varierar från ett eller några tiotal meter till i undantagsfall hundra à tvåhundra meter (mörkblå färg på kartan). Tunnare stråk, i allmänhet under tio meter, har betecknats med symbolen "K" (se teckenförklaring). Samma symbol placerad invid gruvtecken antyder att karbonatstenar där bildar fast anstående, ofta decimeter- till meterbreda lager i gruvan och/eller utgör betydande inslag i kringliggande varphögar.

Karbonatstenarna är genomgående kristallina, mestadels vita till grå, grågröna eller sällan rosafärgade bergarter med finkornig till fint medelkornig, hornfelsartad textur. Kornen bildar isometriska polyedrar med rätlinjiga begränsningar. De finkornigaste leden kring 0.1–0.2 mm finner man i mindre kalkstensförekomster



ca 2 respektive 2.5 km N om Skyttorp (2b) men också fortsättningsvis norrut i de stora karbonatstensstråken vid Dammen (3c) och i Dannemorafältet. Kornstorlekar från 0.5–1 mm överväger eljest bland de undersökta slipproven. Det är inte bara CaCO_3 och MgCO_3 (jfr inslag av dolomit enligt ovan) utan också lokalt och i mindre omfattning FeCO_3 och MnCO_3 som fällts ut i havsvattnet vid förhöjda CO_2 -halter i samband med karbonatstenarnas tillkomst (se s. 57). Detta framgår om man tar del av analyserna för de stora karbonatstensförekomsterna i Dannemora och Ramhäll (se tabell 6a), båda associerade med kalkrandiga och manganförande magnetitmalmer. Enligt Lindroth (1916, s. 50–51) kan siderit (FeCO_3) åtminstone till en del utgöra primärmineralet till magnetiten i dessa malmer där manganet också rimligtvis kan antas härröra från närvarande MnCO_3 . Karbonatstenarnas innehåll av både kalcium, magnesium, järn och mangan skapar i nu omtalade fall speciellt goda betingelser för uppkomsten av skarnmineral av olika slag i kontaktytan mot inneslutna eller angränsande kisel-syra- och aluminiumrika kvarts-fältspatbergarter. Uppkomsten av dessa skarnmineraliseringar förutsätter dock ett kraftigt värmetillskott under varierande tryckbetingelser i samband med kontakt- och/eller regionalomvandlingar. De mäktigaste skarnhorisonterna brukar uppträda i karbonatstenarnas närhet och mestadels

Fig. 27a och b. Harkerdiagram (vikt-%) för samtliga metavulkaniter inom Östhammarregionen och övriga delar av Uppland (endast metabasit- och porfyrgångar).

- a) $\text{MgO} + \text{CaO}$ avsatta mot SiO_2
 b) $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ avsatta mot SiO_2

Harker diagrams (weight-%) for all metavolcanic rocks of the Östhammar region and other parts of the Uppland province (only dikes of metabasite and porphyry).

1. Alkaliryolit–ryodacit (tabeller 1 och 3; N=17)
Alkalirhyolite–rhyolite
2. Natronryolit (tabell 2; N=9)
Na-rhyolite
3. Kaliryolit–ryolit (tabell 3; N=6)
K-rhyolite–rhyolite
4. Intermediär vulkanit (tabell 5; N=9)
Intermediate volcanite
5. Andesit–basalt (tabell 5; N=6)
Andesit–basalt
6. Div. metabasiter, Uppland (N=13)
Metabasitic dikes, Uppland
7. Div. gångporfyrer, Uppland (N=5)
Porphyritic dikes, Uppland

också i nära anslutning till malmer. Exempel härpå utgör en välkänd, meterbred, av granat dominerad skarnhorisont benämnd "brunan" i gränsen karbonatsten-vulkanit i södra delen av Ramhälls gruvstråk. Förutom granat utgörs mineralparagenesen här av kalcit, kvarts, amfibol, epidot, magnetit och något svavelkis. Granaten har enligt två analyser en spessartin-grossular-almändinsammansättning och stämmer i detta avseende överens med likaledes mangandominerat granatskarn från Dannemora (jfr Lindroth 1916, s. 51-61). Ett något annorlunda, väl tio meter mäktigt gränsskarn uppträder vid Stenringens järnmalmgruva (3c) i kontakten mellan karbonatsten, malm och sidobergart. Det rör sig här till övervägande del om ett diopsidiskt pyroxenskarn med låg halt av den järnrika hedenbergitmolekylen. Amfibol, kvarts, kalcit, epidot och granat tillkommer underordnat (Lindroth, s. 61-65). Även små mängder slumpvis fördelade primära föroreningar i form av kiselsyra, aluminium, järn och magnesium i karbonatstenarna har i samband med omvandlingar givit upphov till mera underordnade, skiktvis uppträdande och/eller ojämnt fördelade skarn- eller silikatmineral. Sådana mineral, registrerade antingen som "olöslig rest" (tab. 6b) eller beräknade ur fullständiga silikatanalyser i förening med mikroskopering (tab. 6c), uppträder vanligtvis i kvantiteter mellan 5 och 10 eller undantagsvis 20 vikt-%. Totalt sett kan skarn- eller silikatmineralen här liksom i de tidigare anförda mäktigare gränsskarnen inom regionen innehålla några av följande mineral, delvis beroende på de primära karbonatstenarnas sammansättning men också på senare materialtillskott, nämligen kvarts, diopsid, epidot, granat av olika slag, hornblände, aktinolit, tremolit, diverse glimrar (flogopit), klorit, olivin, humitmineral, serpentin, spinell, brucit med periklas, wollastonit, vesuvian, magnetit, knebelit (Mn-olivin) och dannemorit (Mn-cummingonit). Några analyser av granat från fem olika gruvor inom regionen belyser variationen i sammansättningen hos detta mineral (tab. 7). I likhet med i Dannemora och Ramhäll (se tidigare) är granaterna manganrika vid Stenby-Lenabergs gruvor i Vattholmafältet, medan vid Salsta gruvor i samma fält (1b) almandinggranat dominerar, med växlande inslag av spessartin och grossular. I motsats härtill är granater från Vigelsbofältet (7c), Juvansbo kalk- och malmstråk (7c) samt Östhammarområdet (7i) utpräglade andradit-grossulargranater (tab. 7). Enligt en undersökning om granatens natur i de mellansvenska malmfyndigheternas skarnbildningar (Lindroth 1919) åtföljs manganrika malmer mestadels av mangangranat, s.k. "malm av Vikers-typen", medan icke nämnvärt manganhaltiga skarnjärnmalmer av "Persbergstyp" normalt kännetecknas av granater med andradit-grossularsammansättning, en indelningsgrund som möjligen också kan gälla här.

För att åter knyta an till regionens karbonatstenar skall dessa, med undantag

för den stora Dannemoraförekomsten, i korthet omtalas kartbladsvis alltefter mäktighet, betydelse och sammanhang. Förutom egna iakttagelser står en hel del information att hämta i några av följande publikationer, nämligen Erdmann 1851, Törnebohm 1880, Lindroth 1916, Eklund 1931, Geijer och Magnusson 1944, Åhman 1973, Lager 1986 och ur ett vid SGU utfört projekt "Karbonat i berg" (L. Riad och B. Westlund 1987).

Talrika nu nedlagda och i kartorna angivna karbonatstensbrott, tillsammans över femtio stycken, förekommer, av vilka ca femton finns på vardera av SV- och NV-bladen, tjugofem på NO-bladet och ett par tre stycken på SO-bladet. I många fall rör det sig om mycket obetydliga brott med uttag av kvantiteter som kan räknas från några hundra till ett tusental ton.

Den i särklass största koncentrationen av karbonatstenar är associerad med de stora kalk- och skarmalmerna i Dannemora på NV-bladet (5c). Karbonatstenen har tidvis tagits till vara såsom en biprodukt vid malmbrytningen. En isoklinalt hopklämd, ca 3 km lång brantstående synklinall bildas här av karbonatstenen, vars mäktighet torde röra sig om ett par hundra meter, åtminstone i den västra veckskänkeln. Ett kraftigt inslag av hälleflinta, bl.a. en välkänd kalkstensskiktad dito (Nyström 1922, s. 764–769) gör att andelen karbonatsten sannolikt är betydligt mindre. En riklig inblandning med skarn och magnetitmalms utgör också föroreningar i bergarten. Likväl synes enligt Erdmann (1851, s. 28) den nu omtalade, genom finfördelad magnetit och grafit blågråfärgade "järnbindiga" dolomitiska karbonatstenen (se tab. 6a) ha varit eftersökt som beskicksningsmedel vid järnframställning. En ren, vit, finkornig kalksten, tiotals meter mäktig, uppträder i motsats härtill i södra delen av fältet. Denna splittras upp och tunnare ut i nordlig riktning (98–99 vikt-% CaCO_3 enligt tre analyser av Erdmann s. 29). Eklund (1931) uppskattar den totala tillgången av genom billig djupbrytning tillgänglig del av nämnda kalksten till väl 100 000 ton, en siffra som kanske i våra dagar är helt inaktuell. Kalkalger, s.k. stromatoliter, har påträffats flerstädes inom Dannemorafältets karbonatstenar (fig. 28) och tyder på att inte bara fysikalisk-kemiska, utan också biokemiska processer medverkat i uppkomsten av de senare. Med stromatoliternas hjälp har vidare ett flertal stratigrafiska uppåtbestämningar kunnat utföras inom lagerföljden vilket i hög grad bidragit till fastställandet av fältets synklinala byggnad (Lager 1986).

En fortsättning på Dannemorastråket utgör sannolikt den ca 1 km långa och 150 m breda karbonatstenen vid Dammen (Kungstomt) ca 1 mil söderut in på SV-bladet (3c), där en obetydlig järnmalmsrand påträffats (Sund 1957, s. 27). Enligt Eklund (1931, s. 120) är den blottade, starkt hälleflintbandade och skarnbemängda karbonatstenen här sannolikt inte brytvärd trots den stora volymen.

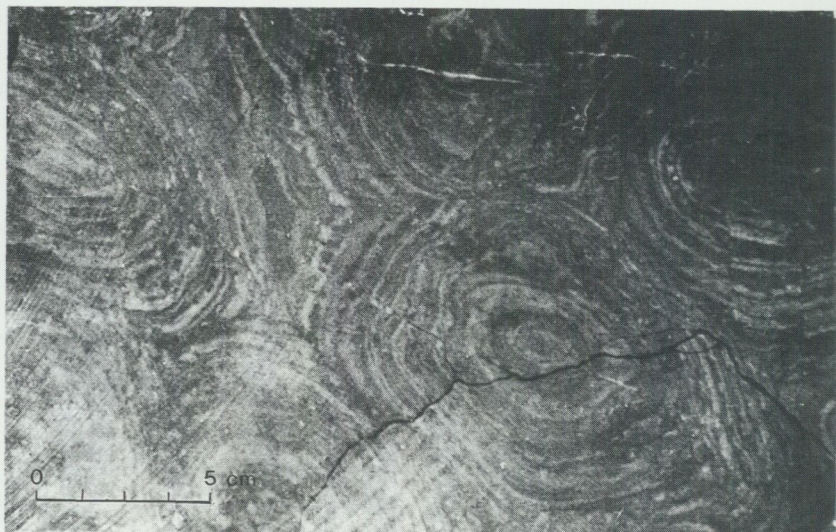


Fig. 28. Stromatoliter (kalkalger) i karbonatsten från Dannemora gruva (6c), NV-bl. Foto I. Lundström.

Stromatolithes in fine-grained crystalline carbonaceous rock from the Dannemora iron mine.

Analysen visar att vi har att göra med både något orena kalkstenar (tab. 6b) och kalcitiska dolomiter (tab. 6c; dubbelprov), de senare enligt beräkningar bestående av ca 50% dolomit, 30% kalcit, jämte serpentin 10–15% och klorit 5%. En viss förhöjning av spårelementen (Sr=82 ppm, Zn=81 ppm och Pb=90 ppm) kunde noteras i sistnämnda analys och pekar något mot ett genetiskt släktskap med de Zn-Pb-malmförande karbonatstenarna i södra delen av Dannemorafältet.

Ca 1 km söderut, sannolikt i fortsättningen av det omtalade stråket, är en ca 25 m bred gråvit karbonatsten (3c) på grund av sitt läge komplicerat veckad utmed branta axlar i gränsen mot den uppflikade, tektoniskt mera kompetenta gnejsgraniten i området.

Ca 7 km österut från föregående lokal är det väl 1.5 km långa och 20–30 m breda karbonatstenslagret inom Ramhällsfältet (3d) beläget. Det är ett bland de större inom regionen, och innehåller skiktade kalkrandiga magnetitmalmer. Precis som i Dannemora utgörs huvuddelen av karbonatstenarna här av gråblå "järnbindiga" mer eller mindre magnetitförande, dolomitiska kalkstenar (se tab. 6a och c). Enligt analyserna 1 och 2 i tab. 6c håller den dolomitiska kalkstenen

ca 7–12 vikt-% magnetit. Gränserna för vad som skall betraktas som anrikningsmalm, om än en lågvärdig sådan, och för tekniskt brukbar dolomitisk kalksten, är något oklara. Ett för olika syften praktiskt utnyttjande av denna potentiellt stora karbonatstensorisont, åtminstone uppgående till väl 5 miljoner ton, kräver i alla händelser mycket ingående undersökningar (se Eklund 1931, s. 121–122). Rena kalkstenar ingår också i Ramhällsstråket, exemplifierat av analys 3 från Varpsgruvan (tab. 6c). Kalkstenen växellagrar i detta fall med ett av kvartsrandiga blodstensmalmer uppbyggt stråk strax norr om kalkmalmerna.

En ca 100 m lång och 10 à 20 m bred horisont av en vit till rosafärgad, ren kalksten (se tab. 6b) är belägen 1 km NNO om Heden (3c), ca 5 km V om Ramhällsstråket. Det hänger dock inte nödvändigtvis ihop med det senare. Ett inte obetydligt uttag av kalksten för bränning har ägt rum här i äldre tid.

Tre mindre kalkstensförekomster, ca 4 km NNO om föregående lokal, tilldrar sig ett visst intresse genom att vara helt inneslutna av gnejsgraniter. Den första och största av dessa vid Stenringens gruva är en ca 20 m mäktig ren kalksten (se tab. 6c) associerad med natronvulkaniter, magnetitmalm och pyroxenskarn (jfr tidigare s. 64). En gammal kalkugn visar att viss brytning för kalkbränning ägt rum här vid sidan av den sannolikt viktigare malmbrytningen. De andra två betydligt mindre förekomsterna väster om Flymyra gruvor är tydligt kontaktpåverkade från omgivande gnejsgraniter (se Lindroth 1916, s. 129–131). Här uppträder i den östliga av dessa vid sidan av grovkornig kalcit- och dolomitspat, dm-stora gulbruna konkretioner av Mg-rik, något serpentinomvandlad olivin (forsterit), jämte färglös, olivinliknande humit och svagt ljusgrön spinell. En rödbrun senare bildad granat med spinellneslutningar kompletterar bilden. Även magnetit, kopparkis och något molybdenglans ingår i paragenesen.

I detta sammanhang skall också aktualiseras ett antal nu längre knappast tillgängliga, övervuxna kalkstensförekomster belägna i de äldre granitoiderna enligt den gamla geologiska kartan Salsta (Aa 43), ca 4 km SO om Vendelsjön (4a, b). Flera kalkstensbrott har bearbetats här från mitten av 1700-talet och fram till slutet av 1800-talet, allt enligt Enberg (1933, s. 257–272). Alla brotten sammantagna eller möjligen enbart det längst i sydväst belägna har gjort sig kända under namnet Gökom, hämtat från en närbelägen ödegård. Bland de många genom kontaktmetamorfos från omgivande hornbländeförande granodiorit bildade mineralen kan nämnas grossular-andraditgranat, wollastonit, vesuvian, salit och ferrosalit (Enberg 1933). Den något dolomitiska kalkstenen (tab. 6b) är vit, finkornig och för, jämte nämnda mineral, spridda korn av kvarts. I själva kontakten är gnejsgraniten finkornig och en grossulardominerad 5–10 cm bred granatzon, koncentriskt följd av en lika bred rand av wollastonit, bildar gräns mot kalk-

stenen. I den senare, ca en meter in från kontakten, uppträder rundade aggregat bestående av en grossular-vesuvianrik kärna omgiven av ett kompakt hölje av radialstråligt anordnad wollastonit. Små pyroxenkorn omger slutligen sistnämnda mineral på ömse sidor. För ytterligare information från denna principiellt viktiga kontaktlokal hänvisas till ovan anförda arbete av Enberg.

Det i särklass största uttaget av kalkstenar inom regionen har skett i ett tional brott belägna i Lenabergs kalkstensstråk SO om Vattholma (Ib). Det ca 1.5 km långa och 20–30 m breda sammanhängande stråket utgör sannolikt södra skänkeln i ett stort synformt uppbyggt kalklager. Detta kan med avbrott följas genom spridda observationer av mäktiga kalkstenar, dels vid Kallmyra (>20 m brett) och dels upp mot Sörbergs gruvor (>20 m). Möjligen är stråket avskuret och förskjutet västerut utmed den ost-västliga förkastningen här och fortsätter norrut i den ganska stora kalkstenen vid Strömhagsgruvan. Brytning av kalksten inom det aktuella stråket har ägt rum med vissa avbrott från 1860-talet fram till 1937. Beträffande historik och driftsanalyser m.m. hänvisas till Åhman (1973, s. 25–30). Det största nu vattenfyllda brottet är 270 m långt och 30 m djupt med en bredd av 20–40 m. Kalkstenar dominerar, men dolomitiska sådana förekommer också, om än underordnat, i vissa zoner (se tab. 6b samt Åhman tab. 5a, b). Kalkstenen utnyttjades främst för bränning och tillverkning av kalkstensmjöl. Väl 1 miljon ton torde redan ha brutits och enligt Eklund (1931) torde återstående dagbrottstillgångar vara av storleksordningen en halv miljon ton. I ett antal småbrott SO om Sörbergs gruvor (Åhman, s. 30) bröts redan på 1500-talet s.k. Vattholmamarmor för byggnadsändamål (vissa utsmyckningar i Uppsala domkyrka). Den karakteristiskt utbildade marmorn har också påträffats i mindre partier i det stora Lenabergsstråket (muntl. meddelande av E. Åhman, Uppsala) och bekräftar att vi sannolikt har att göra med en och samma kalkstenshorisont. Även förekomsten av blyglans vid Lenabergs kalkbrott, liksom också vid Strömhagsgruvan och Kallmyra gruvor, samt baryt vid Lenabergs kalkstensbrott och Strömhagsgruvan tyder på samma sak. Precis som vid den förmodat kontaktomvandlade kalkstenen vid Gökorn (s. 67) påträffas granataggregat med ett hölje av wollastonit i Lenabergs kalkstensbrott, även om inslag av vesuvian saknas här. Inget tyder dock på kontaktomvandling också i detta fall. I den makroskopiskt iakttagbara mineralparagenesen ingår förutom nämnda mineral magnetit, svavelkis, kopparkis, kvarts, klorit, epidot och kondrodit (se Åhman 1973, tab. I).

Kalkgruvan 1 km O om Lillbyasjön (6d), nu inne på NV-bladet, utgör norra änden av ett ca 3 km långt mot SSV strykande kalkstensstråk, som innehåller flera mindre brott ned till i höjd med Vedskata. Enligt ett dubbelprov från Kalk-

gruvan anstår en ren kalksten (tab. 6c). Några volymprocent diopsid, amfibol och kvarts ingår. Bland de analyserade spårelementen är strontium det enda som visar stark förhöjning, med halter på 250 ppm. Kalkstenen har använts för hyttornas behov. Endast obetydliga mängder synes kvarstå.

En lika ren kalksten som ovan anstår öster om Finnsjön (8d), ca 750 m OSO om Håkansbo gruvor (se analys i tab. 6c; tre sammanslagna prover). Denna invid väg 290 belägna kalksten intar en uppskattad area på 10 000–20 000 m², dock med obekant mäktighet. Enligt slippovsgranskning föreligger en ojämnkornig bergart med obetydligt inslag av amfibol och klorit. Spårelementanalys antyder en måttlig förhöjning av Sr och Zn till 77 resp. 55 ppm. Söder om nu nämnda förekomst på ömse sidor av vägen utmed en sträcka av 3 km finns ett stort antal kalkstenslager med obetydliga brott ned till trakten av Gräsbo där ett km-långt orent kalkstensstråk, ca 40 m brett, löper i NV-lig riktning. En komplicerad tektonik gör konnektionen mellan de olika stråken ytterst osäker. Likaledes kraftigt veckade och svåra att i detalj följa upp är de något mäktigare kalkstenslagren nordost om Älgsjön vid Klintbol (8e), delvis kraftigt genomsatta av yngre graniter och pegmatiter. Speciellt det mäktigare södra stråket är starkt uppblandat med vulkanitiskt och utgör måhända därför inte den potentiella tillgång av kalksten som kartbilden antyder.

Ytterligare en analys av karbonatsten inom NV-bladet härrör från Kastudden (9c) vid Finnsjöns nordspets (se tab. 6b). Ett ca 150 m långt och 3 m brett, numera skräpfyllt kalkstensbrott korsar här landsvägen. Den vitgrå, finkorniga kalkstenen är enligt analysen lätt dolomitisk och något uppblandad med skarn.

På NO-bladet torde det mest iögonfallande och komplicerat hopveckade kalkstensstråket i trakten av Östhammar (6i) vara det största. Det kan följas ca 5 km (se blockdiagram på kartan). Mäktigheterna kan vara upp till 50–100 m i den sydöstligaste skålformade delen, medan stråket mot nordväst genom avslitningar lokalt försvinner, förtunnas eller blir starkt uppspjälkat av tunna vulkanitlagringar. Djarva extrapolationer mellan de här tämligen glest uppträdande kalkstensobservationerna kännetecknar därför de nordvästra delarna av anförda blockdiagram. Vid Koxuts kalkstensbrott längst i sydost i stråket, nära invid sjön, startades i slutet av 1700-talet brytning av kalksten med leverans sjövägen till de norrländska brukena. Under några år i mitten av 1800-talet togs här ut ett par tusen ton enligt gammal statistik (se Wennberg 1930, s. 36–37). Ett par äldre analyser från det samhöriga stråket nordväst respektive sydost om Östhammar stad framgår av tab. 6b. De vanligtvis vita-rosa eller grågröna bergarterna är måttligt skarnblandade kalkstenar som ibland är lätt dolomitiska.

Inom vulkanitområdet, ca 1 km norr om Norrby (8f), förekommer ett flertal

kalkstensbrott, varav minst tre i ett sydligt stråk med ett beräknat uttag av väl 10 000 ton. Mest betydande är Liängens kalkstensförekomst längre norrut, som bildar ett isoklinalt sydostligt stupande veck med ett brott i vardera skänkeln. En mycket ren kalksten föreligger här (se tab. 6b) och kan studeras i stora högar av skrotsten där inslag av yngre granit och pegmatit förekommer. Kalkstenen är vit, medel- eller grovkornig. Kornförgrovnigen märks främst i gränsen mot genomslående metabasitgångar. Mineralparagenesen omfattar bl.a. gulgrön flogopit, diopsid, ljusbrun granat (grossular), mörkröd granat (andradit?), kopparkis, grå zoisit och analcim (en zeolit). Den beräknade mängden av utbrutet material torde uppgå till 20 000–30 000 ton, troligen utnyttjad som ugnbeskickning. Ytterligare några små kalkstensbrott är belägna norr om vägen mot Forsmark.

Inom Jonsgruvans malmstråk, ca 5 km SSV om Öregrunds k:a, förekommer en något tiotal meter mäktig, delvis kraftigt brucitprickig karbonatsten invid kontakten mot ett gabbromassiv. Bergarten innehåller förutom dominerande karbonat, brucit ($Mg(OH)_2$ ca 25%), magnetit, olivin, serpentin och klorit, även små gulgröna, isotropa korn av periklas (MgO). Brucit-periklasassociationen är enligt en utförlig redogörelse av Magnusson (1925, s. 73–75) ett säkert kriterium på kontaktomvandling, varvid i samtliga fall de båda nämnda mineralen torde ha bildats genom kraftig upphettning och dissociation ur en förutvarande dolomit.

Ytterligare ett mot djupgrönstenar angränsande, nu utbrutet kalkstenslager, ca 10 m brett och 100 m långt, uppträder på norra delen av holmen Lövskalmen, 2.5 km SO om Öregrunds k:a. Den mot öster belägna gabbbron eller dioriten bildar också lager i kalkstenen. Några i gränserna utbildade skarnskikt består av pyroxen, hornblände och granat (se Törnebohm 1880, s. 21).

Den stora, ca 1 km långa och i vissa delar nära hundra meter breda kalkstensfyndigheten vid Braxenbol (4j), är den hittills enda kända inom SO-bladet. Den nu delvis utbrutna förekomsten med tre olika brott belägna i den västra skänkeln av ett mot sydost stupande veck har i huvudsak brutits från början av 50-talet till slutet av 60-talet. Mellan 50 000 och 75 000 ton har hittills tagits ut (Lundegårdh 1971; en alltför hög siffra har tyvärr angivits i kortbeskrivningen). Tre analyser från de stora kalkstensbrotten och norrut (tab. 6c), varav den första ett dubbelprov, visar att en mycket ren kalksten dominerar, dock något förorenad av silikater (t.ex. prov 611). De sistnämnda består av diopsid, epidot, amfibol och kvarts. Ett flertal metabasitgångar genomsätter kalkstenarna konformt med lagringen och skärs i sin tur av pegmatit. Betydande reserver av kalksten torde kvarstå i området.

Prim- eller synorogena djupbergarters utbredning och karakteristik

Inom ramen för kartbladet Östhammar SV befinner vi oss nära centrum av den stora uppländska eruptivprovinsen, väsentligen uppbyggd av primorogena intrusiv jämte ytbergarter av vulkanisk härkomst. De förstnämnda, tämligen jämnt fördelade bergarterna, upptar 75–80 % av den undersökta regionens yta. Huvuddelen av dessa är granitoider såsom graniter, granodioriter och tonaliter i nu nämnd ordning. Anknutna basiska intrusiv av typ gabbro-diorit och ultrabasit varierar i mängd inom de olika kartbladsområdena men utgör sällan mer än fem till tio procent av granitoidernas samlade volym. En medelkornig, i varierande grad förgnejsad, hypidiomorf textur är ett gemensamt och utmärkande drag för bergarterna, som samtliga är deformerade under den svekokarelska orogenesisen. Finkornigare led ingår, huvudsakligen som en genom marginell avkylning åstadkommen kontaktförtätning. Mindre intrusivlager kan också vara finkorniga av samma skäl. Den relativa åldersföljden mellan nu nämnda intrusivbergarter från äldsta till yngsta led är på få undantag när ultrabasit–gabbro–diorit–tonalit–granodiorit och granit, dvs. de mest lättsmälta, suraste granitiska magmorna är de sist stelnade.

Benägenheten att bilda gångar i äldre berggrund tilltar kraftigt i riktning mot granit. Gångar eller små penetrerande kroppar av granit, oftast saliska till sin sammansättning, utgör därför ett vanligt inslag i den övriga berggrunden och kan emellanåt förväxlas med liknande gångar hörande till de serorogena graniterna, betecknade med rött kråkspark på kartan. Om någon större ålderskillnad råder mellan de primorogena basiska respektive sura djupbergarterna har inte kunnat fastställas i brist på tillförlitliga åldersdateringar. Zirkondateringar från Finland av olika led inom motsvarande intrusivbergarter från gabbro till leuko-graniter (ljusa graniter) visar inga påtagliga skillnader i åldrar och alla syns rymmas inom intervallet 1880–1890 milj. år (Front och Nurmi 1987, Welin, Vaasjoki & Suominen 1983 och Suominen 1988). Ett ökande intresse i sen tid för teorier om uppkomsten av magmablandningar eller hybridiseringar mellan magmakroppar av olika surhetsgrad i samband med intrusionerna gör också det sannolikt och förutsätter att dessa varit tämligen synkrona (Frost & Mahood 1987). Endast tidpunkterna för magmornas stelning måste ha varierat beroende på surhetsgrad. Kraftiga differentialrörelser i vertikal led i samband med intrusionerna och härvid uppkomna nivåskillnader med åtföljande förändringar i tryck och temperatur samt blandningsförhållanden och kristallinitet, alternativt viskositet, i magman torde förklara en hel del av omvänd stelningens följd, där tidigt

konsoliderade sura magmor penetreras av basiska sådana. Företeelser av detta slag tycks vara mycket vanliga i ett senare skede av utvecklingen inom de vittutbredda, ca 200 km mot sydväst och väster belägna postorogena granitoiderna och med dessa associerade basiska led (Wikström 1987), liksom också i motsvarande bergarter i den närbelägna åländska arkipelagen (Lindberg och Eklund 1988).

Undersökningar av neodymisotopförhållanden inom den svekokarelska berggrunden, bl.a. inkluderande material från såväl synorogena djupgrönstenar (Rådmanö-Grovstanäs) som granitoider (Vänge) i Uppland tyder på att dessa led till största del är mantelderiverade. Några större reliakta partier eller block av ett postulerat arkeiskt ca 2.9–2.7 miljarder år gammalt underlag torde av samma undersökning att döma knappast ha existerat i centrala och södra Sverige och på grund därav förklarligt nog ej hittills entydigt kunnat påvisas (Patchett m.fl. 1987).

Djupgrönstenar

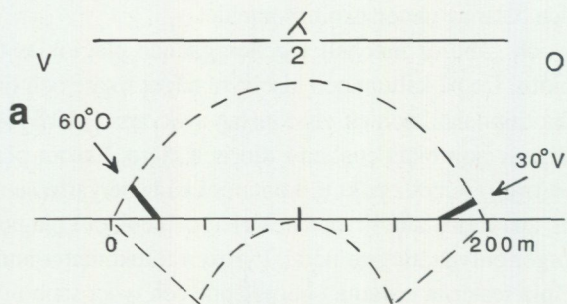
Djupgrönstensmassiv varierar starkt både i storlek och antal inom de olika kartbladsområdena. Ett 50-tal sådana, varav endast ett större än 2 km² uppträder inom SV-bladet, medan NV- och NO-bladen har betydligt flera och större massiv, ca 70 respektive 100 stycken i nämnd ordning. I vardera fallet är tre massiv större än 4 km². SO-bladet, till sist, innehåller ca 110 mestadels mycket små massiv, varav endast tre är större än 4 km². Många av massiven har intruderats som bäddar och lager i de äldre ytbergarterna och/eller innesluter skivor eller bitar av dessa. I flertalet fall omges dock massiven av de primorogena granitoiderna och breccieras av dessa, om vilket storslagna eruptivbreccior ofta bär vittne. Ibland får man det intrycket att de skilda massiven hängt samman i större utsträckning än vad nu är fallet och att mellanliggande delar, av intruderande granitoider uppressade partier, nu är borteroderade. Endast ett begränsat antal tillloppskanaler för dessa, delvis sammanhängande, lagerformade djuperuptiv skulle i så fall behöva förutsättas.

Djupgrönstenarna utgörs som tidigare nämnts av gabbro–diorit och ultrabasit. Förstnämnda bergarter, som ofta gradvis övergår i varandra, är svåra att separera i fält och har därför slagits samman till en grupp. Ej heller de genomgående mycket mörka till svarta ultrabasitbergarterna betecknade med U på kartan har varit möjliga skilja ut i detalj. Beteckningen avser därför endast spridda iakttagelser av sådana bergarter, utan avgränsningar, och gör inte anspråk på att vara konsekvent utnyttjad. Flertalet massiv innehåller någon eller några av ovan-

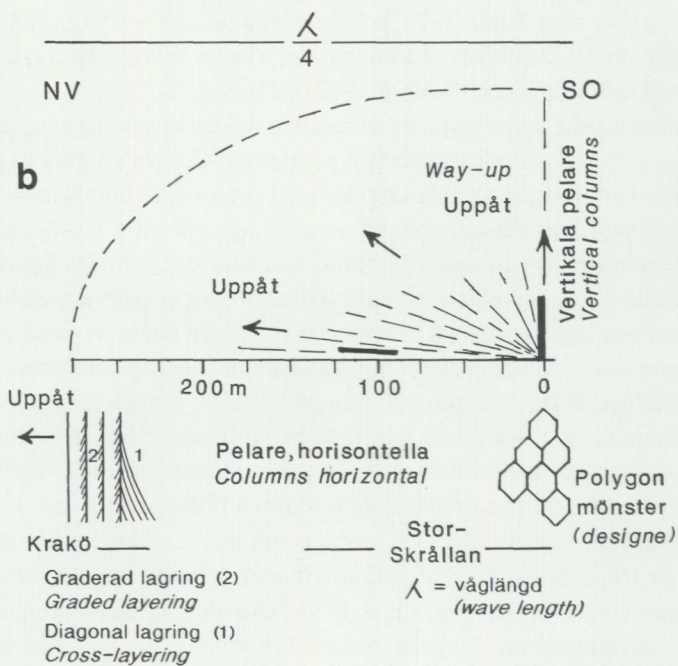
nämnda bergartsled och karakteristiken av de senare grundar sig på ett tjugotal slipprov från skilda delar av undersökningsområdet.

Både dioriter och gabbror innehåller genomgående plagioklas (An_{40-70}) \geq hornblände \gg biotit. De på kalium och kiselsyra något rikare och ljusare dioriterna har högre biotitinhåll och ett visst inslag av kvarts (<10%) jämfört med gabbron. Samtidigt är hornbländehalten i dioriten lägre, liksom plagioklasens anortitinhåll (< An_{50}). Accessoriskt tillkommer i båda bergarterna malmmineral, granat, titanit, apatit och zirkon medan sericit och epidot i plagioklasen och klorit i biotiten utgör omvandlingsmineral. Pyroxen förekommer undantagsvis i gabbron som diffusa rester inneslutna i hornblände och tyder sannolikt också på en kraftig sekundäromvandling. Vi har sålunda mestadels att göra med hornbländegabbror. Dessa skiljer sig påtagligt från de sannolikt jämnåldriga och ingående beskrivna djupgrönstenarna från östra Roslagen med ofta bibehållna klino- och ortopyroxener (Du Rietz 1929 och Lundegårdh 1943, 1946, 1947), liksom också från motsvarande bergarter inom det söderut belägna kartbladet Uppsala SO (Andreasson 1970 och Stålhös 1972, s. 79–88).

De ultrabasiska leden bland de undersökta djupgrönstenarna är väsentligen av två slag, nämligen hornbländiter och peridotiter. Genom en gradvis sjunkande plagioklashalt övergår hornbländegabborna successivt i hornbländiter, som är bergarter med hornbländehalter från ca 70 upp till nära 100% av volymen. Grövre varieteter av de mestadels svarta, ojämnkorniga hornbländiterna benämns också skillerstenar (reflekterande eller skillrande ytor av mörka kristaller). En del klinopyroxen kan lokalt ingå i dessa och vid högre halter av mineralet erhålls s.k. pyroxeniter, vanligen starkt uppblandade med hornblände inom undersökningsområdet. Hornbländiterna är rika på kalcium, samtidigt som kvoten järn/magnesium är hög. I motsats härtill är peridotiterna måttligt kalciumförande med dominans av magnesium över järn. Sistnämnda bergarter utgör de mest högtempererade, tidigast kristalliserade led som bildats ur den basiska magman. De ofta ojämnt medel- till grovkorniga peridotiterna, ibland skillerstensartade, består av följande mineral: Mg-rik olivin med gulgrön serpentin \geq klinopyroxen \gg hornblände, färglös flogopitisk biotit, kalkrik plagioklas och magnetit. En speciell stelningsform, s.k. pelarformad förklyftning, har observerats på minst tre olika ställen i peridotiterna. En sådan struktur kommer normalt till utbildning vid snabb avkylning av basaltiska effusiv men uppstår också lokalt av samma skäl i hypabyssiskt (nära under jordytan) intruderade diabaser (se Stålhös 1958, s. 57). Mindre vanligt torde vara att finna pelarförklyftning i djupgrönstenar. Förklaringen kan vara att avkylningen också här varit relativt snabb, dvs. kontrasten mellan de högtempererade basiska smältorna och temperaturen hos



Pelare med olika stupning
Different dip of columns



det medium i vilket intrusionen ägde rum måste ha varit betydande. De primärt vinkelrätt mot horisontalplanet orienterade och avskräddade pelarna med polyedertad genomskärning lutar lokalt åt olika håll som t.ex. 300 m SV om Grönsinka i massivet N om Kallrigafjärden (8g). Möjligen kan detta bero på en plastisk veckning i det mäktiga grönstenslagret och att halva våglängden för denna veckning i så fall skulle uppgå till ca 200 m (se fig. 29a, b). I djupgrönstensmassivet V om Kallrigafjärden (8g), ca 700 m S om Simundö, har också pelarförklyftning noterats där pelarna stupar 20°–50° mot norr. Mest intresseväckande är dock en kombinerad förekomst av pelarförklyftning och primär eruptiv lagring inom ett mindre, peridotitdominerat massiv med SO–NV-lig orientering på öarna Lill-Skrållan, Stor-Skrållan och södra delen av Krakö i Järsöfjärden (NO, 8j). Vid sydspetsen av Stor-Skrållan är pelarna till synes vertikalt orienterade med polygonartat utbildat sprickmönster (fig. 29b och fig. 30). Ca 125 m nordvästut härifrån på öns norra del ger sig de 90° åt nämnda håll vridna och nu horisontellt orienterade pelarna tillkänna genom parallella på dm-avstånd belägna skårar i bergytan. Detta förhållande antyder stratigrafiskt uppåt mot nordväst (se fig. 29b). Samma uppåtriktning visar också den vackert bandade djupgrönstenen, ca 150 m längre norrut, på södra Krakö i vilken såväl graderad lagring som diagonal lagring kunnat iaktas (fig. 31). Uppåtbestämningen, i detta fall baserad på en genom gravitativ rytmisk differentiation uppkommen lagring där tyngre, mörka skikt successivt går över i lättare ljusa skikt, bygger på samma princip som "graded bedding" i normala sediment. En preliminär tolkning av fig. 29b antyder (mera ingående undersökningar krävs) att halva våglängden på den sannolikt en gång veckade mäktiga djupgrönstenskroppen här kan ha varit av storleksordningen 500 m. Lagring i basiska intrusivbergarter är tämligen vanlig inom samtliga kartblad (se teckenförklaringarna) men iaktas främst i den väl-

Fig. 29a. Pelarförklyftning i peridotit visande växlande stupning hos pelarna. – Grönsinka (NO, 8g).

Columnar jointing in peridotite with changing dip of the columns.

- b. Vertikalt och horisontellt orienterade pelare i peridotit med antydd uppåtriktning i harmoni med motsvarande grundad på graderad lagring och diagonal lagring i gabbro belägen längst mot nordväst (se f.ö. text på sid. 75). Stor-Skrållan och Krakö i Järsöfjärden (NO, 8j).

Vertically and horizontally oriented columns in peridotite with suggested way-up direction in harmony with another way-up determination based on graded layering and cross-layering in the gabbro to the northwest.



Fig. 30. Polygonartad uppsplntning till följd av pelarformad förklyftning i peridotit. Pelarna förutsätts här vara vertikalt orienterade. – Stor-Skrållan i Järsöfjärden (8j), NO-bl.

Horizontal cross-section of vertical, polygonal, columnar jointing in peridotite.

blottade skärgården. Tvärveckning i dessa lager med små amplituder i meterskala förekommer inte sällan, t.ex. sydost om Öregrund (8j; 669242/164955; se fig. 32), men också inom Raggebodamassivet, ca 3 km NO om Viksta k:a (3a). Den tyder på en hög plasticitet i bergarten vid deformationen, sannolikt i nära anslutning till dess stelning. Säkra stratigrafiska uppåtbestämningar i de lagrade eller bandade intrusivbergarterna är långt ifrån vanliga. Ett bland de vackraste och mest lättillgängliga exemplen på graderad rytmisk lagring i detta fall med tydlig uppåtriktning mot SSV (se fig. 33) finner man i en medelkornig, lagrad gabbro invid södra ändan av ett stort stenbrott vid Värmlandstorp, ca 2.5 km öster om Gimo (SO, 4g). Den i stenbrottet nu utbrutna finkorniga, diabaslika gabbbron, utnyttjad för mineralulltillverkning i det närbelägna Gimo, tycks vara något yngre än den angränsande, bandade gabbbron och gångformigt penetrera denna. Totalt mellan 150 000 och 200 000 ton torde ha brutits här under 60-talet (Lundegårdh 1971, s. 180). Den i kortbeskrivningen på berggrundskartan anförda brytningssiffran har av misstag blivit för stor. Ett för ca 20 år sedan upptaget större stenbrott, ämnat att ersätta det nyssnämnda för fortsatt mineralulltillverk-



Fig. 31. Diagonal lagring och gravitativ rytmisk bandning i gabbro, i båda fallen antydande uppåt åt höger i bilden. – Södra Krakö i Järsöfjärden (8j), NO-bl.

Cross-layering and gravity rhythmic layering with vertical orientation, both indicating way-up to the right in the picture.

ning, är beläget ca 500 m söder om L. Aspö (NO, 7g). Bergarten är i detta fall en finkornig, normal, något förskiffrad hornbländegabbro, bruten såväl i marknivå som nu i en ca tio meter lägre, just påbörjad pall. Dagsproduktionen här rör sig enligt uppgift om ca 200 ton och det hittills gjorda uttaget är i storleksordningen 1 miljon ton. I en kvarstående obruten pelare i brottets centrum förekommer upprepade, från dm- till m-breda inlagringar i gabbbron av olika bergarter med brant stupning och strykning i nordväst. Bland dessa märks grå metasediment, röd salisk och porfyrisk, intermediär gnejsgranit jämte lätt skiffrig, grå, yngre granit och dito skiffrig, röd pegmatit. De båda senare måste antas ha trängt in i en redan upprest lagerserie, den lätta förskiffringen till trots. En del branta kvarts-kloritskölar kan också noteras på platsen.

Ett ca 2 km långt och 50 m brett öst-västligt orienterat, gångliknande lager av hornbländegabbro kan iaktas inom NO-bladet 750 m OSO om Söderby (7i). Gången som synbarligen skär igenom saliska och intermediära gnejsgraniter och



Fig. 32. Brant orienterad rytmisk lagring i gabbro, plastiskt veckad längs medelbranta axlar. – Holmar NV om Getskärsudden, OSO om Öregrund på Gräsö (8j), NO-bl.

Vertically oriented rhythmic layering in gabbro, plastically folded around moderately plunging fold axes.

sannolikt är yngre än dessa utgår från ett större gabbromassiv, breccierat i sin norra del kring Bystaden (8i) av tonalitiska gnejsgraniter. Dessa vad gäller åldersrelationer till synes oförenliga iakttagelser bekräftar möjligen vad som tidigare nämnts angående omvänd stelningsföljd (se s. 71) i detta fall beroende på växlande grad av kristallinitet hos granitoiderna på ömse sidor om en stelnande basisk intrusivkropp. Likartade omvända stelningsförhållanden i liten skala där en smal gångapofys från en tydlig djupgrönsten skär över olika gnejsgraniter kan studeras i en väghäll i stora korsvägen ca 1.5 km öster om Öster-Edinge (0f) på SO-bladet.

Profiler har, med hjälp av magnetometri, utförts på ett djupgrönstensmassiv beläget ca 3 km nordost om Viksta k:a på SV-bladet (3a; Arvidsson och Axelson 1983). Enligt dessa mätningar intar massivet en flack, lakkolitartad position men går i sin norra del ned mot djupet där en möjlig tillloppskanal är belägen.

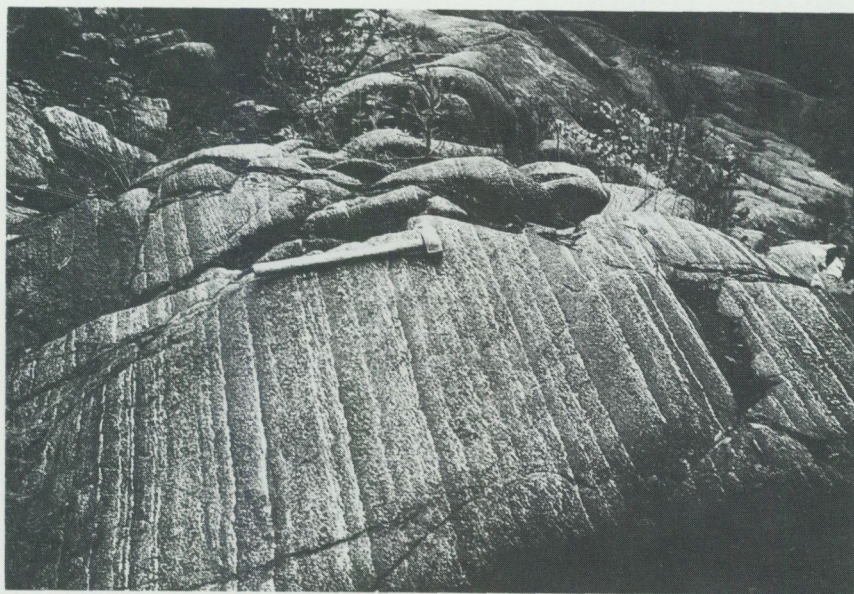


Fig. 33. Medelbrant stupande graderad rytmisk lagring i gabbro med uppåt t.h. i bilden. – S om stenbrottet vid Värmlandstorp, ca 2.5 km O om Gimo (4g), SO-bl.

Graded rhythmic layering in gabbro (way up to the right in the picture) to the south of a quarry east of Gimo.

Otaliga eruptivbreccior invid gränserna mellan djupgrönstenar, granitoider och metavulkaniter förekommer inom undersökningsområdet. Mindre vanliga är ultrabasiter med brottstycken av vulkanit, medan gabbro och diorit ofta innesluter både ultrabasiter och vulkaniter. Vanligast är dock olika slag av granitoider med brottstycken av såväl djupgrönstenar som vulkaniter. Olika exempel härpå framgår av figurerna 34, 35 och 36. De oftast dm-stora brottstyckena kan vara både kantiga och rundade, glest utspridda eller tätpackade. En kraftigt deformerad eruptivbreccia, mellan gabbro och gnejsgranit, är belägen ca 200 m S om Fridhem (NV, 7e). De basiska tätt liggande inneslutningarna är i detta fall utdragna i stänglighetsriktningen med längd-breddrelationerna varierande mellan 5:1 och 10:1.

Många djupgrönstenar genomsätts av granitoider i form av gångar eller små massiv. Inte minst vanligt är detta inom SO-bladet, norr, nordväst och väster om Bladåkers k:a (1h).

Vulkaniter med inneslutna järnmalmer och i dessa upptagna gruvor liksom kalkstenar uppträder ofta som relikta, icke assimilerade skivor inom vissa djup



Fig. 34. Eruptivbreccia inneslutande sparsamt med gabbroida till dioritiska brottstycken i tonalit. – Skepphällen, ca 3 km SO om Öregrund k:a (8j), NO-bl.
Eruptive breccia with scattered xenoliths of basic plutonites.

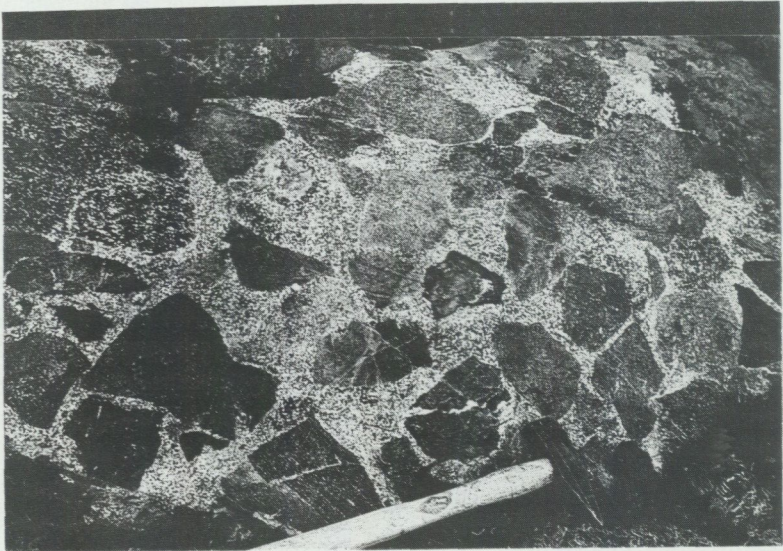


Fig. 35. Rikligt brottstycksförande eruptivbreccia av gabbro, ultrabasit och meta-dacit i tonalit. – 3 km SO om Myra (0j), SO-bl. 6653/164975.
Eruptive breccia with numerous xenoliths of gabbro, ultrabasite and meta-dacite in tonalite.

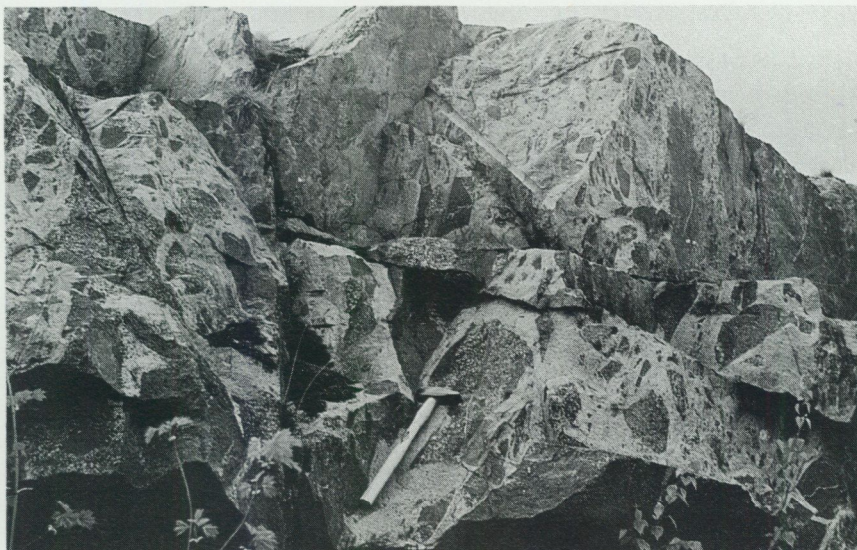


Fig. 36. Eruptiv dubbelbreccia där yngre grå granit breccierar tonalit med inneslutna brottstycken av gabbro. – Bärby (0f), SO-bl. 60501/1629.

Eruptive repeated (double) breccia with young serorogenic granite brecciating synorogenic tonalite with xenoliths of gabbro.

grönstenar, t.ex. vid Uvlunge (SV, 3a), kring Karlsäng (7j) och Bolka (8i) inom de stora massiven på Söderön (SO-bladet). Ett mindre gruvförsök i en obetydligt kismineraliserad ultrabasit kan vidare nämnas från ett litet massiv vid Stor-Gränsjön på SO-bladet (0j).

Det sammanhängande, ca 200 m breda och långsträckt öst-västliga grönstenslagret söder om Långalmsfjärden på Söderön (SO; 7j), uppvisar lokalt porfyritisk textur, men har inte desto mindre bedömts såsom en djupgrönsten. Lagret representerar sannolikt en hypabyssisk något ytligare intrusion i botten av vulkaniterna i området och knyter an till det stora i nordväst belägna basiska massivet, som har stelnat på större djup.

Djupgrönstenarna är i allmänhet massformiga, men också lätt förskiffrade, speciellt de surare dioritiska leden. Tunna bäddar och lagergångar inom vulkaniterna kan däremot vara kraftigt förskiffrade och veckade. Särskilt vackra exempel härpå möter man utmed norra delen av grönstensmassivet vid Ingstarbo (NV, 8c) där smala lager, tydligt utgående från djupgrönstenen, är kraftigt konformt veckade tillsammans med omgivande, ryolitiska kvartsporfyrier.

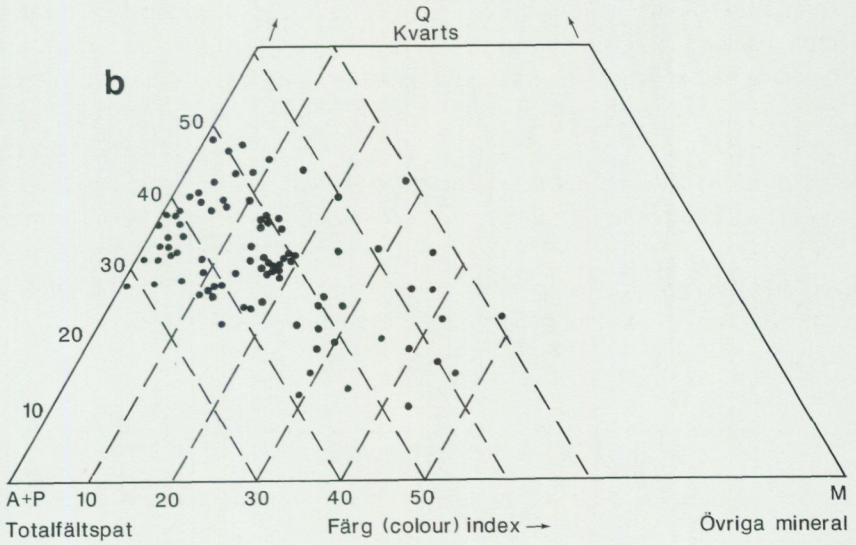
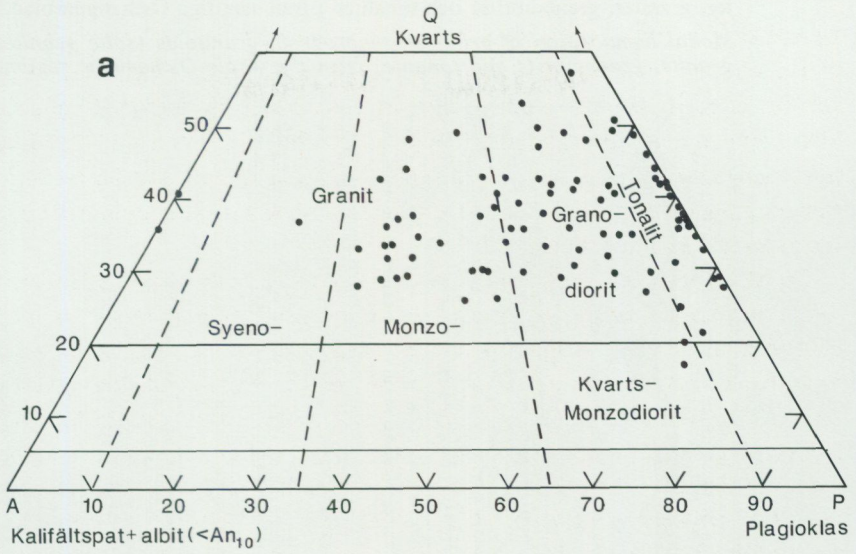
Granitoider (graniter, granodioriter och tonaliter)

Den på kartbladen Östhammar genomförda uppdelningen av de äldsta granitoiderna (se kartans teckenförkl.) baserar sig på en kombination av bergarternas utseende och relationer i fält samt en på mineralinnehållet (jfr diagram 8) grundad klassifikation av djupbergarterna (IUGS 1973 och fig. 37a och b). Klassifikationstriangeln i fig. 37a, med från diagram 8 införda värden, antyder ett spektrum av granitoider med glidande övergångar sinsemellan, från granitiska över granodioritiska till tonalitiska led.

De bäst definierade om än icke mest utbredda är de saliska gnejsgraniterna. Dessa ofta massformiga eller lätt förskifrade, omväxlande finkorniga, fint medelkorniga eller medelkorniga bergarter, alltefter massivens storlek (se t.v. i diagram 8), utmärks främst av ett lågt innehåll av mörka mineral, företrädesvis biotit (0–5 vol.%) vid sidan av de för graniter gängse mineralen kalifältspat \leq kvarts > plagioklas i nämnd ordning. Bergarterna är röda till vitgrå, ljusa och medelkorniga där större massiv föreligger. Så är fallet i trakterna norr om Storrreta (0b) respektive öster om Skyttorp (2b) inom SV-bladet samt i området mellan Film k:a (6d) och Finnsjön (8c) på NV-bladet. Stora arealer av liknande slag finns också inom den östra delen av SO-bladet, samt norr om Hökhuvud k:a, öster om Forsmark k:a och på Söderön (6j) inom NO-bladet. Den aktuella bergarten påminner helt om den s.k. Vängegraniten, sedan gammalt ett namn på röda, saliska, vanligen medelkorniga urgraniter eller gnejsgraniter med stor utbredning kring Vänge k:a väster om Uppsala (se Lundegårdh 1956). En åldersdatering på Vängegraniten baserad på zirkoner gav 1 886 miljoner år, vilket torde representera minimiåldern för de primorogena intrusiven i området enligt Welin och Kähr (1980). De i samma arbete bestämda Rb-Sr-åldrarna för tonalitisk Uppsalagranit och Vängegranit (1 830 resp. 1 813 miljoner år) torde knappast representera intrusionsåldrarna utan snarare tidpunkterna då utbytet av Sr med omgivningen helt upphörde för respektive bergart. Enligt nämnda publikation var detta en följd av en förmodad, mycket långsam avkylnings- och stelningsprocess.

Fig. 37a och b. Klassifikation av synorogena granitoider från de fyra Östhammarsbladen på basis av den mineralogiska sammansättningen (diagram 8; N=89) enligt IUGS (1973).

Classification of synorogenic granitoids from the four map-sheets Östhammar on the basis of modal composition (Diagram 8; N=89) according to IUGS (1973).



Analyslokaler till diagram 8

- GS83:53 Röd, albitrik, salisk gnejsgranit. – 1.2 km SV om Gustenbo (hörn på rågång). 66686/160635. Östh. SV (3b).
- GS83:20 Vitgrå, albitdominerad, salisk gnejsgranit. – Vargstugan, NO om Skyttorp. 66642/1609. Östh. SV (2b).
- GS83:66b Röd, kvartsporfyrisk, salisk aplitgranit. – Ca 1.5 km SV om Buddby. 66732/16063. Östh. SV (4b).
- KH87:8 Röd, salisk gnejsgranit. – 400 m NV om Slaskmossen. 66648/16463. Östh. SO (2j).
- LL87:4 Röd, salisk gnejsgranit. – 600 m V om Nyhems gård. 666685/164705. Östh. SO (3j).
- GS82:30 Röd, medelkornig, salisk gnejsgranit. – Skoby. 66587/16227. Östh. SV (1e).
- GS82:9 Rödgrå, medelkornig gnejsgranit. – Årby, N om Storstveta. 66518/16067. Östh. SV (0b).
- GS84:26 Röd, finkornig, salisk gnejsgranit. – 1.4 km NO om Fäländbo. 66518/16067. Östh. NV (8c).
- GS83:22 Röd, finkornig, salisk aplitgranit(gång). – 600 m SO om Vargstugan, Ö om Skyttorp. 66638/16094. Östh. SV (2b).
- GS84:35 Röd, finkornig, salisk, gångformig aplitgranit. – 200 m S om Risön. 669015/16137. Östh. NV (8c).
- SB85:71 Rödligt, finkornig, salisk gnejsgranit. – 900 m N om Prästängen. 66962/16328. Östh. NO (9b).
- SS82:4 Röd, finkornig, salisk gnejsgranit. – Klintberga, Ö om Rasbokil k:a. 66546/16156. Östh. SV (0d).
- GS82:10 Röd, finkornig, salisk aplitgranit(gång). – Ca 400 m NO om Ängeby, NO om Storstveta. 66525/16086. Östh. SV (0b).
- GS83:21 Röd, medelkornig, salisk gnejsgranit. – Ca 400 m SO om Vargstugan, Ö om Skyttorp. 6664/16094. Östh. SV (2b).
- GS86:31 Röd, fint medelkornig, salisk gnejsgranit. – 600 m N om Lorensberg. 66844/164725. Östh. NO (6j).
- GS82:11 Röd, medelkornig, salisk gnejsgranit. – Ängeby, NO om Storstveta. 66522/16084. Östh. SV (0b).
- GS82:21 Grå, medelkornig gnejsgranit. – ca 750 m SV om Tureberg, 2.5 km SSV om Rasbokil k:a. 66523/16132. Östh. SV (0c).
- RA84:101 Grå, finkornig randfacies av gnejsgranit (inlagring i metavulkanit). – Ca 300 m SO om Skällbo. 66919/16206. Östh. NV (8e).
- GS82:26 Rödgrå, smått porfyrisk gnejsgranit. – 1.2 km SV om Örby. Uppsala NV (9c).
- GS82:1 Rödgrå, något porfyrisk gnejsgranit. – Ca 100 m SV om Gränby, V om Storstveta. 66511/16043. Östh. SV (0a).
- GS84:19a Grå, granulerad gnejsgranit–granodiorit. – Ca 800 m V om Fäländbo. 66933/16108. Östh. NV (8c).
- SS82:14 Grå, medelkornig gnejsgranit. – 400 m V om Borstbol. 665463/161660. Östh. SV (0d).
- LL87:3 Rödgrå, porfyrisk gnejsgranit. – Vägskärning 300 m N om Sanda. 666830/164755. Östh. SO (3j).

- GS84:18 Rödgrå, granulerad gnejsgranit. – Ö om sjön Fälaren. 66927/16109. Östh. NV (8c).
- GS82:28 Gråröd, medelkornig granodiorit. – Ca 200 m Ö om Alunda k:a. 666225/16262. Östh. SO (2f).
- GS83:1 Grå, finkornig randfacies av granodiorit. – Ca 400 m N om Altomta, 4 km NV om Lena k:a. 66578/16057. Östh. SV (1b).
- GS83:57 Röd, finkornig, något kvartsporfyrisk granodiorit. – 600 m N om Björksätra. 66666/16037. Östh. SV (3a).
- GS83:56 Röd, finkornig, något kvartsporfyrisk gnejsgranit. – Ca 200 m NO om Björksätra. 66663/1604. Östh. SV (3a).
- GS84:32 Rödgrå, medelkornig granodiorit. – Ca 700 m S om Fäländbo. 66928/16123. Östh. NV (8c).
- SB85:74 Grå, något granatförande granodiorit. – Ca 1.5 km SV om Storskäret. 66962/16337. Östh. NO (9g).
- GS82:22 Röd, medelkornig gnejsgranit. – Ca 1 km N om Långmossen, 3 km VSV om Rasbokil k:a. 66532/16116. Östh. SV (0c).
- GS83:25 Grå, medelkornig granodiorit-tonalit. – Ca 2 km Ö om Salsta. 66595/16098. Östh. SV (1b).
- SB84:62(2) Grå, finkornig, ljus, tonalitisk randfacies. – Ca 750 m NNV om Körbo, Ö om Finnsjön. 66945/16160. Östh. NV (8d).
- GS83:35 Grå, medelkornig granodiorit. – Ca 1 km Ö om Strömhagsgruvan. 66583/16097. Östh. SV (1b).
- SB85:43 Vitgrå leukotonalit. – Ca 800 m N om Vamsta. 6693/1627. Östh. NO (8f).
- SS84:44 Ljusgrå, granulerad leukotonalit. – 1 km SO om Gustavsbo. 66950/16129. Östh. NV (9c).
- SB85:26 Vitgrå granodiorit. – Ca 950 m Ö om Lundås. 66905/16289. Östh. NO (8f).
- SB85:19 Grå granodiorit. – Ca 600 m NV om Lund. 66893/16273. Östh. NO (7f).
- GS83:8 Grå, finkornig, granodioritisk, porfyrisk randfacies. – 200 m S om Flugtorp, ca 2 km V om Salsta. 66597/1606. Östh. SV (1b).
- SS82:85a Rödgrå, medelkornig granodiorit. – Ca 300 m SV om Lundby, ca 3.5 km S om Rasbokil k:a. 66508/1616. Östh. SV (0d).
- GS83:36 Röd, finkornig, porfyrisk, gångformig granodiorit. – 1 km Ö om Strömhagsgruvan. 66582/16096. Östh. SV (1b).
- GS82:32 Grå, tonalitisk, något porfyrisk randfacies. – 200 m SSO om Djupkärret, ca 2.7 km VNV om Rasbokil k:a. 66555/16124. Östh. SV (1c).
- RA84:26 Grå, medelkornig, granulerad tonalit. – 1.6 km ONO om Vedskata, Ö om Film k:a. 66808/16186. Östh. NV (6d).
- AL87:6 Grå granodiorit. – Ca 500 m NV om Lundaräng. 667304/16217. Östh. SO (4g).
- GS83:32 Rödgrå, granodioritisk randfacies. – Ca 500 m Ö om S. Koltorp. 66585/16088. Östh. SV (1b).
- GS83:67 Grå, medelkornig granodiorit-tonalit. – 500 m VSV om Ryttartorpet. 66722/16086. Östh. SV (4b).
- GS82:29 Gråröd, medelkornig granodiorit. – Skolby. 66587/16227. Östh. SV (1e).

- KH87:25 Grå, något porfyrisk granodiorit. – Dansbol. 66599/16471. Östh. SO (1j).
- AL87:c Grå granodiorit. – Ca 1 km N om Knutsbol. 66722/16306. Östh. SO (4g).
- GS82:27 Rödgrå, medelkornig granodiorit. – 100 m N om Smedsberg, ca 1 km N om Rasbokil k:a. 66554/16147. Östh. SV (1c).
- GS83:27 Rödgrå, något porfyrisk, granodioritisk randfacies. – Ö om Koltorpsgruvorna, ca 2 km SO om Salsta. 66587/16088. Östh. SV (1b).
- GS83:72 Gråröd, medelkornig, delvis granulerad tonalit. – Ca 400 m N om Giselby. 66733/16127. Östh. SV (4c).
- GS84:50a Grå, granulerad granodiorit-tonalit. – 1.2 km N om Andersbo. 668885/16182. Östh. NV (7d).
- GS82:5 Grå, medelkornig granodiorit-tonalit. – St. Hjortronmossen, ca 4.5 km NV om Storstveta. 66542/16032. Östh. SV (0a).
- SB84:5 Grå tonalit. – 1 km NNV om Skallbo gård. 66980/16021. Östh. NV (9a).
- AL87:VI Rödgrå granodiorit. – 500 m N om Bollungen. 6671/16276. Östh. SO (4f).
- KH87:22 Mörkgrå, småkornig granodiorit. – Ca 300 m Ö om Boksjön. 66595/16483. Östh. SO (1j).
- SS82:20 Grå, medelkornig, granulerad tonalit. – Ragvaldsbol, 2 km Ö om Rasbokil k:a. 6654/16172. Östh. SV (0d).
- GS83:13 Rödgrå, plagioklasporfyrisk, granodioritisk randfacies? – 500 m NV om Storslätt. 66651/16053. Östh. SV (3b).
- GS85:62 Grå tonalit. – SO om Buskarna, ca 1.5 km VNV om Norrskedika. 66885/16358. Östh. NO (7h).
- SB86:11 Grå tonalit. – Ca 300 m S om Kärrdal. 66929/16461. Östh. NO (8j).
- GS83:45a Röd, medelkornig, kisrik, något kvartsporfyrisk tonalit. – Ca 800 m NNO om Djupdalen. 66672/16098. Östh. SV (3b).
- SS84:143 Grå, medelkornig, granulerad tonalit. – 1.1 km SO om Gustavsbo. 66951/16129. Östh. NV (9c).
- GS85:63 Grå tonalit. – 300 m S om Buskarna, ca 1.8 km VNV om Norrskedika. 668845/16355. Östh. NO (7h).
- GS84:51 Grå, fint medelkornig, kraftigt granulerad tonalit. – 1.3 km N om Andersbo. 6689/16182. Östh. NV (7d).
- SB84:62 Grå, medelkornig tonalit. – Ca 750 m NNV om Körbo, Ö om Finnsjön. 66945/16160. Östh. NV (8d).
- SS82:197 Grå, plagioklasporfyrit, randfacies? – 300 m NV om Grönvallen. 66544/16117. Östh. SV (0c).
- GS87:24 Grå tonalit. – Bostället, NV om Öster-Edinge. 66523/162635. Östh. SO (0f).
- OE87:20 Grå granodiorit. – Invid järnvägen, Svinnö. 66728/164955. Östh. SO (4j).
- RA84:18 Rödgrå tonalit. – 1 km SO om Broskogen. 66826/16193. Östh. NV (6d).
- GS85:58 Grå, hornbländerik tonalit. – Rudelund, ca 500 m NV om Norrskedika gruva. 66888/16390. Östh. NO (7h).
- SS82:4 Grå tonalit. – Ca 1.7 km N om Lydinge. 66533/162315. Östh. SV (0e).

- SB86:7 Grå, hornblåderik tonalit. – Ca 500 m S om Kavarö. 66908/16446. Östh. NO (8i).
- GS87:15 Grå tonalit. – Ca 500 m S om Lundaräng. 66571/16276. Östh. SO (1f).
- KH87:27 Grå, finkornig tonalit–granodiorit. – Ca 200 m V om Storsjön. 66595/16493. Östh. SO (1j).
- RA84:29 Grå, delvis granulerad tonalit. Lager i metavulkanit. – Lillbya, Ö om Lillbyasjön. 66831/16182. Östh. NV (6d).
- AL87:X Grå tonalit. – 700 m VNV om Bollungen. 66708/16268. Östh. SO (4f).
- GS87:23 Grå tonalit. – 600 m NNO om Öster-Edinge. 66518/16271. Östh. SO (0f).
- KH87:24 Grå monzodiorit. – Ca 1.1 km NO om Österbyggeby. 66584/16472. Östh. SO (1j).
- KH87:20 Grå tonalit. – Ca 150 m N om Vickelsjön. 66587/16489. Östh. SO (1j).
- KH87:37 Grå tonalit. – Ca 300 m S om Österbyggeby. 66571/16462. Östh. SO (1j).
- GS87:1 Grovt medelkornig tonalit. – Saringe, 3.5 km S om Tuna k:a. 66543/16256. Östh. SO (0f).

Klart finkorniga är de saliska gnejsgraniterna i småmassiven, t.ex. väster om Rasbokils k:a (0-1,c) men också i de skarpt avgränsade saliska gångar som skär alla övriga granitoider. Dessa gångar och för övrigt vissa mindre massiv kan lokalt ha en kvartsporfyrisk utbildning, men skiljer sig från motsvarande metavulkaniter genom en betydligt grövre, aplitgranitisk grundmassa (se GS83:66b). En del randzoner i de medelkorniga, saliska gnejsgraniterna kan vara natronbetonade på så sätt att kalifältspat + plagioklas helt ersätts av albit eller sur oligoklas (diagram 8, GS83:53 och 83:20). De påminner i detta avseende om de natronextrema alkaliryoliterna.

Nästa stora och areellt starkt dominerande grupp av granitoider är mera heterogen och innefattar i allt väsentligt medelkorniga bergarter av granitisk till granodioritisk sammansättning (se teckenförklaring). Graniterna i detta fall skiljer sig från de föregående genom ett högre innehåll av mörka mineral, främst biotit, men ibland också hornblände, tillhoppa utgörande mellan 5 och 15 vol.%. Med successivt ökande inslag av plagioklas på bekostnad av kalifältspat övergår graniterna enligt gällande klassificering i granodioriter. Denna övergång är vanligtvis svår att belägga i fält. Rödgrå och gråröda men också röda och grå varieteter förekommer, såväl bland bergarter med granitisk som granodioritisk sammansättning. Ett exempel på klart granitiska bergarter inom denna grupp utgör det stora och enhetligt uppbyggda massivet norr och öster om Harg k:a (5i, j). Gra-

niterna är i detta fall röda, lokalt hornbländeförande och ovanligt massformiga, speciellt i massivets västra delar. De bildar i sydost på Värblingsö (5j) och dess närmaste omgivning en storslagen eruptivbreccia med brottstycken främst av metadacit, metabasit och djupgrönsten. En kraftig lineärförskiffring råder här i den granitgenomvävda breccian. Ett antal mindre, småkorniga satellitmassiv av röd, salisk gnejsgranit innesluts av eller omger den aktuella graniten. Möjligen skall dessa uppfattas som marginella, sist stelnade restlösningar till den stora granitiska magmakroppen.

Ögonförande, alternativt mikroklinporfyriska granitoider, som fått en egen beteckning i kartan, hör i kemiskt-mineralogiskt hänseende väsentligen hemma inom nyss omtalade grupp av graniter till granodioriter. I dessa ofta grova och ojämnkorniga led, är det svårt att göra tillförlitliga bestämningar av de ingående mineralens proportioner. Bergarterna är därför inte representerade i diagram 8. De bildar stora arealer på ömse sidor om sjöarna Vällen och Gisslan på SO-bladet, liksom väster om Forsmark (8f, 9f) och söder om Tobo (5a, 6a) på NO- och NV-bladen. Ett stort massiv söder om Ramhäll (2d) på SV-bladet skall också nämnas. Mikroklinögonen är vanligen 1–2 cm stora och ofta mycket ojämnt fördelade även inom ramen för de större massiven. Gränsdragningen mot omgivande, mera jämnkorniga graniter–granodioriter blir därför med nödvändighet något flytande. Massivet söder om Tobo är mycket dåligt blottat, men den förhållandevis lokalt betonade moränen här, med block av den ögonförande gnejsgraniten, visar ett stort område med kraftigt förhöjd radioaktiv gammastrålning, konstaterad genom flygmätningar och emanerande från såväl uran, torium som kalium i nämnda bergart. Gränsdragningen i detta fall har följaktligen kunnat ske på basis av en genom flygmätningar rutinmässigt upprättad s.k. strålningskarta (dock ej publicerad), som utgör komplement till den geologiska markkarteringen.

Den fjärde stora bergartsgruppen enligt diagram 8 (t.h.) utgörs av granodioriter till tonaliter (se teckenförklaring). Ett något högre inslag av mörka mineral (10–20 vol.%), främst hornblände, utmärker de vanligtvis gråfärgade granodioriterna inom denna grupp. Då halten av kalifältspat underskrider 10 vol.% och mängden biotit plus hornblände ökar (15–30 vol.%) kan man tala om tonalitiska led. I samma riktning avtar också kvartshalten, samtidigt som den nu helt dominerande plagioklasen övergår från oligoklas till andesin. Ett typiskt drag hos denna bergartsgrupp, av samma typ som den längre söderut sedan gammalt benämnda "Uppsalagraniten" (se Högbom 1893), är den lokala förekomsten av basiska brottstycken, mestadels av dm-storlek och med gabbro-dioritsammansättning. Tonaliterna har störst utbredning i området mellan Österbybruk och

Gimo, och basiska brottstycken är speciellt vanliga i dessa trakter. Andra områden med granodioriter-tonaliter ligger mellan Stavby (1e) och Bladåkers kyrkor (0e, f, g), öster om sjön Vällens södra del (0i, j) på SO-bladet samt i Öregrund och Gräsöområdet (8j, 9j) på NO-bladet. Området norr om Finnsjön (9c) som förts till denna grupp domineras av granodioriter med rikligt inslag av mörka mineral. Ett flertal planimetriska och kemiska analyser (se tabell 9) av dessa bergarter finns redan publicerade i en KBS-rapport (Olkiewicz m.fl. 1981) där bl.a. ett antal borrhälor med 750 m kärnlängd studerats. Enligt borrhälorprotokoll från ett av borrhålen är den ofta sekundärt rödvittrade granodioriten rikligt genomsett av pegmatiter, yngre graniter, kvartsgångar, metabasitgångar samt skuren av sprick-, kross- och brecciezoner läkta av kvarts, kalcit, klorit och epidot. Frekvensen av yngre granit och pegmatit ökar mot djupet. Granodioritens förskiffring växlar kraftigt. Den i ytan skenbart homogena granodioriten är som framgår mycket inhomogen och starkt tektoniskt påverkad. Speciellt de tonalitiska granitoiderna uppvisar ofta en vackert hypidiomorf textur med zonarbyggda, välutvecklade, mer eller mindre tydligt tavelformade plagioklaskristaller, mestadels omgivna av granulerade kvartsfält. Plagioklaskristallernas centralzoner är genomgående epidot- och sericitomvandlade. De ingående biotiterna är endast lokalt kraftigt kloritiserade och uppträder jämsides med hornblände, det senare pleokroitiskt i mättat gröna färger. Bland granodioriter och graniter bildar de båda förekommande fältspaterna såväl större tavlor som småkorniga granulerade partier kring dessa. En utpräglad dubbelkornighet iakttas ibland i slipprov, där stora zonarbyggda plagioklaser uppträder i en småkornig grundmassa av övriga mineral. Sannolikt rör det sig då om en primär, svagt utvecklad porfyrisk stelningsstruktur bildad genom en något snabbare avkyllning i de stora massivens randzoner. I andra fall är dubbelkornigheten ett resultat av senare, selektiv granulering av mineralkornen, varvid vissa relikta normalkorniga granitoida partier kvarstår i en mer eller mindre finkornig, starkt reglerad och granulerad grundmassa. En deformation av nu nämnda slag utmärker främst granitoider, som bildar mindre partier eller inlagringar i metavulkaniterna. De kraftiga differentialrörelser som ägt rum inom sistnämnda led i samband med deformationen har i sådana fall också drabbat de inlagrade granitoiderna. Bästa exempel härpå utgör den zon av granitiska till granodioritiska bergarter som från sjön Fälarens östra sida (8b) sträcker sig österut och fingrar in i vulkanitområdet vid Fäländbo. De finkorniga, skenbart fältspatporfyriska, granulerade granitoiderna här påminner starkt om metavulkaniter och har enligt tidigare karteringar bedömts såsom sådana (se diagram 8, proverna 84:19a och 84:18). Intrusiva relationer mellan granitoiderna och metavulkaniterna i området utesluter dock den senare tolk-

ningen. Ännu ett område av granulerade granitoider, som i detta fall helt är omgivna av metavulkaniter, anstår kring Bredåsen (7d) vid södra änden av Finnsjön. Dessa led utgörs av grå, kraftigt granulerade och epidotomvandlade tonaliter (se proverna 84:50 och 84:51), vilka i samband med äldre karteringar inte blivit uppmärksammade. Liknande granulerade tonaliter påträffas också som lager i vulkaniterna öster om Lillbysjön (6d).

Granitoiderna visar ofta skarpa gränser mot varandra, varvid de surare varieteterna alltid är yngst och skär genom de övriga. Exemplet härpå är många. Röd, salisk granit skär sålunda rödgrå granit-granodiorit i flera väghållar mellan Stavby (1e) och Alunda kyrkor (2f). Samma är förhållandet kring gården Annegård, ca 2.5 km väster om Börstil k:a (6i). Ögonförande granit-granodioriter i det stora massivet söder om Ramhäll (3d) genomsätter tydligt de söderut belägna granodioriterna-tonaliterna ca 1 km N om Kölinge (1d). De interna sammansättningsvariationerna i de olika granitoidgrupperna är, om man undantar de saliska graniterna, ofta lika stora som steget över till vissa led i de andra grupperna, vilket ibland försvårar och kan göra den tillämpade klassificeringen något subjektiv.

Konforma lagerintrusioner av olika granitoider i dimensioner från dm till flera tiotals meter förekommer ofta inom ramen för metavulkaniterna, speciellt på NO-bladet, t.ex. väster om Uppskedika (6h), ca 4 km nordost om Hökhuvud k:a, men också på SO-bladet 2 km norr om Tuna k:a (1f) och 5 km NNO om Alunda k:a (2f).

Granitoiderna i Östhammarregionen (se diagram 8 och fig. 37a och b) har en i det närmaste identisk fördelning och sammansättning som motsvarande bergarter inom de 20 till 50 km söderut belägna Uppsala- och Stockholmsregionerna (se triangeldiagram fig. 29a,b i Stålhös 1972). Endast ett kvartsmonzonitiskt ca 30 km² stort massiv i trakten av Åkersberga, som utgör yngsta led bland de primörogena intrusiven, saknar motsvarighet i Östhammarregionen. Detta massiv antas ha bildats genom hybridisering på djupet mellan en salisk urgranit och angränsande djupgrönstenar (Stålhös 1969, s. 128–130 och 1972, s. 101–103). De tidigare omtalade basiska brottstyckena i tonaliterna ger anledning förmoda att liknande hybridiseringsprocesser djupt nere i jordskorpan också kan ha bidragit till uppkomsten av tonaliterna genom en blandning mellan primära, vitt utbredda granitiska till granodioritiska magmor å ena sidan och basiska eller basaltiska sådana å den andra. Fördelningen mellan djupgrönstenar och olika granitoider inom SO-bladet ger ett visst stöd för en sådan uppfattning. Där framgår nämligen, att huvuddelen av de många och spridda, ofta ganska små djupgrönstensmassiven är koncentrerade till områden med granitiska till granodioritiska

bergarter. Tonaliterna däremot innesluter mera sällan sådana massiv. Förklaringen härtill skulle vara att den på djupet fortgående hybridiseringsprocessen fullbordats när det gäller tonaliterna, där endast små brottstycken återstår. Motsvarande process, måhända i en högre stratigrafisk nivå, kom aldrig till stånd i andra områden, där de många små massiven fortfarande kvarstår i oförändrat skick tillsammans med omgivande graniter–granodioriter. Här saknas inslag av de basiska brottstycken, som inom tonaliterna vittnar om en mer eller mindre fullbordad blandningsprocess.

Djupbergarternas kemi

Tidigare utförda analyser på djupgrönstenar inom undersökningsområdet sammanfattas i tabell 8a och b. Tio av dessa (tab. 8a) finns publicerade i en KBS-rapport (Olkiewicz m.fl. 1981), medan 38 stycken hittills opublicerade (tab. 8b) härrör från av G. Nilsson, SGU, utförda analyser i samband med nickelprospektering i regionen. Det senare materialets användbarhet för grafisk representation begränsas tyvärr därigenom att 2- och 3-värt järn inte separerats. För att kompensera detta och bredda analysunderlaget på djupgrönstenarna inom Upplandsregionen anföras också i tab. 8c femton stycken tidigare opublicerade analyser från kartbladet Uppsala SO (se Andréasson 1970). Djupgrönstenarna från tabellerna 8a, b och c kompletterades med fem analyser från kartbladet Enköping SV (Stålhös 1976, tab. 3a) uppvisar samtliga en tholeiitisk trend enligt ett diagram där $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ avsatts mot SiO_2 (fig. 38). Som jämförelse visar figuren också utbredningsområdet för ett sextiotal synorogena granitoider från Uppland-Stockholmsområdet inklusive tidigare nämnda kvartsmonzoniter (se s. 92) utan redovisning av de enskilda analyspunkterna (Stålhös 1964, 1969, 1972, 1974 och 1976). De enda relativt nyutförda kemiska analyserna av synorogena granitoider inom Östhammarregionen (se tab. 9), också dessa innefattade i nämnda figur, härrör från den ovan refererade KBS-rapporten. Analysmaterialet består i detta fall huvudsakligen av granodioriter från fem olika borrhärdar inom granodiorit–tonalitmassivet norr om Finnsjön (8d, 9c, d).

För att ytterligare komplettera bilden av de synorogena granitoidernas kemiska variationsmönster har ett 30-tal tidigare utförda analyser av urgranit–gnejsgraniter från närliggande områden i Uppland ställts samman i de båda triangeldiagrammen i fig. 39a och b, vid sidan av ovan anförda djupgrönstenar och gnejsgraniter från tab. 9. Likheter och skillnader mellan dessa två diagram och motsvarande för regionens vulkaniter har tidigare redovisats under kapitlet om ytbergarternas kemi (se s. 60). Den för djupbergarterna utmärkande differentia-

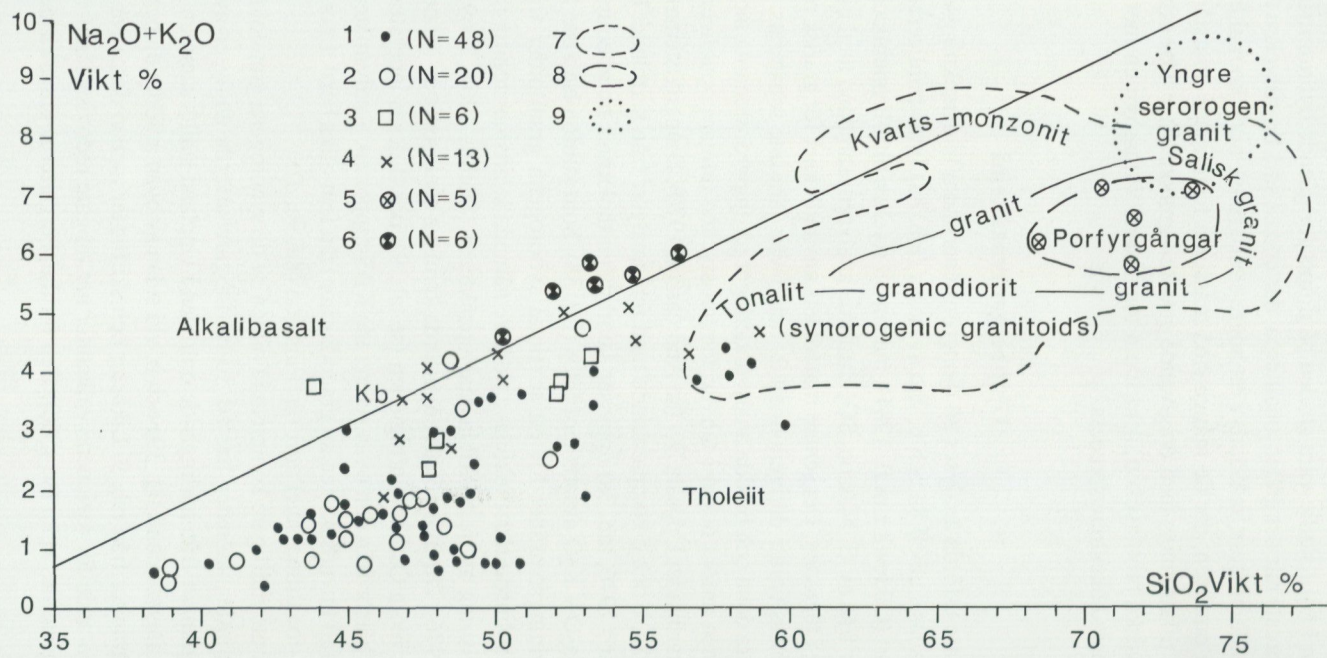


Fig. 38. $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ avsatta mot SiO_2 (vikt%) i synorogena djupgrönstenar och granitoider, metabasalter, metabasitgångar, porfyrgångar och yngre graniter från Östhammarregionen och övriga Uppland. Metadiabaser från Södermanland innefattas även.

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ plotted against SiO_2 (weight%) in synorogenic basic plutonics and granitoids, metabasalts, metabasitic dikes, porphyritic dikes and serorogenic granites from the Östhammar region and other parts of the Province of Uppland. Metadiabases from the Province of Södermanland are also included.

1. Djupgrönstenar från Östhammarregionen (tabell 8a, b; N=48).
2. Djupgrönstenar från kbl Uppsala SO (tabell 8c; N=15).
Djupgrönstenar från kbl Enköping SV (tabell 3a, Stålhös; N=5).
3. Metabasalter i Östhammarregionen (tabell 5; N=6).
4. Metabasitgångar från Östhammartrakten och övriga Uppland (N=13).
5. Porfyrgångar från Uppland (N=5).
6. Metadiabaser från Södermanland (Stålhös-Björk 1983, tabell 3; N=6).
7. Utbredningsfält för synorogena granitoider (N=60) från Uppland och Stockholmsområdet (Stålhös 1964, 1969, 1972, 1974 och 1976) samt från tabell 9 i detta arbete.
8. Utbredningsfält för porfyrgångar i Uppland (N=5).
9. Utbredningsfält för yngre graniter inom kbl Östhammar NV (se tabell 11; N=15).

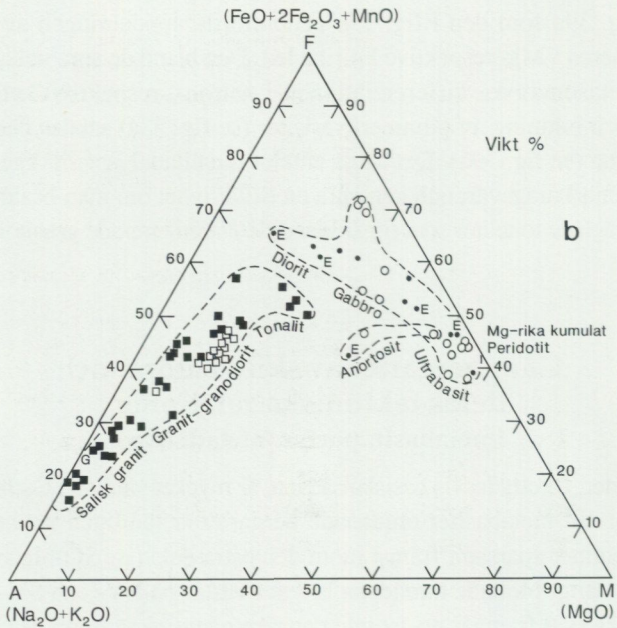
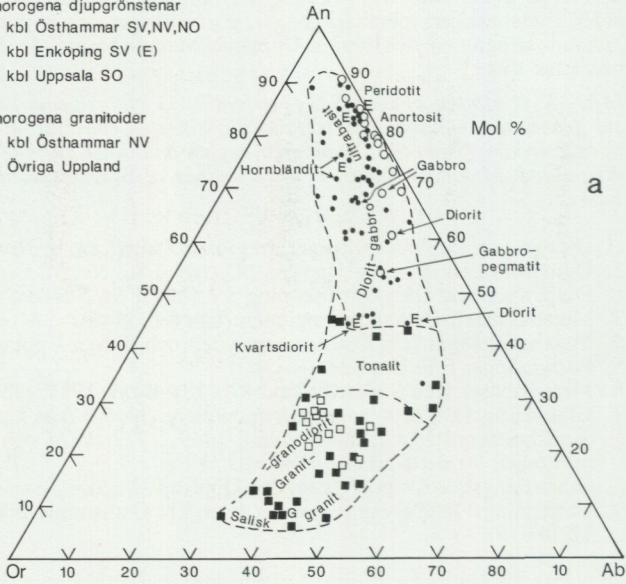
tionen har åstadkommit såväl den stora spridningen av punkter upp mot Anhörnet i fig. 39a som den i fig. 39b genomförda uppdelningen av de basiska djupbergarterna i Mg- respektive Fe-rika led. Den bland de sura vulkaniterna påtagliga, metasomatiska differentiationen i natron-, respektive kalidominanta bergarter och bildning av glimmerkvartsiter (se fig. 23a) saknas däremot bland granitoiderna (se fig. 39a). Det ringa antalet tonalitanalyser slutligen i fig. 39a och b är anmärkningsvärt och kan vara en tillfällighet om man beaktar det stora antalet utpräglade tonaliter som ingår bland de planimetrerade granitoiderna i diagram 8.

Gångbergarter av skilda åldrar och deras tektoniska relationer (metabasit, porfyr, metadiabas)

Gångbergarter, företrädesvis basiska sådana, är mycket vanliga i Östhammarregionen. Dessa till metabasiter omdanade bergarter är tämligen jämnt fördelade, men förekommer sparsamt främst inom den östra delen av SO-bladet och inom delar av de dåligt blottade områdena längst i väster på NV- och SV-bladen. Av trycktekniska skäl framgår tyvärr inte den rika gångfrekvensen i de centrala par-

- Synorogena djupgrönstenar
 1 • kbl Östhammar SV,NV,NO
 2 • kbl Enköping SV (E)
 3 ○ kbl Uppsala SO

- Synorogena granitoider
 4 □ kbl Östhammar NV
 5 ■ Övriga Uppland



tierna av SV-bladet, söder, sydväst och norr om det ost-västliga vulkanitstråket kring Ramhäll (3d). Med möda (och endast med hjälp av förstoringsglas!) framträder här de i kartan med grönt betecknade gångarna inom de mellanbruna gnejsgranitfälten.

De aktuella gångarna uppträder i minst ett par olika generationer (gen. 1 och 2 enligt kartans teckenförklaring). Den andra generationens gångar, som är yngre än de synorogena intrusiven, dominerar helt ur kvantitativ synpunkt och torde ha föregåtts av en omfattande epok av sprickbildning. Generation 1 däremot, återfinns endast bland de något äldre ytbergarterna (se text till fig. 40) eller som utdragna, brottstyckerika, breccieliknande zoner i de synorogena granitoiderna (se nedan). Den har sannolikt utgjort matargångar till de basaltiska effusiven bland vulkaniterna. Merparten av gångarna, även i ytbergarter, torde dock höra till den yngre generationen, vilket en detaljkarta över det närbelägna malmförande Herrängsfältet visar (Magnusson 1940). Flertalet av de rikligt förekommande gångarna här skär nämligen över såväl ytbergarter som synorogena intrusiv.

Fig. 39a och b. Mol% Ab, Or, An (CIPW-norm) och AFM-diagram (vikt%) för kemiskt analyserade synorogena djupgrönstenar och granitoider från undersökningsområdet och delar av övriga Uppland.

CIPW-norm Ab, Or, An (mol%) and AFM diagram (weight%) for chemical analyses of synorogenic basic rocks and granitoids from the investigated region as well as from other parts of the Province of Uppland.

1. 10 st djupgrönstenar från Finnsjöområdet enligt tabell 8a, Östhammar NV samt 38 st djupgrönstenar från kbl Östhammar SV, NV och NO från tabell 8b (ej plottade i fig. 39b då endast total Fe_2O_3 föreligger).
2. 5 st djupgrönstenar från kbl Enköping SV betecknade med E (Stålhös 1976, tabell 3a).
3. 15 st djupgrönstenar från kbl Uppsala SO enligt Andréasson 1970 (se tabell 8c).
4. 13 st synorogena granitoider från Finnsjöområdet, Östhammar NV (tabell 9).
5. 6 st synorogena granitoider från kbl Enköping SV (tabell 4).
8 st synorogena granitoider från kbl Enköping SO (tabell 4).
10 st synorogena granitoider från kbl Uppsala SV-SO, 1972 (tabell 9).
2 st synorogena granitoider från Herrängsfältet (tabell 2 och 3 i Magnusson 1940).
2 st synorogena granitoider från Ramhäll, Östhammar SV (tabell 15 och 16 från Lindroth 1916).
1 st synorogen granitoid från Generalprov 1c-10c av saliska gnejsgraniter (G) från Åkersbergatrakten inom kbl Stockholm NO (Stålhös 1964, s. 76).
3 st synorogena granitoider varav 1 st salisk Vängegranit och 2 st grå Uppsalagraniter (tonaliter) från tabell 2 inom kbl Uppsala (Lundegårdh 1956).



Fig. 40. Gång av 1:a generationens metabasit genomsättande intermediär porfyrit och i sin tur överskuren av en gångformig, likartat sammansatt intermediär porfyrit. – Andersskäret, 3.5 km SO om Öregrund k:a (8j), NO-bl.

First generation of metabasitic dike cross-cutting intermediate porphyrite and later transected by a dike of the same intermediate composition.

Endast i de enstaka fall (se Magnusson, s. 14) där granitoiderna i fråga övertvåras de basiska gångarna tillhör dessa med säkerhet generation 1 (fig. 41). De nyssnämnda till den äldre generationen hörande breccieliknande bildningarna för mestadels skarpkantade metabasitfragment inneslutna av granitoider (se fig. 42), och bildades sannolikt genom växelverkan på större djup mellan tidigt mot jordytan snabbt uppträngande, heta basiska magmor och ännu i huvudsak okonsoliderade granitoidmagmor. Denna åsikt, som tycks vara väl grundad, har framförts av Talbot och Sokoutis (1988, s. 5–6) i nyligen publicerade undersökningar av jämförbara både äldre och yngre basiska gångar utmed norra stranden av Söderön omedelbart öster om NO-bladet. I förlängningen av de breccielika äldre gångarna har lokalt utbildats smala zoner av tonalitiska hybridbergarter mellan omgivande, okonsoliderade intermediära granitoider och den basaltiska smältan. Andra generationens mera distinkta gångar skär undantagsvis över de nämnda äldre gångarna (se fig. 43).

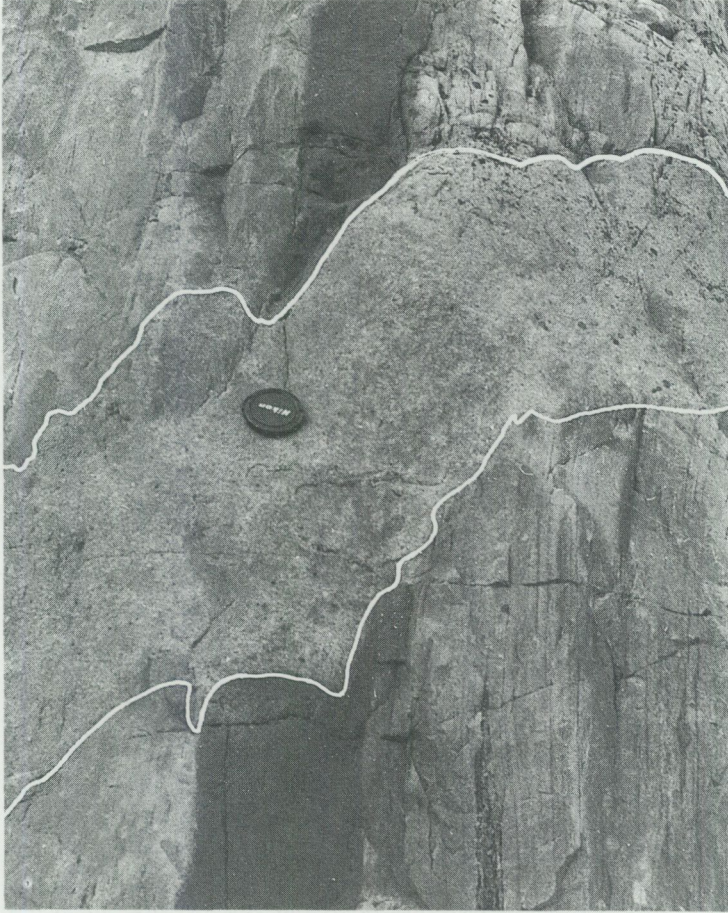


Fig. 41. Första generationens metabasitgång inlagrad i finskiktad natronryolit i sin tur överskuren av röd, gångformig gnejsgranit. Samtliga led är stängliga i riktning 30° mot SSO. – Norrudden, Stenskar (9h), NO-bl. 6697/6388.

Metabasitic layer (gen. 1) in thin-bedded Na-rhyolite cut by a dike of syn-orogenic gneissic granite. The lineation in all rocks plunges about 30° to the SSE.

De mest frekventa gångarna av generation 2 har en växlande basisk sammansättning och är lokalt associerade med sura till intermediära porfyrgångar. Bortsett från ett fåtal intermediära sådana i trakten öster om Andersby (4c) på SV-bladet är dessa led inte med säkerhet påvisade inom kartområdet, men väl i både Uppsala–Enköpingsområdet och i östra Uppland (jfr Lundegårdh 1956, s. 63–



Fig. 42. Sannolikt första generationens metabasit i form av långsträckta, gånglika, breccierika zoner i tonalit bildade genom magmablandning mellan okonsoliderad granitoid och framträngande lobber av basaltisk smälta. – Solled, invid gården, ca 3 km SSV om Öregrund k:a (8i), NO-bl.

Probably first generation of metabasite in the form of extended breccias resembling a dike in synorogenic tonalite. The breccia may have been formed due to magma mixing between unconsolidated granitoid and protruding lobes of basaltic magma.

64, Stålhös 1976, s. 33–36, Magnusson 1940, s. 30–33 och Lundqvist 1962, s. 74–79). Sura och basiska eruptiv uppträder ställvis inom en och samma spricka och bildar då blandade gångar där ömsom det sura, ömsom det basiska materialet synes vara yngst. Eruptiven ifråga torde därför vara tämligen jämnåldriga och de sura leden representerar inte sällan lokala mobiliserat och/eller vid den tiden ännu okonsoliderade äldre granitoider.

Mineralsammansättning och kornstorlekar i matrix hos femton slumpvis valda och planimetrerade basiska gångar, varav flertalet från SV-bladet, framgår av diagram 9. Ytterligare ett tiotal slipprov från NV- och SV-bladen har granskats (se även Olkiewicz m.fl. 1981). De till kornstorleken mestadels starkt variabla men genomgående finkorniga gångbergarterna består i huvudsak av hornblände, plagioklas (delvis sericitiserad andesin), biotit-klorit, epidot och kvarts i nämnd ordning. Accessoriskt tillkommer oxider, titanit och apatit. Det



Fig. 43. Blandad breccielik metabasitgång av gen. 1 skuren av metabasit tillhörande gen. 2. – Olsmässören, 4.5 km SO om Öregrund k:a (8j), NO-bl.

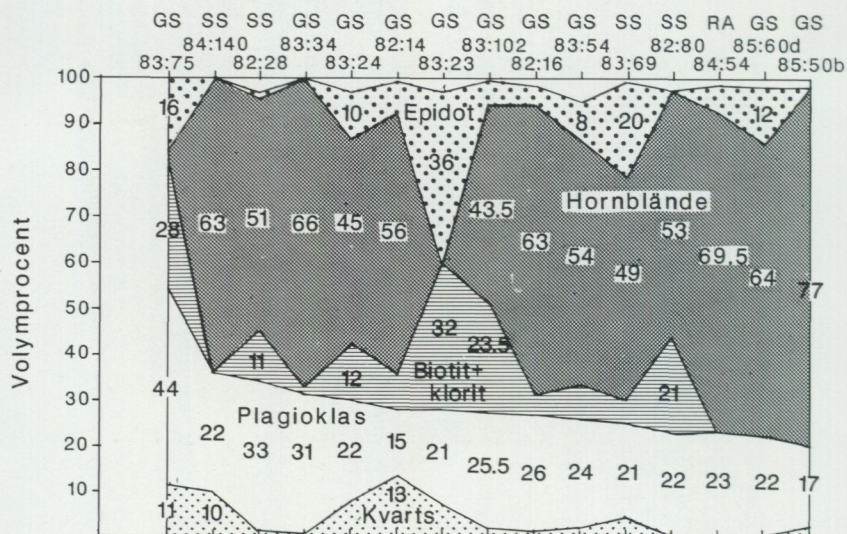
Mixed 1. gen. metabasitic dike cut by homogeneous dike of 2. gen.

stora flertalet gångar är i nuvarande dräkt mer eller mindre starkt förskifrade amfiboliter med sparsamt inslag av plagioklasströkorn och/eller aggregat av hornblände.

De ofta svärmvis uppträdande gångarna (se fig. 44) är mestadels dm- till halv-meterbreda och följbara något eller några tiotal meter (undantagsvis >50 m). Ibland förgrenar de sig, ibland är de tektoniskt avslitna eller utkilande. Sällan förekommer gångbredder upp mot fem meter, medan stundtals cm-smala tektoniskt utvalsade band kan iaktas. Gångarna korsar varandra lokalt, men torde i flertalet sådana fall representera i tiden mycket närstående led med ett identiskt deformationsmönster. Gångkaraktären understryks samtidigt genom spridda förekomster av gångapofyser samt här och var kontaktförtätning gentemot sidober-

DIAGRAM 9. Mineralfördelningen i metabasiter och metadiabaser från kartbladen Östhammar SV, NV och NO.

Modal compositions of metabasites and metadiabases from the areas of the map-sheets Östhammar SV, NV and NO.



An %	-	And	-	-	And	-	25	-	-	-	-	-	-	>45	And
Apatit	+	+	+	+	+	+	-	+	-	1	+	+	-	+	+
Epidot	16	+	1	+	10	7	36	5	4	8	20	-	5	12	+
Titanit	+	1	2	-	2	1	+	+	1	4	1	2	2	2	2
Prehnt	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Hornblände	1	63	51	66	45	56	1	43.5	63	54	49	53	69.5	64	77
Biotit	27	-	9	1	12	8	32	16.5	-	3	5	21	+	-	-
Klorit	1	-	2	1	-	-	-	-	4	4	-	-	0.5	-	1
Musk.-ser.	+	+	+	+	+	+	+	7	+	+	+	+	+	+	+
Opakmineral	+	+	+	1	1	-	3	0.5	1	+	-	1	-	1	+
Kvarter	11	10	1	-	8	13	7	2	1	2	4	1	-	-	3

Kornstorl.	0.03-0.08	0.1-0.2	0.1-0.2	0.04-0.07	0.05-0.1	0.2-0.4	0.1-0.5	0.1-0.2
	0.2-0.5	0.1	0.03-0.05	0.5-1	0.1-0.15	0.1-0.3	0.2-0.5	

Ströckorn	0.5-1		1.5	0.7	0.5	0.5-150.5		1.5-3
-----------	-------	--	-----	-----	-----	-----------	--	-------

N	370	365	360	350	395	280	350	310	365	345	300	385	280	345	370
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Analyslokaler till diagram 9

- GS83:75 Plagioklasporfyrisk gång i gnejsgranit. – 700 m Ö om Andersby. 66718/16132. Östh. SV (4c).
- SS84:140 Amphibolitisk lagergång i metavulkanit. – Knaperhällen, ca 1.7 km VSV om Gustavsbo. 66954/16100. Östh. NV (9c).
- SS82:28 Metabasitgång i gnejsgranit. – 700 m SV om Ragnvaldsbol. 66534/16167. Östh. SV (0d).
- GS83:34 Metabasitgång i tonalit. – Ca 1 km Ö om Strömhagsgruvan. 66580/16098. Östh. SV (1b).
- GS83:24 Porfyrisk metadiabas (ca 4 m bred) i salisk gnejsgranit. – 400 m SO om Gullkällan, Ö om Skyttorp. 66633/16092. Östh. SV (2b).
- GS82:14 Metabasitgång (dm-bred), något porfyrisk, i tonalit. – Ca 1.5 km Ö om Kölinge, vid vägens slut. 66587/1617. Östh. SV (1d).
- GS83:23 Metabasit i salisk gnejsgranit. – Ca 800 m SO om Vargstugan, Ö om Skyttorp. 66637/16095. Östh. SV (2b).
- GS83:102 Metadiabas, diskordant genom metavulkanit och kalksten. – Stenringens gruva. 66694/1614. Östh. SV (2b).
- GS82:16 Metabasit-metadiabas (2 dm bred), porfyrisk, i gnejsgranit. – 1 km N om Kölinge. 66598/16155. Östh. SV (1d).
- GS83:54 Porfyrisk metabasit i gnejsgranit, sekundärt penetrerad av den senare. – V om Krokstugan, ca 2 km NNO om Viksta k:a. 666541/16027. Östh. SV (3a).
- SS83:69 Metadiabas (2–3 m bred gång i gnejsgranit). – 500 m SV om Åknarby, vägskäring. 66781/16100. Östh. NV (5c).
- SS82:80 Metabasitgång i tonalit. – 300 m NO om Skeke. 66504/16152. Östh. SV (0d).
- RA84:54 Metabasitgång i tonalit. – 1 km NO om Gubbo. 66808/16232. Östh. NV (6e).
- GS85:60d Porfyrisk metabasit ur gruvvarp. – Gruvbacken, ca 600 m SSV om Barkö. 66855/16367. Östh. NO (7h).
- GS85:50b Metabasitlager (0.5 m brett) i kvartsporfyr. – Blåsut, ca 400 m SO om Ed. 66852/16406. Östh. NO (7i).

get (se fig. 45). Både ensidig och dubbelsidig marginell rytmisk bandning med skikt av växlande basicitet har påträffats i ett fåtal gånger. Hur denna primärt vertikalställda bandning kommit till stånd har inte närmare utretts, men den skiljer sig nödvändigtvis genetiskt från den snarlika tidigare nämnda, horisontellt anlagda gravitativa lagringen bland djupgrönstenarna. Som exempel kan nämnas en 4 m bred metabasitgång i gnejsgranit belägen i en strandhäll ca 100 m norr om Ekensberg på Tvärnö (66799/16491, 5j). Här uppträder en ensidig bandning av sju ca 5 cm breda skikt med växlande basicitet med skarp gräns mot en för övrigt homogen, fint medelkornig gångbergart. En dubbelsidig

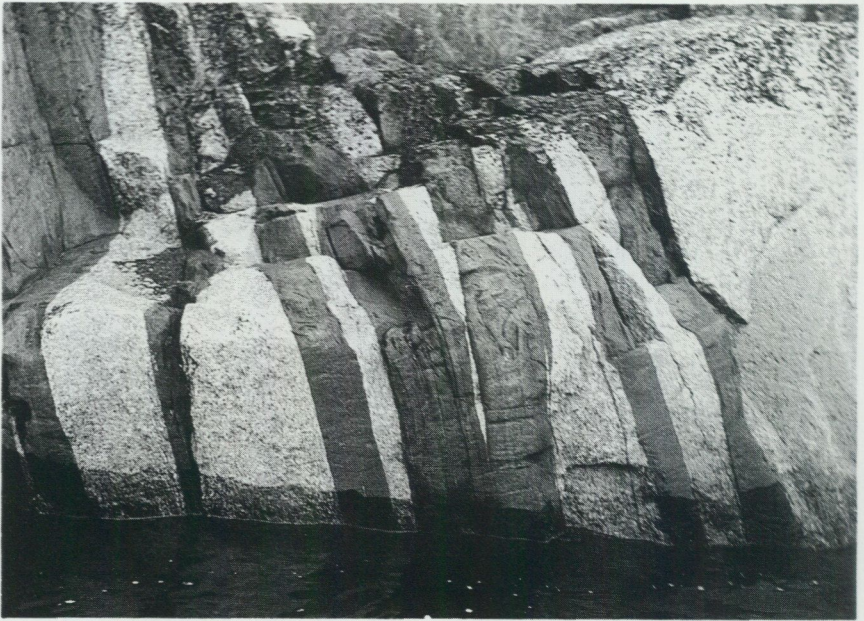


Fig. 44. Svärm av VNV-liga metabasitgångar (gen. 2) i röd gnejsgranit. – Gropörens väststrand i Norrfjärden (7j), NO-bl.

Swarm of WNW-directed metabasitic dikes (2. gen.) in red, synorogenic gneissic granite.

bandning illustreras i fig. 46. I andra fall åter uppvisar gångarna någon eller några centimeter breda salband, en- eller dubbelsidigt anrikade främst på hornblände (fig. 47). Gångarnas växlingsrika beteenden i tektoniskt avseende belyses ytterligare av fig. 48, 49 och 50 med tillhörande texter.

Huvuddelen av gångarna i regionens nordöstra del är orienterade ungefär VNV–OSO, ofta parallellt med den regionala förskiffringen eller bildar liten vinkel med denna. Det i ett sent skede förhärskande regionala trycket torde ha verkat mellan NNO och SSV med en utvalsning av gångarna som följd. Även i övriga delar av fyrväpplingen Östhammar dominerar gångriktningar mellan nordväst–sydost och väst–öst, även om förskiffringen i berggrunden i dessa fall ofta bildar större vinklar mot gångarnas utsträckning. Denna vinkeldiskordans mellan gångarnas utsträckning och sidostenens förskiffring har sin grund i olika tektonisk kompetens hos de båda leden, så att den förskiffring som drabbat sidostenen inte helt förmått penetrera de i vissa fall tektoniskt mera kompetenta gångarna



Fig. 45. Veckad metabasitgång (gen. 2) med kontaktförtätning i gränsen mot tonalitet. Identisk förskiffring i gång och sidosten. – Ö om Fetskar i Sikörsfjärden (7j), NO-bl.

Folded metabasitic dike with chilled margin against synorogenic tonalite. Foliation conformable in dike and country rock.

(se fig. 51b). Då omvänt inkompetenta gångar föreligger kan skiffrigheten inom dessa kraftigt avvika från den i sidostenen (se nedan). Gångarnas riktning i förhållande till det applicerade trycket spelar också en stor roll. Ofta gäller dock där så kan iaktas, speciellt vid kompetenta gångar, att en vid deformationen uppkommen lineär förskiffring är gemensam för både gång och sidosten.

Motsvarigheterna till de nu i korthet omtalade gångarna har behandlats ingående i ett flertal publikationer, av vilka främst skall nämnas Magnusson (1940), gjord i samband med undersökningar inom Herrängsfältets järnmalmers i Östhammarregionens närområde. Magnusson är den förste att i detalj studera gångarnas petrografiska och kemiska relationer och efter detta klassiska arbete har sedermera begreppet Herrängsgångar myntats. Omfattande beskrivningar av gångar tillhörande samma svit har också lämnats av Lundqvist (1959, s. 118–126) från trakten av Singö öster om Herräng. Från södra Roslagen, närmare bestämt Ljusterö och trakten söder om Norrtälje, härrör ytterligare två publikationer av Lundqvist (1962, s. 74–79) och P.H. Lundegårdh (1946, s. 93–97). Själv

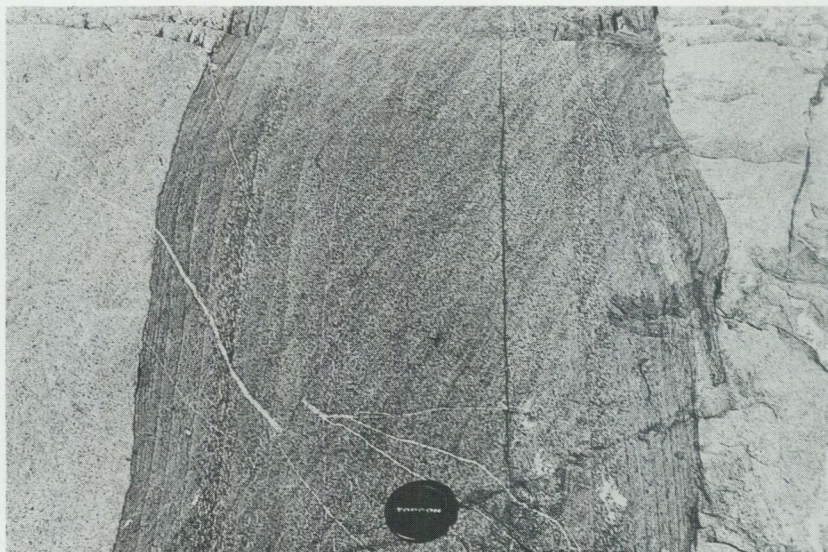


Fig. 46. Dubbelsidig, marginell, rytmsk bandning i metabasit (gen. 2?). Gången är diskordant mot lagringen i omgivande metavulkanit. – Askholmsviken (4j), SO-bl.

Double marginal rhythmic banding in metabasitic dike (2? gen.) cross-cutting metavolcanite.

har jag bidragit med beskrivningar av motsvarande gångar inom ramen för ett flertal kartblad och andra publikationer i Södermanland och Uppland (Stålhös 1962, 1964, 1969, 1972, 1974, 1975, 1976a och b, 1979, 1982a och b, 1984a). Av dessa skall främst framhållas beskrivningen till kartan över Stockholmstraktens berggrund (1969, s. 134–144 och s. 158–160) och motsvarande för regionen Uppsala SV–SO (1972, s. 112–117). Vid sidan av en historisk återblick i det förstnämnda av dessa båda arbeten diskuteras och illustreras utförligt en hel del med gångarna förknippade problem, främst med avseende på tektonik och relativ åldersställning.

Från kartbladet Uppsala beskriver Svedmark (1888) och Lundegårdh (1956, s. 49–52) motsvarande gångar, vilka där karakteriseras av en något massformigare isotropisk textur, ibland t.o.m. lätt ofitisk. På samma sätt är vissa gångar inom Östhammarregionens västra och sydvästra delar svagt ofitiska eller isotropa, med divergentstråligt anordnade hornbländen, t.ex. i trakten väster om Dannemora (se diagram 9, proverna SS 83:69 och GS 83:24). I riktning mot

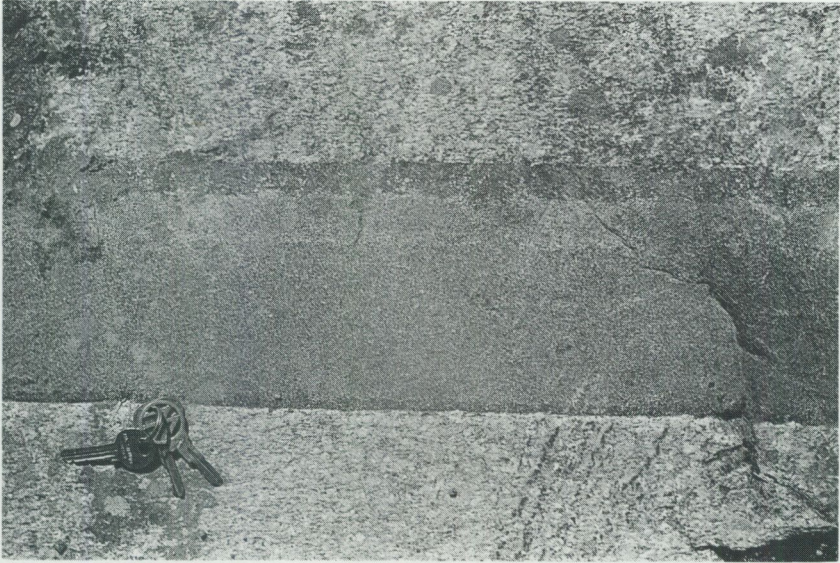


Fig. 47. Metabasitgång med salband av hornblände på gränsen mot gnejsgranit. – Liten holme vid småbåtshamnen, Norrstrand, Söderön (6a), bl. Grisslehamn NV.

Metabasic dike with salbands of hornblende, in contact with synorogenic gneissic granite.

öster och nordost in på NO-bladet tilltar i allmänhet skiffrihetens intensitet såväl i gångarna som i omgivande bergarter. Gångar i en från början massformig granitoid blir, beroende på ursprunglig riktning i förhållande till det deformerande trycket och styrkan hos det senare, i olika grad förskiffrade, boudinerade och/eller veckade, allt enligt fig. 51a, b, c, d och e. Fig. 51a bildar mönster för de tektoniskt mest kompetenta urgranit-gnejsgranitområdena i centrala Uppland, där det tektoniska trycket endast i ringa grad förmått göra sig gällande och isotropa, ej makroskopiskt mätbara strukturer dominerar både i gångar och sidobergarter. Fig. 51b, c och d fortsättningsvis illustrerar den gradvis tilltagande plastiska deformation som man möter inom den tektoniskt allt mindre kompetenta berggrunden med högre andel ytbergarter i riktning mot norr, öster och söder utifrån den uppländska centralzonen. En stegrad metamorfos, speciellt i riktning söderut från den sistnämnda men möjligen också mot norr och öster, ger ytterligare möjligheter för det applicerade trycket att göra sig gällande (fig. 51e). Medan gångarna enligt fig. 51a, b, c och e kan vara tektoniskt kompetenta relativt



Fig. 48. Metabasitgång, tektoniskt kompetent i relation till omgivande kalksten och lagerkonformt veckad efter vertikala F_2 -axlar. – 200 m S om Murartorpet (8d), NV-bl.

Metabasitic dike competently folded along vertical F_2 -axes in crystalline limestone.

sidostenen är detta inte fallet med gången "d" enligt utförda modellförsök av Sokoutis (1987). Dessa visar, att en inkompetent gång vid förkortning ungefär parallellt med längdriktningen kan ge upphov till den i sistnämnda figur anförda veckkonfigurationen, med förskiffring vinkelrätt mot kontaktytan. De i skiffrihetsytorna uppträdande, tektoniskt inkompetenta flikarna, vanligtvis starkt anrikade på biotit, kan vara utbildade på endera eller båda sidor av gången och bildar en s.k. "mullion structure" enligt engelsk vokabulär (se fig. 52 och 53). En mer eller mindre penetrativ axialplansförskiffring i dessa gånger konformt med skiffriheten i sidoberget förekommer ofta, i vilken lokalt s-ytorna framhävs av nybildade grövre hornbländeprismor. Endast en liten del av de basiska gångarna har en sådan ursprunglig orientering (dvs. NO-SV-utsträckning) att välutvecklad "mullion structure" kommit till utbildning. Däremot tycks gångarna inom Östhammarregionens medelstarkt omvandlade berggrund vara tektoniskt inkompetenta i betydligt högre grad än jag tidigare anat (se s. 104), sedan jag genom Talbot och Sokoutis arbete (1988) blivit observant på denna problematik. Några exempel på sådana inkompetenta gånger antyds av fig. 54a, b och



Fig. 49. Metabasitgång med sannolikt tillhörande tunna, mera basiska apofyser, nu tektoniserad och förkastad i en omgivning av svagt förskiffrad granodiorit. Förskiffringen i $N70^{\circ}V$ bildar ca 25° vinkel med gångens nordvästliga utsträckning. Stängligheten i gång och sidoberg överensstämmer. – Lindersvik, ca 6.5 km NV om Östhammar k:a (7h), NO-bl. 6690/16382.

Metabasitic dike with thin apophyses now tectonized and faulted and surrounded by granodiorite. Foliation strikes $N70^{\circ}W$ in the latter, and deviates about 25° from the direction of the dike. Lineations in dike and country rock coincide.



Fig. 50. Veckad metabasitgång (gen. 2) delvis parallell med, delvis vinkelrät mot skiffriheten (hammarskaftet) i omgivande tonalit. – 600 m N om vägsäl vid Rofsättra (6f), NO-bl.

Folded metabasitic dike (2. gen.) partly parallel and partly at right angle to foliation (hammer handle) in surrounding tonalite.

c, där skiffriheterna i gångar och sidostenar inte stämmer överens på grundval av deformationsellipsoidernas olika orientering i de skilda medierna. Exempelen skulle kunna mångfaldigas, men måste på grund av utrymme begränsas. Orsaken till gångarnas skiftande kompetens relativt de omgivande granitoiderna skall enligt Talbot och Sokoutis (1988, s. 1) tillskrivas deras kemiska och mineralogiska sammansättning, metamorfa status och deformationshastigheten "*strain rate*". Primärt pyroxenförande basiska gångar blir enligt Talbot (1982) inkompetenta då amfiboler och glimrar ersätter pyroxenen vid omvandlingen i högsta amfibolit- eller granulitfacies. Detta motsägs i någon mån av mina erfarenheter från den högmetomorfa Sörmlands-Mälardalenregionen där gångbergarter i både yt- och djupbergarter oavsett om de har eller saknar biotitrika omvandlingszoner, har ett påfallande kompetent uppträdande med ringa tendens till "*mullion structure*" eller diskordant intern skiffrihet. Där skiffrihet uppträder är denna konform med sidostenens och antyder på sin höjd en kompetens av samma storleksordning i gångar och sidostenar (se även Stephansson m.fl. 1975).

Att en stor osäkerhet råder beträffande de aktuella gångarnas exakta position i förhållande till olika veckdeformationer och tidpunkten för dessa framgår om man tar del av hittills refererade arbeten. Detta beror på skilda tolkningar av den tektoniska utvecklingen (se även s. 139). Gångarna i typområdet kring Herräng är intraorogena i den meningen att de tydligt skär över en storskalig äldre deformationsstruktur, enligt Magnusson förorsakad av den s.k. primorogena veckningen, före urgraniternas inträngande. De har dessutom enligt samma författare drabbats av en långt senare och svagare deformation i samband med den så kallade serorogena regionalomvandlingens kulmination, karakteriserad av ådergnejsbildning längre söderut i Mälardalen (se schema, s. 8). Det tektoniska trycket i samband med den primorogena veckningen kvarstod enligt Magnusson (1940, s. 17–18) såväl under urgraniternas successiva framträngande i Herrängsfältet som under de efterföljande basiska gångarnas intrusion, vilka senare i allt väsentligt antogs ha trängt in i redan utbildade förskiffningsplan. En ytterligare konformerig och utvalsning (varmvalsning) av gångar och sidoberg ägde sedermera rum vid den nyssnämnda serorogena regionalomvandlingen (Magnusson, s. 46). Magnussons bild av utvecklingen vad gäller de aktuella gångarna torde på några undantag när varit rådande fram till mitten av 70-talet och början av åttiotalet. I ett viktigt avseende kan jag inte instämma, nämligen att gångarna trängt in i en redan primorogent förskiffad berggrund och vid intrusionen deformerats i samma tektoniska fas. I stället talar det mesta för att de i tensionsprickor inträngande gångarnas amfibolitisering och förskiffning i huvudsak bör tillskrivas den enligt min mening kraftiga serorogena metamorfosen och defor-

Uppsala

Östhammarregionen

Södermanland

Ej mätbar deform.
(Weak deform.)

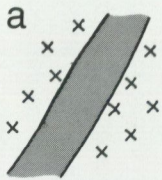
Stegrad deformation
(Increasing deform.)

Max.deformation

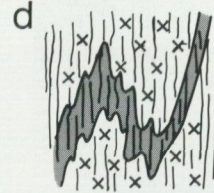
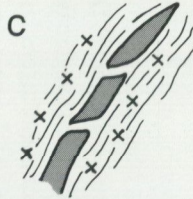
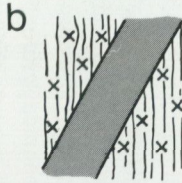
Medelmetamorf
(Medium metamorphic)

Höghmetamorf
(High metamorphic)

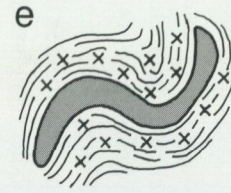
Gemensam stänglighet i gång o. sidoberg
Coincident lineation in dike and country rock



Tektonisk kompetens i gång > sidobergets
Tectonic competence in dike > country rock



Dito < sidobergets
Do < country rock



Dito ≥ sidobergets
Do ≥ country rock



Synorogen granitoid



Metabasit



Förskiffring (foliation)

mationen. Till samma slutsats kom jag redan vid mina tektoniska undersökningar inom Mälarenregionen (Stålhös 1981 och 1984b) där sannolikt motsvarande basiska gångar (gen. 2) vid något högre metamorfa betingelser blivit kraftigt plastiskt deformerade genom veckning (F_1) och synkron tvärveckning (F_2) av serorogen ålder. Dessa veckade gångar är inte enbart knutna till ytbergarter, i vilket fall deras generationstillhörighet skulle kunna ifrågasättas (gen. 1 eller 2?), utan uppträder också inom de synorogena intrusiven i området (se fig. 14 och 15 i Stålhös 1982b). Den äldre primorogena deformationen har inte gjort sig påtagligt gällande i Mälarenregionen, utan det storskaliga deformationsmönstret här tycks till stor del vara präglad i serorogen tid. Genom att okritiskt tillämpa samma tankegångar vad gäller tidpunkten för veckningen inom Herrängsfältet i norra Uppland kom jag tyvärr i en uppsats om metadiabaser i Södermanland, en tredje generation av basiska gångar intruderade efter F_1 och F_2 -veckningarna (Stålhös och Björk 1983), att på ett felaktigt sätt i sammanfattningen tillskriva den äldsta veckningen i Herrängsfältet serorogen ålder i motsats till Magnusson. Som en logisk följd härav kom de vecköverskärande Herrängsgångarna att jämföras med nyssnämnda tredje generationens metadiabaser om än i tiden något före dessa (se Magnusson 1940, fig. 13). Fortsatta undersökningar inom den Herrängsfältet närbelägna Östhammarregionen har övertygat mig om att den ursprungliga tanken på en omfattande primorogen veckning i denna region är den riktiga, dock kanske inte helt i Magnussons mening som ett svar på ett riktat horisontellt tryck. Snarare torde primus motor i denna veckning ha varit de vertikalt uppträngande synorogena intrusiven (deformation F_0 ; se

Fig. 51a, b, c, d och e. Stegrad grad av deformation i metabasitgångar genomsättande synorogena intrusiv inom olika regioner i östra Mellansverige.

a) Massformig struktur, b) svag deformation. Gång skenbart diskordant mot skiffriheten. c) Måttlig deformation. Gång boudinerad och i huvudsak konformerad med sidostenen. d) Stark deformation med sammanfallande skiffrihet i gång och sidosten samt "mullion structure" (se sid. 108). e) Stark med gången konform skiffrihet i sidoberget. Gemensam veckaxel och stänglighet. Lokalt konform skiffrihet i gången.

Increasing grade of deformation in metabasitic dikes cross-cutting synorogenic intrusives from different regions in Eastern Central Sweden.

a) *Homogeneous structure. b) Weak deformation. Dike seemingly discordant against foliation. c) Moderate deformation. Dike boudinaged and conformed with foliation in the country rock. d) Strong deformation with coincident foliation in dike and country rocks. "Mullion structure" is formed. e) Intense plastic deformation conforms foliation in country rock with the dike contact. A conformable foliation in the latter may also be developed. Lineations and fold axes in dike and country rock coincide.*



Fig. 52. Veckad metabasitgång i gnejsgranit med utbildning av dubbelsidig "mullion structure". Gångens utsträckning är N20°O och lineation ca 60° mot OSO. – Ingeborgsskäret, ca 6 km SO om Öregrunds k:a (7j), NO-bl.

Folded metabasitic dike in synorogenic gneissic granite with developed mullion structures on both sides. Direction of dike N20°E and lineation about 60° ESE.

s. 140), vilka själva ej nödvändigtvis blivit förskiffrade i detta sammanhang. Istället har sannolikt de basiska gångarna av generation 2 här liksom i Mälardalen erhållit sina metamorfa drag och existerande skiffrighet vid den serorigena, regionalmetamorfa och tektoniska fasen. Denna i Mälarenregionen synkrona, kraftiga F₁-F₂- deformation (veckning + tvärveckning), avtar norrut in mot centrala Uppland för att åter öka något ut mot kusten i norra Uppland och Herrängsom-



Fig. 53. Metabasitgång (gen. 1 eller 2?), ursprungligen orienterad vinkelrätt mot lagringen i omgivande ryodacit (parallell med hammarskaftet), nu veckad med utbildning av "mullion structure" och därefter förkastad. – Stånggrundet (8j), NO-bl.

Metabasitic dike (1 or 2? gen.), once oriented at right angles to the bedding in surrounding rhyodacite. The dike is now folded, resulting in mullion structure, and later faulted.

rådet. De rikligt förekommande VNV-ligt orienterade metabasitgångarna här fyller sannolikt ut ett stort antal välutvecklade ac-sprickor relaterade till tidiga, öppna, F_1 -veck med nordostlig till NNO-lig utsträckning (jfr Talbot och Sokoutis 1988, s. 17–18 samt tektoniska kapitlet, s. 143 och fig. 62a).

Metabasitgångarnas åldersmässiga relationer till pegmatiterna i regionen kompliceras av att minst tre olika generationer av de senare torde föreligga (se schema, s. 122). Av dessa antas en sällan påvisbar generation vara knuten till de äldsta granitoidernas intrusionssvit, medan generation 2 sannolikt är ett resultat av pegmatitbildning på djupare nivåer i samband med den serorogena regionalomvandlingen. Dessa pegmatiter torde ha trängt upp till högre nivåer och där kristalliserat såväl under syn- som postdeformativa villkor. Den tredje pegmatit

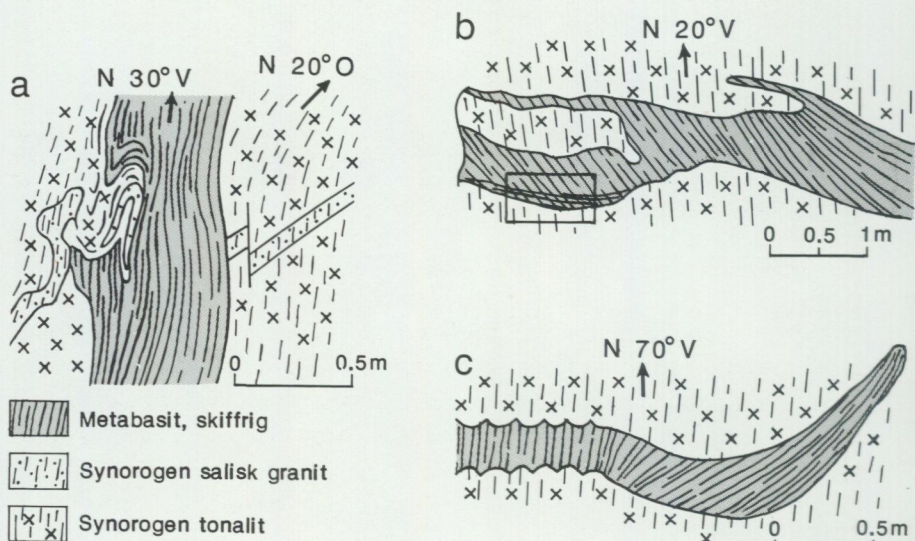


Fig. 54a. Tonalit genomsatt av grå, salisk urgranit och yngre gång av metabasit. Den senare är relativt inkompetent och starkt förskiffrad till skillnad från övriga lätt förskiffrade led, vilka enbart i det på gångens vänstra sida inflika partiet, antagit en kraftig konform deformationsstruktur. – Ca 4 km NO om Risby. 66690/16046 (SV, 3a).

Tonalite cut by a dike of salic, synorogenic granite and a later dike of metabasite. The latter, behaving tectonically incompetent, is strongly foliated compared to the surrounding granitoids. Only in the granitoid lobe to the left in the picture the last-named rocks are also strongly deformed.

b) Tonalit skuren av metabasit. En lätt parallellstruktur i den förstnämnda kontrasterar mot en betydligt starkare, annorlunda orienterad förskiffring uppkommen genom en moturs roterad deformationsellipsoid i den inkompetent reagerande metabasiten. Inom den markerade rektangeln är en lokalt förekommande, vertikalt anlagd, primär rytmisk bandning antydd parallellt med gångens kontakt. – Högalund, bakom gården, Söderön. 668655/164382 (NO, 7i).

Tonalite cut by metabasitic dike. A faint foliation in the granodiorite contrasts to a stronger, differently oriented foliation due to an anticlockwise rotation of the strain ellipsoid inside the incompetently reacting metabasite. A primary rhythmic, vertically oriented banding is seen within the rectangle in the marginal part of the dike.

c) Tonalit skuren av en tektoniskt inkompetent reagerande metabasitgång. T.v. "mullion structure" konform med en lätt förskiffring i omgivande tonalit. Förskiffringen t.h. inom gången har en avvikande riktning till följd av en medsols roterad deformationsellipsoid. – Ca 100 m N om Skysjön. 66532/16451 (SO, 0j).

Tonalite cut by a tectonically incompetent metabasitic dike. To the left in the dike "mullion structure" is visible conformably with a slight foliation in the surrounding tonalite. To the right a clockwise rotation of the strain ellipsoid has taken place within the dike.

generationen, slutligen, samhörig och i huvudsak likåldrig med de unga serorogengraniterna, är postdeformativ till sin karaktär. Några exempel på relationerna mellan andra generationens metabasiter och några av nu nämnda pegmatitgenerationer åskådliggörs i fig. 55a, b och c med tillhörande text. Ytterligare skisser i fig. 56a och b belyser yngre graniter som genomsätter metabasit och som är förkastade respektive skjuvveckade parallellt med gångriktningarna. Vidare utgör fig. 56c och d exempel på lagerkonformt i vulkaniter intruderade och därefter deformerade metabasitgångar. Ett fåtal metabasiter rapporterade under årens lopp skär över pegmatiter, vars ålder inte närmare kunnat preciseras (Stålhös 1972, fig. 34j, k; 1976, s. 34 och 1979 s. 69–70). I vissa fall rör det sig sannolikt om urgranitpegmatiter och följaktligen metabasiter av generation 2-ålder. I andra fall åter skär gången över syn- och/eller postdeformativa generation 2-pegmatiter och måste då tillskrivas den tredje generationen av basiska gångar. Endast ett entydigt sådant exempel har noterats (Stålhös 1972, fig. 34j), där ett par serorogent förskiffrade och vridna brottstycken av gnejsgranit påträffas i gången. I vad mån texturen i denna gång (t.ex. metadiabas) skiljer sig från den i de vanliga generation 2-gångarna har tyvärr inte undersökts då gången vid förnyat besök på platsen ej kunnat återfinnas.

Kemiska analyser av metabasitgångar från området norr om Finnsjön (NV, 8d, 9d) framgår av tabell 10. Dessa, jämte ytterligare ett antal äldre analyser från övriga Uppland, har sammanfattats i An–Or–Ab- respektive AFM-diagram (se fig. 23a och b med tillhörande text). Metabasiternas position sammanfaller enligt nämnda diagram i allt väsentligt med de bland vulkaniterna ingående basaltiska ytgrönstenarna, vilket också framgår av de s.k. Harkerdiagrammen i fig. 27a och b. Även enligt sammanställningen i fig. 38 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ avsatta mot SiO_2) påminner metabasiter och ytgrönstenar om varandra och faller i den övre delen av det tholeiitiska utbredningsfältet, dvs. de är något mera alkalibetonade än djupgrönstenarna.

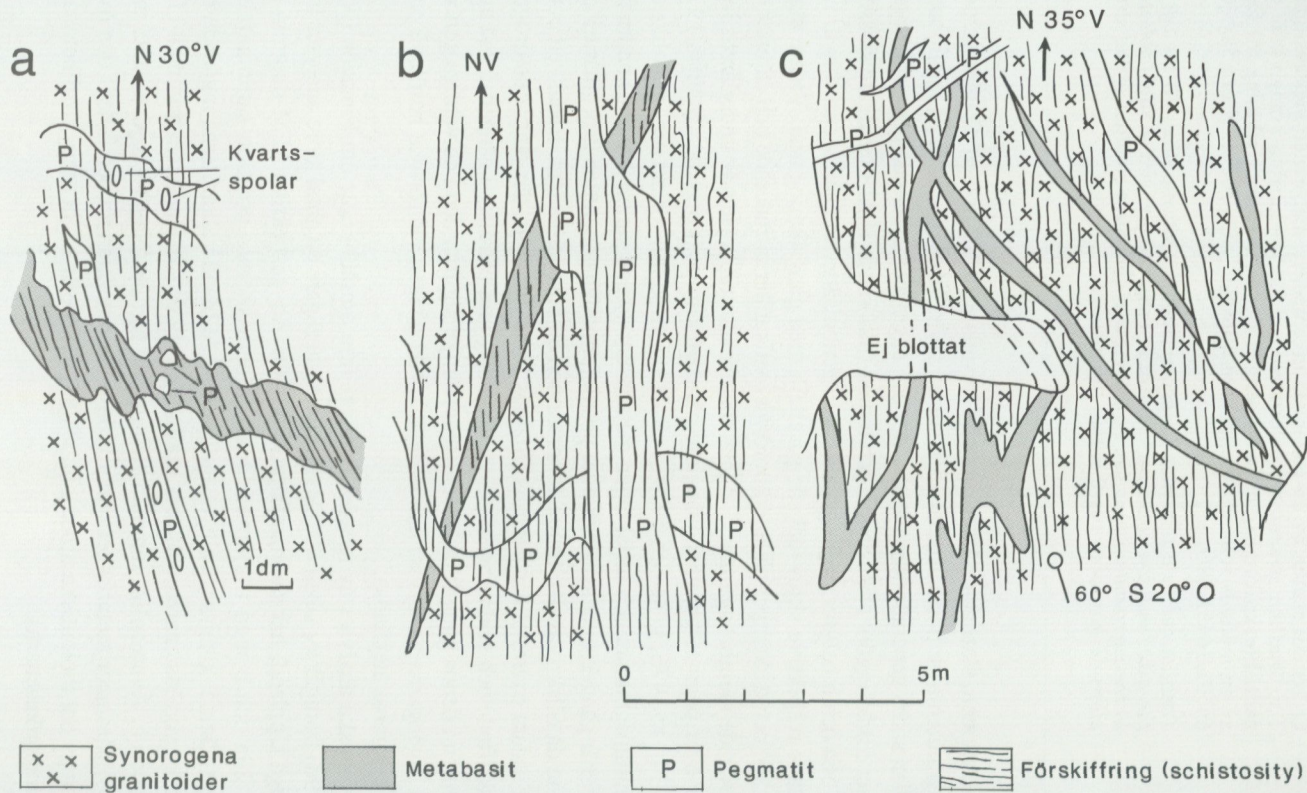


Fig. 55a. Första generationens pegmatit av sannolik urgranitålder, genomsatt av metabasit i en omgivning av granodiorit. Brottstycken av pegmatit finns i metabasiten. Samtliga led är förskiffrade i samband med den serorogena regionalmetamorfosen. Pegmatiten innehåller i förskiffringsriktningen utdragna kvartsspolar. – Höjd ca 800 m NO om vägskal i Uppskedika. 66826/16378 (NO, 6h).

First generation of pegmatite, probably related to the synorogenic granitoids, is cut by a metabasitic dike in a wall-rock of granodiorite. Pegmatitic inclusions occur in the dike. All the rocks, now foliated have been deformed in connection with the serorogenic regional metamorphism. Small flattened quartz nodules appear in the pegmatite.

b. Andra generationens pegmatit överskärande metabasit i en omgivning av tonalit. Pegmatiten är sannolikt alstrad syndeformativt vid regionalomvandlingens maximum och då förskiffrad tillsammans med övriga led. – Villatomt, ca 1 km NV om Snesslingeberg 66921/16349 (NO, 8g).

Second generation of pegmatite cutting a metabasitic dike in a tonalitic wall-rock. The pegmatite, probably syndeformationally formed during the culmination of the regional metamorphism, is now foliated just as the surrounding older rocks.

c. Postdeformativt bildad andra generationens – alternativt tredje generationens – pegmatit överskärande en primärt förgrenad metabasit i ett granodioritiskt sidoberg. Pegmatiten är massformig, odeformerad till skillnad från den serorogent, syndeformativt förskiffrade granodioriten och samtidigt veckade metabasiten. – Lindersvik V om Granfjärden. 66896/16388 (NO, 7h).

Postdeformational second generation of pegmatite – or alternatively third generation of pegmatite – cross-cutting primary ramified metabasitic dikes in a granodioritic wall-rock. The pegmatite is homogeneous, undeformed, in contrast to the folded metabasitic dikes and the foliated granodiorite, which were deformed during the serorogenic regional metamorphism.

Ett försök till tolkning av metabasitgångarnas ursprung baserat på ett trettio-tal kemiska analyser av huvud- och spårelement från sannolikt jämförbara gångar i Södermanland och Bergslagen har presenterats av Loberg (1979). Med tonvikten lagd på elementen Si, Ti, Cr och Zr och deras inbördes relationer görs gällande att metabasiterna i fråga utgör en tektonisk blandning mellan vulkaniska öbågebasalter och oceanbottentholeiiter i anslutning till en förmodad bågformad, svagt mot öster lutande subduktionszon belägen i västra Bergslagen. Huruvida denna tolkning har fog för sig råder delade meningar om och skall ej här närmare kommenteras.

De med metabasiterna genetiskt nära samhöriga och här på motsvarande sätt grafiskt representerade porfyrgångarna från skilda delar av Uppland (se text till

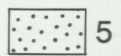
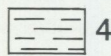
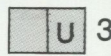
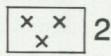
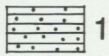
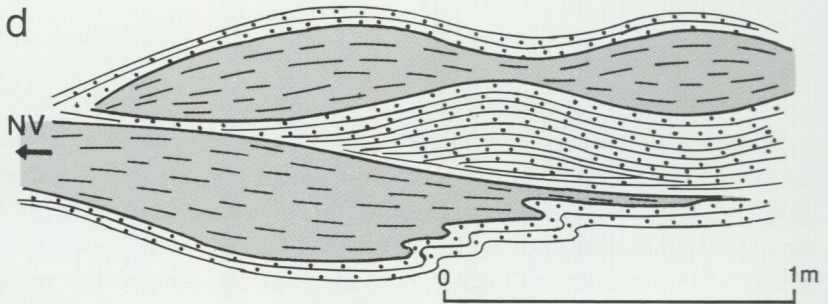
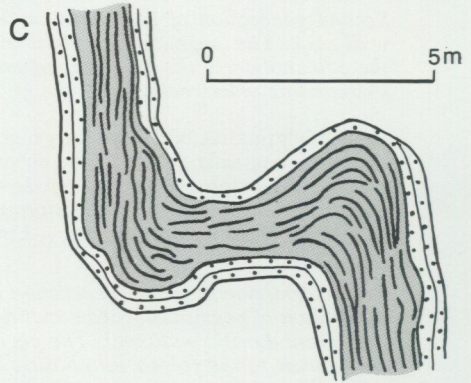
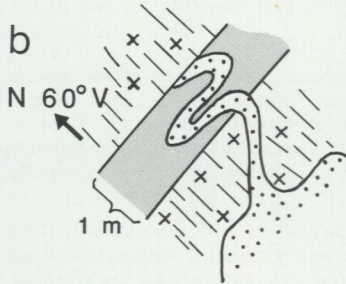
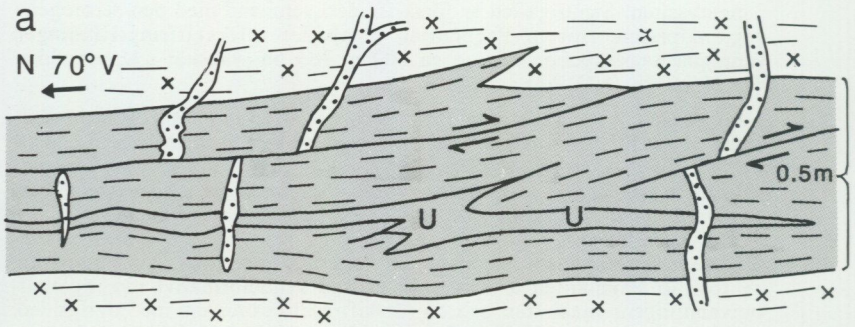


Fig. 56a. 1. Skiktad sur metavulkanit. 2. Synorogen granitoid. 3. Metabasit (t.v.), dito ultrabasisk (t.h.). 4. Förskiffring (foliation). 5. Yngre granit (serorogénic).

Andra generationens metabasitgång deformerad synkront med omgivande gnejsgranit. Tektonisk kompetens i gång och sidosten är av samma storleksordning. En ultrabasisk, senare intruderad kärna finns i gångens mitt. Sena rörelser parallellt med gången har förkastat ett antal överskärande yngre granitgångar. – Vid stranden 600 m ONO om Lösholmen, S om Långalmsfjärden. 668735/164930 (NO, 7j).

Metabasitic dike of second generation synchronously deformed together with the surrounding synorogenic granitoid. Tectonic competence in dike and granite of the same magnitude. A later intrusion of ultrabasic rock occurs in the centre of the dike. Late movements parallel to the dike have faulted a couple of discordant dikes of young serorogenic granite.

b. En tektoniskt kompetent reagerande andra generationens metabasit orienterad vinkelrätt mot förskiffringen i omgivande tonalit. En genom-sättande gång av yngre granit har sedermera skjuvveckats genom rörelser parallellt med gångens utsträckning. – S om Giboda (NV, 9d).

A second generation of metabasitic dike acting competently and directed at right angle to the foliation of the surrounding tonalite. A cross-cutting dike of young granite has been folded due to late movements parallel to the extension of the dike.

c. Konformt i skiktad vulkanit inlagrad metabasit (1:a eller 2:a gen.?) genom veckning kraftigt förskiffrad och med avseende på den relativa tektoniska kompetensen sannolikt jämförbar med omgivande vulkanit. – 400 m SO om Annegård, ca 2 km V om Börstil k:a (NO, 6h).

Folded and strongly foliated metabasitic dike (first or second generation?) conformably interbedded with metavolcanite. Tectonic competence in dike and metavolcanite seems to be of the same magnitude.

d. Metabasitgång (1:a eller 2:a gen.?) konformt inlagrad i skiktad metavulkanit och därefter kraftigt utvalsad vid den serorogena regionaldeformationen. NV-stranden av Sandikaön (NO, 6i)

Metabasitic dike (first or second generation?) conformably interbedded in metavolcanite and later deformed during serorogenic tectonisation.

fig. 23a och b samt fig. 38) visar enligt fem kemiska analyser i huvudsak en intermediär till sur sammansättning. Om inte porfyrgångarna varit äldre än gånggrönstenarna skulle de sannolikt kunna tolkas som underordnade differentiat till de senare (jfr även Magnusson 1940, s. 45–46). Mera troligt är dock att de som förelöpare till de basiska gångarna utgjort ytligt intruderade sura restdifferentiat från urgraniterna, om vilka de påminner kemiskt.

Endast i ett par något tveksamma fall har till generation tre hörande metadiabaser (se schema) påträffats inom regionen. En av metadiabaserna visas i dia-

gram 9 från Stenringens gruva (prov GS83:102). Den andra är belägen väster om Kvarnsjön ca 3 km OSO om Bladåkers k:a (66546/16395, SO, 0h). I båda fallen rör det sig om tydligt utbildade ofitiska texturer med plagioklaslister mellan 0.5–1.5 mm och huvudmineralen hornblände, plagioklas och biotit. Gångarna är från ett par till något tiotal meter breda. De förmodat jämförbara, rikligt förekommande metadiabaserna i Södermanland och Bergslagen har trängt in efter den serorogena omvandlingen och med denna förknippad åderförgnejsning, ett kriterium som saknas i de aktuella fallen (se Stålhös och Björk 1983). Sex kemiska analyser av metadiabaser från nämnda publikation införda i fig. 38 tyder på en svag alkalibasaltisk prägel hos dessa led.

Utvecklingsschema för intrusiv- och gångbergarter inom östra Mellansverige
Scheme of intrusive rocks and dikes within Eastern Central Sweden

Tektonik (huvuddrag)	Basiska gångar	Djuperuptiv	Pegmatit- generationer	Åldrar milj. år (approx.)
	Diabas av skilda åldrar			1000–1550
Sprickor + förkastningar	Gen. 3 (metadiabas)	Serorogena graniter	+3:e gen. pegm. (postdeforma- tiva)	<1800
Regional deform. F ₁ –F ₂ + kulm. metamorfos Sprickbildning	Gen. 2 (s.k. Herr- ängsgångar)		2:a gen. pegm. (syn- och postdeforma- tivt bildade)	1854±5
Magmatekto- nik-diapirism? F ₀	Blandade gångar	Synorogena basiska till sura plutoniter+	1:a gen. pegm.	1880–90
Blockrörelser + sprickbildning	Gen. 1 (matargångar till basalter)			>1890

Gångar av felsitporfyr

Malmfältet i Dannemora är känt för att genomsättas av ett stort antal eruptivgångar (Erdmann 1851, Fahlcrantz 1876, Törnebohm 1878 och Geijer och Magnusson 1944). Enligt Geijer (1944, s. 533–34) benämns dessa gångar i tur och ordning felsitporfyre, keratofyre, grönstensporfyre, dioriter och "grönan". De båda senare ymnigt förekommande, brant stående och nordvästligt strykande gångarna är nära associerade med varandra och skär såväl övriga gångar som urgraniterna i gruvans södra delar. Gångarna i fråga, närmast jämförbara med de till generation 2 hörande Herrängsgångarna, kan i det följande lämnas utan avseende. Även grönstensporfyre, ehuru något osäkrare, torde med viss reservation kunna hänföras till nämnda gångsvit. Av större intresse är däremot närbesläktade gångar av felsitporfyr och/eller keratofyr, båda alkalibetonade (se tab. 3 analys Å770) och till utseende och sammansättning snarlika omgivande hälleflintor och svåra att avgränsa från dessa. Gångarna ifråga är dels flackt liggande, följbara över stora delar av gruvområdet, dels mera brantstående. De förmodades av Törnebohm utgöra tänkbara matargångar till de omgivande, nu vertikalt ställda hälleflintorna. Med hänsyn till den i sen tid påvisade synklinala byggnaden hos malmfältet (Lager 1986), där gångarna av hittillsvarande iakttagelser att döma endast berör den västra av synklinalens skänklar torde Törnebohms uppfattning på tektoniska grunder väl kunna försvaras. Om däremot synklinalens båda skänklar bevisligen skulle skäras av de flacka felsitgångarna, vilket hittills inte kunnat bevisas, måste dessa med nödvändighet ha trängt in efter synklinalens veckning. En iakttagelse som möjligen kan tala för det senare alternativet utgör en natronextrem felsitporfyrgång, eventuellt jämförbar med dem i Dannemora, som genomsätter en röd, något kvartsporfyrisk gnejsgranit i trakten av Djupdalen på SV-bladet (se prov GS89:45c i tab. 2 respektive diagram 2). Om sålunda felsitporfyrgångarna t.o.m. är yngre än gnejsgraniterna skulle detta betyda att primära magmor, i detta fall av natronextrem sammansättning, dels verkligen tycks ha existerat i motsats till vad som tidigare förfäktats (s. 55) och dels att dessa varit tillgängliga t.o.m. efter urgraniternas intrusion.

Serorogena granitoider

Yngre, serorogena graniter med anknutna pegmatiter utgör mindre än fem procent av den undersökta arealen. De är främst koncentrerade till två separata granitdominerade massiv inom norra delen av NV-bladet. Österut, på norra delen av NO-bladet, ersätts graniterna successivt av pegmatiter. Inom de båda södra

bladen, bortsett från några sporadiska granitpluggar, är det endast längst i sydost som graniter återkommer i ansevärd mängd i form av spridda mindre massiv, rikligt associerade med pegmatitgångar. Dessa är från en halv till ett par meter breda. De stora granitmassiven i norr kan i huvudsak betraktas som jättelika eruptivbreccior, lokalt bemängda med skivor och olikstora brottstycken av synorogena djupgrönstenar och granitoider jämte metavulkaniter och metasediment. Graniterna här är ömsom grå ömsom röda och finkorniga, speciellt i mindre massiv eller i randzonen till de större. Fint medelkorniga till medelkorniga, lokalt småporfyriska graniter med rödgrå till gråröda färgtoner överväger i massivens centrala partier. Bäst undersökta är de graniter som finns i trakten öster om Finnsjön (8d, e, 9d) och som undersökts inom ramen för en KBS-rapport (Olkiewicz m.fl. 1981). Enligt ett tiotal utförda planimetriska analyser inom detta område uppträder en starkt sericitomvandlad, sur oligoklas i ungefär samma mängder som kvarts och mikroklinpertit. Biotit, lokalt kloritiserad, jämte accessoriska mineral såsom epidot, opakmineral, granat, muskovit, apatit och zirkon utgör sammantaget mellan 5 och 10 vol.%. Huvudmineralen är i regel anhedralt utbildade utan raka kristallbegränsningar. Ytterligare ett tjugotal undersökta slip från övriga delar av Östhammarregionen stämmer i huvudsak överens med de i Finnsjöregionen nu beskrivna. Åldern på de närmast korrelerbara serorogena Stockholms-, Malingsbo- och Fellingsbrograniterna ligger enligt ett flertal zirkondateringar inom intervallet 1780–1790 milj. år (se bl.a. Patchett och Todt 1987). Några ur petrografisk synpunkt avvikande graniter skall kommenteras i det följande. Bland dessa märks ett ca km-långt och hundra meter brett nord-sydligt utsträckt massiv vid Ora (SO, 1g). Den violetteröda, massformiga, fint medelkorniga graniten här för, till skillnad från övriga påträffade yngre graniter i området, ett mustigt grönfärgat hornblände i halter på väl tio volymprocent vid sidan av något rödbrun biotit, titanit och apatit. Plagioklasens anortithalt är över 30%. En utpräglad dubbelkornighet gör sig gällande i den mer än vanligt basiska graniten där 1 till 2 mm stora fältspater är genomstungna eller omgivna av småkorniga partier av kvarts-fältspat. Ett annat fall av porfyrtad dubbelkornighet med mm-stora zonarbyggda plagioklaser och mikroklinströkorn i en finkornigare grundmassa påträffas i en grå, lätt parallellstruerad gång av yngre granit med brottstycken av tonalit väster om Norr-Giningen 66574/16340 (SO, 1g). En lätt förskiffring gör sig ofta gällande, speciellt inom de små vanligtvis grå massiven längst i norr inom metasedimenten, liksom också längst i sydost på SO-bladet inom de där mestadels rödtonade graniterna. De sistnämnda är knappast att förväxla med röda sura metavulkaniter, såsom skett inom ramen för det gamla Aa-bladet Grisslehamn. Däremot låter de sig svårligen skiljas från de

saliska urgraniterna. Den rikliga förekomsten av gångformiga pegmatiter i området pekar dock i riktning mot yngre graniter. I andra fall kan frågan avgöras då metabasitgångar slår igenom bergarterna som i trakten runt Kobol (6654/1645; 0j) där salisk urgranit sannolikt torde föreligga. Inom samma region har en del ljusgrå, relativt småkorniga, skiffriga led med granitiskt utseende och sammansättning med något inslag av muskovit och granat bedömts såsom kraftigt förgrövade metavulkaniter, t.ex. väster om Grytsjön (S0, 0i) och på en udde i Stora-Mårdsjön (0j). En del sådana från de yngre graniterna tämligen svåravgränsade led torde också ingå i det långsträckt granitmassivet sydost om Myra (66547/16477; 0j).

Femton kemiska analyser av yngre graniter från området öster om Finnsjön inom ekonomiska bladen 8d, e och 9d framgår av tabell 11 (se Olkiewicz m.fl. 1981 tabell 12). Graniternas utbredningsfält i fig. 38 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ avsatta mot SiO_2) sammanfaller delvis med de saliska urgraniternas men drar något mer åt det alkalina hållet. I ett försök att särskilja de yngre graniterna från de snarlika sura och intermediära gnejsgraniterna inom SO-bladet bestämdes med hjälp av scintillometer såväl uran-toriumhalterna som halten av kalium (på basis av den radioaktiva isotopen K_{40}) i nämnda bergarter inom ett begränsat område parallellt med vägen sydost om Österbyggeby (SO, 1j) samt i trakten runt Kobol (0j; se tabell 12). Halterna av de anförda grundämnena inom de äldre respektive yngre granitoiderna visar sinsemellan inga klara skillnader, om man bortser från de tonalitiska urgraniterna med sina i genomsnitt halverade mängder av kalium, uran och torium. Att skilja de surare leden av urgraniterna från de yngre graniterna på dessa grunder är sålunda inte möjligt. I övrigt framgår av tabellen att de småkorniga, yngre graniterna på ett par undantag när, nämligen skiffriga sådana, liksom de sura gnejsgraniterna har höga toriumhalter jämfört med de medelkorniga intermediära gnejsgraniterna och motsvarande yngre graniter. Pegmatiten visar för övrigt den i särklass högsta uranhalten men ett relativt lågt toriuminnehåll.

De på NO-bladet övervägande pegmatitiskt utbildade yngre granitoiderna är mestadels röda till färgen och fältspatrika. Kvartsinslaget är relativt jämnt fördelat och centralkvarts förekommer ganska sparsamt. Biotit dominerar starkt över muskovit. Granat och magnetit finns sporadiskt. Anmärkningsvärt nog har inte turmalin iakttagits, ett eljest mycket vanligt mineral associerat med muskovitrika pegmatiter inom södra delen av länet (Stålhös 1972, s. 128). Fältspater från dm- upp till halvmeterstora har iakttagits i ett mindre pegmatitbrott beläget ca 200 N om Rovsättragården på NO-bladet (7f). Åldersdateringar med uranblymetoden på sannolikt jämförbara pegmatiter i norra Uppland ger i två skilda fall 1795 milj. år (Welin och Blomqvist 1964 och Welin 1979), nära överens-

stämmande med tidigare angivna åldrar för de mellansvenska, serorogena graniterna. Lokalerna för nämnda dateringar är respektive Digelskäret öster om mellersta Gräsö (uraninit), ca 5 km norr om NO-bladet, samt Nothamn på Vaddö, ca 20 km öster om SO-bladet (yttrotantalit). Kvartergångar anslutna till pegmatiterna är tämligen sällsynta. En ca 2 m bred sådan gång noterades i ett fall på nordsidan av Domarskärets nordväststude (8j). Utöver de till kvantiteten sannolikt dominerande pegmatiterna av generation 3 (se schema, s. 122) finns som tidigare framgått (kapitlet om de basiska gångarna) två ytterligare gång-generationer av vilka generation 1 i kvantitativt hänseende närmast torde vara försumbar (se fig. 55a). Generation 2 däremot uppträder i form av dm- till halvmeterbredda gångar såväl skiffrika och/eller veckade, syndeformativa, som förmodat postdeformativa, i senare fallet dock svåra att skilja från pegmatiter av generation 3 (se fig. 55b och c).

Metamorfos: hydrotermala omvandlingar – tidig kontaktomvandling, regional metamorfos (hög, medel och låg), sen kontaktomvandling samt retrograd metamorfos

De mellansvenska metavulkaniterna, från västra Bergslagen till den här aktuella Upplandsregionen, som i sin helhet ingår i det södra vulkaniska bältet i svekokarelen, uppvisar kemiska egenskaper vad gäller huvudelementens fördelning som avsevärt skiljer dem från normala eruptivbergarter (Frietsch 1982, Lagerblad och Gorbatshev 1985). De i stor utsträckning till natrium-, kalium- eller alkaliextrema led omdanade bergarterna liksom också uppkomsten av associerade glimmerkvartsiter, malmer och skarn torde till betydande del kunna föras tillbaka på en samverkan mellan samtidigt med vulkanismen alstrade hydrotermala lösningar och metasomatiska omvandlingar i gränzonen mellan vattnet på havsbotten och där avsatta vulkanogena bildningar. Därvid fixerades på skilda nivåer i den bildade lagerpacken speciellt natrium, kalium och magnesium beroende på faktorer som porositet och kristallinitet, rådande temperaturer samt relativ mängd av cirkulerande lösningar (Lundström 1987, s. 361). Även uppkomsten av inlagrade karbonatstenschorisoner torde till betydande del ha befrämjats av den vulkaniska miljön (bl.a. genom förhöjning av koldioxidens partialtryck; se s. 57). Dessa förhållanden, för vilka tidigare redogjorts i kapitlet om vulkaniternas kemi, skall inte ytterligare beröras. Temperaturen vid de nämnda, i ett tidigt skede av utvecklingen försiggående omvandlingarna har med all säkerhet varierat starkt från något eller några hundratals grader, måhända upp emot 400–

600° i vulkanernas närområden. Den alstrade värmen, som bidrog till den synvulkaniska malm- och skarnbildningen, torde inte enbart haft sitt ursprung i de från vulkanerna utgående basiska och sura eruptiven. Även de i huvudsak synkrona tämligen ytnära, äldsta synorogena intrusiven har utgjort värmeproducenter (jfr Hellingwerf 1984, Helmers 1984, Oen 1987, Damman 1989).

I ett område som den nu aktuella Östhammarregionen, starkt dominerat av äldre intrusivbergarter, torde kontaktpåverkan gentemot omgivningen från de heta magmor som gett intrusiven ha spelat en stor roll. Belägg härför utgör ett flertal mindre karbonatstensförekomster helt inneslutna av de äldre graniterna och i omedelbar kontakt med dessa. Den speciellt vid Gökoms kalkstensbrott (SV, 4b) antydda mineralparagenesen (se s. 67) grossular, diopsid, vesuvian och wollastonit pekar på temperaturer i storleksordningen 600° till 700° invid granitkontakten, under ett för kontaktomvandling optimalt rådande hydrostatiskt tryck mellan 1 och 2 kb, motsvarande 3 till 8 km intrusionsdjup (se Winkler 1965, s. 60). Wollastoniten, bildad genom reaktionen $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$, tjänar här som geologisk termometer. Nämnade temperaturintervall torde gälla, men en närmare bestämning är beroende av relativa förändringar av partialtrycken för koldioxid (P_{CO_2}), i detta fall sannolikt högt, och vatten ($P_{\text{H}_2\text{O}}$) inom ramen för det totala vätsketrycket P_f (Winkler 1965, s. 27–31). Vanligare är dock, på längre avstånd från intrusivkontaktarna, lägre temperaturer kring 500–550° eller undantagsvis 600°C. Här dominerar inom kalk-skarnparageneserna mineral som tremolit, diopsid, forsterit, spinell, epidot, anortit, hornblände och granater av skilda slag, företrädesvis av andradit-, grossular- och spessartinsammansättning (se tabell 7). En högsta temperatur i samband med kontaktomvandling representerar sannolikt en brucitförande ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) karbonatsten med enstaka relikta korn av periklas (MgO) i gränsen mot ett gabbromassiv beläget vid Jonsgruvan på Söderön (7j; se s. 70). Den dissociation av dolomit som bildandet av periklas och sedermera brucit innebär kräver temperaturer på minst 700–800°C väl inom ramen för pyroxen-hornfelsfacies. Liksom för wollastoniten beror temperaturen på proportionerna mellan koldioxidens (P_{CO_2}) och vattnets ($P_{\text{H}_2\text{O}}$) partialtryck (se Winkler 1965, s. 34–35).

Ett annat exempel på kontaktomvandling, i detta fall i gränsområdet mellan argillitiska, aluminiumrika sedimentbergarter och de äldsta granitoiderna, har beskrivits från ett område ca 35 km S om Östhammarbladen i trakten av Arlanda inom kartbladet Uppsala SV (Stålhös 1972, s. 28–35 och s. 128–138). En extremt riklig förekomst av cordierit- och andalusitpoikiloblaster, bildade vid temperaturer som minst uppgått till 500–550°C uppträder här i en zon av metasediment inneslutet av nämnda granitoider (se fig. 57 med tillhörande text). Av spe-

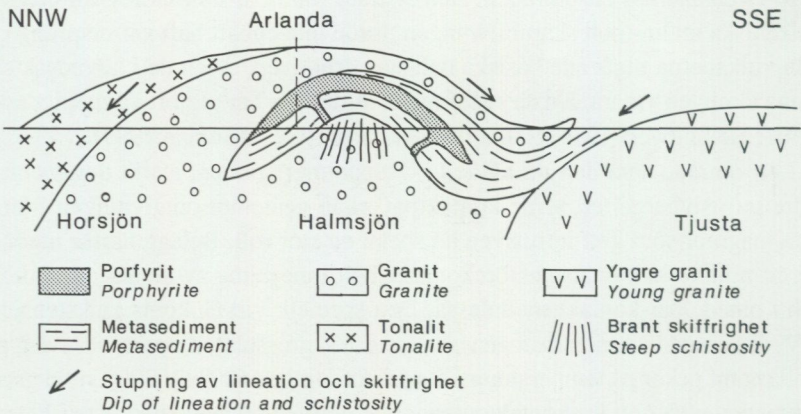


Fig. 57. NNW–SSO-lig profil över berggrunden i trakten av Arlanda flygplats (kbl Uppsala SV). En utbredd kontaktomvandling har påvisats inom den av synorogena graniter omslutna skivan av metasediment med utbildning av andalusit- och cordieritpoikiloblaster som följd. En överpräglade senare regionalomvandling kan också påvisas inom området (se text s. 128).

NNW–SSE section of bedrock near Arlanda airport (map-sheet Uppsala SV). An extensive contact metamorphism resulting in andalusite- and cordierite poikiloblasts has taken place in the slab of metasediments surrounded by synorogenic granitoids. A later overprinting regional metamorphism is also indicated in the same area.

ciellt intresse är en senare, tydligt överpräglade rekristallisation i området, där såväl cordierit som andalusit successivt övergått i kompakta, inneslutningsfria individ. Även en roterad, tidigt utbildad finkornig "interntextur" i nämnda mineral i en kraftigt rekristalliserad och tektoniserad omgivning antyder två skilda metamorfa faser här, av vilka den senaste var förenad med tektoniska rörelser. Exakt samma förhållanden har noterats från östra Utö i Södertörn nära gränsen mellan metasediment och äldsta granitoider (Stålhös 1982, s. 41–44). Denna metamorfos, som är identisk med den serorogena, svekofenniska regionalomvandlingen, inträffade tidsmässigt efter de intraorogena metabasitgångarnas intrusion men före de yngre graniterna och har med växlande styrka drabbat hela Mellansverige.

Inom ramen för den svekofenniska regionalomvandlingen kan man särskilja tre olika zoner kännetecknade av hög, medelhög respektive låg metamorfos (jfr Winkler 1970, s. 213: high, medium och low stage metamorphism). Gränsen mellan hög- och medelmetaform bygger på stabiliteten hos mineralet muskovit i närvaro av kvarts. Mineralet förbrukas vid hög temperatur enligt reaktionen

$\text{mu} + \text{kv} \rightleftharpoons \text{kfsp} + \text{and/sill}$ och saknas därför i huvudsak inom den högmetamorfa regionen, som omfattar stora delar av Mälardalen och Sörmland med fortsättning söderut (jfr $\text{mu} + \text{kv} \rightleftharpoons \text{kfsp} + \text{sill}$ -isograden i fig. 58). Minst lika viktig när det gäller att frambringa alla de för området ifråga typiska mineralen har varit reaktionen: muskovit + kvarts \pm biotit (+hög temp.) \rightleftharpoons kalifältspat + sillimanit/andalusit \pm cordierit \pm almandin + vatten. Denna mineralnybildning, kombinerad med intern (venitisk) åderförgnejsning till följd av anatektiska uppsmältningar inom hela den högmetamorfa regionen och utan väsentligt materialtillskott från omgivningen, har företrädesvis drabbat de argillitiska delarna av metasedimenten. De tunnare och växellagrande arenitiska, tektoniskt kompetenta kvarts-fältspatrika horisonterna, är i mindre utsträckning ådrade men kraftigt rekristalliserade och intensivt plastiskt veckade. Erforderliga temperaturer för nu nämnda reaktioner i förening med begynnande anatexis torde enligt Winkler (1965 s. 199) ligga mellan 650°–700°C vid ett beräknat hydrostatiskt tryck från 3.5 till 5 kb. Detta motsvarar högsta intervallet för lågtrycksmetamorfos av Abukuma-typ eller snarare överskrider gränsen mot intermediära tryckförhållanden (Winkler 1967, s. 125). Speciellt den rikliga förekomsten av almandin vid sidan av cordierit och sillimanit samt åtföljande anatektisk åderbildning gör ett tryck av denna storleksordning sannolikt (se Hirschberg och Winkler 1968, s. 30). Det förmodade relativt höga trycket i området är inte enbart motiverat av ovan nämnda skäl utan föranleds i än högre grad av en partiell sen- eller posttektonisk mobilisering och/eller regeneration av de äldsta granitoiderna av växlande surhetsgrader. Inte minst de tidigare förskiffrade granodioriterna och tonaliterna har berörts i detta sammanhang och torde ha erfordrat tämligen höga vattentryck för att vid rimliga temperaturer mobiliseras, en fråga som jag berört i flera arbeten och som bäst sammanfattats i beskrivningen till kbl Nyköping NO (1975, s. 55–57). En mera detaljerad skildring av förhållandena i övrigt inom den högmetamorfa zonen framgår av beskrivningarna till ett antal kartblad inom Mälårregionen, av vilka främst märks dem över Stockholms- och Nyköpingsregionerna (Stålhös 1969, s. 171–177 och 1975, s. 65–73).

Jag vill i detta sammanhang ta tillfället i akt att bestämt avvisa den i en syntes av regionalmetamorfosen i Bergslagen framförda åsikten (jfr Rickard 1988, s. 151 och fig. 6) att de äldsta granitoiderna skulle ha bildats i samband med nu omtalade regionalomvandling. Möjligen bygger tankegången på en missuppfattning angående intensiteten och karaktären av de anatektiska processer som ägt rum inom de svekokarelska sedimenten med åtföljande åderförgnejsning. Den bortser också från det faktum att granitoiderna ifråga intruderat före kulminationen av metamorfosen och därför själva drabbats av densamma.

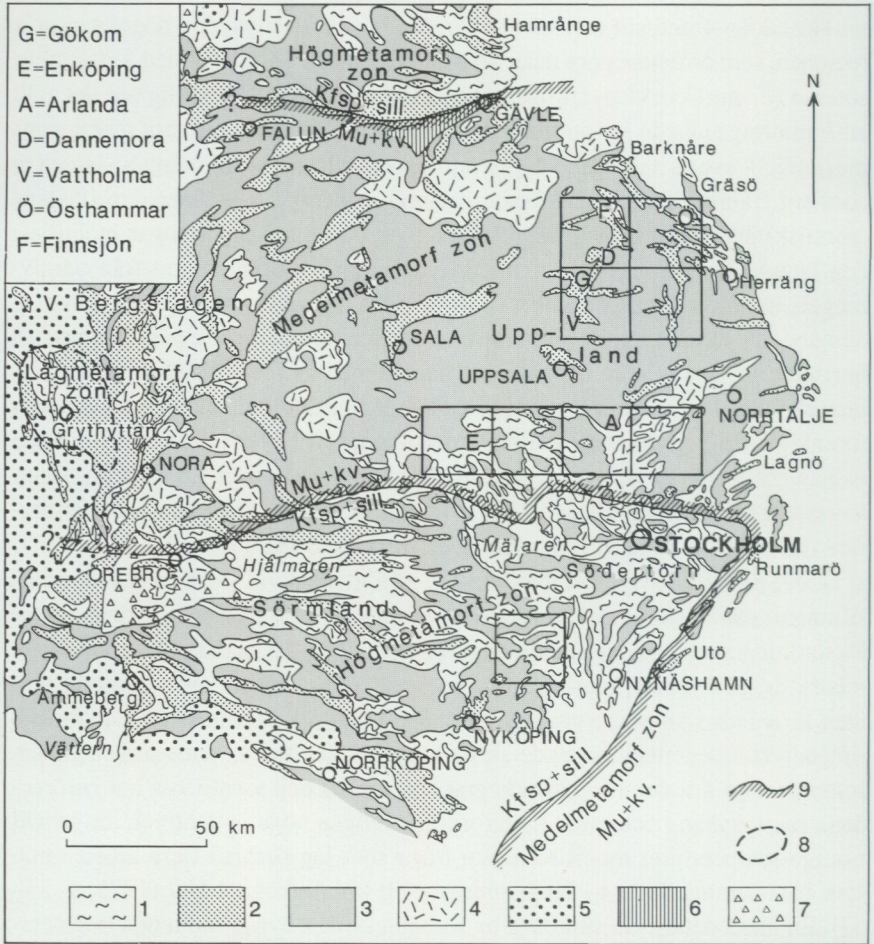


Fig. 58 Svecofennisk regionalomvandling inom östra Mellansverige, approximativt uppdelad i hög, medel- och lågmetamorfa zoner. Från norr till söder anges läget av de fyra Östhammarsbladen, kartbladen Enköping SV, SO, Uppsala SV, SO och slutligen Nyköping NO. Berggrundskartan är förenklad och modifierad efter Loberg (1987). 1. Metasediment. 2. Metavulkaniter. 3. Primorogena intrusioner. 4. Serorogena graniter. 5. Postorogena graniter. 6. Jotnisk sandsten. 7. Kambrosilur. 8. Ungefärligt begränsningsområde för grönskifferfacies. 9. Förmodad huvudisograd för reaktionen $\text{Mu} + \text{kv} \rightleftharpoons \text{kalifsp} + \text{sill}$.

Svecofennian regional metamorphism within eastern Central Sweden divided into high, medium and low grade metamorphism. From north to south the following map-quadrangles are met with: Östhammar NV, SV, SO, NO, Enköping SV, SO, Uppsala SV, SO and finally Nyköping NO. 1. Metasediments. 2. Metavolcanites. 3. Primorogenic intrusions. 4. Serorogenic intrusions. 5. Postorogenic intrusions. 6. Jotnian sandstone. 7. Cambro-Silurian. 8. Approximate outline of greenschist facies. 9. Tentative major isograd for the reaction muscovite + quartz = K-feldspar + sillimanite.

Med reservation för en ganska bred övergångszon när man förflyttar sig norrut över muskovitisograden har i huvudsak medelhög metamorfos drabbat berggrunden i stora delar av Bergslagen och Uppland, inbegripande Östhammarregionen. Muskoviten har därvid förhållit sig stabil i närvaro av kvarts. Först i trakten norr om Gävle (se fig. 58) återkommer samma högmetamorfa villkor som i Mälardalen, med uppkomsten av granat-cordieritådergnejser som följd (se Lundegårdh 1967). Förekomsten i södra Uppland av almandinggranat med betydande inslag av grossular (15–25 vikt-%) inom vissa granat-biotitmetabasiter (kbl Enköping SV och SO, Stålhös 1974, 1976a), liksom inslag i norra Uppland av spessartin i almandinggranater knutna till metasediment (kbl Östhammar NV; se tabell 13) antyder för övrigt lägre tryck- och temperaturbetingelser i dessa områden än inom ramen för den högmetomorfa zonen enligt fig. 58, med reservation för betydande lokala variationer (Miyashiro 1973, s. 215). Bäst bevarad är berggrunden inom ett område från Uppsala i söder till Dannemora gruvor i norr, där hornfelsartade, ytterst finkorniga hälleflintor överväger bland metavulkaniterna. Sporadiskt förekommande, kompakt cordierit i vissa glimmeromvandlade vulkaniter i detta område (t.ex. öster om Vattholma, SV, 1c) antas vara bildade vid regionalmetamorfosen, troligen vid temperaturer kring 500–550°C. För övrigt torde maximitemperaturen inom den medelmetomorfa regionen ligga mellan 600° och 650°C, med tryck mellan 3 och 4 kb, delvis beroende på variationer mellan det totala existerande belastningstrycket (P_{total}) och vattnets partialtryck ($P_{\text{H}_2\text{O}}$). Det sistnämnda har i hög grad påverkat muskovitens stabilitet (Stålhös 1972, s. 133–134). Om hänsyn tas till lokalt uppträdande sillimanit i området, men också till det förhållande att anatektiska processer inte med säkerhet låter sig påvisas, förefaller ovannämnda betingelser rimliga. På djupare nivåer inom den norra delen av Östhammarregionen förutsätts dock anatektiska processer ha ägt rum. Därvid har sannolikt serorogena, synmetomorfa pegmatiter alstrats och trängt upp i nuvarande ytsnitt (se s. 115).

Regionalomvandling under lågmetamorfa villkor till sist är huvudsakligen knuten till det välbekanta Grythyttefältets närmaste omgivning (se fig. 58) Grönskifferfacies med bibehållen klorit och begynnande biotitbildning utmärker de här förekommande argillitiska skiffarna (Sundius 1923). Orsaken till den låga omvandlingsgraden i området kan vara en kombination av två faktorer, nämligen dels den synbara frånvaron av närbelägna äldre djupintrusiv, vilka normalt kan förväntas höja den allmänna temperaturen inom en region, men dels också ett allmänt omvittnat högt stratigrafiskt läge för skiffarna.

I samband med de serorogena respektive postorogena graniternas intrusion, alltså efter regionalomvandlingen, ägde kontaktomvandling av varierande styrka

rum i massivens närområden i olika delar av Bergslagen–Uppland. Effekten av denna mellan 1800 och 1780 miljoner år gamla omvandling framgår tydligast i de tidigare relativt väl bevarade områdena och i nära kontakt med större massiv med höga intrusionstemperaturer. Exempel härpå utgör det av torra (800°–850°C) postorogena graniter uppbyggda Gåsbornmassivet i västra Bergslagen invid Saxåsynklinalens relativt välbevarade skiffrar (Arnbom 1983). Kulminationen närmast invid graniten inom en för övrigt ca 500 m bred kontaktaureol har här gett upphov till sillimanit och kalifältspat vid en beräknad temperatur kring 680°C under 2–3 kbars tryck. Även i gränsen mot de mera lågtempererade, vattenrika, serorogena Malingsbograniterna intill Stållbergssynklinalen antyds förekomsten av sillimanit, i detta fall fibrolitisk, jämte kalifältspat som ett resultat av kontaktomvandling i den här starkt pegmatitgenomvävda berggrunden enligt Helters (1984, s. 315–316). Även almandinkorn rapporteras här inneslutna i graniterna. Exakt likartade förhållanden möter man i södra Uppland i gränsområdet mellan metasediment och serorogena graniter eller pegmatiter (Stålhös 1972, s. 134; 1974, s. 54–57 och 1976, s. 38). Till skillnad från Helters har jag uppfattat den tillsammans med sillimaniten uppträdande kalifältspaten som injicerad från närliggande pegmatiter och ej nödvändigtvis som ett resultat av muskovitsönderfall. Delade meningar kan dock råda i denna fråga.

När det gäller Östhammarregionen är det endast de norra delarna av NV- och NO-bladen som i väsentlig grad påverkats av serorogena granitoider. En betydande kornförgrovning i ytbergarterna i området ifråga kan sannolikt tillskrivas dessa bergarter. För övrigt är det mycket svårt att avgöra i vilken mån den sporadiska granat- och sillimanitbildningen hör samman med den tidigare omtalade regionalomvandlingen eller på något sätt skall knytas till en kontaktinverkan från de unga graniterna.

Efter metamorfosens kulmination, när tryck och temperatur sakta avtog i berggrunden, skedde ofta en gradvis omvandling av tidigare bildade mineral till nya som var anpassade till de förändrade fysikaliska betingelserna. Särskilt vid de anatektiska ådrornas stelning i högmetamorfa områden men också där konsolidering av yngre granitmassiv ägde rum frigjordes stora mängder vatten som tidigare ingått i smältorna och som starkt befrämjade mineralnybildningen. En viss del av detta vatten återknöts sedermera i nybildade vattenhaltiga sekundärmineral såsom klorit ur biotit och muskovit-sericit ur fältspat plus Al-silikat. Kalciumrika mineral omformades till epidot-klinozoisit, aktinolit och prehnit. Ur andra Fe-Mg-rika mineral som olivin bildades serpentin, och cordierit drabbades av pinitisering utmed sprickor.

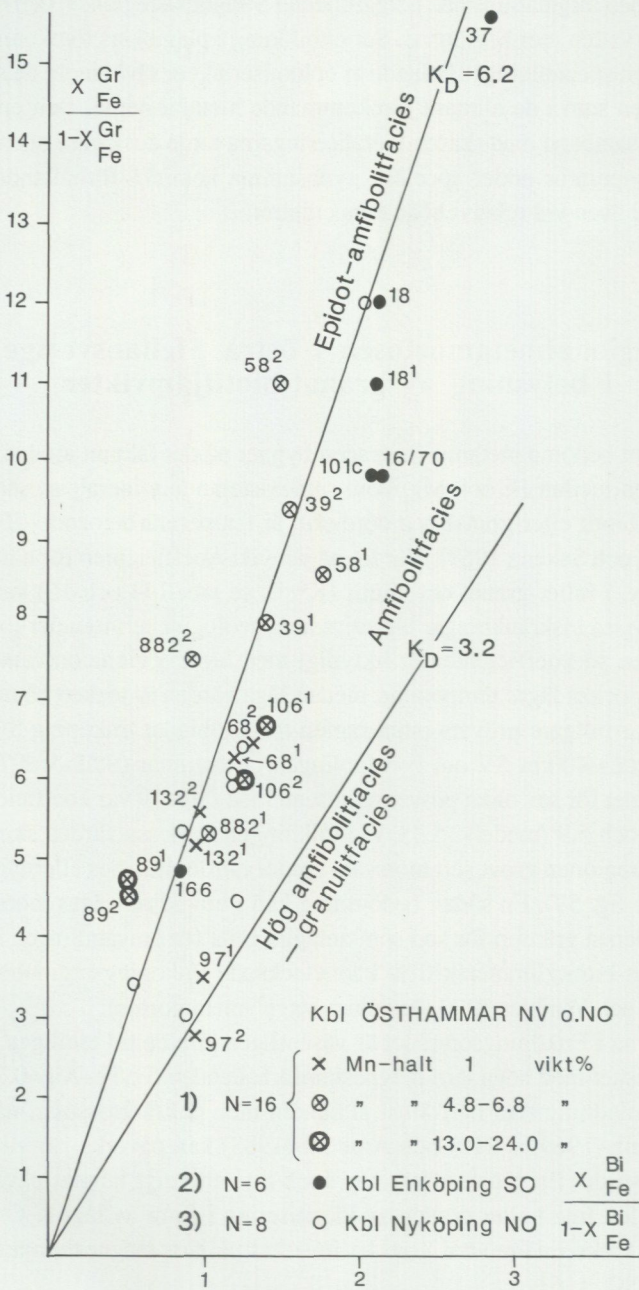
Sekundärmineraliseringen inom Östhammarregionen har varit mindre framträ-

dande än i den migmatitiserade berggrunden i Sörmlandsregionen, och tillgången på obundet vatten mer begränsad. Sericitbildning i plagioklas förekommer dock allmänt, men speciellt iögonfallande är epidotiseringen, såväl inom de synorogena intrusiven som i de allmänt förekommande metabasiterna. Den epidot som uppträder i samband med skarnmineraliseringarna torde dock vara bildad vid tilltagande temperatur under speciellt gynnsamma kemiska förhållanden och är därför stabil även vid relativt höga temperaturer.

Regionalmetamorfosen i östra Mellansverige i belysning av granat-biotitjämvikter

En metod att bedöma metamorfosgraden bygger på det faktum att den inbördes fördelningen mellan Fe och Mg inom samexisterande mineralpar, sådana som granat och biotit eller granat och cordierit, är temperaturberoende (jfr Gorbatschev 1968 och Saxena 1969). Värdet på jämviktskoefficienten för nämnda fördelning t.ex. i fallet granat och biotit (K^{Gr-Bi} ; se tabell 14 och 15) kan följaktligen med vissa inskränkningar utnyttjas som geologisk termometer (se nedan). Höga värden på koefficienten är liktydigt med lägre regionalomvandling och följaktligen också lägre temperatur, medan låga värden är tecken på motsatsen. Metoden har tidigare prövats inom ramen för kartbladet Enköping SO (se fig. 58), beläget ca 40 km SV om fyrväplingen Östhammar (Stålhös 1974, s. 58–61). Resultatet för sex olika prover representerade i fig. 59 var koefficientvärden mellan 4.7 och 5.9 (medelv. 5.3). Vid tolkningen av dessa värden skulle metamorfosen i regionen grovt sett motsvara epidot-amfibolitfacies eller låg amfibolitfacies (se fig. 59). En sådan bedömning kan i huvudsak sägas motsvara den absolut understa gränsen för vad som antagits gälla för omvandlingen inom den av muskovit-biotitglimmerskiffrar kännetecknade Enköpingsregionen (Stålhös 1974, s. 56 och Winkler 1970, "medium stage"-metamorfos).

Granaterna i Enköpingsområdet är väsentligen knutna till tämligen kalciumrika metabasiter med höga järn-magnesiumförhållanden ($Fe/Fe+Mg \approx 0.75$). De är av denna anledning rika på främst almandin men också grossular, något som enligt Saxena (1969, s. 210) och Arnbom (1983) kan påverka jämviktskoefficienternas värde. En sådan effekt har dock inte entydigt kunnat påvisas i det aktuella fallet. Inte heller graden av kloritisering i form av lågt K_2O -innehåll i biotiterna tycks i nämnvärd grad ha inverkat på järn-magnesiumjämvikterna (Enköping SO, s. 61).



Beräkningar enligt ovan av jämviktskoefficienterna för samexisterande granat och biotit ur olika ytbergarter har också utförts inom kartbladen Östhammar NV och NO och framgår av tabell 14. Dessa baserar sig på inalles sexton analyser av respektive mineral, hämtade ur tabell 13. För bergarterna här gäller i medeltal $Fe/Fe+Mg \approx 0.6$. De aktuella värdena på Fe-Mg-fördelningen (jfr tabell 14) har också i detta fall förts in i fig. 59 och dessutom delats upp i tre intervall vad gäller granaternas manganhalt. I stället för grossular i Enköpingstrakten utgör här spessartin (Mn-granat) det väsentliga tillskottet i de för övrigt almandinbetonade granaterna. Några kommentarer till de enskilda punkterna i fig. 59 är på sin plats. Granaterna nr 89 (1) och (2) är extremt manganrika med höga K_D -värden tydande på en extremt låg bildningstemperatur. De utesluts därför vid beräkningen av K_D -medelvärdet. Inte heller de låga K_D -värdena i en sedimentådergnejs från ett löst block tas med i medelvärdesberäkningen. Blocket, vars moderklyft sannolikt är beläget långt norrut inom den högmetamorfa berggrunden i Gävletrakten, antyder mineraljämvikter motsvarande högsta amfibolitfacies (se fig. 59 prov 97(1) och (2)). Koefficientvärdena inom de med mikrosond utförda analyserna i ett och samma slipprov kan variera avsevärt. Orsaken härtill torde vara att mer eller mindre framskridna sekundära, retrograda processer förändrat den tidigare mineraljämvikten. Speciellt där mineralkornen, i detta fall granat och biotit, ligger i kontakt med varandra, underlättas materialdiffusionen dem emellan högst avsevärt och retrograda omvandlingar accelereras (muntligt enligt Stellan Ahlin, Göteborg). Detta illustreras av prov GS 882(2) där till skillnad

Fig. 59 Fördelningen av Fe och Mg ($x=Fe/Fe+Mg$) inom samexisterande granater och biotiter 1) från olika ytbergarter på kartbladen Östhammar NV och NO (se tabell 13 och 14), 2), från granat-biotitmetabasiter på kartbladet Enköping SO (Stålhös 1974, s. 58-61) och 3), från granat-cordierit-ådergnejser och skarn på kartbladet Nyköping NO (Stålhös 1975, tabell 7 a och b samt tabell 15 i detta arbete). De i figuren anförda begränsningslinjerna för epidot-amfibolitfacies respektive hög amfibolitfacies-granulitfacies är hämtade från fig. 1 i Saxena 1969, s. 211. På några få undantag när (se text s. 135-137) tycks låg till medelhög amfibolitfacies dominera.

Distribution of Fe and Mg ($x=Fe/Fe+Mg$) between coexisting garnets and biotites 1) from different supracrustal rocks within map-areas Östhammar NV and NO (cf. Table 13 and 14), 2) from garnet-biotite metabasites within the map-area Enköping SO (Stålhös 1974, s. 58-61) and 3) from garnet- and cordierite-bearing veined gneisses and skarn within the map-area Nyköping NO (Stålhös 1975, Table 7 a, b and Table 15 in this paper). The straight lines in the figure refer to epidote-amphibolite facies and high-amphibolite - granulite facies, respectively, from Fig. 1 in Saxena 1969 (p. 211). With some exceptions low to medium amphibolite facies dominates.

från prov (1) granat och biotit ligger i omedelbar kontakt med åtföljande högt K_D -värde, antydande en retrograd anpassning av mineraljämvikten till lägre metamorfa villkor. Möjligen gäller också samma förhållande i prov RA85:58(1) respektive (2). Om de nämnda proverna undantas varierar K_D -värdena enligt tabell 14 mellan 4.7 och 6.3 (medelvärde 5.4) i Östhammarregionen (de båda norra bladen) nära motsvarande de beräknade värdena i den tidigare nämnda Enköpingsregionen (bladet Enköping SO). Detta förefaller rimligt med hänsyn till läget av de båda provtagningsområdena i förhållande till angränsande högmetamorfa zoner.

För att erhålla ytterligare belägg för metodens möjligheter har Fe-Mg-fördelningen och motsvarande K_D -värden beräknats för ett antal tidigare utförda, men ofullständigt utnyttjade analyser av samexisterande granater och biotiter ur olika högmetamorfa bergarter från kartbladet Nyköping NO, ca 50 km sydväst om Stockholm (Stålhös 1975, tabell 7a och b). Flertalet bergarter, i detta fall främst granat-cordieritådergnejser av argillitiskt ursprung, men också skarn (se tabell 15), är fattiga på kalcium och har ett intermediärt järn-magnesiumförhållande ($Fe/Fe+Mg \approx 0.6$). Som en jämförelse kan nämnas att granat saknas i motsvarande argillitiska led i form av muskovit-biotitglimmerskiffrar i Enköpingstrakten, vilket antyder en lägre omvandlingsgrad där. De beräknade jämviktskoefficienternas värden inom det högmetamorfa Nyköpingsområdet (beträffande läge se fig. 58), med dess genomgående låga CaO- och MnO-halter i granaterna, varierar från 3.4 till 6.2 (se tabell 15). Medelvärdet kring 5.1 skiljer sig knappast signifikant från de motsvarande inom den medelmetamorfa zonen belägna Enköpings- och Östhammarområdena med respektive 5.3 och 5.4. Endast ett par av K_D -värdena från Nyköpingstrakten antyder metamorfa villkor jämförbara med hög amfibolitfacies (se fig. 59). Den betydligt högre metamorfosen, kännetecknad av totalt muskovitsönderfall och anatexis (jfr Winkler 1970, "high stage"-metamorfos), som eljest utmärker detta område jämfört med Enköpings- och Östhammarregionerna, kommer i varje fall inte till uttryck i flertalet av de givna jämviktskoefficienterna. Av tabell 15 framgår vidare att de senare kan variera kraftigt t.o.m. inom en och samma bergart från två närbelägna lokaler (prov 43 och 56b). I andra fall åter kan kemiskt olikartade bergarter från vitt skilda lokaler ge likartade värden, t.ex. diorit (15), granatskarn (2) och granat-cordieritgnejs (120).

Bättre överensstämmelse mellan den genom fältiakttagelser uppskattade metamorfosen, i detta fall högsta amfibolitfacies, och motsvarande bedömd utifrån värdet av jämviktskoefficienten K^{Gr-Bi} har erhållits vid undersökningar inom migmatitiserade sedimentgnejser i norra Hälsingland ca 300 km N om Stock-

holm (Lundegårdh 1967 och Dahl 1969). Ett stort antal analyser av granat och biotit (18 stycken) gav i medeltal ett K_D -värde på 3.7 (Dahl 1969, tabell 2), vilket närmast torde tyda på en regionalomvandling motsvarande amfibolitfacies till högsta amfibolitfacies. Trots att metamorfosen i sistnämnda område (K_D -värde \approx 3.7) och Nyköpingsområdet (K_D -värde \approx 5.1) sannolikt varit av samma storleksordning skiljer sig K_D -värdena nu högst avsevärt. Endast mycket starka retrograda omvandlingar i Nyköpingsregionen torde kunna förklara skillnaden (Ahlin 1988). Möjligen har en extremt god tillgång på obundet vatten här bidragit till den påtagliga omställningen av granat-biotitjämvikterna i riktning mot lägre temperaturer. Dahl (1969) har för övrigt visat, att olika faktorer vid sidan av tidigare kända komplicerar bilden och kan påverka det numeriska värdet på jämviktskoefficienten K_D . Inte minst biotitens sammansättning med avseende på Ti och de relativa mängderna av inbyggt oktaeder- respektive tetraederbundet Al spelar en stor roll i detta avseende, något som ytterligare bekräftats av Ahlin (1988).

En i sistnämnda arbete utförd beräkning på maximitemperaturen vid regional-metamorfosen inom Nyköpingsregionen gav siffran 670°C (baserad på endast ett värde), jämfört med motsvarande för norra Hälsingland kring 710°C. Som en sammanfattning kan man säga att studier av granat-biotitjämvikter i vissa fall torde utgöra ett ganska trubbigt instrument när det gäller att fastlägga omvandlingsgraden inom en given region.

Tektonik

De primorogena (eller synorogena) granitoiderna har, då de trängde upp från djupet, sannolikt klämt ihop och veckat samman de ursprungligen horisontellt lagrade, något äldre vulkaniterna i olika riktningar, utmed flacka, svagt undulerande veckaxlar. De långsträckta, nu brant uppresta, synklinallika vulkanitstråken orienterade såväl i nord-syd som ost-väst inom fyrväpplingen Östhammar ger antydningar härom. Dessa skulle knappast ha utbildats samtidigt om veckningen skett tidigare under ett likriktat regionalt sidotryck före granitoidernas intrusion. De sistnämnda har sålunda på ett aktivt sätt i hög grad bidragit till utformningen av berggrundens storregionala mönster, även om betydelsen av senare deformationer inte skall underskattas. Vulkaniterna liksom i dessa tidigt och lagerformat intruderade basiska djupbergarter har också brutits sönder och delvis assimilerats av de inträngande magmorna, om vilket de många utspridda brottstyckena av dessa bergarter vittnar.

Efter de primorogena intrusivens stelning, med åtföljande sprickbildning och intrusionen av den tidigare beskrivna andra generationens metabasitgångar, vidtog den regionalomvandling och deformation som med växlande styrka drabbat hela den svekokarelska berggrunden. Ett konstant från öster mot väster verkande tryck torde vid denna tidpunkt ha rått utmed stora delar av Östersjökusten (se fig. 61). Detta tryck i förening med ett sekundärt alstrat mottryck i huvudsak orienterat nord-syd gav upphov till veckning och tvärveckning samt en stor del av den plan- och lineärförskiffring med anknutna små veckaxlar som ryms inom den svekokarelska berggrunden i Mellansverige.

En sen plastisk veckning konstaterad inom de yngre granitoidernas närområden och enbart av lokal betydelse var sannolikt nästa steg i den fortsatta tektoniska utvecklingen (se s. 156).

Blockrörelser utmed vissa sprick- och förkastningslinjer har slutligen också bidragit till utformningen av några bergartsstråk.

Tanken på de intrusiva äldre granitoidernas aktiva roll i tektoniken är inte ny. Redan Geijer (1916) tog ställning för ett slags magmatektonik inom den aktuella regionen, under hänvisning till jämförelser med likartade förhållanden inom den sydamerikanska Cordilleran. Graniterna skulle i form av antiklinalbatoliter ha trängt upp och veckat samman överliggande ytbergarter, vilka därvid också kontaktomvandlats. Även Holmquist (1916, s. 144–145 och 1932, s. 364–371) gjorde sig tidigt till tolk för en likartad uppfattning, med den skillnaden att den enligt honom primära magmatektoniken innebar en insjunkning av ytbergarterna i underliggande granitiska magmor under inverkan av gravitativa processer. I motsats till Geijer insåg Holmquist (1916, s. 141–143) den stora betydelsen av en efterföljande s.k. sekundärtektonik i form av tryckförskiffring, som delvis oberoende av bergartsgränser med växlande styrka drabbat hela regionen. Enligt nuvarande sätt att se skall denna tryckförskiffring parallelliseras med den serorogena regionalomvandlingen och till denna hörande deformationer (se ovan).

Ytterligare en på gravitativa processer grundad tidig magmatektonik utgör en av Stephansson (1975) beskriven teori om polydiapirism i Mellansverige (delvis belyst med hjälp av laboratorieexperiment). Enligt denna modell har ett stort antal förmodade granitdiapirer av växlande storlek och surhetsgrad trängt upp under högviskösa betingelser och bildar nu tillsammans stora intrusivbatoliter med olika namn såsom V-dala-Upplands- respektive Roslagsbatoliterna. Dessa är i sin tur åtskilda av nu sammanveckade ytbergartsdominerade subprovinser. Speciellt svårt att förena med den av Stephansson föreslagna stela granitdiapirismen, även under måttliga viskositetskontraster mellan diapir och sidoberg, är de vittutbredda tunna lagren av motsvarande graniter som uppträder inom subpro-

vinserna och vars bildning förutsätter mycket lättörliga magmor. Stephansson anser vidare att den tämligen branta mineralstänglighet som ofta dominerar inom diapirerna och deras randområden är ett belägg för och resultat av de senares vertikala uppträngande. Även om denna tankegång inte helt kan avvisas, torde den vara mindre sannolik då stängligheten i huvudsak bildades långt senare vid den serorogena regionalomvandlingen med åtföljande deformationer, efter diapirernas konsolidering, sprickbildning samt intrusion av 2:a generationens basiska gångar (se s. 97). Deformationen ifråga har tagit sig uttryck inte bara i nyssnämnda branta stängligheter, utan innefattar också regionvis synkrona, medelbranta, ofta envist mot öster stupande stängligheter, av vilka de senare med än mindre sannolikhet torde kunna skyllas på den vertikala diapirismen.

Även Magnussons (1940) modell av den svekofenniska tektoniken underskattar grovt den serorogena deformationsepokens betydelse (epeirogenetisk block-sänkning i Mälarenregionen). Istället antogs skiffrihet och stänglighet i stor utsträckning vara att tillskriva en primorogen veckning före och under de synorogena äldsta graniternas intrusion. De senare har i detta sammanhang tilldelats en passiv roll (se f.ö. s. 141).

I mina tidigare arbeten över Stockholms- och Uppsalaregionerna (Stålhös 1969, s. 158–160 och 1972, s. 139) förutsattes, Magnusson till efterföljd, existensen av en primorogen veckningsfas här benämnd F_{1a} . En synkron av mig införd veckningsparameter F_{1b} förorsakad och uppkommen vid de äldsta granitoidernas intrusion ansågs dessutom ha spelat en stor roll inom områden dominerade av nämnda bergarter (Stålhös 1972, s. 144). F_{1a} -deformationen antogs i huvudsak svara för de primärt uppkomna NNO-ligt strykande axialplanen, som särskilt framträder i kustzonen och som åtföljs av isoklinala överstjälpningar mot nordväst. En serorogen plastiskt tvärveckning F_2 utmed östligt stupande veckaxlar vidtog därefter och ägde rum under högmetamorfa villkor i vissa områden (se fig. 58). En intraorogen period av obestämd längd mellan de båda veckfaserna karakteriserades av riklig sprickbildning med åtföljande intrusioner av basaltiska gångar, de tidigare omnämnda s.k. Herrängsgångarna (gen. 2, s. 122).

Liknande tankegångar går igen i mitt arbete om tektoniken i östra Mellansverige (Stålhös 1976b), väsentligen baserat på material från landskapet Södermanland. I denna region, där de äldre graniterna utgör ett mera underordnat inslag, antogs dessa ur tektonisk synpunkt ha spelat en relativt underordnad, passiv roll och i samband med intrusionen ryckts med i den mot väster riktade primorogena, isoklinala veckningen. Den senare involverade inte bara kustzonen utan kunde för första gången visa sig nå flera 10-tal mil längre mot väster in i landet. Deformationen ifråga, tidigare F_{1ab} , kom från och med nu att benämnas

enbart F_1 då graniternas inflytande på tektoniken (F_{1b}) ansågs försumbart.

Först i samband med beskrivningen till kartbladen Nynäshamn NV, SV (1979, s. 81) stod det klart att den hittills som primorogen uppfattade F_1 -deformationen utmed nord-sydliga axlar av allt att döma ägt rum mycket senare än som först antagits, närmare bestämt synkront med och omedelbart före den under metamorfosens kulmen försiggående serorogena tvärveckningen F_2 . Ett av skälen härtill var iakttagelsen av samtidigt med veckningen bildade utsträckta almandinaggregat i en till F_1 -deformationen hörande nord-sydlig axialplansförskiffring. Detta tydde på att betingelser motsvarande högsta amfibolitfacies rått redan i samband med denna tidiga deformation. Även pegmatiter och ådror alstrade vid anatektiska processer under åderförgnejsningen deformerades och skars över av förskiffringsytor associerade med F_1 (jfr Stålhös 1981, s. 42-43 och fig. 11ab). Härav följer att någon primorogen veckning F_1 före metamorfoskulminationen knappast torde ha existerat och att de äldre graniternas intrusion och konsolidering måste ha skett före såväl F_1 som F_2 , som båda i tiden sammanföll med den serorogena regionalomvandlingens kulmination. Den av basiska gångintrusioner kännetecknade s.k. intraorogena perioden infaller nu före såväl F_1 som F_2 , men efter den av urgraniterna orsakade, inte riktning bundna deformationen, här förslagsvis benämnd F_0 .

En till vissa delar hyggligt fungerande tektonisk modell för den svekokarelska riktning bundna regionalveckningen i östra Mellansverige som jag efter åtskilliga modifieringar kommit fram till (Stålhös 1981 och 1984b), bygger i huvudsak på två förutsättningar, nämligen dels ett från öster mot väster likformigt riktat regionalt tryck (fig. 6l), och dels förekomsten av tidigt intruderade och konsoliderade granitmassiv av regionvis växlande storlek och form. De större, tektoniskt kompetenta massiven enligt denna modell antas ha fungerat som störcroppar eller hinder för de i serorogen tid primärt med isoklinala överstjälpningar mot väster framryckande F_1 -veckan och bromsat upp eller fördröjt delar av dessa med en synkron tvärveckning som följd. Det ofta förvånansvärt kraftiga reaktionstrycket F_2 i ungefär nord-syd skall också ses i ett storregionalt sammanhang som ett svar på den kraftiga nord-sydliga materialutvikning som de från öster mot väster framskridande och alltmer hopklämda F_1 -veckan efterhand framkallade.

Ett belägg för de i tidsmässigt avseende närstående F_1 - F_2 -veckningarna utgör de många slutna veckinterferensfigurer som påträffats i regionens berggrund och som uppstått till följd av de båda vinkelrätt mot varandra orienterade trycken. Endast under förutsättning att dessa varit synkrona torde de uppkomna strukturerna kunna förklaras (Stålhös 1979, s. 86-88). Härvid skall nämnas att de

vanligen ellipsformade interferensfigureernas utsträckning och orientering antyder den relativa styrkefördelningen mellan veckning F_1 och tvärveckning F_2 på respektive lokaler (för vidare detaljer se 1979, s. 81–83).

Till skillnad från de mäktigare granitkropparna ovan har de ofta uppträdande tunnare lagren av granit knappast stört den fortskridande tektoniken, utan ryckts med i F_1 – F_2 -veckningarna på samma sätt som omgivande ytbergarter (se fig. 60). En viss armerande effekt torde dock de nämnda lagren ha utövat speciellt i en omgivning av tektoniskt inkompetenta metasediment (se nedan). Medan hopklämda tvärveck utmed ost–västliga axlar dominerar inom de centrala delarna av Sörmland, bestående av en tektoniskt inkompetent och blandad berggrund, visar kustzonen en mera öppen, reliktd nord–sydlig F_1 -vecktrend. Denna kan spåras i de av graniter infiltrerade och armerade metasedimenten i de storslagna Södertörn–Nacka–Värmdöveckbågarna kring Stockholm av vilka den vid Nacka givit vika och klämts samman på grund av ett ovanligt kraftigt nord–sydligt sekundärt tryck F_2 lokaliserat till denna zon (fig. 61).

Gemensamma för de isoklinalt mot väster överstjälpta och därpå tvärveckade axialplanen tillhörande F_1 är de mestadels östligt riktade och stupande stängligheter och småveckaxlarna (Stålhös 1976, fig. 1). Dessa är väl dokumenterade inte bara i Södermanland–Södertörn och delar av Bergslagen (Stålhös 1976, fig. 1), utan också utmed Norrlandskusten innefattande stora delar av Hälsingland, där även tydliga relikta F_1 -veckbågar kan urskiljas vid Hamrånge och i trakten av Söderhamn–Hudiksvall (se fig. 61 och P.H. Lundegårdh 1960, 1967 samt Mati Ambros, muntligt). Beroende på orienteringen av gränssytan mellan inkompetenta ytbergarter och mera kompetenta djupbergarter i förhållande till det primära från öster kommande trycket kan ett par olika fall särskiljas. Det ena av dessa, där trycket träffade en ursprungligen ungefär nord–sydligt orienterad gränssyta, gav under svag synkron tvärveckning upphov till veckbågar som de ovan nämnda, med strikt mot öster stupande stängligheter (se synoptiska diagram i fig. 61). Drabbar trycket däremot en mera ost–västligt orienterad gränssyta t.ex. i VNV–OSO såsom vid Gnarp (se fig. 61), uppdelas detta i två vektorer varav den största parallell med ytan ifråga (F_1) och den mindre vinkelrät däremot (F_2). F_1 -inversioner och kontinuerlig tvärveckning orsakar här efterhand en materialströmning med parallellställning av F_1 och F_2 som följd. Den starka styrningen efter gränssytan ger samtidigt upphov till ett distinkt mot OSO pekande stänglighetsmaximum.

Liknande förhållanden som just skildrats torde ha rått utmed de OSO–SO-ligt strykande gränssytorna mellan yt- och djupbergarter som stryker parallellt med norra Upplandskusten och som delvis är belägna inom det aktuella undersök-

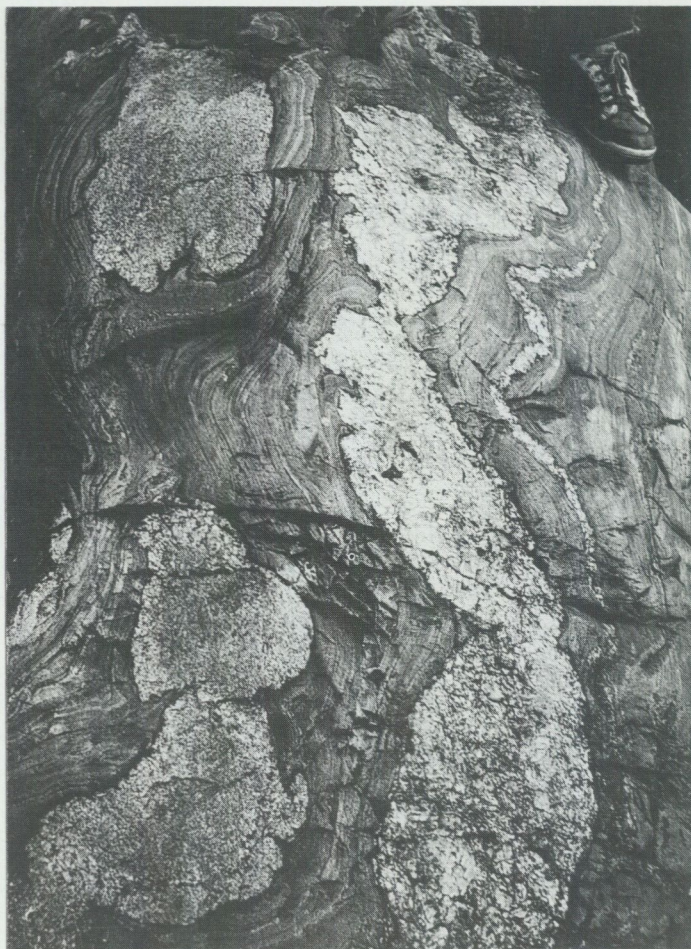


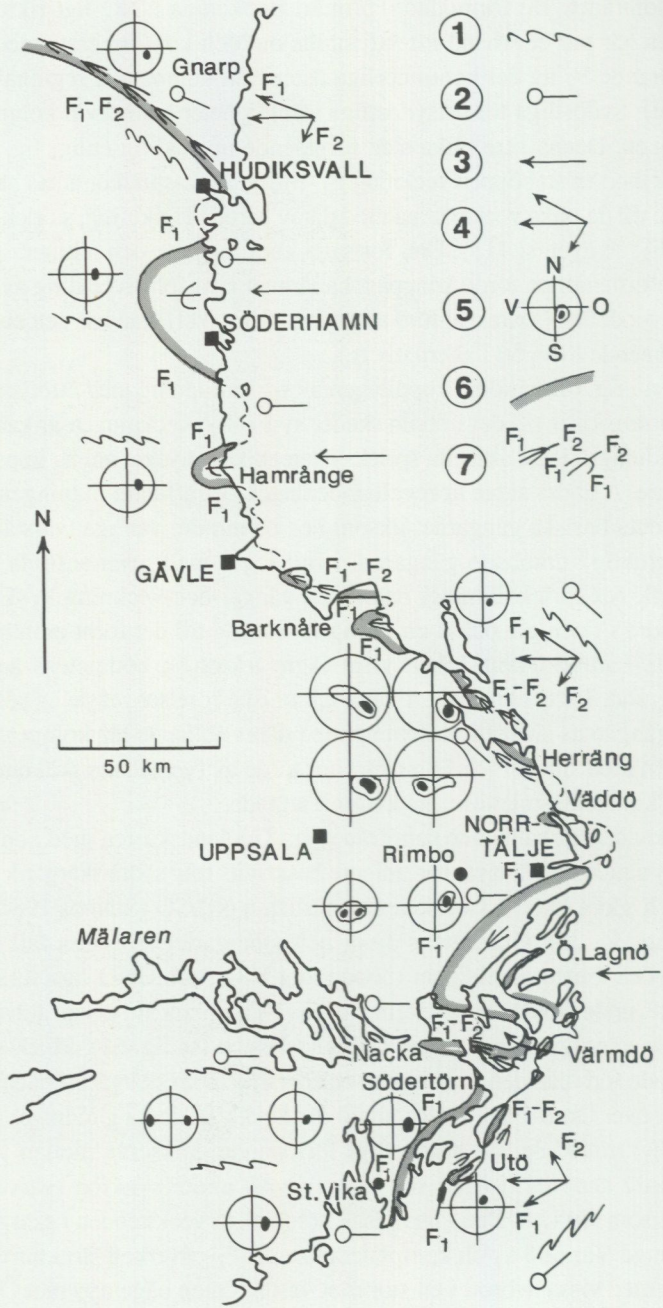
Fig. 60. Finskiktad metavulkanit intruderad av synorogen granit (t.v.) och pegmatit (t.h.). I samband med den regionala F_1 - F_2 -deformationen har såväl boudinering som prägling av sydostligt stupande veckaxlar (ca 35°) kommit till stånd. Pegmatiten är sannolikt av gen. 2-ålder. - Norrudden, V-stranden, N om Stensjär (9h), NO-bl. 6697/16387.

Thin-bedded metavolcanite intruded by synorogenic granite (to the left) and pegmatite (to the right). In connection with the regional F_1 - F_2 -deformations boudinage as well as fold axes plunging SE (about 35°) originated. The pegmatite probably belongs to 2 gen.

ningsområdet. De förmodade, primärt uppkomna NNO-ligt riktade F_1 -axialplanen här har efterhand i detalj ställts om och konformerats med axialplanen tillhörande F_2 av det kontinuerliga österifrån kommande regionala trycket (se fig. 61). Sydostliga till ostsydostliga stängligheter har härvid kommit att prägla regionen. Denna i tre olika steg fortgående utveckling enligt fig. 62a, b och c börjar med en stel öppen veckning F_1 - F_2 (a) där ac-sprickor antas ha bildats relaterade till de olika veckaxlarna med därav beroende riktning, storlek och frekvens ($F_1 > F_2$; se även s. 115). Den fortsatta koordinerade och alltmera plastiska F_1 - F_2 -deformationen torde knappast ha lämnat rum för utveckling av den i (b) anförda modellen (snarast anförd av pedagogiska skäl) utan har i ett enda kontinuerligt skeende övergått i alternativ (c).

Den i fig. 62a anförda kopplingen av sprickbildning med åtföljande basaltiska gångintrusioner till det initiala skedet av F_1 - F_2 -veckningen är kanske inte helt invändningsfri. De aktuella spricksystemen kan mycket väl ha uppstått betydligt tidigare. Å andra sidan är regelbundenheten beträffande riktningen hos de mest frekventa basiska gångarna, liksom hos de mindre vanliga tvärställda av "millionstruktur" drabbade gångarna, i full logik med ovan anförda utvecklingsmodell. Att sprickbildning, basaltiska gångar och veckning F_1 - F_2 ligger nära varandra i tiden ger också en rimlig förklaring till det förut omnämnda faktum (s. 108), att gångarna lokalt visar lägre tektonisk kompetens än omgivande berggrund. Detta beror på att vissa tektoniska rörelser måste ha påbörjats redan före gångarnas slutgiltiga stelning med därav följande låg kompetens hos dessa jämfört med sidoberget. Först därefter torde av fysikaliska skäl omvända tektoniska kompetensrelationer ha kommit att råda.

Liknande förhållanden som från norra Upplandskusten med konformering av F_1 - F_2 utmed en gränssyta har tidigare beskrivits från södra skärgården vid mellersta och södra Utö på kartbladet Nynäshamn NO/SO (Stålhös 1982, s. 101-110 och fig. 34, 35). Gränssytans djup- och ytbergarter är i detta fall orienterade i ONO-VSV med inversioner riktade mot VSV, och ONO-liga stängligheter utbildade under stark konformering av F_1 - F_2 att likna vid de spegelvända mot SO riktade stängligheterna utmed Upplandskusten (se fig. 61). Mycket tyder på att likartade förhållanden som på Utö också råder inom skärgårdens fortsättning norrut över Ornö-Nämdö-Runmarö där av allt att döma glidningar och inversioner (F_1) utmed de här nordostligt förlöpande gränserna mellan yt- och djupbergarter ägt rum, i detta fall mot sydväst under synkron tvärveckning (F_2) precis som vid Utö. Den i huvudsak nordostliga vecktrenden i skärgården bryts i höjd med Värmdö av en komplicerad starkt F_2 -påverkad struktur och fortsätter sedan med vissa avbrott i en stor mot väster slutna båge upp mot Ö. Lagnö. Där



representerar enligt Lundqvist (1962, s. 88) den ONO-liga riktningen sannolikt den äldsta veckaxeltrenden, möjligen ett resultat av såväl F_0 som F_1 .

För att sluta an till min tidigare redogörelse för de söderifrån kommande veckbågarna kring Stockholm med sina fortfarande identifierbara till F_1 hörande axialplan (se fig. 61) kan dessa följas mot nordost inom ramen för Roslagsbatolitens gnejsgraniter och en väster därom befintlig lob av metasediment upp mot Rimbo och Norrtälje. I huvudsak parallell härmed löper den österut befintliga skärgårdszonens axialplan. De förstnämnda axialplanens något osäkra fortsättning norrut i form av veckbågar utmed den nord-sydligt orienterade kuststräckan vid Väddö antyds också av fig. 61. I trakten av Herräng ansluter de F_1 - F_2 -konformerade axialplanen utmed den nordvästligt orienterade Upplandskusten för vilka redan tidigare redogjorts. Med undantag för en mindre synform bildning vid Barknåre (Sund 1957) torde den nämnda F_1 - F_2 -tektoniken fortsätta fram till Gävle.

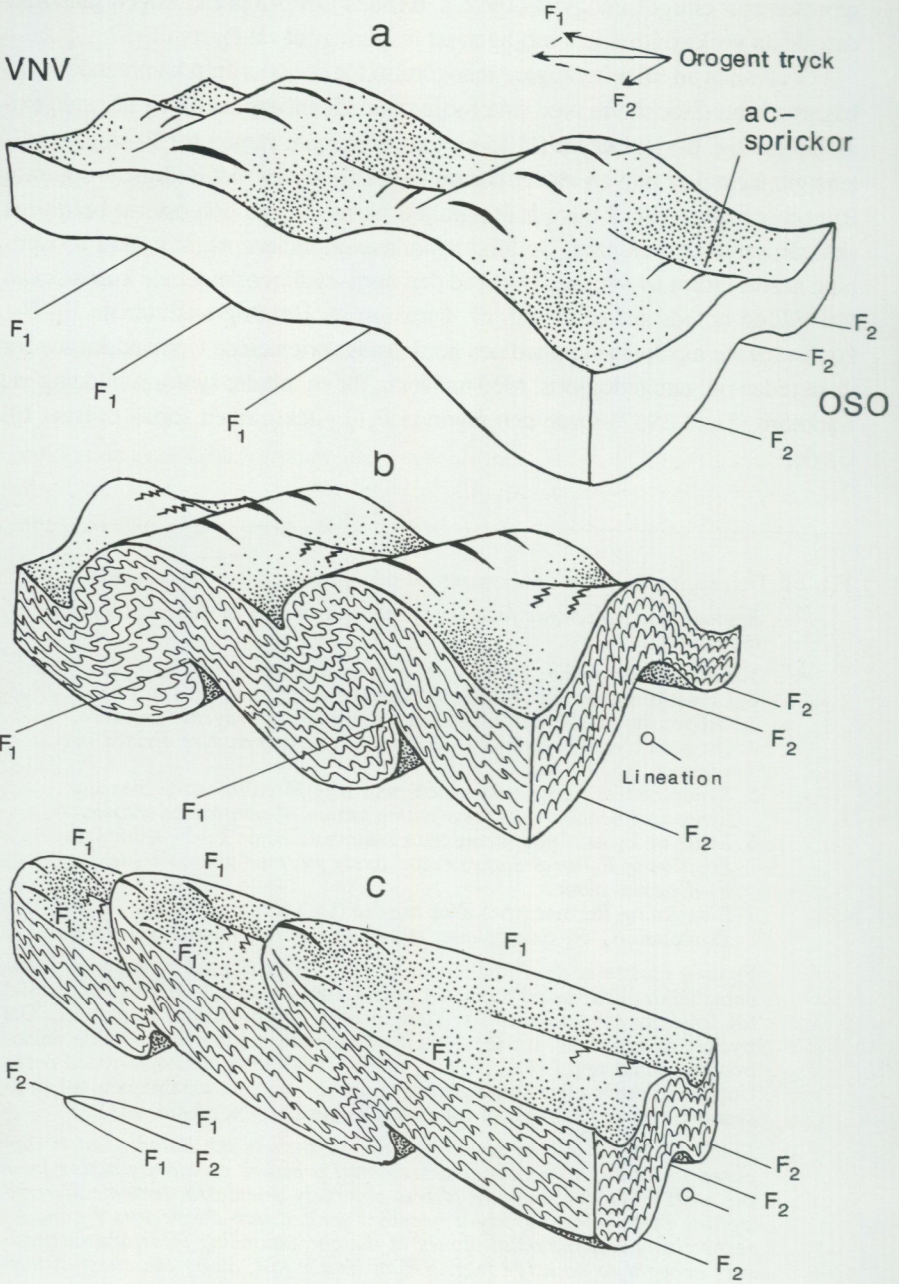
Fig. 61. Den regionala stortektoniken utmed den centrala delen av östkusten.

Regional macrotectonic features of the central part of the coastal region of the Baltic.

1. Inversionsriktning. *Direction of inversion.*
2. Lineationsstupning. *Plunge of lineation.*
3. Orogen huvudtryckriktning. *Main direction of orogenic pressure.*
4. Orogena trycket uppdelat i vektorer. *Orogenic pressure divided into vectors.*
5. Synoptiska stänglighetsdiagram med läge för tillhörande maxima. *Synoptic lineation diagrams with position of considered maxima.*
6. Läget av F_1 -axialplan jämte nära sammanfallande F_1 - F_2 -axialplan. *Position of F_1 -axial planes respectively more or less coincident F_1 - F_2 -axial plane.*
7. Beteckning för mer (t.v.) eller mindre (t.h.) sammanfallande F_1 - F_2 -axialplan. *F_1 - F_2 -axial planes more (left) or less (right) coincident.*

Figuren illustrerar det förhållandet att mot väster riktade inversioner dominerar tektoniken utmed stora delar av Östersjökusten och långt in åt land till följd av ett konstant likriktad orogent regionaltryck från öster. Där trycket på grund av utpräglat snett orienterade, tektoniskt styrande anisotropiytor delas upp i vektorena F_1 och F_2 (NV om Hudiksvall, utmed norra Upplandskusten eller i skärgården vid Utö) bringas axialplanen till motsvarande veck efterhand att sammanfalla (se f.ö. text på sid. 141).

Folding with inversions directed to the west along the Baltic coast is supposed to be due to an orogenic regional pressure constantly acting from the east. When the pressure affects obliquely orientated, tectonically controlling faces of anisotropy it becomes divided into the vectors F_1 and F_2 respectively and the axial planes of the corresponding folds are successively brought to coincide (e.g. NW of Hudiksvall, along the coast of northern Uppland or on the skerries near Utö.



En statistisk (synoptisk) sammanställning av stängligheter och småveckaxlar inom de fyra Östhammarsbladen framgår av fig. 63. De båda östra bladen, med ett stort antal mätpunkter, är ganska tillförlitliga till skillnad från dem i väster med låg blottningsgrad och mycket svagare deformationer, speciellt inom SV-bladet. I tre av diagrammen hamnar maximum inom den sydöstra kvadranten, till skillnad från SO-bladet, som visar ett mot SSV riktat maximum. En svag antydan till SO-liga stängligheter kan dock spåras i det senare diagrammet. I fig. 64 har med olika beteckningar märkts ut läget på de arealer, vilka domineras av respektive sydostliga, nordvästliga eller växlande SV-SO-liga stängligheter. Med reservation för en betydande osäkerhet vill det synas som om stänglighetsriktningarna inom varje delområde är orienterade i huvudsak parallellt med närliggande ytbergarter. Man kan därav sluta sig till att det primära tektoniska, från öster kommande trycket via differentialrörelser på ett eller annat sätt länkats av i form av materialströmning utmed de anisotropiytor som gränserna mellan graniter och ytbergarter torde ha utgjort. Den utpräglade, från sydost mot nordväst riktade överskjutningsrörelse för vilken tidigare redogjorts (se fig. 62), som är typisk för fyrväpplingens nordöstra del, får sin bekräftelse genom en stratigrafisk uppåtbestämning invid Askholmsviken (SO, 4j), där ett litet (ca 5 m) mot nordväst överstjälpt veck kunnat konstateras.

De omväxlande mot nordväst och sydost stupande stängligheterna inom NV-bladet (se fig. 64) kan sannolikt förklaras genom en uppbromsning och svag

Fig. 62 a, b och c. En hypotetisk modell för den tektoniska utvecklingen inom ett godtyckligt valt berggrundssegment från den VNV-ligt orienterade norra Upplandskusten. Den serorogena, regionala i huvudsak synkrona F_1 - F_2 -deformationen här har sannolikt uppstått som ett svar på ett likformigt österifrån kommande orogent tryck och uppdelningen av detta i vektorerna F_1 och F_2 (se f.ö. text på sid. 141).

- Begynnande F_1 - F_2 -veckning ($F_1 > F_2$) med uppkomst av ac-sprickor som följt. Intrusion av basiska smältor.
- Stegrad F_1 - F_2 -deformation med fortsatt veckning och tvärveckning under bildning av linear- och planförskiffring.
- Slutgiltig konformerings av axialplanen till F_1 och F_2 .

A hypothetical model for the tectonic evolution within a chosen rock segment from the WNW-oriented northern coast of Uppland (inside map-sheet Östhammar NO). The serorogenic, regional, mainly synchronous F_1 - F_2 -deformations here possibly were formed in response to uniform orogenic pressure from the east, separated into vectors F_1 and F_2 respectively.

- Initial F_1 - F_2 -folding ($F_1 > F_2$) sooner or later resulting in ac-tension cracks. Intrusion of basaltic magmas.*
- Increasing F_1 - F_2 -deformations with continued folding and cross-folding. Formation of lineation and planar schistosity.*
- Final conformation of F_1 and F_2 axial planes.*

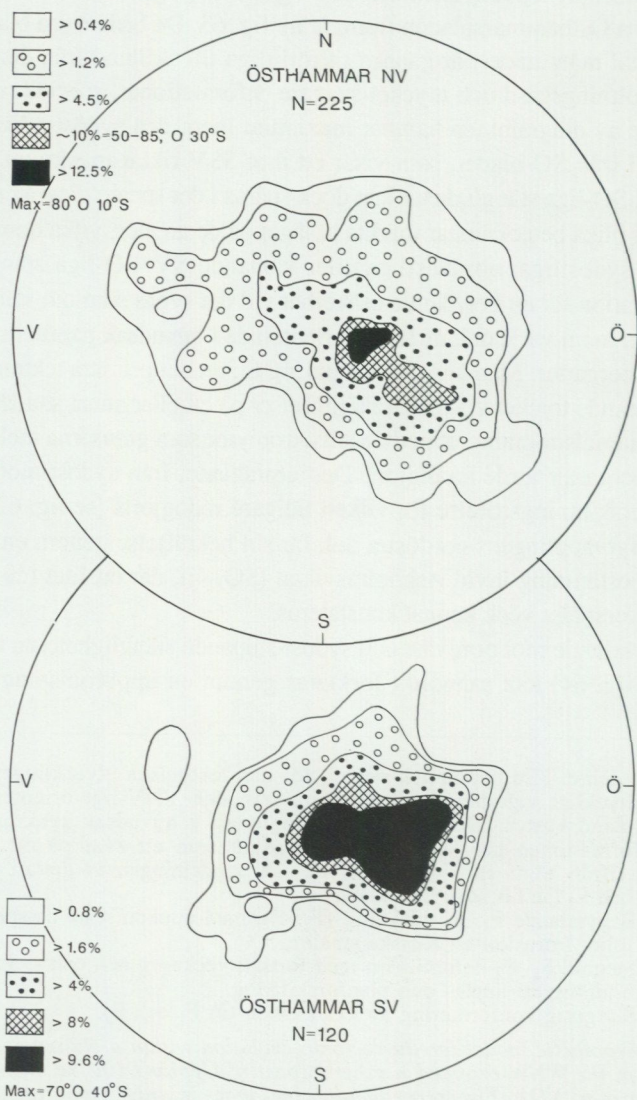


Fig. 63. Synoptisk sammanställning av stängligheternas och veckaxlarnas orientering inom de fyra kartbladen Östhammar NV, SV, NO, SO. (Projektionen utförd med hjälp av ytriktigt Schmidt-nät, undre halvsfären.)

Synoptic diagrams of lineations and axes of folding within the four map-sheets Östhammar (Schmidt's net, lower hemisphere).

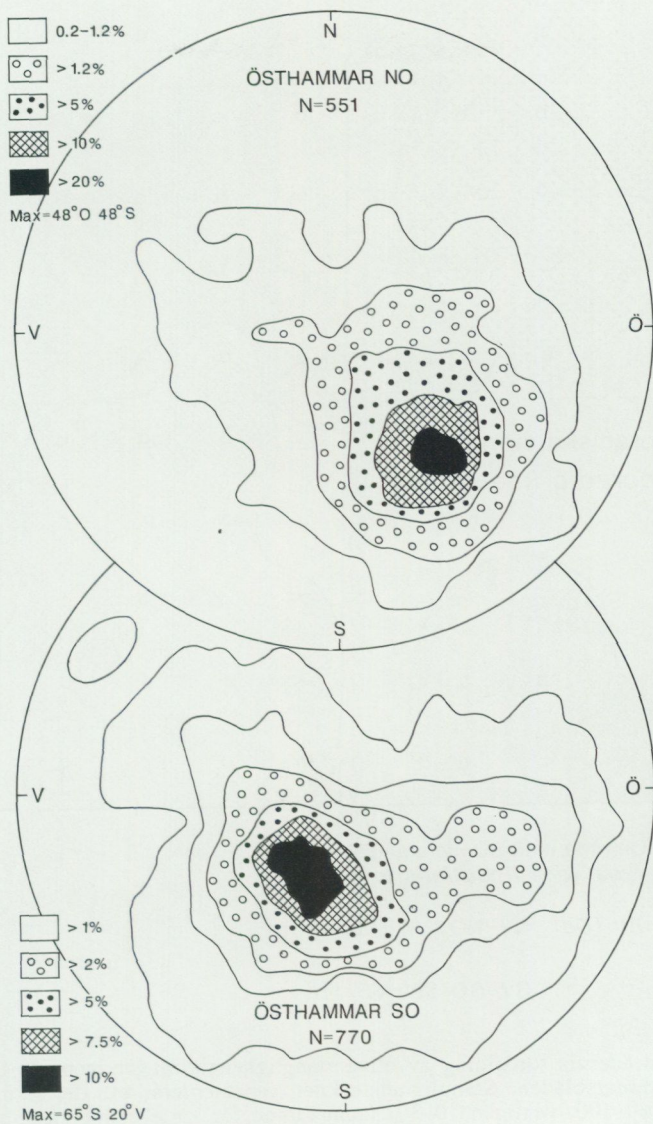


Fig. 63, forts.

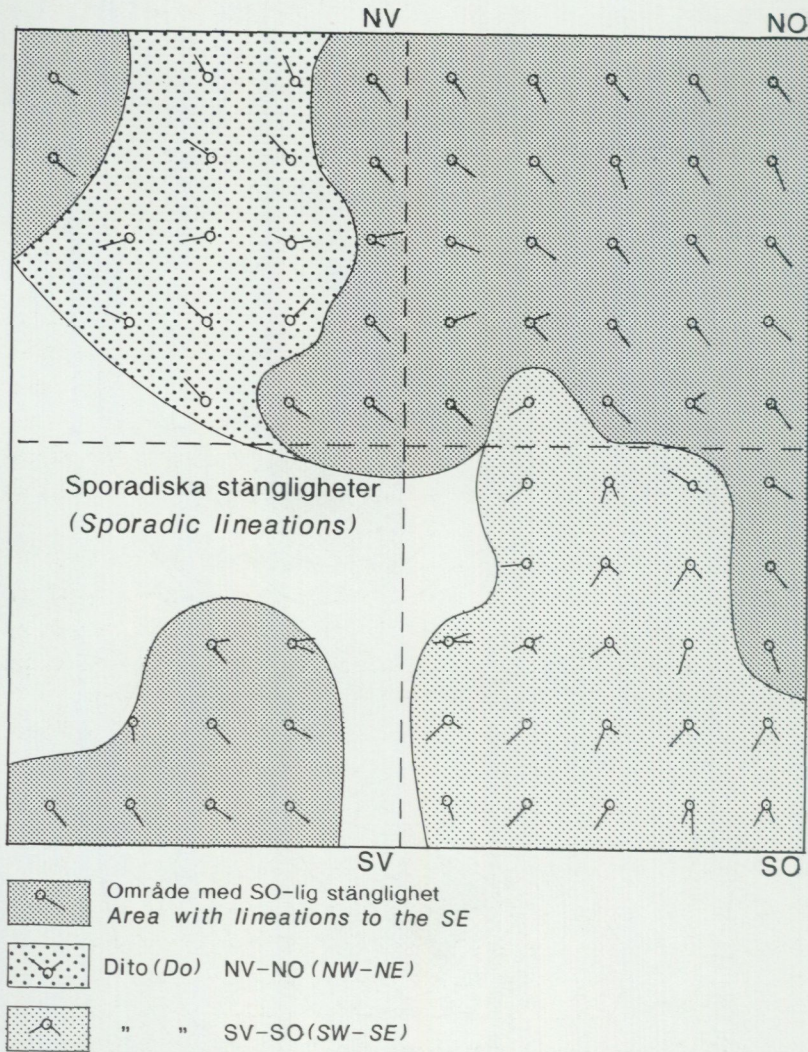


Fig. 64 Områdesvis fördelning av olika stänglighetsriktningar inom de fyra Östhammarsbladen. Stänglighetstecknen representerar ett flertal mätningar ($N=0-100$, vanligen 10-30) inom ramen för varje ekonomiskt blad med motsvarande läge.

Areal distribution of lineations with different directions within the four map-sheets Östhammar. The lineation symbols represent several measurements ($N=0-100$, usually 10-30) within each economic map (scale 1:10 000).

tvärveckning av det i nordvästlig riktning strömmande bergarts materialet. Samtidigt utbildades nordostligt orienterade kulminationer och depressioner. Någon mekanism som förklarar det mot SSV riktade stänglighetsmaximum på SO-bladet med hjälp av det regionala trycket från öster har inte kunnat påvisas. Däremot kan möjligen det generellt närvarande, sekundärt alstrade nord-sydliga tvärveckningstrycket i regionen ha bidragit till uppkomsten av nämnda stängligheter via norrut riktade differentialrörelser parallella med vulkanitstråken. Det måste dock sägas att några överskjutningstendenser som förutsätts här sällan är förknippade med F_2 -veckningen.

Stängligheternas stupning och intensitet tycks vara beroende av den relativa fördelningen mellan yt- och djupbergarter. Svaga deformationsstrukturer och/eller branta stängligheter (t.ex. på kbl. Uppsala SV, s. 143) utmärker sålunda områden, dominerade av mäktiga, tektoniskt kompetenta graniter. En mer inkompetent, av yt- och djupbergarter blandad berggrund, vanligen kännetecknad av starkare differentialrörelser, utmärks i motsats härtill av något flackare och starkt inpräglade lineära element (t.ex. kbl Östhammar NO).

Som en bekräftelse på en mera generell tillämplighet av den just omtalade regionala tektoniken utmed den mellansvenska ostkusten har man även i sydvästra Finland (ca 200 km österut) kunnat konstatera en likartad tektonik med överstjälpningar mot väster (F_1) och tvärveckning nord-syd (F_2 ; muntl. medd. enligt Carl Ehlers, Åbo). Storstilade interferensfigurer i kilometerskala, som ofta är starkt hopklämda i nord-syd, bekräftar detta (jfr Schreuers och Westra 1986 samt Bleeker och Westra 1987). Enligt undersökningar där behöver den mot väster riktade framskjutningen speciellt inom migmatitområden inte nödvändigtvis åtföljas av inversioner, utan kan ta sig uttryck i taktegelformigt uppstaplade, stratigrafiskt rättvända, mot väster framdrivna skivor.

En enda zirkondatering i en F_1 -veckad pegmatit från Södertörn vid St. Vika (se sydligaste delen av fig. 61) gav åldern 1854 ± 5 milj. år och därmed också maximiåldern för denna deformation (Welin och Stålhös 1986). Om dateringen är tillförlitlig kan F_1 -veckningen rimligtvis inte ha förorsakats av de kring 1890 milj. år gamla urgraniterna i regionen och deformationen F_0 i anslutning till dessa. Som en följd härav kan det också råda tvivel om den ca 35 milj. år yngre pegmatiten verkligen är knuten till urgranitsviten, dvs. generation 1, vilket förmodats i nämnda publikation. Alternativt skulle pegmatiten kunna tillhöra generation 2 (se schema, s. 122) och vara syntektoniskt alstrad i samband med åderförgretningsprocessen, något som också förmodats gälla andra deformerade pegmatiter i regionen. Åldern 1854 milj. år bör sålunda representera tidpunkten för den stora, serorogena regionalomvandlingen. Detta attraktiva alternativ för-

kastades av Welin och Stålhös (1986, s. 33) på grundval av den osannolikt stora åldersskillnaden på ca 60 milj. år som då erhöles mellan åderförgnejsningen å ena sidan och de ca 1800 milj. år gamla serorogena graniterna och pegmatiterna (generation 3) å den andra, båda tidigare allmänt betraktade som ett resultat av anatektiska processer i anslutning till ådergnejsovandlingen. Några säkra belägg för vilket av ovanstående alternativ för St. Vikapegmatitens genes som skall gälla, eller om ytterligare möjligheter föreligger, har ännu inte kunnat frambringas. För att lösa denna fråga krävs utan tvekan fler zirkondateringar inom andra tektoniskt väldefinierade pegmatiter.

En del ännu opublicerade zirkondateringar av migmatitgraniter från södra Finland med åldrar kring 1840 milj. år (Carl Ehlers muntl. medd.) liksom datering av migmatitmobilisat från samma region gav likartade värden (1833 ± 16 milj. år och 1840 enligt Vaasjoki och Sakko 1988). Sådana granitoider som kanske representerar ännu en granitgeneration (se s. 8), inte bara i sydvästra Finland utan också i Mellansverige (dock utan zirkondateringar), skulle till åldern stämma tämligen väl med ovanstående åderförgnejsningsprocess. Liksom St. Vikapegmatiten, i så fall generation 2, skulle de kunna vara bildade vid anatektiska processer i intervallet 1850–1840 milj. år. De så kallade Stockholmsgraniterna eller motsvarande kring 1800 milj. år gamla graniter skulle därvid närmast få en post-orogen prägel helt fristående från regionalmetamorfosen, en åsikt som tidigare hävdats, men som fortfarande återstår att bevisa (Stålhös och Björk 1984, s. 332–333).

Ett starkt belägg för urgraniternas tektoniska roll i samband med deras vertikalt uppåtriktade intrusioner (deformationsfasen F_0 , se schema, s. 122) utgör brantställningen av den en gång horisontellt anlagda magmatiska lagringen i ett stort antal primorogena djupgrönstenar. Dessa ofta tektoniskt kompetenta, mäktiga led torde knappast ha låtit sig påverkas av de långt senare regionala F_1 – F_2 -deformationerna, utan veckningen av den nämnda lagringen måste antagligen ha påbörjats redan i anslutning till massivens stelning under plastiska förhållanden vid de tidsmässigt närstående graniternas intrusion. Dessa redan tidigare omnämnda förhållanden (s. 76) belyses mycket entydigt utmed södra stranden av ön Anderskäret, ca 4 km sydost om Öregrunds k:a (NO, 8j). Här anstår med full konformitet från söder mot norr räknat en minst 5 m bred gabbro med vertikalställd magmatisk lagring visande uppåt mot söder, följd med några meters lucka av skiktad porfyritisk vulkanit (ca 10 m) och därefter gnejsgranit. Uppresningen från horisontell position av såväl djupgrönsten som vulkanit har säkerligen skett samtidigt, sannolikt till följd av den invidliggande urgranitens intrusion (F_0). Tydliga spår av den regionala, sena F_1 – F_2 -veckningen med utbildning av

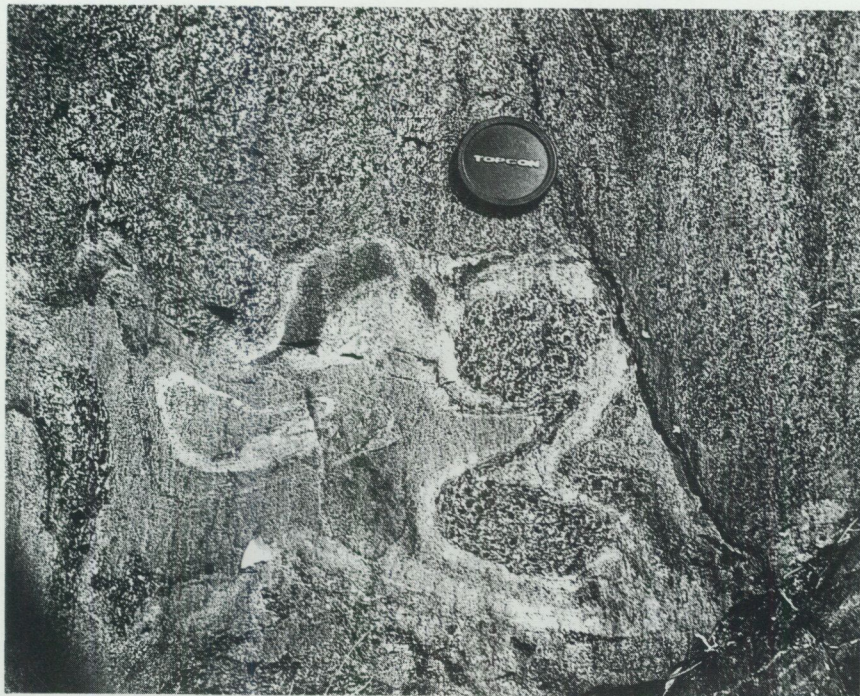


Fig. 65. Av tunna gabbrolager uppsplattad och F_1 - F_2 -deformerad intermediär, porfyritisk metavulkanit med slutna interferensfigurer som resultat (se f.ö. text sid. 152). – Andersskäret (8j), NO-bl.

Intermediate, porphyritic metavolcanite injected by thin gabbroic layers and F_1 - F_2 -folded. Closed small interference figures are the result of the deformations.

små interferensfigurer och en utpräglad SSO-lig medelbrant stänglighet kan noteras i gabbrons förlängning, där denna i form av tunna lager splittrar upp den tidigare nämnda porfyritiska vulkaniten (se fig. 65).

En viktig slutsats som kan dras av nu nämnda exempel är att brantställningen av ytbergarterna som också inrymmer vertikalställning av den magmatiska lagringen i djupgrönstenarna i regionen rimligtvis inte kan ha ägt rum i tiden före de senares intrusion i samband med någon storstilad riktning bunden veckningsfas. Däremot torde mera lokala, ej riktning bundna, syndepositionella deformationer med åtföljande småveckningar och blockrörelser ha ägt rum före den av urgraniterna orsakade F_0 -deformationen. Även i direkt anslutning till sistnämnda storskaliga deformation torde genom interna glidningar inom den vulkaniska lagerserien också småskaliga interfoliala, isoklinala veck ha kommit till utbild-



Fig. 66. Isoklinalveckad, vitgrå, kvartsådrad, glimmerkvartsitisk alkaliryolit. – 250 m SO om Bredåsgruvan (7d), NV-bl.

Isoclinally folded, quartz-veined mica-quartzitic alkali rhyolite.

ning. Att skilja dessa ifrån senare F_1 – F_2 -tillhöriga veck torde ofta vara svårt (se fig. 66).

Nordspetsen av den lilla ön Långskär (NO, 6j), uppbyggd av gnejsgranit och vulkanit, är komplicerat tektoniskt uppbyggd och skulle säkert vara värd ett närmare studium. Isoklinala veck inkluderande nu sönderslitna 1:a generationens metabasiter skärs i sin tur av metabasiter tillhörande generation 2. Boudinerade syntektoniskt bildade pegmatiter antyder slutligen förekomsten av sena F_1 – F_2 -deformationer.

Hur stor del av ytbergarternas brantställning som skall förknippas med den av urgraniterna alstrade vertikala tektoniken (F_0) i olika delar av Östhammarregionen är oklart. Brantställningen kan också tillskrivas de sena tangentiellt riktade regionalveckningarna F_1 – F_2 . Det lilla blockdiagrammet över veckade vulkaniter och kalkstenar i Östhammartrakten, tryckt inom ramen för NO-bladet, utgör exempel härpå. I kortbeskrivningen till detta kartblad har jag prioriterat tanken på att storstrukturen ifråga är ett resultat av urgraniternas uppåtriktade tryck. Det av kalkstenar och vulkaniter bildade interferensmönstret här kan dock likaväl vara ett resultat av den förhärskande VNV-ligt orienterade F_1 – F_2 -veckningen i

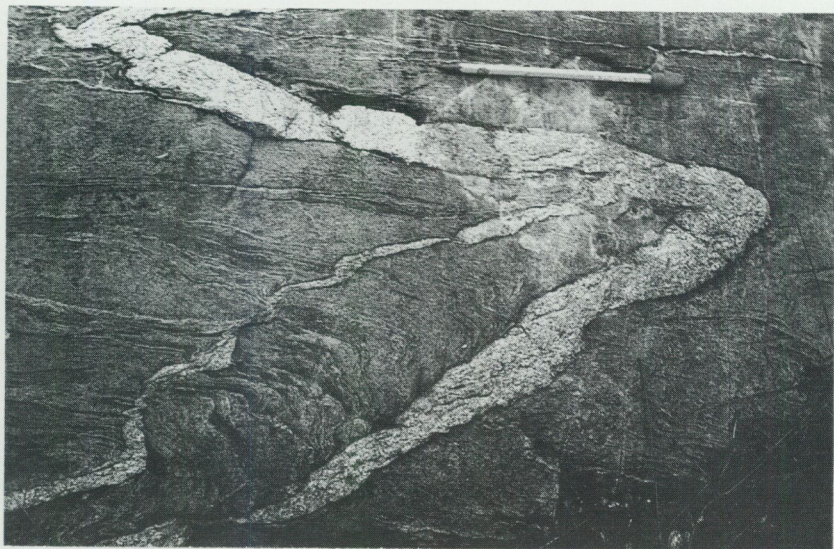


Fig. 67. Yngre granit genomsättande en regionalt F_1 - F_2 -veckad ytbergart och sedan själv deformerad (se text s. 157). – Ca 1 km O om Giboda utmed mindre väg (9d), NV-bl. 66988/161859.

Young serotogenic granite cross cutting a regionally F_1 - F_2 -folded supracrustal rock and later deformed itself.

området enligt fig. 62c. För att uttrycka sig med Berthelsens ord (1987, s. 48) kan måhända i det långa loppet orsaken till den svekofenniska tektoniken vara att söka i en ständig växelverkan mellan vertikalt och tangentialt verkande krafter.

De olika urgranitvarieteternas oregelbundna utbredning i regionen ger sällan anledning misstänka att vi haft att göra med ett stort antal koncentriskt, till sammansättningen skilda diapirer, vilka med stor tidskillnad trängt upp en efter den andra. I stället torde inhomogena, i huvudsak likåldriga (se s. 71) magmor ha trängt in och stelnat i normal tidsföljd med hänsyn till delområdenas surhetsgrad. Vanligast är successiva övergångar mellan de olika leden. Endast undantagsvis är gränserna skarpa mellan tonalitiska och granodioritiska led. Däremot är ofta de till sammansättningen starkt avvikande saliska graniterna skarpt avgränsade mot övriga led och bildar gångar eller små massiv i dessa. De har följaktligen stelnat sist bland granitoiderna och representerar sannolikt (lokala) saliska restlösningar från de senare. Ett av de få till formen diapirlika massiven i



Fig. 68. Yngre granit överskärande den regionala F_1 - F_2 -veckningen i intermediär metavulkanit och sedermera i sin tur plastiskt veckad (se text sid. 157). – 400 m NV om Norrsveden (8a), NV-bl. 66918/16002.

Young serorogenic granite cross cutting the regional F_1 - F_2 -folding in intermediate metavolcanite and later in its turn plastically folded.

regionen, beläget söder om Ramhäll (SV, 2d), består av ögonförande, intermediär gnejsgranit och visar lokalt i sina södra delar överskärande kontakter mot angränsande tonaliter. Antagligen har vi här att göra med en ovanligt homogen delmagma, som genom sina specifika fysikaliska egenskaper kommit att agera som en självständig kropp i förhållande till den mera inhomogena omgivningen.

Orsaken till att urgranittektoniken spelat en relativt större roll i Uppland än i Sörmland kan vara att graniterna i Uppland trängt högre upp i de då existerande ytbergarterna och därigenom starkt påverkat dessa. I motsats härtill skulle de efter intrusionen primärt djupare belägna graniterna i Sörmland endast via tunnare lagerformade apofyser nått upp till motsvarande nivåer av ytbergarterna och inte i nämnvärd grad förmått påverka dessa.

En ur tektonisk synpunkt intressant företeelse utgör rikligt med cm- till dm-breda, nu veckade ådror av yngre granit i ytbergarterna. Sådana uppträder inom de stora granitmassivens närområden både väster om sjön Strömaren (NV, 8a), väster om St. Åsjön (NV, 9d, e) och norr om NO-bladet på mellersta Gräsö

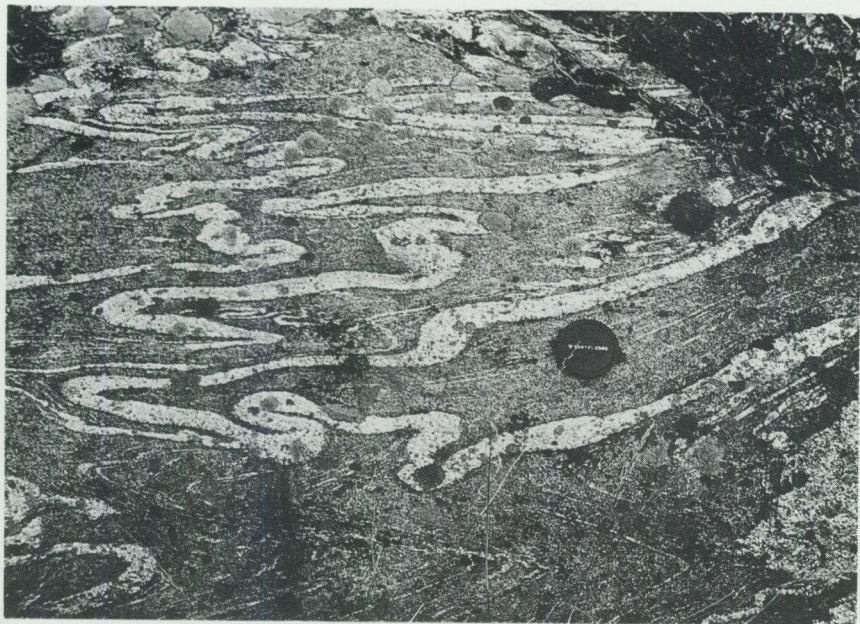


Fig. 69. Plastiskt veckade ådror av yngre granit i metadacit. – Något S om Söderboda invid vägen, Gräsö. Bl. Österlövsta SO.

Plastically folded veins of young serorogenic granite in metadacite.

utmed vägen runt Söderboda (se fig. 67, 68 och 69). I samtliga fall skär ådrorna över tidigare utformade medelbranta veckstrukturer, men är sedermera själva plastiskt deformerade på ett likartat sätt. Ett vid granitoidernas intrusion förorsakat värme- och volymtillskott torde ha skapat de nödvändiga förutsättningarna för nu nämnda, sena deformationer, som uteslutande är lokaliserade till granitmassivens närområden. Ytterligare av intresse i sammanhanget är vissa ådergnejser i de yngre graniternas utbredningsområde. De har sannolikt tillkommit genom indränkning av förutvarande intermediära och basiska metavulkaniter med granitiskt material under samtidigt pågående plastisk deformation (se fig. 70).



Fig. 70. Basisk metavulkanit, sannolikt åderförgnejsad av yngre granit. – Block, 1 km SSV om Uggebol utmed väg (9a), NV-bl.

Basic metavolcanite, veined probably by fine-grained, serogenic granite.

Stratigrafi

De genom urgranittektoniken (F_0) sannolikt hopvecklade, synklinallika, sura vulkanitområdenas svagt underbyggda, interna natron-kalistratigrafi inom den västra delen av Östhammarregionen, t.ex. i Vattholmatrakten (SV, 1b, c), vid Dannemora gruvområde (5c) och kring Ramhälls gruvor (3d), har tidigare behandlats i samband med redogörelsen för de sura vulkaniterna och skall inte vidare beröras. I samtliga nämnda fall är enbart sura vulkaniter med associerade karbonatstenar, skarn och malmer representerade och någon säker stratigrafisk relation till övriga ytbergarter i regionen föreligger inte här. Mera upplysande är det mäktiga, nord-sydliga, eventuella synklinallstråket av intermediära och basaltiska vulkaniter på SO- och NO-bladen, vilket redan tidigt ansågs utgöra en högsta stratigrafisk nivå (se Törnebohm 1880, s. 25). Plan- och lineärförskiff-

ringarnas stupningsförhållanden ger dock ingen direkt antydning om en synklinal byggnad här, vilket knappast förvånar då inpräglningen av dessa strukturer torde vara av långt senare datum än uppkomsten av den eventuella synklinalen. Med den något osäkra utgångspunkten att en synklinal verkligen föreligger skulle de flera hundra meter mäktiga basalterna i området ligga under de intermediära vulkaniterna och i sin tur underlagras av sura vulkaniter och kalkstenar i synklinalens västra del kring Björsta gruva på NO-bladet (5h). Möjligt är också att som följd härav de sura vulkaniterna med inlagrade kalkstenar kring Östhammar stad skall uppfattas som stratigrafiskt belägna under de av intermediära vulkaniter, fragmentbergarter och basalter komplicerat uppbyggda området sydost om Börstil k:a (6i). Det sistnämnda har troligen hängt samman med de snarlikt utbildade fragmentbergarterna och intermediära vulkaniterna i trakten öster om Harg k:a (5i), innan det stora rundade granitmassivet nordväst om kyrkan trängde fram. Sura vulkaniter torde även här enligt Beyer (1954) ha bildat underlag, närmare bestämt de med utbredning söder om Hargsviken (5j). Kriterierna för nämnda lagerföljd bygger delvis på fragmentens sammansättning i fragmentbergarterna. De förra består nämligen i stort sett av ljusa, ofta sura, men också intermediära, mycket finkorniga metavulkaniter, i sin tur inbäddade i en något grövre intermediär till basisk matrix. Medan de intermediära fragmenten torde vara av intraformationellt ursprung antyder de sura fragmenten existensen av liknande vulkaniter i underlaget.

Härav följer inte att de intermediära vulkaniterna i sin helhet underlagras av surare sådana. En blick på kartan kring det runda granitmassivet norr om Harg k:a tyder tvärtom på att sura vulkaniter från början antingen saknats här eller klämts ut av det intruderande massivet. Endast vid de östra och västra kanterna av de intermediära vulkaniternas avsättningsområde har de sura vulkaniterna kommit att bilda underlag.

Ytterligare kriterier på lagerföljden utgör ofta uppträdande, skarpt avgränsade, sannolikt subvulkaniska lager av intermediära porfyriter i de sura vulkaniterna, t.ex. på Söderön och angränsande områden (6j, 7j, 6i). Även basiska matargångar till basalterna (metabasiter av gen. 1-ålder) i samma vulkaniter antyder att de intermediära respektive basiska vulkaniterna är något yngre.

Ser man enbart till basalterna, tycks dessa under ovan givna förutsättningar inta en förhållandevis låg stratigrafisk position i södra delen av Östhammar stad och uppträder där i nära förband med kalkstenar och sura vulkaniter. Också i området öster om Film- och Lillbyasjöarna (5d, 6d) nordost om Dannemora gruva på NV-bladet finns basaltlager med liknande stratigrafiskt läge nära invid kalkstenar som i detta fall klart underlagras sura vulkaniter.

När det gäller de med blått betecknade sedimentära bildningarna har det tidigare framskymtat att en betydande del av dessa kan vara metasomatiska omvandlingsprodukter från tidigare existerande sura och intermediära vulkaniter. Om detta är fallet markerar bergarterna ifråga knappast någon bestämd stratigrafisk nivå. De smala, av glimmerskiffrar eller glimmerkvartsiter uppbyggda stråken på Söderön (6j, 7j), torde utgöra goda exempel härpå. Också de på NV-bladet belägna metasedimenten (9c,d,e) är tämligen kontroversiella och torde knappast vara lämpade som någon ledhorisont. Det praktiskt taget enda större av förmodade sedimentära bergarter uppbyggda området i norra Uppland är beläget vid Barknåre (se fig. 61), ca 15 km NV om Forsmark k:a (9f). Bergarterna bildar här en mot öster öppen synform, som enligt Sund (1957) vilar på ett underlag av metavulkanit. Om denna tolkning är riktig skulle metasedimenten i området utgöra toppen av lagerföljden. Längre norrut, i trakten av Gävle, blir sedimentära bergarter i högmetamorf dräkt dominerande. Barknåresynformen skall därför sannolikt uppfattas som en genom nord-sydligt riktad tvärveckning nedsänkt och bevarad sydlig, stratigrafiskt högt belägen rest av ett tidigare norrut sammanhängande sedimentområde. Antagligen fingrar metasedimenten och metavulkaniterna in i varandra när man från Gävletrakten i norr rör sig i sydlig riktning på så sätt att de nordliga, högmetamorfa sedimenten kilar in och tunnar ut under vulkaniterna i norra Uppland, samtidigt som en skiva av bättre bevarade metasediment innefattande Barknåreområdet i riktning mot söder överlagrar nämnda vulkaniter. I förbigående nämnt torde en flikig gräns av samma slag mellan metavulkanit och metasediment också vara för handen då man från Mälardalen rör sig norrut in i södra Uppland. Barknåreformationen kan med avbrott följas mot sydost i tvenne grenar. Den ena av dessa torde utgöra det öster om Forsmarks k:a belägna malmförande stråket av intermediära vulkaniter, med diffusa övergångar mot gråvackelika sediment, som kan följas ned till trakten av Jonsgruvan söder om Storträsket på Söderön (7i). Den andra grenen löper mot sydost över öarna i havet utanför Forsmarks kärnkraftverk på kartbladet Österlövsta SO till Östra Måsklinten (9h) i Öregrundsgrepen. En tydligt skiktad, delvis glimmerförande, pegmatitådrad, sedimentgnejs föreligger här. Ett par parallella smala zoner av metabasalt respektive sur metavulkanit är konforma med och gränsar med oklar stratigrafisk relation mot den inte sällan ådrade sedimentgnejsen nordost om Forsmarks kärnkraftverk (se Hansen 1989). Ådringen syns närmast vara av injektionskaraktär och åtföljs av rikligt med grövre pegmatiter, som sannolikt är synmetamorft bildade på djupare nivåer i berggrunden. Ingen av de nu nämnda från norr kommande sedimentlika zonerna på kartbladet ger ytterligare bekräftelse på den förmodade lagerföljden metavulkanit-metasediment. Endast några små

synformartade, sedimentära bildningar vilande på vulkanit, såsom vid Borggårde (6g) och ca 2 km öster om Harg k:a, antyder ett högt stratigrafiskt läge för nämnda sediment.

En jämförelse med det närliggande Uppsalaområdets berggrund antyder att en likartad stratigrafi föreligger här, med sur vulkanit och kalksten i botten, följd av intermediära vulkaniter, fragmentbergarter samt porfyriter, de senare delvis genombrytande. Överst anstår en sedimentgnejs med obetydlig utbredning (Lundegårdh 1956, tabell 1). Motsvarande lagerföljd i sediment-vulkanitstråket kring Vidbo k:a, beläget ca 25 km sydost om Uppsala, är följande: glimmerskiffer (botten), kalkbandad, sur vulkanit (kalirik), porfyr+porfyr (hypabyssisk), monomikt konglomerat med bollar av underlaget och slutligen överst, något osäkert, glimmerskiffrar (Stålhös 1972, s. 146). Att de understa, till den s.k. Mälarformationen hörande sedimenten i detta fall inte är åderförgnejsade (jfr motsvarande i Gävletrakten enligt ovan) antas bero på att dessa intar ett skyddat läge, inklämda mellan två stora skivor av gnejsgranit.

Den förhållandevis svagt underbyggda lagerföljd som här presenterats för Östhammarområdet och dess närmaste omgivningar ger knappast anledning till några vidlyftiga jämförelser med andra mer avlägsna regioner. De i detalj mycket snabba växlingar som är utmärkande för vulkanisk verksamhet gör ofta sådana jämförelser meningslösa. Sett i ett större perspektiv kan dock vissa gemensamma drag spåras när det gäller vulkanismen alltifrån västligaste Bergslagen fram till det aktuella Östhammarområdet i norra Uppland. Sålunda dominerar sura vulkaniter av ryolitisk eller ryodacitisk sammansättning inom hela denna zon, samtidigt som inslaget av intermediära, dacitiska vulkaniter ökar om än måttligt och med vissa variationer i östlig riktning (Lagerblad och Gorbatshev 1988). Basiska, ofta basaltiska led ingår också i begränsad omfattning bland de sura vulkaniterna i väster, vilka därigenom visar en utpräglad bimodalitet. Från och med norra Uppland ökar inslaget av intermediära, dacitiska till andesitiska led associerade med basalter. På så vis uppkommer övergångar till de i sydvästra Finland allmänt utbredda intermediära och basaltiska vulkaniterna, de senare ofta med kuddlaveutbildning (se Ehlers och Lindroos 1988 samt Laitala 1973). Även norrut uppträder mäktiga basalter med kuddlaveutbildning, närmare bestämt ca 100 km NV om här aktuella kartblad, i Hamrångetrakten (se fig. 61). Enligt Mati Ambros (muntl. medd.) finns här en med uppåtbestämning väl belagd, synformartat utbildad, inverterad antiklinal med kvartsporfyrier successivt överlagrade av mäktiga basalter och slutligen kvartsiter. Ytterligare skall tilläggas att de åldersmässigt och genetiskt till vulkaniterna nära knutna plutoniska bergarterna i västra Bergslagen mestadels är sura, granitiska, medan längre

österut, t.ex. i Östhammarregionen (se diagram 8) inslaget av granodioriter och tonaliter är större, i överensstämmelse med de intermediära vulkaniternas växande andel (Lagerblad 1988). Vulkanismen i den ur genetisk synpunkt väl undersökta Bergslagsregionen antar en lätt kontinental prägel längst i väster, möjligen med betydande inslag av massiva, svagt alkalina ignimbriter och/eller lavar, men också av skiktade tuffiter och sediment jämte karbonatstenar och malmer, som utgör grundhavsbildningar. Alltmer öbågebetonad, kalk-alkalin vulkanism vidtar i riktning österut med dominerande inslag av skiktade tuffitiska led också här jämsides med karbonatstenar, malmer och sediment (Gaál och Gorbatshev 1988, Lagerblad och Gorbatshev 1988, Lundström 1987, 1988 m.fl.). Ett ökande och till sist dominerande inslag av marina sediment är påtagligt både i riktning mot söder (Mälardalen), norr (Gävleborgs län) och öster in i sydvästra Finland om man rör sig utåt från den omtalade, centrala Bergslagszonen. En allmänt mot öster riktad "subduktion" mot den i östra Finland belägna arkeiska kontinenten (jfr Gaál och Gorbatshev 1988, s. 11) förklarar möjligen de mot väster överstjälpda vecken för vilka redogjorts i det tektoniska kapitlet. Veckmönstret torde i själva verket vara ett resultat av relativa rörelser mellan den mot öster riktade underskjutningen och ovanför liggande berggrundssegment. Att plattetektonik kan ha ägt rum i så tidiga skeden av jordens utveckling som här avses antyds bl.a. av nya undersökningar på basis av seismiska reflektionsprofiler i Bottniska viken i höjd med Skelleftefältet. Enligt en tolkning av dessa profiler skulle här en mot norr riktad subduktion ha skett mellan de marina bildningarna i söder och Skelleftefältets mera kontinentala, vulkanitdominerade bildningar i norr (BABEL Working Group 1990).

Spricktektonik

På de strukturgeologiska kartorna redovisas morfologiska spricklinjer av olika dignitet, skiffrighets- och stänglighetsmätningar jämte eventuella stortektoniska strukturer i form av syn- och antiformer. Spricklinjernas läge och orientering har tagits fram med hjälp av flygfotobilder i varierande skala. Enligt Sam Sukotjo, SGU, som utfört fotobildstolkningen med hjälp av aviograf B 8S, har papperskopior av äldre flygbilder i skala 1:60 000 använts när det gäller de båda västliga kartbladen. En ganska låg kvalitet är utmärkande för dessa bilder, i kontrast mot de höghöjdsbilder av högsta klass (svartvita diapositiv av superhöghöjdsbilder i skala 1:150 000) som utnyttjats för de östliga kartbladen NO och SO. Precisionen och detaljrikedomen är därför bättre inom dessa områden. För

tolkningen av de långa spricklinjerna eller lineamenten har i stor utsträckning satellitbilder använts (MSS Landsat 4, band 7).

De mest uthålliga spricklinjerna, som visas såväl i struktur- som berggrunds-kartorna, ger sig morfologiskt tillkänna som långa, genom erosionens verkningar utmejslade dalstråk, som även accentueras genom förekomsten av långsträckta fjärdar och sjöar.

Gnuggningar och rörelser i såväl horisontell som vertikal led har under utvecklingens gång vid upprepade tillfällen ägt rum mellan bergblocken på ömse sidor om sprickplanen. Detta har ofta resulterat i uppkomsten av såväl öppna krosszoner som rekristalliserade, nu täta krossbergarter, dvs. myloniter och breccior (B resp. M i kartan).

Bergartsfördelningen på ömse sidor om spricklinjerna ger inom vissa regioner besked om i vad mån större eller mindre relativa förflyttningar har skett. I den meningen har inga säkra förskjutningar kunnat påvisas inom de fyra Östhammarsbladen. Antydning om sådana rörelser finns på enstaka ställen, t.ex. inom sydvästra delen av SO-bladet. Ingenting tyder heller på att stora vertikala rörelser skulle ha ägt rum utmed dislokationslinjen i Öregrundsgrepen, då att döma av bottenundersökningar urberg dominerar i området precis som på fastlandet och inga yngre bildningar påträffats (Ahlberg 1986). En flackt västligt riktad förskjutning på ca 400 m har likväl påvisats inom djupare delar av malmen i Danemora gruva enligt Lager (1986, s. 30 och fig. 12). Denna förskjutning framgår också av en motsvarande västlig utbuktning vid Gruvsjön (5b) av den med malmen förknippade magnetiska anomalin. Andra större spricklinjer är den med VNV-lig utsträckning söder om Hargs k:a (5i), åtföljd av ett flertal betydande mylonitzoner, samt den ca 50 km långa NNO-ligt orienterade spricklinjen från Storvreta (0b) i söder till St. Åssjön (9e) i norr. Till den senare hör breda zoner med starkt krossad berggrund, såväl av breccie- som mylonitkaraktär (rosafärgat på strukturkartan).

Brecciorna och myloniterna på Östhammarsbladen är till alldeles övervägande del läkta eller ådrade av kvarts. I småsprickorna däremot är kalcit den dominerande sprickfyllnaden (se nedan). Mäktigheten på krossbergarterna växlar vanligtvis från någon meter upp till femtio meter och endast undantagsvis däröver. Exempel på mäktiga, kvartsådrade myloniter i salisk gnejsgranit finns i korsningen mellan två i VNV och NNO orienterade spricklinjer, ett par kilometer norr om Gimo damm (5f). Utmed sistnämnda spricklinje, ca 1 km väster om dammen, finns vackra, kvartsläkta breccior med drusbildningar i tonalit. En anmärkningsvärt kraftig kvartsanrikning med en utbredning på åtminstone 50 x 200 m uppträder ca 750 m ONO om St. Släsby (2c; se rosafärg på strukturkartan). Det

handlar här sannolikt om en breccia i kvartsporfyrr (B saknas tyvärr i kartan) där inslaget av kvarts är svårt att uppskatta på basis av slipprov och torde kunna bedömas först efter mera ingående studier.

En utförlig undersökning avseende lineament, sprickzoner och sprickor i norra Uppland, har utförts i samband med projekt kärnbränslesäkerhet i trakten av Finnsjön (Olkiewicz 1981, s. 1–32). Det finns därför ingen anledning att här i detalj gå in på detta ämne. Endast en kort sammanfattning av vissa iakttagelser i nämnda publikation skall göras. Enligt en sammanställning över orienteringen av de ur satellitbilder framtagna lineamenten antyds sålunda en preferens för NNV- till NNO-liga riktningar medan öst–västliga sprickor är minst frekventa. De ur flygfotobilder tolkade medelstora sprickornas orientering visade sig också pendla mellan N och NNV. Orienteringen av de mindre, fotobildstolkade sprickorna, speciellt avseende trakten av Finnsjön med omgivningar, är mera obestämd dock med ett svagt maximum kring NV–NNO. Ett stort antal sprickor (>5 000 st) uppmätta på hällytor inom Finnsjöområdet visar att två mot varandra vinkelräta spricksystem i NO (ca 37 %) respektive NV (ca 30 %) dominerar där, även om också andra riktningar är rikligt förekommande. Sprickrikedomerna är stora i Finnsjöområdet, vilket en genomgång av ett flertal borrhälsdata härifrån bekräftar. Den höga sprickfrekvensen tyder på att området varit utsatt för upprepade tensioner och kompressioner under lång tidsrymd med åtföljande flera generationers sprickor där granitgångar i gnejsgranit i tur och ordning skärs av kvarts- respektive epidotfyllda sprickor under små förskjutningar i cm–dm-skala.

Enligt en undersökning av sprickfyllnader bl.a. i Finnsjöområdet utgör kalcit i inte mindre än tre generationer det vanligaste mineralet vid sidan av laumontit, prehnit, kvarts och klorit. Andra lermineral, pyrit, analcim, epidot och dolomit noteras också (Tullborg och Larson 1982). En osedvanligt kraftig infiltration av kalcit utmed sprickor representerar sannolikt några dm-breda gångar av kalcit, följbara ett antal meter, vilka påträffats på Norrudden (66970/16389) respektive Glupudden (66971/163845) norr om Stenskär på NO-bladet (9h). Gångarna bildas av 3–6 mm stora kalcitkristaller och innehåller för övrigt fragment från omgivande berggrund.

Vid tunneldrivning i samband med projekteringen av depositionsområdet för lågradioaktivt avfall nordost om Forsmarks kärnkraftverk (9g) på kartbladet Österlövsta SO påträffades bl.a. en ca 200 m mäktig krosszon i gnejsgranit (Carlsson och Olsson 1977). Sannolikt utgör denna zon en nordvästlig fortsättning på den i Öregrundsgrepen angivna dislokationslinjen, vars exakta förlopp inte kunnat fastställas. Linjen kan dock följas mellan Öregrund och Gräsö utmed norra kusten av Söderön ned mot Singö. Den överkorsar enligt Talbot och

Sokoutis (1988) en liten udde på Söderön benämnd Hamnholmen (ca 5 km O om kartbladsgränsen). Studier där har lett till uppfattningen att linjen ingår i en gammal plastisk, ca 5 km bred rörelsezon ("*the Singö shear zone*") och utgör norra begränsningen av denna zon. En mycket kraftig deformation kännetecknar Hamnholmen, med extrem utvalsning av berggrunden och ibland med lokala uppsmältningar till pseudotachylit som följd. Den höga, närmast orogena åldern på rörelsen, framgår därav att överskärande yngre graniter i huvudsak tycks vara opåverkade. Förhållandena på Hamnholmen tyder på att den där definierade Singölinjen knappast motsvarar de från nordväst kommande betydligt yngre dislokationslinjerna med krossbergarter i området utan att fortsättningen på dessa sannolikt löper i havet något längre norrut. I området för "Singö skjuvzon" för övrigt tycks deformationen på intet sätt vara mer framträdande än i områdena omedelbart söder om zonen.

Den påtagliga bristen på diabasgångar i norra och mellersta Uppland inklusive Östhammarregionen är ett anmärkningsvärt faktum. Detta kontrasterar mot det söderut belägna Mälaramrådet, som inbegriper landskapet Södermanland, där sådana gångar är rikligt företrädade, speciellt i tidsintervallet 1 000–1 500 miljoner år (Patchett 1978). En möjlig förklaring härtill kan vara att de väldokumenterade vertikala blockrörelser som ägt rum i Sörmland-Mälaramrådet vid skilda tidpunkter berett plats för upprepade basaltiska intrusioner, i motsats till den mera statistiskt reagerande Upplandsprovinsen.

Malmområden och gruvor

Redan under 1400-talets senare del uppmärksammades sulfidmalmsförekomster-na inom södra fältet i Dannemora gruva. Först ett halvsekel därefter började järnmalmerna att i liten skala exploateras inom samma gruva, samtidigt som de uppländska järnbruken anlades, det ena efter det andra med denna malm som bas. Österbybruk nära invid gruvan, från tidigt 1500-tal, torde vara det äldsta. Några ytterligare av de namnkunnigaste bruken belägna inom den aktuella kartregionen är Tobo (6a), Hillebola (8a) och Berkinge (9e) på NV-bladet, Gimo (5g), Hargs (5i) och Forsmarks bruk (9f) på NO-bladet samt Vattholma (1b) på SV-bladet. På SO-bladet noteras Bennebols och Vällnora bruk, inget av dessa tyvärr med namn angivna på kartan, men belägna 1 km nordost om Norrsjön (0i) respektive mellan sjöarna Norrsjön och Vällnoren (0i). I huvudsak under tiden alltifrån mitten av 1600-talet fram till slutet av 1800-talet startades brytning av övriga malmer i norra Uppland. Av dessa märks främst de betydande malmerna i

Vigelsbofältet (7e) med blygsam start kring 1640 och Ramhäll (3 d), den näst största malmen i regionen i mitten av 1700-talet. I huvudparten av de många övriga, ofta små Roslagsgruvorna påbörjades brytningen först under 1800-talet, främst i mitten och slutet av detta sekel.

Flertalet av bruken hade sin storhetstid efter vallonernas invandring i början av 1600-talet och kunde under flera hundra år dominera marknaden med järn av högsta kvalitet, s.k. vallonjärn (Lindström 1987). Kombinationen av yrkeskicklighet och de gynnsamma egenskaperna hos Dannemoramalmen, med låga fosfor- och svavelhalter jämte hög manganhalt, bildade grundvalen för en lönsam järnframställning. Viktigaste avnämare var England, närmare bestämt ståltillverkarna i Sheffield, vilka till det dubbla världsmarknadspriset köpte in det s.k. Öregrundsjärnet, uppkallat efter utskeppningshamnen i Roslagen.

Den följande redogörelsen utgör endast en kort sammanfattning av tidigare litteratur rörande förekomster av järnmalm och mer underordnade kismalmer på de fyra Östhammarsbladen. Ämnet är alltför omfattande för att i detalj kunna redovisas eller vetenskapligt penetreras inom ramen för den här aktuella regionbeskrivningen. Än mer summariskt skildrade är malmerna i de kortfattade beskrivningarna som tryckts på respektive kartblad.

Den utan tvekan viktigaste källan till information utgör den numera klassiska "Malmboken" av Geijer och Magnusson (1944, s. 524–545). Som lämpliga komplement till denna vad gäller speciella regioner skall nämnas Åhman (1973) angående Vattholmafältet, Lindroth (1916) om Ramhälls gruvor med närområde samt Lager (1986) beträffande den viktigaste gruvan i området, nämligen Dannemora, vilken fortfarande är i drift. Mycket material med historisk, teknisk och ekonomisk anknytning kan också hämtas ur en sammanställning över gruvor och bergverk inom Frösåkers härad, som idag utgör en del av Östhammars storkommun (Wennberg 1930, s. 9–50). Avsevärd dokumentation finns också att tillgå i SGUs äldre kartbladsbeskrivningar serie Aa.

De ytterligare bidrag till kunskap om gruvorna som framkommit i samband med nu utförda rekognoseringar är tämligen blygsamma och kan inte mäta sig med tidigare iakttagelser under fortgående gruvdrift, då tillgängligheten var bättre. I dag återstår i huvudsak endast mer eller mindre övervuxna varphögar att studera, i den mån sådana finns tillgängliga och inte transporterats bort, vilket tyvärr ofta är fallet. Vissa gruvor har fyllts igen, ibland med sopor, och är för övrigt mestadels vattenfyllda. Flertalet är av säkerhetsskäl omgärdade med höga staket, vilket knappast ökar deras tillgänglighet men samtidigt gör det lättare att finna dem i terrängen. Många av gruvhålén uppvisar fortfarande en väl bibehållen fyr-, fem-, eller sexkantig förtimring.

Det exakta läget samt storlek och form på ett stort antal gruvöppningar finns angivna på de ekonomiska kartorna, ofta med namngivelse. Samtliga dessa har förts över på berggrundskartorna med vederbörligt gruvtecken, som antingen representerar en ensam eller flera mindre, tätt liggande gruvöppningar. De i de gamla Aa-kartorna anförda gruvtecknen har mestadels kontrollerats och deras lägen justerats med hänsyn till det nuvarande, mycket tillförlitligare kartunderlaget. Enstaka gruvor har inte kunnat återfinnas, medan andra tillkommit. Det gamla gruvtecknet, har i förstnämnda fall tagits med på de nya kartorna, vilket också gäller de sparsamt förekommande gruvnamnen på de äldre kartorna. En del av övriga oidentifierade gruvor på de äldre kartorna har dessutom kunnat namnges med hjälp av den tidigare nämnda publikationen av Wennberg (1930). Vissa förväxlingar av gruvnamn kan förekomma och uppstår lätt i samband med förnyade utmålsläggningar, men också till följd av oprecisa lägesangivelser eller att existensen av vissa gruvor fallit i glömska. En del gruvor med tillhörande gruvtecken, som delvis är obesökta, har lämnats utan kommentar i texten, då information saknas eller varit alltför bristfällig. Som allmän regel i den följande redogörelsen gäller att proportionsvis mera utrymme ägnats åt enstaka, små, av-sides belägna, inte tidigare nämnvärt omtalade gruvor, medan andra, där god dokumentation finns att tillgå i litteraturen, berörs mera kortfattat.

De vanligaste malmerna i regionen är skarnjärnmalm, kalkmalmer och i mindre utsträckning kvartsrandiga blodstensmalmer. Skarnjärnmalmerna är dels manganrika (MnO i medeltal 2–3 %) som i Dannemora och Ramhäll, dels manganfattiga (MnO < 1 %) som i Vattholmaområdet. Den i skarnmalmerna ingående magnetiten är ofta finkornig, kompakt, men också stundtals kvartsrandad.

Gruvor på kartbladet Östhammar SV

Redogörelsen för malmerna kommer i det följande huvudsakligen att ske kartbladvis med start på SV-bladet, i den längst i söder av kalimetaryoliter uppbyggda Vattholmasynformen och dess malmer. Eftersom en modern och ingående skildring av de senare redan föreligger (Åhman 1973, s. 1–24), finns knappast anledning att här gå in på detaljer.

Gruvverksamheten i Vattholmaområdet startade på 1840-talet men upphörde i huvudsak kring 1920. Fattiga till medelgoda skarnjärnmalm föreligger här med smärre inslag av svavelkis. Ingen malm är bruten djupare än 200 m, vanligen högst 100 m. Att fyndigheterna likväl utnyttjats kan skyllas det goda kommunikationstekniska läget. All produktion ägde rum i form av styckemalm.

Det är svårt att avgöra de olika malmstråkens inbördes relationer i fält. Anomalierna på den magnetiska kartan bildar inga entydiga, sammanhängande horisonter, utan visar rundade, från varandra separerade figurer mellan vilka konnekteringarna blir osäkra. Möjligen har vi att göra med två separata horisonter, av vilka den undre skulle utgöras av de i nord-syd utsträckta, antagligen samhöriga, malmstråken i Vattholmasynformens västra del. De stryker från Salsta via Brunna ned mot Stenby-Lenabergs gruvor med fortsättning i en här OSO-ligt orienterad magnetisk anomali. Den senare vänder i synformens spets och följer dess östra sida upp mot nordväst, där de små Fornby- och Körlinge-gruvorna är belägna. Den övre horisonten skulle i så fall representeras av, och starta med, två små gruvförsök öster om Brunna (Storslätts- och Grustagsgruvorna, ej markerade i denna karta, se Åhman, s. 15) med åtföljande magnetisk anomali belägen väster om järnvägen, ca 1 km norr om Vattholma hpl. Fortsättning på horisonten skulle vara det stora kalkstenslagret vid Lenaberg med tillhörande OSO-lig magnetisk anomali. Denna liksom kalkstenen böjer upp mot Kallmyra, om än båda svagt antydda och förstärks vid Sörbergs gruvor med tillhörande kalksten. Den likaledes i kalksten uppträdande Strömhagsgruvan utgör av allt att döma horisontens fortsättning, som för övrigt kan följas norrut utmed en kraftig, nästan sammanhängande anomali inneslutande Koltorps-, Kajsa- och Farmorgruvorna.

Salsta gruvor (1b), ca 4 km norr om Lena k:a, består av ett tiotal vattenfyllda gruvöppningar av växlande storlek med ca 500 m utsträckning i nord-syd. Malmen bildar i huvudsak ett flertal NNV-SSO-ligt orienterade brantställda lager med tillsammans 5-6 m bredd och en fältstupning av 60° mot söder. Sidostenen är en skiktad, rödgrå metaryolit. Malmen är en skarnrik svartmalm, men även kvartsrandade led påträffas. Mineralparagenesen omfattar förutom magnetit något svavel- och magnetkis jämte aktinolitiskt hornblände i stor mängd. Kvarts, klorit, epidot, calcit och granat tillkommer (jfr granatsammansättning i tabell 7). Enligt äldre analyser varierar järnhalterna mellan 37 och 58 % samtidigt som halterna av S, P och Mn är låga. Beträffande sammansättningen hos skarn- och järnmalmer inom Vattholmafältets olika gruvor hänvisas för övrigt, om inte annat nämns, till tabellerna 1-4 i Åhmans arbete. Brytningen i Salsta gruvor pågick oavbrutet mellan åren 1854 och 1894 och upphörde helt 1904. 80 000 ton styckemalm hade då utvunnits, till vilket skall läggas ca 20 000 ton genom magnetisk sovring i sen tid ur varpen utvunnen malm. Gruvans djupaste nivå är 95 m.

Brunna gruvor (1b), ca 3 km norr om Lena k:a, stryker också dessa nord-syd i form av ett tiotal gruvöppningar utmed 500 m sträckning i branta, högst

2.8 m breda malmlinser med en fältstupning av 60° mot söder. Såväl kvartsrandig som grönskarnrandig magnetitmalm föreligger här i en omgivning av rödbrun, delvis kvartsporfyrisk metaryolit. Den till gruvorna hörande varpen har stor utbredning trots att genom magnetisk separation ca 16 000 ton malm utvunnits ur denna i slutet av 30-talet. Från början av 1860-talet fram till år 1922 beräknas väl 120 000 ton styckemalm ha tagits ut med leverans till Söderfors bruk. Den djupaste delen av gruvan nådde 200 m. Antalet anställda uppgick till ett 20-tal man. Skamparagenesen liknar den i Salsta, med undantag för inslag av kalkstenar i varpen i Brunna. De två sydligaste gruvorna i Brunnastråket belades med utmål så sent som 1914 och benämnes från norr till söder **Rönningssgruvan** respektive **Norra Skärtomtsgruvan**. Den förstnämnda malmen är helt obetydlig, medan den senare är utbildad som en stock med 70° stupning mot sydost och en area av ca 30 m². Den bröts i ett schakt ned till ca 40 m djup. Malmfångsten här under ca 5 års brytning uppgick till ett par tusen ton. En mindre, horisontellt lagrad kalksten finns enligt gruvkartan på 25 m-nivån.

En sannolik fortsättning på nu nämnda malmstråk utgör **Stenby-Lenabergs gruvor** i ett ca 300 m långt nordväst-sydostligt stråk med ett tiotal gruvor, ca 1 km SSO om Lena k:a (1b). Av dessa är två belägna på västra sidan av gamla vägen, medan den nybyggda motortrafikleden skär av den sydostligaste av gruvöppningarna. De två därpå åt nordväst följande gruvorna har fyllts igen. Stora, nu delvis övervuxna varphögar vittnar om verksamheten. Malmen bildar små från varandra avgränsade, en eller annan meter breda linser med brant sydvästlig stupning. En del kalksten har påträffats i varpen mitt på stråket vid den s.k. Storgruvan, som uppges vara bruten ned till 70 m djup. Malmen är dels en kvartsrandig magnetitmalm med obetydligt inslag av blodsten, dels en skarnjärmalm i en omgivning av röd, något porfyrisk metaryolit. Av skarnmineral, förutom de gängse förekommande, märks särskilt biotit och granat, den sistnämnda av manganrik typ (se tabell 7). Även silverhaltig blyglans har noterats (Per Nysten muntl. medd.). Järnmalmsbrytningen pågick under 1850-1860-talen och torde ha uppgått till minst 14 000 ton. En väl bibehållen fyrkantig respektive sexkantig förtimring kvarstår runt några av gruvöppningarna. De fortsättningsvis till den undre malmhorisonten hörande Fornby- och Körlingegruvorna (se ovan) nära gränsen mot urgraniterna i nordost (1c) är mycket obetydliga. **Fornby gruvor** bildar ett par skärpningar i två nordost-sydvästligt anlagda tunna skikt av kishaltig magnetit. Sidobergart är en grå metavulkanit där hornblände och klorit utgör skarn. Utmålen försvarades här endast under ett fåtal år på 1860-talet. **Körlingegruvan**, ca 1 km öster om Vattholma f.d. sjukhem, utgörs av två nu delvis igenfyllda gruvhål belägna invid vägen mot Rasbokil.

En obetydlig nord-sydligt orienterad malm föreligger här i rödgrå metavulkanit och antas kopplad med nyss nämnda Fornby gruvor. Mineralparagenesen utgörs vid sidan om magnetit och svavelkis av hornblände, klorit, kvarts och epidot. En planimetrisk analys av järnmalmen (Åhman tabell 3) visar 47 % magnetit, 31 % epidot och 21 % hornblände. Ca 200 ton malm bröts här 1857, och utmålet försvarades till 1861.

Den tidigare nämnda övre malm-kalkstenshorisonten i Vattholmafältet, följbär via det långsträckta kalkstensstråket vid Lenaberg, når efter omböjningen mot nordväst den lilla kismineraliserade **Stinagruvan** (1c) alternativt Kallmyra silvergruva. Denna år 1919 utmålsbelagda, en gång ca 12 m djupa gruva, utgörs nu av ett ca 5 x 5 m stort hål med omgivande obetydlig varp. Smärre impregnationer av blyglans och svavelkis i kalksten förekommer här, vilket också är fallet både i det norrut belägna kalkstensstråket vid Sörbergs gruvor och i nyssnämnda Lenabergs kalkstensstråk. Den höga silverhalten i blyglansen är orsak till gruvförsöket (se Åhman, tabell 6). Ca 500 m nordvästut i det aktuella stråkets förlängning är två gruvhål markerade. De är ca 5 x 5 m stora, vattenfyllda och förtimrade utan synbar varp eller fast anstående.

Sörbergs gruvor något längre mot norr består av ca fem gruvöppningar utmed 300 m sträckning. Den största och nordligaste av dessa, kallad Oxhagsgruvan, är ca 10 x 5 m i tvärsnitt och numera igenfylld. Den är belägen inom Vattholma f.d. sjukhems område, men har tyvärr av misstag i kartan placerats ca 1 km öster härom. Den under 1860-1870-talen i samtliga gruvor utbrutna skarnjärnmalmen här uppgår till ca 1 650 ton. Föroreningar av svavel- och koparkis i malmen torde ha förhindrat fortsatt brytning. Som skarn märks främst hornblände, epidot och granat. Via den lilla, nu i det närmaste igenfyllda **Varggruvan** (Åhman, s. 20), når den övre malmhorisonten fram till den icke obetydliga **Strömhagsgruvan** (1b), som är den äldsta i Vattholmaområdet och utmålsbelades redan 1841. Den påbörjade verksamheten upphörde snart på grund av ett rikligt vattenflöde i gruvan men tog åter fart under första världskriget, åren 1916-18, då ca 25 000 ton malm utvanns. Vid senare investeringar, 1952-54, med inrättandet av ett magnetiskt anrikningsverk, fördjupades det gamla schaktet från 70 till 115 m. Ytterligare 4 000 ton stufmalm uttogs härvid. Järnhalten var dock låg, 42-47 % Fe. Malmen bildar två bågformade nära samhöriga, vertikallagda skivor med 4-8 m bredd, konformt insiktade mellan en central stock av kalksten med veckaxel stupande 80° mot sydost och en yttre zon av röd hälleflinta. Gruvan är rik på mineral, av vilka främst märks tungspat med BaO-halter mellan 6 och 13 %. Minalet uppträder i cm-tjocka, parallellt med stängligheten utvalsade spolar. Även bornit och blyglans föreligger. Små mängder av

blodstensmalm har noterats. Malmen är den manganrikaste i hela fältet med MnO-halter >2 % (Åhman, tabell 2).

De anslutningsvis norrut belägna Koltorpsgruvorna, inklusive Kajsa- och Farmorsgruvorna, tillsammans ett tiotal gruvöppningar utmed 700 m nord-sydlig sträckning, är samtliga belägna i en stor mängd parallella, ömsom smälare ömsom något bredare, vertikala järnmalmsskikt med en fältstupning av 60° mot söder. Den omgivande bergarten utgörs av en gråröd, vackert bandad hälleflinta i **Kajsagruvan** där en finkornig, delvis bandad, skarnig svartmalm anstår. Skarnmineralen här består av tremolit, hornblände, klorit, epidot och diopsid jämte svavelkis. Även kisförande kalksten har iakttagits på varpen. En planimetrerad svavelkisförande malm här visade följande sammansättning: 47 % magnetit, 11 % svavelkis, 17 % klorit och 25 % epidot (Åhman, tabell 3). Gruvan, som upptäcktes vid sekelskiftet, är belägen helt nära gränsen till urgraniterna och markeras av två vattenfyllda hål med sexkantig förtimring. Ca 65 ton utskrädd svartmalm producerades enligt brytningsstatistiken här år 1909, men de stora varphögarna tyder på en mera omfattande verksamhet. I den nordväst härom belägna **Farmorsgruvan** utgörs sidostenen av en kompakt, rödgrå metavulkanit. Biotit, klorit och hornblände ingår som skarn. Malmen, som lokalt är rik på svavelkis, bröts under första världskriget ned till 70 m djup, varvid i allt ca 1 300 ton utskrädd sådan togs ut. De söderut belägna **Koltorpsgruvorna** alternativt **Rudtorpsgruvorna** har under 1870- talet totalt producerat ca 3 500 ton prima malm. En viss förvirring beträffande namngivningen råder i detta fält, där utmålsnamn och gruvnamn lätt förväxlas (se Åhman, s. 9–10). Kvarts, hornblände, granat och epidot bildar här skarn i en med brant sydlig axel, intensivt tvärveckad, skiktad metavulkanit.

Ängsgruvan (1b), 1,5 km söder om Salsta slott, kan inte tillskrivas någon av de båda tidigare nämnda malmhorisonterna och skiljer sig från dessa brant F₂-tvärveckade malmer genom att uppvisa en tämligen flack mot norr riktad fältstupning enligt Geijer (s. 525). Möjligen döljer sig bakom denna en gammal F₁-veckaxel, bildad som en kulmination inom den övre malmhorisonten. Malmen, som utgör en nord-sydlig ca 4 m bred skiva i röd kvartsporfyr, bearbetades vid två tidpunkter, nämligen 1917–19 och 1943–45, med ett totalt uttag av ca 6 000 ton. Ett metermätigt kalkstenslager uppträder också enligt gruvkartan. Ytterligare några små gruvor eller gruvhål nordväst om Vattholmafältet skall omnämnas.

Uvlunge gruvor (3a), ca 4 km NNV om Viksta k:a, består av ett tiotal, delvis tämligen djupa schakt, det största ca 20 x 10 m, omgivna av en ansenlig varp. Malmskiktad, internt småveckad, grå hornbländeskarnig leptit ligger här

som större eller mindre nu utbrutna skivor i omgivande diorit (Pettersson 1871, s. 22).

Markgruvan (3a), 5 km NNO om Viksta k:a, utgör en obetydlig grop i lösa avlagringar med en liten intilliggande varphög som helt består av finkornig, skarnrandig magnetit. Ett slipprov visade följande mineralfördelning: magnetit > ljusgrön diopsid med diallagspaltning \approx brungrön kalkgranat \approx epidot \approx kvarts > plagioklas.

Gruvtecknet (3b), 5 km NNO om Viksta k:a, markerar ett 5 x 4 x 3 m stort blockfyllt gruvhål med enstaka flisor av finkornig magnetitmalm.

Gruvtecknet (4a), 1 km ONO om Romstarbo sydost om Vendelsjön, antyder en 5 x 5 x 3 m stor nu igenrasad grop med anstående finkornig magnetitmalm och dito varp. Ett ost-västligt stråk av kalkmalm återfinns i två gruvhål belägna ca 500 respektive 700 m ONO om Nybol, 2.5 km sydost om Vendelsjön (3a). I den västra ca 20 m långa gruvöppningen provtogs dels en natronbetonad metavulkanit, dels en kalkmalm med följande mineralfördelning: kalcit >> malm \approx biotit > tremolit, hornblände och titanit. Kalkmalmen här påminner helt om den vid Ramhälls- och Dannemora gruvor.

Gisselby gruva (4c), belägen ca 1 km sydost om Dannemorasjöns mellersta del, bildar ett ca 10 x 10 m stort, ej vattenfyllt hål. Detta omges av en övervuxen mindre varphög helt bestående av grå karbonatsten med något kis och utan märkbart inslag av malm. Sidostenen utgörs av en violettrosa, skiffrig kvartsporfy. Gruvan ligger mitt i en kraftig magnetisk anomali som norrut knyter an till den vid Dannemora gruva. Huruvida magnetit möjligen ingår lokalt i djupare belägna delar av den nämnda karbonatstenen och förklarar anomalin har ej kunnat utrönas.

Gruvorna i **Ramhäll** har utan tvekan varit de mest produktiva på SV-bladet och beskrivs tillsammans med omgivande mindre gruvor mycket utförligt av Lindroth (1916, s. 1–149). Även Geijer (1944, s. 526–27) ger en redogörelse för Ramhäll som dock i huvudsak baseras på Lindroth, vilket också är fallet med Magnusson (1953, s. 278 och 1973, s. 204) om man bortser från en del modernare brytningsstatistik. En populär skildring över Ramhälls gruva av förutvarande platschefen där skall också rekommenderas för den som önskar vidare information om historik och brytningstekniska förhållanden (Vällfors 1973).

Inom Ramhälls by (3d) är ett femtiotal schaktöppningar av växlande storlek belägna i ett ca 1.5 km långt och 50 m brett öst-västligt utsträckt, järnmalmsförande stråk. De viktigaste i området uppträdande kalkrandiga magnetitmalmerna finns i två vertikalstående, parallella, dolomitiska kalkstenslager, som tillsammans är ca 20 m breda, och som i huvudsak omges av natronbetonade meta-

ryoliter. Några tiotal meter norr härom förlöper ett parallellt och sammanhängande lager av kvartsbandad blodstensmalm, i detta fall i en omgivning av kalibetonade metavulkaniter. Även tunnare bäddar av ren kalksten ingår här (se s. 67). En markerad magnetisk anomali på ca 2 km längd åtföljer malmzonen i Ramhäll.

De genomgående skiktvis i cm-skala av karbonatsten och magnetit uppbyggda kalkmalmen är förhållandevis manganrika (0.5–2.5 %) för att ligga i en natronbetonad miljö. Normalt brukar sådana malmer uppträda bland kalirika vulkaniter. Järnhalterna i kalkmalmen beräknas ligga kring 25 % Fe, framräknat ur brytningsstatistiken från år 1966, då 165 000 ton malmhaltigt berg efter magnetisk sovring gav upphov till 120 000 ton anrikningsmalm med ca 30 % Fe. Halten av fosfor var i detta fall 0.018 %, svavel 0.31 % och Mn 1.52 % (Magnusson 1973, s. 204).

Som tidigare framgått ingår siderit och manganspat i dolomiterna och en spessartinrik granat bildar särskilt framträdande skarn även om diopsid-hornblände-epidotskarn också påträffas, främst invid de kvartsbandade blodstensmalmen. Såväl sistnämnda malmer som kalkmalmen är med säkerhet bildade i en marin miljö, dock under stark påverkan av och initierade genom hydrotermala tillskott i en vulkanisk omgivning. Att gå in på malmenas genes är inte avsikten här. I stället hänvisas till de viktiga bidrag i denna fråga som lämnats av såväl Lindroth (1916, s. 79–84) som Geijer (1954, s. 293–305). Sistnämnde diskuterar den generella problematiken kring de kvartsrandiga malmenas bildning.

Det första år från vilket uppgifter om malmbrytningens storlek i Ramhäll föreligger är 1838. Fram till 1929 uppfordrades ca 640 000 ton malm, varefter verksamheten tillfälligt upphörde om man bortser från en betydande magnetisk sovring av lågvärdig malm på varphögarna. Efter stora investeringar, då bl.a. ett 336 m djupt uppfodringschakt drevs, återupptogs driften fr.o.m. 1947 fram till 1975, då brytningen upphörde. Under dessa år producerades ca 3.7 milj. ton malm. Ungefär 200 000 ton malm togs ut årligen i slutet av verksamheten och anrikades till en 62-procentig slig. I allt ca 4.3 milj. ton malm alternativt malmhaltigt berg har totalt brutits under årens lopp och enligt Vällfors (1973, s. 170) torde återstående malmreserver uppgå till ca 6 milj. ton. I ett undersökningschakt ned till 480 m kunde konstateras att mäktiga karbonatstenar fortfarande anstår därnere men att malmen inte var brytvärd. Enligt Vällfors (genom intervju) lutar malmen först brant mot söder men står efter 250 m slutligen vertikalt. Försök till anrikning av de norr om kalkmalmen belägna kvartsrandade blodstensmalmen med hjälp av en komplicerad skakbordsteknik har vidare

givit klena resultat, varför brytning av dessa malmer ur kvantitativ synpunkt helt saknat betydelse.

En ca 500 m lång planerad undersökningsort norrut från Ramhäll till den lilla Kolsveds- eller Lergruvan (på berggrundskartan gruvtecken utan namn norr om Ramhällsstråket) kom dessutom av olika skäl aldrig till utförande. En sådan ort skulle möjligen gett svar på frågan om lagerserien bildar en monoklinalt upprest, av urgraniterna avskuren skiva, eller om en starkt hopklämd synklinall föreligger, vars södra skänkel Ramhällsstråket utgör. Synklinallens norra skänkel skulle i så fall kunna bestå av Kolsvedsgruvornas magnetitskiktade, porfyriska metavulkaniter, som via en tydlig malmmineralisering söder om avfallslagren (tre med dammar betecknade ofyllda fält) har sin fortsättning i den i vulkanitstråket, ca 3 km österut, belägna **Tälgruvan**. De stratigrafiska förhållandena vid denna gruva, med sannolik uppåtriktning mot söder, stöder en sådan uppfattning. Gruvan utgör en obetydlig vattenfylld grop med en liten varp bestående av finkornig magnetitmalm samt magnetitfläckigt epidot-pyroxenskarn. Ca 200 ton malm bröts här 1902–1906. I en profil några hundra meter mot söder från gruvan räknat påträffas först intensivt veckad, finbandad, skarnig, röd metavulkanit, i sin tur följd av en bred zon med rikligt inslag av en polymikt, vulkanisk breccia och slutligen en kraftigt förskiffrad, röd kvartsporfy. Breccian består av decimeterstora rundade bollar av kvartsporfy jämte mer kantiga sådana av magnetitrikt skarn av samma slag som i gruvvarpen, allt i en matrix av rödgrå metavulkanit. Av bollarna eller fragmenten att döma utgörs underlaget sannolikt av den norrut genom Tälgruvan strykande malmhorisonten, varför den stratigrafiska uppåtriktningen, som tidigare nämnts, tycks peka mot söder.

Veckaxelstupningen i den förmodade Ramhällssynklinallen bedöms av Lindroth vara ca 30° mot väster i fältets östra del men längre västerut slå om till flack östlig stupning, vilket också bekräftas av Geijer (1944, s. 527). En västöstligt utsträckt undulerande F_1 -veckaxel torde alltså föreligga. Även veckning utmed vertikalt stående axlar har noterats i fältets magnetitrandiga karbonatstenar (Lindroth, s. 71), och motsvarar sannolikt till F_2 -deformationen hörande tvärveckningsaxlar.

Ägaren till gruvan sedan 1942 fram till dess nedläggning 1975 har varit Stora Kopparbergs Bergslags AB. De senare årens produktion av järnmalmsslig förbrukades inom landet främst av SKF Hofors bruk, dit vägburna transporter ägde rum. Av ekonomisk betydelse har varit makadam som biprodukt av brytningen och en del anrikningsavfall användbart som vägmateriel.

Det ca 2.5 km långa i ONO-VSV orienterade järnmalmstråket utmed vilket Släsby-Baggebols gruvor (2c) är belägna, ingår möjligen i samma hori-

sont som Ramhällsstråket och uppvisar betydande likheter med detta. Tillhörande magnetiska anomalier är dock tydligt särade, vilket gör konnektionen något osäker. Ligheterna består framförallt i förekomsten av magnetitbandade kalkmalmer i något fall jämte närvaron av karbonatstenar här och var. En med hämatit uppblandad magnetitmalm uppträder emellanåt enligt Lindroth (1916 s. 85), vilket jämsides med förekomsten av finskiktade, röda metavulkaniter påminner om förhållandena vid Ramhäll. En kort beskrivning av de olika namngivna gruvorna, vilka tillsammans omfattar ett tjugotal mindre gruvöppningar, skall ges i det följande med början i den längst i öster belägna **Skallbygruvan**. Denna utgörs av två grunda ej vattenfyllda gruvhål med måtten 4 x 1.5 respektive 7 x 3 m. Kisförande magnetit ingår i varpen.

Karolinagruvan, ca 500 m väster om Skallbygruvan invid nord-sydgående väg, bildar tre gruvöppningar av vilka en, väster om vägen, är 3 x 3 m medan två hål öster om denna är 6 x 6 m respektive 15 x 4 m och tämligen djupa. Sopor utfyller nu ett av hålen. I den stora varpen ingår förutom grå, skiktad kalkmalm (jfr Ramhäll) även rödviolett, finbandad hälleflinta. Skiktvis anordnade kvartsströkorn uppträder i den senare. Gruvan som bröts åren 1848–1886 är den i särklass största i fältet med ett uttag på ca 3 500 ton.

Vidare västerut invid vägs slutet vid Gruvstugan ligger **Baggebols gruvor** av vilka den största, nu vattenfylld, mäter 50 x 3 m. Ett par mindre gruvhål om 5 x 3 m ligger något norr därom. I varpen ingår förutom röd skiktad metavulkanit, magnetitfläckigt hornbländeskarn. Smala kalkstensskikt finns dessutom i fast klyft. Åren 1851–1874 bearbetades Baggebols tre gruvor tidvis med ett uttag av 860 ton. Malmen uppges ha varit 1.5 m bred på 22 m djup. Den ca 100 m sydväst härom belägna **Långgruvan** består av två mindre nu vattenfyllda hål med 6 x 2 m respektive 10 x 2.5 m area. Varpen är lik den vid Baggebol.

Sixten- och Hällgruvorna från öster mot väster räknat representeras av de fyra gruvtecknen belägna öster om den i kartan angivna nord-sydliga sockengränsen. **Sixtengruvorna** utgörs av två 4 x 10 m respektive 5 x 12 m stora gruvöppningar. **Hällgruvorna** är fyra till antalet med 3 x 10, 2 x 7, 2 x 2 och 2 x 5 m area. Gruvorna ligger i en cm-dm-skiktad hälleflinta med inslag av kalkstenslager och skarn. De sex gruvtecknen belägna väster om nämnda sockengräns benämns **Släsby gruvor**, som utgörs av ett tiotal schakt av vilka några av de större har 4 x 30, 4 x 12 eller 4 x 10 m area. Enligt Lindroth (s. 84) bearbetades dessa gruvor åren 1769–1780 med ett uttag av ca 1 000 ton. Malmen, mellan 2 och 4 m bred, omges av en rödviolett, skiktad metavulkanit. **Knivsta gruva**, belägen ca 2 km åt VNV, ligger sannolikt i förlängningen av nu nämnda stråk möjligen skild från detta genom en mindre dislokation i nord-sydlig riktning.

Den helt obetydliga gruvan omges av finskiktade metavulkaniter med lokala inslag av kalkstenshorisonter.

Ett antal gruvor belägna nordväst respektive nordost om Ramhäll ligger samtliga inom av urgranitmagman lösryckta, ibland hopveckade partier av tidigare sammanhängande metavulkaniter. Mest intressant av dessa är **Stenringens gruva** (3c), ca 5 km nordväst om Ramhäll, som utgör en inte obetydlig skarnjärnmalmsförekomst associerad med kalksten och pyroxenskarn, omsluten av porfyrisk natronmetavulkanit. Den i detalj av Lindroth (1916, s. 86–89 med tillhörande profiler) beskrivna gruvan är unik i så motto att den bildar ett trattformigt sammanveckat brottstycke med spetsen riktad nedåt i en omgivning av tonalitiska urgraniter. Gångar av de senare skär över fyndigheten, vilket också är fallet med en metadiabas sannolikt tillhörande generation 3 (se s. 122). På grund av ogynnsamma blottningsförhållanden är åldersrelationerna mellan metadiabasen och tonalitgångarna oklara men likväl sannolikt inte i enlighet med de av Lindroth ovan anförda profilerna (jfr även i Lindroth, s. 107). Brytningen i gruvan ned till ca 50 m nivå upptogs 1833 och pågick med avbrott fram till 1897. Det totala uttaget i den nu helt uttömda, halvcirkelformade och vattenfyllda gruvan har uppgått till ca 55 000 ton. Anmärkningsvärt nog är den magnetiska anomalin vid gruvan mycket låg, men desto större i den ca 300 m längre söderut belägna **Bondgruvan**, som enligt ekonomiska kartan har en area av ca 20 x 10 m.

1.5 km öster om Stenringen ligger **Flymyra gruvor** i en bergsluttning söder om vägen med sex grunda ej vattenfyllda gropar inom ramen för en mindre skiva av röd kvartsporfyrt omsluten av tonalit. Varp saknas. **Svensarva gruva**, 5 km nordost om Ramhäll, utgörs av tre små, tätt liggande gruvhål med 15 x 10, 4 x 4 respektive 3 x 4 m area belägna i metavulkanit i en omgivning av gnejsgranit. Enligt Lindroth (s. 89) uttogs under åren 1855–56 ca 420 ton av svavelkisförorenad, epidotskarnig malm ur en 2 m bred och 4 m lång malmskiva ned till 13 m djup. **Transättra gruva**, ca 3.5 km nordost om Ramhäll, också denna i en omgivning av gnejsgranit utgörs av tre små gruvor av vilka de två större mäter 10 x 10 och 2 x 6 m. I det magnetitfläckiga skarnet uppmärksammas främst grönt och färglöst hornblände jämte epidot. Under brytning mellan åren 1834 och 1862 uttogs ca 75 ton (Lindroth, s. 89).

Gruvor på kartbladet Östhammar NV

I **Dannemora gruvor** (5c), belägna inom den i särklass mest betydande järnmalmsfyndigheten i hela Uppland, påbörjades verksamheten för mer än fem-

hundra år sedan i en associerad, obetydlig, något silverförande bly- zinkmineralisering i fältets södra del. Först femtio till hundra år senare kom exploateringen av järnmalmen igång på allvar. Brytningen skedde till en början i dagbrott av vilka ett åttiotal är kända. Det största av dessa, den s.k. Storrymningen, beläget strax norr om centralschaktet har imponerande dimensioner och mäter 175 x 45 m med ett djup av 140 m. De magnetitmalmer, utan spår av blodstensinblandning, som i första hand brutits är koncentrerade till ett synklinallartat uppbyggt, ca 3 km långt och 400–800 m brett NNO-SSV-ligt utsträckt stråk av dolomitiska kalkstenar och skarn i intim växellagring med och omgivna av välbevarade hälleflintor. Stråket ifråga sammanfaller i allt väsentligt med en kraftig magnetisk anomali av liknande storlek och form. På grund av kraftig jordtäckning inom malmområdet är bergartsfördelningen i det nuvarande ytsnittet dåligt känt och den bild som presenteras i kartan starkt förenklad och osäker.

Bland äldre skildringar från Dannemora gruvor märks främst de av Erdmann (1851, s. 1–138), Fahlcrantz (1876, s. 1–15) och Törnebohm (1878, s. 1–85), alla rikligt åtföljda av längd- och tvärprofiler genom fältet jämsides med kartor in plano. Malmområdet, med dess många gruvor, redan tidigt geografiskt indelat i Södra, Mellersta och Norra fältet, behandlas ingående av nämnda författare där främst i Törnebohms publikation ett stort utrymme ägnats åt de enskilda bergarternas petrografi och inbördes relationer. En stor del av denna information är fortfarande aktuell och ofta citerad. Bortsett från en kort och lättfattlig exkursionsguide över Dannemora gruvor, utarbetad i anledning av den internationella geologkongressen i Stockholm 1910 (Sjögren, s. 1–12), har fältets vidare öden fram till 1940-talet fortsättningsvis skildrats av Geijer 1944 (s. 528–538). Under dessa år påträffades bl.a. en stor malm benämnd Diamanten, belägen väster om Mellanfältet på ett djup av ca 150 m under ett tak av hälleflinta. Denna numera ned till 400 m djup utbrutna kropp intar ett stratigrafiskt läge under malmerna i Mellanfältet och har sin fortsättning mot djupet i en genom flacka västliga förkastningar (jfr s. 163) avskild malmkropp på 500 till 600 m nivå (Lager 1986, fig. 12). Ingemar Lager (1986, s. 26–30), som konsult knuten till Dannemora gruvor under flera decennier fram till dags dato, har i just citerade publikation speciellt behandlat genetiska, stratigrafiska och tektoniska frågor förknippade med malmerna där. Många nya data har tillfogats under den långvarigt fortskridande underjordsverksamheten och ökad klarhet har vunnits beträffande malmernas utbredning och form. En av hörnstenarna när det gäller tolkningen av tektoniken inom hela regionen utgör den av Lager fastställda synklinala strukturen inom Dannemorafältet, som baseras på uppåtbestämningar med hjälp av "graded bedding", "crossbedding", erosionsytor och stromatoliter (alg-

strukturer) inom hälleflintor och karbonatstenar i området. Synklinalens botten, delvis genombruten av urgraniter, har påträffats i det Södra fältet på ca 550 m nivå, medan man vid bormningar företagna ned till 1 150 m djup i den norra delen av fältet varken nått botten eller påträffat urgraniter. Detta kan enligt mina egna beräkningar tyda på en minsta fältstupning hos synklinalen runt 20° mot norr.

Ytterligare en ca 2 km väster om Dannemora belägen parallellsynklinal (se strukturkartan) anses enligt Lager (1986, fig. 11) föreligga utmed ett nord-sydligt orienterat dubblerat stråk av kalkstenar delvis åtföljt av malmer. Den hypotetiska fortsättningen av de båda nämnda synklinalerna norrut, liksom mellanliggande antiklinal, samtliga sinsemellan förskjutna utmed nordvästligt orienterade förkastningar, antyds av den bifogade strukturkartan. I vissa detaljer skiljer sig här Lagers och mina rekonstruktioner åt, vilket knappast, under rådande oklara förhållanden, förändrar helhetsbilden. Enligt Geijer (s. 533) förekommer inom det Norra fältet både flackt och brant nordliga veckaxelställningar, de senare möjligen enligt honom att tolka såsom tvärveckningsaxlar lokalt överensstämmande med vissa fältstupningsdrag hos malmkropparna. Ett stort antal eruptivgångar genomsätter vidare malmfältet och har tidigare behandlats under kapitlet "gångar av felsitporfyr" till vilket läsaren hänvisas.

Mörka hälleflintor med kvartsströkorn överväger bland fältets vulkaniter. Strökornsfria, täta, violettgrå hälleflintor förekommer också liksom randiga sådana, fint växellagrande med kalkstenar (Nyström 1922). Faciesanalyser av de mestadels kalidominerade ryolitiska metavulkaniterna visar enligt Lager (1986, s. 29 och fig. 13) på förekomsten bland dessa av såväl ursprungliga strimmiga ignimbriter som i luft och vatten deponerade askor med extremt välbevarade strukturer. Uthålliga horisonter av fragmentbergarter tolkade som pyroklastiska breccior har också skiljts ut där cm-stora, kantiga hälleflints- och underordnat karbonatstensbitar uppträder i en matrix av hälleflinta. Även karbonatstensbreccior föreligger, vilka eventuellt utgör talusbildningar eller instörtningbreccior.

De i Dannemora dominerande, mestadels grå "järnbindiga" dolomitiska kalkstenarna, med inslag av järn- och mangankarbonater för vilka tidigare redogjorts (s. 65), är ofta magnetitförande och övergår gradvis i vad som i praktiken kan betecknas såsom kalkmalmer. Järninnehållet i de dolomitiska kalkstenarna varierar ofta från 5 till 30 % Fe jämsides med manganhalter mellan 0.5 och 1.5 %. Alla övergångar existerar lokalt mellan karbonatstenar, skarn och malmer. Skarnet är såväl manganrikt (upp till 25 %) som manganfattigt (Mn <1 %) och domineras i förstnämnda fall av mineralen dannemorit (Mn-cummingtonit), knebelit (Mn-olivin) och spessartin (Mn-granat) jämte växlande mängd av magnetit.

Det Mn-fattiga skarnet utgörs av diopsid, aktinolit, andradit, lokalt epidot samt magnetit.

Skarmalmerna, som uppträder i form av ett tjugofemtal lagerformade bäddar inom karbonatstenarna, har ett varierande tämligen högt järninnehåll, mellan 30 och 50 % eller mera sällan 65 %. Manganhalterna växlar mellan 0.2 och 1 % i de Mn-fattiga malmerna och från 1 till 6 % i motsvarande Mn-rika. Mangan förekommer inte alltid enbart spridd som silikater eller karbonater i malmerna, utan finns också lokalt i magnetiten, maximalt med 3 % dock vanligen 0.2–0.4 % Mn (Magnusson 1973, s. 202). Enligt Lager (muntl. medd.) är järnmalmerna vanligtvis inte skiktade utan har snarare karaktären av impregnationer utfyllande håligheter i karbonatstenarna. Magnetiterna i kalk- och skarmalmerna är genomgående finkorniga (0.04–0.1 mm) och malmen håller mycket låga fosforhalter mellan 0.001 och 0.007 % P. Lokala kismineraliseringar är vanliga, främst i form av ZnS, FeS, CuFeS, PbS och FeAsS. Svavelhalten i malmerna uppnår vanligen några tiondels procent. Halterna av Fe och Mn m.m. i de just omtalade kalk- och skarmalmerna är enligt Lager (1986, s. 29).

Följande redogörelse bl.a. beträffande produktionsstatistik och brytningsförhållanden i Dannemora gruvor går i huvudsak tillbaka på uppgifter lämnade i samband med en intervju av platschefen Mats Vällfors i oktober 1986. Vid tidpunkten ifråga hade den i Dannemorasynklinalens östra skänkel belägna **Konstängsgruvan** (se kartan) åter tagits upp till bearbetning (för detaljbeskrivning se Geijer 1944, s. 538). Malmen är både manganrik och manganfattig och bryts därför i lämpliga proportioner för erhållande av önskad halt. Den tas numera upp i det norrut belägna centralschaktet, medan samtidigt en ventilationsanläggning installerats i det till gruvan hörande schaktet. En annan viktig del av malmbrytningen fortgick i södra delen av Sjöhagsgruvan i det Norra fältet, där ett nytt spiralvridet uppföringsschakt konstruerats avsett för trucktrafik ned till den aktuella brytningsnivån. Den nuvarande gruvlaven, 72 m hög, färdigställdes 1955 då centralschaktet nådde 600 m. Enligt uppgift från Ingemar Lager vid ett exkursionsbesök till gruvan i april 1990 ligger den nuvarande brytningsnivån på 460 m. Skivrasbrytning tillämpas, varjämte krossning och magnetisk sovring sker på 510 m djup. Malmen, såväl anrikad slig som finfördelad högvärdig styckemalm (5–7 cm), har i medeltal en järnhalt kring 50 % med halter av mangan runt 1.5 %. Det något högre järninnehållet, approximativt 62 %, i den från Ramhäll levererade kalkmalmssligen, kommer sig av att magnetiten där bildar grövre korn och följaktligen är lättare att koncentrera än i Dannemora.

Nedastående sammanställning, enligt uppgifter från Mats Vällfors, visar dels

den totala mängden uppfordrad malm i Dannemora gruvor inom olika tidsintervall med början 1770, dels till höger motsvarande malmkvantiteter omräknade på årsbasis.

Malmbrytning i Dannemorafältet genom åren

1770-1870	100 år	1.5 milj. ton	15 000 ton/år
1870-1920	50 år	2.0 milj. ton	40 000 ton/år
1940-1965	25 år	5.0 milj. ton	200 000 ton/år
1966-1985	20 år	22.0 milj. ton	1 100 000 ton/år
1986-1989 ¹	4 år	4.7 milj. ton	1 170 000 ton/år
Total produktion		35.2 milj. ton	

¹ Uppgifter från Bergverksstatistik, SGU PM häfte 2-4, åren 1986-89.

Sammanställningen ovan belyser den till en början ständigt ökande brytningskapaciteten i gruvan, som dock stagnerat och varit konstant de senaste tjugofem åren fr.o.m. 1966. Ur bergverksstatistiken framgår också (ej i tabellen) att i medeltal 300 000 ton styckemalm ($\approx 50\%$ Fe) och ungefär lika mycket slig ($\approx 53\%$ Fe) producerats under de senaste fyra åren. Medelhalten hos den årligen brutna malmen på 1.17 milj. ton uppgick samtidigt till 33.5%. Av den förädlade malmen på ca 600 000 ton levererades i mitten av åttiotalet ca två tredjedelar till Oxelösunds järnverk och resten till Finland. Beräknade malmreserver 1990 är kring 30 milj. ton ned till ca 500 m djup i gruvan och skall adderas till de hittills minimalt utbrutna 35 milj. ton för att ge en uppfattning om denna gruvans ursprungliga potential. Av betydande ekonomiskt värde är den biprodukt i form av makadam som utvinns ur malmens sidosten i samband med krossningen. Gruvan som sedan 1978 ägs av SSAB skall enligt planerna tyvärr läggas ned inom den närmaste framtiden. Den sysselsätter f.n. ca 180 personer, varav 100 under jord och 30 i administrationen.

De tidigare omnämnda sulfidmalmen i Södra fältet bröts främst mellan åren 1880 och 1920 enligt Tegengren (1924, s. 300) och Baeckström (1923). Totalt uttogs ca 28 000 ton zinkmalm, 7 500 ton svavelkis och helt försumbart 50 ton blyglans. Sulfiderna uppträder som impregnationer i kalkstenar och järnmalmer, speciellt i de synorogena granodioriternas närhet. De anses på ett eller annat sätt förknippade med dessa, en tolkning som här ej närmare skall kommenteras (Tegengren, s. 302). Även bormineralet axinit påträffas i dessa sammanhang.

Utmed sprickor nedsipprande bergbeck har iakttagits såväl i gruvan som på andra håll. Källan till detta bitumenösa material kan möjligen ha utgjort nu bortvittrade kambriska alunskiffrar, som en gång fanns pålagrade urberget.

När det gäller lagerföljd, malmgenetiska förhållanden jämte modern geologisk karta med tillhörande profiler över Dannemora gruva vill jag till sist hänvisa till tidigare refererade publikation av Lager (1986).

Ett antal västerut från Dannemora belägna gruvor skall nu omtalas, av vilka de sydligaste är **Persbo gruvor**, ca 1.5 km nordväst om Dannemora k:a (5 c). Dessa utgörs av tre små gruvöppningar belägna i två NNO-ligt strykande, parallella och kalkassocierade malmstråk med 200 m avstånd enligt Lager (1986, fig. 11). Omgivande bergart är en tät, kvartsporfyrisk, natronextrem hälleflinta (se även Geijer 1944, s. 528). I den västligt belägna varpen påträffas röd, kvartsporfyrisk hälleflinta, aktinolit och rikligt med grovkristallin svavelkis. Den östliga varpen innehåller svart, grovt radialstråligt hornblände jämte granat och epidot, alternativt diopsid.

Ca 1.5 km norr om Dannemora k:a löper ett ca två km långt NNO-ligt stråk av karbonatstenar och malmer med åtföljande magnetisk anomali från Morströms gruva i söder fram till Bennbo gruvor i norr. Stråket ifråga bildar den västra skänkeln i den väster om Dannemora belägna parallellsynkinalen enligt Lager (1986, fig. 11). Synkinalens mittlinje i strukturkartan har tyvärr hamnat 200–300 m öster om den enligt Lager antydda linjen. Den längst i söder belägna **Moströmsgruvan**, utmärkt i den gamla ekonomiska kartan från 1952, har ej kunnat återfinnas. Den norr därom belägna **Klings gruva** åter, består av tre stycken ca 2 x 2 m stora gropar och en obetydlig varp där kisförande, skarnig hälleflinta, liksom kvartsporfyrisk sådan påträffas samtidigt som någon entydig malm ej kunnat urskiljas. Den något längre norrut belägna **Ramberg's gruva** markerad med ett gruvtecken består av åtta gruvöppningar, varav fyra norr och fyra söder om där passerande stig. De större gruvorna söder om stigen mäter 10 x 3, 5 x 5, 6 x 4 respektive 4 x 4 m. Brunvittrad dolomitisk kalksten påträffas i varpen vid sidan om magnetitfläckigt epidot-pyroxenskarn, lokalt med svavelkis. **Bennbo gruvor** i stråkets förlängning mot norr och markerade med två gruvtecken skall enligt äldre karta av Ingemar Lager omfatta ca fem gruvor utmed 150 m nordlig sträckning. Trots ivrigt letande har inga av dessa återfunnits. De kan möjligen ha fyllts igen.

Urso gruvor (6c) är belägna inom en isolerad, kraftigt markerad magnetisk anomali, ca 3 km väster om Film k:a och består av tre små schakt med 4 x 2, 2 x 2 och 3 x 3 m area. Varpen utgörs av ljusröd till grå, delvis kalibetonad, tät hälleflinta med strökorn av kvarts och fältspat jämte diorit. Enligt Geijer

(1944, s. 528) uppträder malmen här i form av magnetit- och järnglansförande kvartsrika ådror genomflätande hälleflintan, ibland som tydliga sprickfyllnader, ibland mera impregnationslikt, och är i detta avseende relativt unik. Enligt Lager (1986, fig. 11) torde även karbonatsten ingå i malmen, som utgör en nordvästligt förkastad fortsättning på det ovan uppföljda nord-sydliga malmstråket.

De tidigare omtalade för Ramhäll och Dannemora karakteristiska malmbindiga grå dolomiterna (se s. 65) tycks ha en fortsättning norrut från Dannemora i det stråk av kalileptiter som kan följas via Filmsjön och Lillbyasjön fram till den ej obetydliga **Hälsingegruvan** (6d) där varpen domineras av en mörkgrå, magnetithaltig dolomit, lokalt kisförande. Den ca 60 m långa och 8 m breda nu vattenfyllda gruvan, belägen väster om stora vägen har en NNO-lig utsträckning med en stänglighet av 40–60° mot NNV. I varpen ingår också finskiktad, violettgrå hälleflinta, magnetitimpregnerat hornbländeskarn och rosagrå jaspilitbandad kalksten.

Likaledes magnetit- och kisförande mörkt grå dolomit överväger bland de ca femhundra meter norrut, öster om landsvägen belägna gruvorna med början i **Hästhagsgruvorna** (7d). Dessa omfattar tre schakt med arean 10 x 10, 7 x 7 respektive 7 x 7 m. I den sydligaste av de följande fyra **Ragnhildsgruvorna** (7d), spridda utmed 150 m sträckning i nord-syd är också mörka, magnetithaltiga dolomiter starkt representerade i varpen jämsides med en finskiktad, grå hälleflinta. Gruvorna ifråga, samtliga vattenfyllda och några förtimrade, är från söder mot norr räknat 5 x 5, 20 x 10, 5 x 5 och 7 x 7 m stora. Den övervuxna varpen kring de tre norra gruvorna ger föga upplysning och innehåller bl.a. mörkgrå hälleflinta och biotitskarn med kisförande magnetit. Invid den femtio meter österut belägna **Jan Janssonsgruvan** (ytterligare en något östligare gruva enligt gamla ekonomiska kartan är sannolikt igenfylld) med ca 50 m² area innehåller den ganska otillgängliga varpen främst en vackert magnetitrandig, grå dolomit vid sidan av finbandad violettgrå hälleflinta.

Den ca 200 m nordvästut belägna **Elisabetgruvan** (7d) väster om vägen är nu delvis igenfylld med kringliggande övervuxen varp och ger föga information. Endast finkornig magnetit och hornbländeskarn påträffas här. **Vikens gruva** och **Kanongruvan**, ca 1 km norrut från föregående lokal räknat, öster om landsvägen, har båda i sin varp mörkgrå magnetit-, svavelkis- och magnetkisimpregnerad dolomit med inslag av aktinolit. Därtill fogas också finkornig magnetitmalmen. Den förra gruvan är 25 x 4 m och utsträckt i nord-syd med fast anstående dolomit utmed östra sidan. Kanongruvan åter strax söder därom utgörs av två i nordväst-sydost orienterade schakt, vardera ca 6 x 6 m stort, av vilka

det ena är ett förtimrat.

Mariebolgruvan, belägen ca 300 m sydost om de föregående, mäter 10 x 5 m, är vattenfylld och förtimrad. Den obetydliga varpen består mest av mörkgrå aktinolithaltig dolomit med hög magnetithalt. Sidostenen tycks vara en violettgrå hälleflinta.

Norrängsgruvan, ca 500 m NNO om vägskalet vid Andersbo (7d), utgörs av två gruvor av vilka den norra, som mäter ca 6 x 6 m, nu är fylld med skrot. Den är enligt uppgift väl 10 m djup. Den södra gruvan tycks vara utfylld med sten och är till omfånget obekant. I den ansefliga, fräscha varpen runt den senare påträffas främst mörkgrå, magnetitrandad dolomit och skiktad, grå hälleflinta. Ett gruvtecken sydostut på motsatta sidan av närliggande landsväg står för en ca 4 x 4 m stor nu helt igenfylld gruva.

Bredåsgruvan, 2 km nordväst om Andersbo, består av fyra gruvöppningar varav tre närliggande i sydost och en ensam i nordväst. Gruvorna, som samtliga är vattenfyllda och delvis förtimrade, mäter i tur och ordning 15 x 10, 10 x 10, 5 x 5 och 5 x 5 m. I omgivande ej obetydliga varphögar påträffas förutom magnetithaltig, mörkgrå dolomit, violettgrå hälleflinta, aktinolitiskt skarn, svavelkis jämte något magnetkis och zinkblände, rosa, medelkornig kalksten samt sekundärbildad muskovitglimmerskiffer. Ytterligare ca 700 m åt nordväst nära sydändan av Finnsjön finns ett 10 x 10 m stort vattenfyllt gruvhål med föga varp där en mörkgrå kisimpregnerad bergart noterats, vilken av sammanhangen att döma tycks vara den i flertalet nu omtalade gruvor städse närvarande mörka dolomiten. En överslagsräkning av de kvantiteter kalkmalmer som brutits i nu nämnda stråk från Hälsingegruvan i söder till Bredåsgruvorna i norr blir mycket osäker. Summan på arean av samtliga gruvor uppgår till ca 1 500 m², vilket vid ett antaget medeldjup av fem m på dessa skulle ge 7 500 m³ brutet berg plus malm eller vid en spec. vikt av 4.0 totalt motsvara 30 000 ton. Siffran anger endast storleksordningen av utbrutet tonnage men säger ganska litet om mängden producerad malm.

I den fortsatta redogörelsen för gruvorna på NV-bladet förflyttar vi oss nu ca 10 km mot sydost till det enligt Wennberg (1930, s. 43 och 49) benämnda Öst-mora gruvfält (6e). Detta är beläget söder och väster om byn med samma namn (6 e) i ett sydostligt orienterat vulkanitområde gränsande till gnejsgraniter i norr. Endast tre av tio i nämnda publikation namngivna gruvor har kunnat lokaliseras och identifieras med hjälp av den ekonomiska kartan, nämligen Långbro-, Sebastian- och Kalkbergsgruvorna.

Långbro gruva längst i sydost utgörs av två i väst-öst orienterade, vattenfyllda och närbelägna schakt 15 x 5 respektive 15 x 10 m stora. I den ej obetyd-

liga varpen möter man finkornig magnetit, diopsid-, hornblände- och granatskarn, rosa ådror av kalcit jämte kvarts och pegmatit. **Gruvtecknet** ca 750 m väster härom hänsyftar på en ej återfunnen, i gamla geologiska kartan anförd gruva, som nu sannolikt är igenfylld men antydd genom förekomsten av varp med epidot- hornbländeskarn ca hundra meter söder om angiven stig.

Den 1.5 km nordväst om Långbrogruvan belägna **Sebastiansgruvan** omfattar fyra gruvor utmed hundrafemtio meters VNV-lig utsträckning, den sydligaste 20 x 20 m och därpå följande 7 x 4, 15 x 5 respektive 50 x 5 m stora. Varpen utgörs av granat-, epidot- och hornbländeskarn vid sidan av magnetit. **En mindre och anonym gruva** ca trehundra meter sydväst om föregående utgörs av ett enda schakt på 4 x 3 m. I varpen noteras skiktad vulkanit, hornbländeskarn och magnetit.

Kalkbergsgruvan, belägen ytterligare 2 km mot NNV, sammanfaller med ett ca femhundra meter långt i nord-sydlig riktning utdraget kalkstensstråk med fyra på malm öppnade gruvor respektive 3 x 4, 10 x 6, 5 x 8 och 2 x 2 m stora inom det i kartan sydligast angivna gruvtecknet. Det mellersta gruvtecknet torde i huvudsak avse utbrutna något malmförande kalkstenslager med 25 x 3 respektive 25 x 8 m area. Det nordligaste gruvtecknet anger läget för Kalkbergsgruvan enligt den gamla ekonomiska kartan. Varpen i nu anförda gruvor består av medelkornig, vit och rosafärgad, finskiktad kalksten ibland med cm-breda skikt av magnetit. Vidare uppträder granat-hornbländeskarn med vackra epidotkristaller och slutligen skiktad, violettgrå hälleflinta.

Den ca 1 km längre mot nordväst på kartan angivna **Vikingsgruvan** skall heta **Vikängsgruvan** och utgörs enligt gamla ekonomiska kartan av tre östvästligt orienterade, i samband med kartläggningen obesökta gruvhål. Gruvan ingår dock ej bland det nu omtalade Östmorafältets gruvor, vilka senare mellan åren 1806-1873 lär ha producerat 3 000 ton järnmalm.

En del spridda gruvor inom västra delen av det nu avhandlade vulkanitområdet i gränsen mellan ekonomiska bladen (6d) och (6e) skall fortsättningsvis beskrivas, med början i den lilla **Matsgruvan**. Denna utgörs av fyra närliggande gruvor 5 x 4 m respektive övriga 4 x 4 m stora. Den obetydliga varpen innehåller kalksten, aktinolitiskt skarn jämte magnetit.

Krapelåsgruvan (ej namngiven på kartan) är belägen söder om vägen ca 250 m sydväst om föregående gruva. Den består av sex små vattenfyllda schakt, 8 x 6, 4 x 4, 4 x 3, 3 x 3, 3 x 2 och 2 x 2 m stora, och saknar varp. **Karolinagruvan**, belägen söder om vägen, ca 1.2 km öster om Lillbyasjön (6d), innefattar tre gruvor, 7 x 5, 4 x 4 och 3 x 3 m stora. I den ej obetydliga varpen finns magnetit, aktinolit-epidotskarn, ådror av kvarts och kalkspat samt skiktad

vulkanit. En ca 1 m bred fast anstående magnetithorisont påträffas i gruvan. **Slakersgruvan**, ca 2 km öster om nordspetsen av Lillbyasjön (6d) och belägen väster om en NNV-ligt gående väg, utgörs enligt gamla ekonomiska kartan av en enda liten gruva, som ej närmare undersökts. **Stina-Johannagruvan**, 500 m längre norrut, öster om nämnda väg, består av ett vattenfyllt hål, fyra meter i diameter och utan ansluten varp.

Augustagruvan (6d), belägen 400 m VNV om Stina-Johannagruvan, bildar enligt Geijer (1944, s. 539) en ca 100 m lång, NNV-ligt utsträckt malmkropp, som är omkring fyra meter bred och bruten ned till 31 m djup. Tre av fyra iakttagbara schakt här är 7 x 7, 5 x 5 och 5 x 5 m stora och omges av en betydande varp. Malmen är i huvudsak en fint kvartsrandig blodsten omgiven av en vackert i gråröda toner skiktad, kalidominant hälleflinta. I den västligaste delen av malmkroppen ingår också magnetitmalm från vilken epidotskarnet i varpen härrör. **Anna-Johanna gruvor**, 500 m NNO om Augustagruvan, består av tre nord-sydligt utsträckta, vattenfyllda hål 50 x 5, 5 x 10 och 5 x 10 m stora. Ljus hälleflinta och röd kvartsporfyrt påträffas i varpen jämsides med finkornig magnetit och hornbländeskarn.

Ett par kilometer åt nordost från sistnämnda område räknat är **Vigelsbo gruvor** belägna (7e). Dessa innefattar ett stort antal olika namngivna gruvor, vilka tillsammans ur produktionssynpunkt utgör Östhammarregionens tredje största malmfyndighet. Det några hundra meter breda och ett par kilometer långa nordvästligt strykande malmfältet är beläget inom en kraftig, väl sammanhållen magnetisk anomali. Området, vars gruvgeologiska förhållanden beskrivs utförligt av Geijer (1944, s.539), berörs mera kortfattat här. Några av de äldsta gruvorna, av vilka vissa påbörjade redan under 1600-talet, är från sydost mot nordväst räknat Tomt- eller Tomtagruvan (40 x 15 m; ej namngiven på denna karta), Långgruvan (20 x 7 m), Fågelleksgruvan (6 gruvöppningar, varav den största 40 x 15 m) och Storgruvan (30 x 20 m), den senare ca 90 m djup. Den stora malmfångsten har ägt rum i de på 1800-talet upptagna gruvorna, belägna omedelbart norr och nordväst om den nyssnämnda Storgruvan, detta och mycket av det följande enligt uppgift av Thore Blom i Stynsbo. De närmast liggande Pump- och Tammsgruvorna, båda ca 250 m djupa, ansluter sig till Mannerstråhle-, Myr- och Vigelsbogruvorna, och det år 1896 sist anlagda Iggesundsschaktet, som sedermera (1919) fördjupades till 390 m. Gamla och Nya Stockenströmsgruvorna belägna ca 300 m nordväst om nyssnämnda Storgruva drevs på en sextio meter lång och fyra meter bred VNV-ligt strykande skarmalm uppmätt på 105 m djup. Driften upphörde på grund av rasrisk. Malmstråkets fortsättning anges av gruvtecknet ca 300 m åt VNV, där den lilla i kartan ej namngivna Drejersgruvan

ligger invid angiven stig med obetydlig varp bestående av magnetit, kalksten och gråviolett leptit. Endast Tammsgruvan och Iggesundsschaktet av nu nämnda produktiva 1800-talsgruvor kan fortfarande beskådas öster om vägen mot Vigelsbo (gruvtecken saknas tyvärr här) medan övriga gruvor i detta centralområde täckts över med varphögar eller gråbergsslig. Den utbrutna huvudmalmen innefattar talrika, omstjärtande linser av finkristallin magnetitmalm inbäddade i skarnlager. Malmen har en maximal strykningslängd av 230 m och når lokalt en bredd på 16 à 17 m inklusive skarn, men är vanligtvis betydligt tunnare. Malmarean är stundtals ganska växlande när man går mot djupet och ändrar sig enligt Geijer från ca 1000 m² på 65 m-nivån till 180 m² vid 175 m och 750 m² på 350 m nivå. På det största brytningsdjupet (385 m) slutligen minskar åter arean. Diopsid-, aktinolit- och granatskarn dominerar i de vidsträckta varphögarna inom Vigelsbofältet, där också lokalt, såsom i Fågelleksgruvan och Tomtgruvan, ett betydande inslag av brungrå kalksten med tremolit, klorit och magnetit ingår. Vidare påträffas förutom biouitskarn och kis en vit natronleptit och rosa kvartsporfyri i varpen. Dessa utgör sidoberget. Den totala uppfordringen av malm plus berg under åren 1804 till 1922, då gruvfältet i samband med lågkonjunkturen lades ned, torde ha uppgått till 600 000 ton enligt Geijer (s. 539) och Wennberg (s.49). Uppdelat på olika tidsintervall visar sig produktionen ha stegrats kraftigt från 1 000 ton/år under perioden 1804–1833 till 5 000 ton/år mellan 1834 och 1907 och slutligen 15 000 ton/år från 1908 till 1922. Det befintliga anrikningsverket sysselsattes i slutet av 1930-talet med sligtillverkning ur varp och fattigmalmer från den närbelägna **Rörbergsgruvan**. Den senare i sydost belägna gruvan med två mindre gruvöppningar och kringliggande stora varphögar hör visserligen till samma malmstråk som det övriga Vigelsbofältet, men brukar på grund av ägarförhållandena särbehandlas. Den ursprungligen bearbetade malmen bildar en magnetitinskiktad skarnstock med östlig fältstupning och upphör i huvudsak på 168 m-nivån. En nordligare belägen parallellmalm, som vidgar sig mot djupet, har sedermera följts ned till 338 m djup där brytningen upphörde på grund av försämrade betingelser. Skarn och malmer är jämförbara med dem i det övriga fältet. Kalkstenar bildar även här ett lokalt inslag i skarnkropparna (se f.ö. Geijer 1944, s. 540 och Wennberg 1930, s. 46–49) Gruvans produktion under åren 1864–1922 uppgick till ca 210 000 ton, vilket gör den till den fjärde i storleksordningen inom regionen. Länshållningen i gruvan upphörde 1927.

I den nordvästliga förlängningen av Vigelsbofältet ligger **Karls- och Johannagruvorna**, båda exploaterade av privata intressenter och därför ej hörande till Vigelsbo gruvor. Dessa gruvor bröts under åren 1890–1905, Johannagruvan

ned till 33 m nivå. I varpen till den väst-östligt utsträckta 75 x 25 m stora Karlsgruvan ingår förutom diopsid-epidotskarn också vackra transparenta granatkristaller, vilka utgörs av andradit med visst inslag av grossular (se tabell 7). Till detta fogas hornbländeskarn och en delvis svavelkisrik magnetitmalm. Johannagruvan 300 m norr därom utgör två NNV-ligt orienterade gruvor med 50 m utsträckning, av vilka den ena nu är fylld med skrot. I gruvan utgörs enligt Geijer (1944, s. 540) östra hälften av ett ca tolv meter brett lager av kalksten, medan en magnetitstrimmig skarnmalm intar återstoden, allt omgivet av leptit. Ett norrifrån kommande kalkstensstråk har sannolikt sin fortsättning här (se kartan). Förutom ett rikligt inslag av vit kalksten i varpen ingår också hornbländeskarn, magnetit, kis samt diorit från ett närbeläget massiv. Norr om stig, ca 100 m väster om Johannagruvan, påträffas en åttakantigt förtimrad, vattenfylld gruva med 4 m diameter och cirkulärt omgivande varp. Också i denna ingår vit, medelkornig kalksten och hornbländeskarn vid sidan av något grövre magnetit samt skiktad, gråviolett leptit. 600 respektive 700 m NNV om sisträmnda gruvor på andra sidan vägen mot Österbybruk ligger **Stynsbo gruvor**, vattenfyllda och omgärdade, 5 x 10 respektive 6 x 6 m stora, med en något övervuxen varp av finkornig magnetit och gråviolett leptit. **Silvergruvan** slutligen något väster om nämnda stråk av malmer och norr om vägen består av två närbelägna 10 x 10 m stora gropar, delvis fyllda med skrot. Varpen utgörs av gråviolett leptit, finkornig magnetit och kis.

Den lilla **Elgsjögruvan** (Wennberg, s. 42), belägen ca 500 m sydost om Älgsjön (7e) några kilometer norr om Vigelsbofältet, är upptagen i en laxfärgad till vit kvartsporfyv av ryodacitisk sammansättning. I varpen till den 5 x 5 m stora gruvan anträffas förutom dm-stora klumpar av granatskarn också hornbländeskarn och gångkvarts. **Juvansbo gruvor** ytterligare 750 m åt nordost är belägna norr om byn med samma namn (se Wennberg, s. 42). Minst sju små gruvhål finns utmed och öster om den nord-sydligt förlöpande vägen här. Gruvorna intill vägen, som är 7 x 15 respektive 15 x 15 m stora, åtföljs av en väl-exponerad och lätt tillgänglig varp med inslag av granat-hornblände- och epidotskarn jämte finkornig magnetit och kis. Granaten är en andradit med viss grossularhalt (se tabell 7). Sidobergarten utgörs bl.a. av en vackert i rosa och grönt fint skarnbandad vulkanit jämte, vit kristallin kalksten. Gruvorna öster om vägen, tre eller fyra till antalet, domineras av kalksten jämte något vulkanit och skarn. Kalkstenen, delvis malmförande, kan följas åt sydost förbi Botarsbo gruva och löper till slut parallellt med stora landsvägen i öst-väst, där också grovt granatskarn ingår. Juvansbo malmanledning upptäcktes 1744 (Wennberg, s. 44-45). Runt 420 ton malm torde minst ha brutits ned till ett djup av tio

meter under de enstaka åren 1835 respektive 1864. Den nyssnämnda **Botarsbo-gruvan** är en 10 x 15 m stor, inhängnad grop med spridd och sparsam varp. I denna ingår gnejsgranit, metabasit, röd kvartsporfy, epidot-hornbländeskarn, granatskarn, magnetit och gångkvarts. Ett par kilometer norrut från Juvansbo gruvor räknat inom samma vulkanitstråk är **Gålarmora gruvor** belägna utmed en 700 m VNV-lig sträckning, ca 1.5 km söder om byn med samma namn. Huvudfyndigheten här inbegrips i de två centralt liggande gruvtecknen söder om vägen. Dessa representerar två nord-sydligt orienterade gruvor, 100 x 10 m och 30 x 10 m stora, med en tillhörande, ansenlig, men föga upplysande varp. I denna ingår magnetitförande hornbländeskarn, biotitskarn och kalksten. Det västligaste gruvtecknet avser en 5 x 5 m stor gruvöppning med varp bestående av magnetit-hornbländeskarn, skarnskiktad leptit samt fältspatporfyr som sidosten. De östligaste två gruvtecknen står för lika många vattenfyllda gruvor, 5 x 8 respektive 3 x 3 m stora. Även här ingår magnetit och hornbländeskarn i varpen. Gålarmora gruvor, vars glansperiod inträffade under 1820-talet, har totalt från 1806–1902, med uppehåll mellan åren 1838–1898, brutits på ca 10 000 ton malm ned till ca 35 m nivå där totalarean malm plus skarn utgör ca 75 m² (Geijer s. 540 och Wennberg s. 44). **Gruvtecknet** ca 1 km norrut vid **Skällbo** fortsättningsvis, markerar en ca 2 x 6 m stor skärpning på magnetit invid den östligaste gården. Ett par mindre gruvor är belägna inom en djupgrösten vid **Stormyren**, ca 1.5 km öster om Gålarmora gruvor. I varpen till den södra ca 2 x 2 m stora gruvan möter man diorit jämte finkornigt, magnetitfläckigt, något kisförande hornbländeskarn, medan i den 5 x 3 m stora norra gruvans varp ingår amfibol-pyroxenskarn, magnetit, kalksten och grå leptit.

Förflyttar vi oss nu ca 5 km mot VSV till området mellan Älgsjön och södra Finnsjön, anträffas de obetydliga Kul- och Bystadgruvorna. **Kulgruvan**, ca 1 km väster om Gräsbo (7d), består av tre vattenfyllda hål 15 x 4, 8 x 3 respektive 5 x 3 m stora. I de delvis övervuxna varphögarna har följande mineral identifierats: magnetit, epidot, hornblände, kalcit, klorit och ådror av kvarts. De två södra gruvtecknen vid **Bystadsgruvorna**, ca 1 km nordvästut, innefattar tre i ett nord-sydligt stråk belägna, vattenfyllda gruvor 30 x 8, 8 x 4 och 5 x 4 m stora. I varpen ingår magnetit, granat-epidot- och hornblände-skarn samt kvarts. Gruvtecknet 500 m längre mot norr utgör endast en oansenlig skärpning utan varp. Gruvsymbolen, ca 500 m söder om **Gräsbo**, anförd även i gamla kartan, utgörs av en 3 x 5 m stor, nu närmast igenfylld grop.

Öster om mellersta Finnsjön ligger **Håkansbo gruvor** (8d), brutna på magnetitmalm under första världskriget men kända i form av mindre skärpningar redan på 1770-talet. Fyndigheten är av speciellt intresse så tillvida som malmen

här är knuten till en ursprungligen basaltisk ytbergart och inte som eljest samhörig med de sura karbonatstensassocierade vulkaniterna. Enligt en detaljundersökning av Lindroth (1918, s. 109–120), till vissa delar också citerad av Geijer (1944, s. 540), är den malmförande, brant i nordvästlig riktning orienterade basiska horisonten omgiven på båda sidor av en kalirik, kvartsporfyrisk vulkanit. Malmstråket, som är högst fyrtio meter brett, utgörs av två parallella horisonter i vilka ett femtontal skärpningar och mindre gruvor (max 10 x 10 m) kan följas utmed 250 m sträckning. På grund av skalan framgår inte av kartan det basaltiska stråket och dess fortsättning ca 1.5 km i riktning mot sydost och öster (jfr Olkiewicz m.fl. 1981, bilaga 1). Den basiska bergarten för lokalt fragment enligt Lindroth, och är sannolikt att jämföra med likartade led av tuff- och/eller lavasprung, främst på NO-bladet sydost om Börstils k:a (6i). Den till ca 60 m djup brutna magnetitmalmen med Fe-halter mellan 48 och 58% är ställvis förorenad av svavel- och magnetkis samt uppblandad med hornbländeskarn och något granat. Enligt Lindroth (1918, s. 119) skall malmbildningen tolkas som en epigenetisk process av pneumatolytisk karaktär förbunden med framträngandet av basaltisk magma. Om denna tolkning fortfarande är gångbar skall här ej närmare bedömas. Håkansbo utgör en av många uppländska järnmalmgruvor som studerats av Welin (1964, s. 64), främst med avseende på uranmineraliseringar, de senare uppträdande såväl i skarmalmer som i spricksystem av olika åldrar. Av dessa gruvor är följande belägna inom Östhammarsregionens fyra blad och delvis redan beskrivna, nämligen Långbro-, Baggebols-, Koltorps-, Kajsa- och Farmorsgruvorna, medan fortsättningsvis berörda gruvor såsom Rumbo-, Betlehem- och Norrskedika gruvor också skall nämnas. Det skulle föra för långt att här gå in på resultaten av Welins undersökningar, varför intresserade läsare hänvisas till dennes arbete.

Rumbo eller Randersbo gruvor väster om mellersta delen av Finnsjön (8c) bildar ett km-långt VNV-ligt utsträckt malmstråk, som i sin östra del är associerat med kalkstenar och löper utmed gränsen mellan metavulkaniter och tonaliter. Gruvorna, ca åtta till antalet, av vilka den mellersta är störst (35 x 10 m), omges av en betydande varp där, vid sidan av grå, finskiktad leptit, aktinolitbandad magnetit, klorit, epidot, granat, kvarts, kalcit, svavel- och magnetkis påträffats. En fortsättning på nu nämnda gruvstråk utgör möjligen den lilla skärpningen ca 1 km åt VNV, belägen öster om Olov-Jönstorp (8c).

Ett antal på den ekonomiska kartan namngivna och närbelägna mindre gruvor nordväst om Finnsjön (9c) skall nu omnämnas. I den invid vägen söder om Åkerbysjön belägna 15 x 6 m stora **Gustavsbogruvans** varp uppträder mycket finkornig, ren magnetitmalm vid sidan om epidot. Sidosten är en rödgrå,

skiktad leptit. **Torpgruvan**, ca 350 m åt ONO, utgör en obetydlig nu igenfylld gruva. I varpen ingår aktinolitskarn, magnetit, svavelkis samt gröngrå kalksten. **Björnängsgruvan** ytterligare 200 m mot nordost, har ej kunnat återfinnas. **Åkerbygruvan** vid Åkerbysjöns sydspets (9c) bildar ett vattenfyllt hål med sex meters diameter. Den runt gruvan blottlagda NNO-ligt strykande berggrunden intas i tur och ordning av från väster räknat 2.5 m kalksten, 9 m skarn plus malm samt kalkstensinlagrad, grå, skiktad leptit. I varpen uppträder grå kalksten, finkornig magnetit plus hornbländeskarn. **Knaperhällsgruvan** (9c), ca 2 km sydväst om Åkerbysjön, är en mycket obetydlig gruva belägen i en natronextrem vulkanit.

Gruvor på kartbladen Östhammar NO och SO

Gruvorna inom det på södra delen av NO-bladet belägna, sammanhängande vulkanitområdet mellan Hökhuvuds och Börstils kyrkor skall först omtalas. Mest betydande av dessa torde vara **Björsta gruvor** (5h), ca 4.5 km OSO om förstnämnda kyrka. Ett från sydost mot nordväst strykande, något malmförande, mäktigt kalkstensstråk här böjer i sin norra del av mot nordost längs en brant åt samma håll orienterad tvärveckaxel, som är parallell med malmens fältstupning. Det fyndiga lagret (skarn, malm och kalksten) är som mäktigast i och efter ombøjningen och kan följas åt nordost ca 70 m med en bredd av 50 m. Enligt Geijer (1944, s. 542) är malmlagret begränsat åt nordväst av kalksten och innehåller hälleflintlika, kalirika leptiter i sydost. De i dagytan i NNO orienterade Stor- och Lillgruvorna (25 x 25 respektive 15 x 15 m stora) har brutits ned till 92 m, och kringliggande varp täcker väl en hektars yta. Malmen, en finkristallin svartmalm, uppträder som fläckar och strimmor i aktinolitskarn. Lokalt skiktat granat- och diopsid-epidotskarn har rapporterats, liksom fint magnetitförande tremolitskarn. Fyndigheten, som anträffades redan 1664 och bevisligen brutits före 1686, har enligt Wennberg (s. 33–34) haft en brokig historia med upprepade nedläggningar och sedermera återupptagen drift beroende på malmkroppens växlande form och storlek på olika nivåer, liksom på järn- och svavelhalternas variation. Under åren 1786 fram till 1891, då verksamheten upphörde, producerades ca 22 000 ton malm, en mängd som idag motsvarar årsproduktionen i en mindre Bergslagsgruva. Den ca 700 m längre mot sydost belägna **Karlsgruvan** består av två små gruvöppningar, 40 x 25 och 10 x 10 m stora, den senare igenfylld. Den ansenliga varpen domineras av vit, finkornig kalksten, ett belägg för att kalkstenshorisonten från Björsta har sin fortsättning här. Dessutom finner man

precis som i Björsta en aktinolitisk skarnjärnmalm, men enligt Geijer (s. 542) också en extremt kvartsrik magnetitmalms jänte blodstensmalm på samma sätt som i Vattholmafältet. Enligt Wennberg (s. 34–35) torde Karlsgruvan ha påbörjats kring 1746 men övergivits 1763 på grund av hög kishalt och bristande malmtillgång. Efter växlande öden och mindre brytning hade så sent som 1875 omkring 60 ton "svag malm" utsovrats. Den 400 m ONO härom belägna **Grådalsgruvan** består av fyra närliggande gruvhål, 30 x 12, 8 x 8, 4 x 4 samt 4 x 4 m stora, de två senare igenfyllda. I den ej obetydliga varpen uppträder magnetit i amfibolskarn, röd kvartsporfyrisk leptit och något kalksten. Ett par **gruvor** angivna enligt gamla Aa-kartan, belägna ca 1 km norr om Björsta gruva, har tyvärr ej återfunnits, vilket däremot är fallet med **Gillemo gruvor** invid vägen 1.5 km NNV om Björstagruvan. De två Gillemogruvorna, ej vattenfyllda vid besökstillfället, mäter 30 x 20 x 10 respektive 20 x 10 x 10 m och omges av en ansevärd varp. Den senare domineras av granatskarn följt av hornblände- och epidotskarn jämte finkornig magnetit. Gruvorna, belagda med utmål 1833 enligt Wennberg, är enligt magnetiska kartan belägna i centrum på en isolerad starkt magnetisk anomali. **Gruvtecknet** ca 500 m NNV om sistnämnda gruvor anger en 10 x 10 m stor skärpning med inslag av magnetit, kis och hornbländeskarn. Gruvan vid tecknet 500 m väster om **Uppskedika** (6h), norr om Östhammarsvägen, är 5 x 15 m stor, inhägnad och vattenfylld samt enligt uppgift ca 25 m djup. Epidotskarn dominerar i den sparsamma varpen tillsammans med magnetit. Rödgrå, amfibolitlagrad leptit utgör sidosten. **Gunbyle gruva**, ca 2 km ONO om Hökshuvud k:a, har inte återfunnits utan läget bygger på äldre uppgifter. En omtalad kismineralisering här med silver, koppar, zink och nickel torde enligt Wennberg (s.39) sannolikt ha varit ett fantasifoster och enbart utnyttjats såsom muthandelsobjekt. Upprepade inmutningar till trots belades den påstådda fyndigheten aldrig med utmål.

Gråsätra gruvor (6h), ca 2 km SSV om Börstils k:a, utgörs av fem till sju i NO-SV orienterade gruvor, i allmänhet från 5 x 5 till 3x3 m stora och åtföljda av en ansevärd varp. I den senare noteras grå, intermediär eller salisk leptit, hornblände-, epidot-, granatskarn och magnetit. Enligt Geijer (s. 542) finns i någon av gruvorna fattig svartmalm med tremolitskarn i kalksten. Gruvorna bearbetades redan i början av 1760-talet, totalt ned till ett djup av 115 m enligt Wennberg (s. 12). Inslaget av kalksten i malmerna gjorde dessa lämpliga som blandmalmer för att underlätta slaggbildningsprocesserna under bearbetningen. Den sannolikt ej obetydliga malmbrytningen upphörde kring 1906 då den f.ö. vattensjuka gruvan syntes vara uttömd (Wennberg, s. 13). Den lilla **Kvarnmyrsgruvan** (6i), ca 750 m åt ONO, utgörs av en förtimrad ca 5 x 5 m

stor gruvöppning praktiskt taget utan åtföljande varp. **Sjödalsgruvan** (6i) eller **Kohagsgruvan** invid Markasjön, ca 1 km söder om Börstils k:a, är upptagen i ett nord-sydligt strykande, utmed 50 m blottlagt skarnlager innehållande två malmlinser (Geijer 1944, s. 543). Malmen stupar ca 60° åt ONO in under den tidigare betydligt större Markasjön, och gruvan blev mot djupet alltmer vattensjuk. En uppbyggd cementmur mot sjön torde tidvis dock ha förhindrat vatteninflödet. Gruvan omfattar väsentligen två schakt om ca 3 x 8 m, båda rektangulärt förtimrade och instängslade. Varpen, ca en hektar till ytan, innehåller svartmalm jämte epidot-, hornblände-, granat-, biotit-, kloritskarn, kvarts samt en rödlätt leptit. Malmens fältstupning är mot SSO (Wennberg, s. 15). Gruvan, som inmutades 1776, har brutits i olika etapper, dock främst mellan åren 1890 och 1895, varefter verksamheten upphörde. Det sydligare av schakten är 59 m djupt medan det norra bröts ned till 85 m. Den totala produktionen i gruvan är obekant men sannolikt betydande.

Gruvorna inom vulkanitfältets fortsättning nordväst, norr och öster om Börstils k:a beskrivs i det följande. **Sandgruvan**, 400 m norr om kyrkan, utgör nu en liten igenrasad grop dold under ett 6 à 7 m mäktigt gruslager. Upptäckten av gruvan kan skyllas den kraftiga magnetiska anomali som föreligger här och som tidigt uppmärksammades trots jordtäckningen. Brytning kom igång på allvar och pågick mellan åren 1855 och 1873 enligt Wennberg (s. 20), med en total produktion kring 20 000 ton. Bottenarean i gruvan uppgick till ca 300 m² på 125 m djup, där brytningen upphörde. Fyndigheten är enligt Geijer (s. 542) en skarnmalm med aktinolit, som också innehåller granat, epidot, diopsid och kis. Sidobergart är en gråvit leptit med skarninlagringar. Gruvorna vid **Lugnet**, ca 800 m NNV om Börstils k:a, är fyra till antalet och har ca 100 m nord-sydlig sträckning. Några är sexkantigt förtimrade, ca 3 x 8 m stora, och nedskurna 5–10 m under markytan. I den tämligen rikliga nu övervuxna varpen påträffas hornblände-, granat-, epidotskarn jämte magnetit och en mörk något svårbestämbar leptit. Rätt mycket gångkvarts föreligger också enligt Geijer (s. 542). **Söderskogsgruvan**, ca 2 km VNV om Börstils k:a, utgör ett 15 x 15 m stort vattenfyllt schakt med omgivande obetydlig varp. I denna påträffas kisrik, i cm-skala grönskarndad magnetit jämte epidot, kvarts, pegmatit, granit och ljusgrå leptit (se även Geijer, s. 542). Den 250 m öster härom belägna **Ekmossgruvan**, som är 5 x 10 m i tvärsnitt, är nu fylld med skrot. Varpens innehåll påminner till alla delar om föregående gruvor. **Barkö gruvfält** alternativt **Jakob Edberghs gruva** (7h), ca 5 km nordväst om Börstils k:a, är belägen på en liten distinkt magnetisk anomali och utgörs av fyra 10 x 10, 6 x 6, 3 x 3 respektive 6x6 m stora gruvöppningar (två gruvtecken) omgivna av en fräsch

och lättillgänglig varp med en yta av minst en hektar. Enligt Geijer (s. 542) ligger malmerna i ett VNV-OSO-ligt, vertikalt stupande skarnlager med en konstant bredd av 35 m utmed 100 m sträckning inom gruvans bäst blottade nivå. Malmen är bruten ned till 116 m djup. Sidosten enligt varpen är en ljusgrå natronextrem metavulkanit (se diagram 2, GS 85:60a). Vidare påträffas finkornig magnetit, som bandvis växellagrar med skarn. Skarnet består av aktinolit, granat och epidot, sistnämnda ofta som vackra kristaller i kvartsrika aggregat. Porfyritisk metabasit, sannolikt en gångbergart, samt yngre granit och pegmatit ingår också i varpen. Gruvtecknet ca 500 m åt nordväst står för ett ca 15 x 5 m stort schakt, som nu delvis är fyllt med skrot. I den obetydliga och övervuxna varpen är samma mineralparagenes representerad som i nyss nämnda gruva. En kilometer ytterligare åt nordväst i gruvstråkets förlängning anträffas en 7 x 7 m stor av sidosten allsidigt omgiven gruva med sparsam, övervuxen varp. Sidosten är en amfibolitskiktad, intermediär leptit, delvis uppspaltad av grå gnejsgranit. I varpen finns hornblände-epidotrandad, något kisimpregnerad, magnetitmalm. Den totala malmproduktionen för hela fältet under 25 års drift i tidsintervallet 1842–1899 uppges till 28 000 ton av Wennberg (s. 11) dock med reservation för om de två nordvästliga gruvorna härvid inräknats. **Edshammarfältet**, 2 km rakt norr om Börstils k:a (6h), är beläget på en kraftig magnetisk anomali just där ett från sydost kommande kalkstensstråk böjer om och vidgas. Ett flertal större och mindre gruvhål och/eller brott är belägna i den minst femtio meter mäktiga, här grovt medelkorniga kalkstenen. Malmen utgörs av mm- till cm-breda, boudinerade skikt av magnetit bundna till en grå, sannolikt dolomitisk kalksten. Den till ca 10 m djup brutna obetydliga malmen, förorenad av svavel- och kopparkis, har enligt Wennberg (s. 12) figurerat i gruvrelationerna mellan åren 1770 och 1870. En mindre gruva är belägen ca 1 km österut från föregående i norra delen av **Östhammar stad**. I varpen till denna 10 x 2 m stora, nu igenfyllda gruva påträffas grå, biotitskiktad, dactitisk leptit, prismatiskt hornblände, magnetit och svavelkis. Gruvtecknet 2 km nordväst om **Östhammar k:a, sydost om Nässelöt (7i)**, utgör en med ris igenfylld gammal gruva med ansluten, några 100 m² stor varphög. I denna finner man epidotskarnskiktad leptit, grov magnetit, granat och epidot. Granaten har enligt analys andraditgrossular-sammansättning (se tabell 7). De två gruvtecknen ca 300 m **sydost om Östhammar k:a**, belägna på en liten distinkt magnetisk anomali, markerar nu övertäckta, helt obetydliga skärpningar, nu sannolikt använda som vattentäkt och försedda med nedstuckna handpumpar. Gruvtecknet 300 m norr om **Gröndal (6i)**, ca 2 km sydost om **Östhammar k:a**, står för en 3 x 2 m stor, med varp igenfylld grop. I varpen finns något magnetit jämte kis.

Sandikagruvan, tidigare **Stenfjärdsgruvan**, upptagen 1734 men till slut 1829 utmålsbelagd under namnet **Koxuts järngruva** (se Wennberg, s. 35–36), är belägen invid Östhammarsfjärden (6j), ca 3 km sydost om stadens kyrka. Malmen, omgiven av granat-hornbländeskarn, ligger i förlängningen av ett betydande kalkstensstråk. Den är följbär ca 50 m och bearbetad till en bredd av tio meter. Större delen av varpen består av vit kalksten och något finkornig leptit. Den obetydliga, kishaltiga malmen bröts till ett djup av ca 20 m fram till år 1874, då verksamheten i den tämligen vattensjuka gruvan inställdes. Några uppgifter om den totala produktionen är inte tillgängliga. Gruvtecken 500 m sydost om **Kanikebolsjön** (6i), ca 2 km SSO om Östhammar k:a, innefattar ett par små ej vattenfyllda skärpningar med granat-hornbländeskarn och magnetit i varpen till den västra, och kisrik magnetit i den östra skärpningen.

Gruvorna på andra sidan Östhammarsfjärden upp till Öregrund inom den förutvarande s.k. Söderön skall nu avhandlas. Den mest betydande av dessa är **Jonsgruvan**, alternativt **Söderby gruvor**, belägna inom ett nordvästligt strykande kalkstensstråk i gränsen mot ett stort dioritmassiv, ca 5 km SSV om Öregrunds k:a. Ett flertal förtimrade gruvöppningar föreligger här varav den största är 15 x 15 m. De ansenliga varphögarna domineras av kalksten, ibland brucitförande till följd av kontaktomvandling från invidliggande djupgrönsten. Malmen uppträder som insprängda fläckar, band eller klumpar av magnetit i kalkstenen. I mindre omfattning är malmen knuten till granat-, diopsid- och hornbländeskarn. Vid sidan av magnetkis och kopparkis uppträder gångar av diorit och hornbländeförande yngre pegmatiter i fyndigheten (Geijer, s. 541). En av gruvorna är bruten ned till 60 m djup en annan till 140 m. Den senare har tagits upp i en pelarformad malmkropp invid ett ca 15 m brett kalkstenslager. Den totala malmuppföringen beräknas till ca 23 000 ton under åren 1857–1911 enligt Wennberg (s. 13). En analys av gruvans prima malm gav 52% Fe, 0.007% P och 0.35% S, sammanfattningsvis en typisk Roslagsmalm dvs. järnrik, fosforfattig men relativt svavelhaltig. Sistnämnda satte i hög grad ned malmens ekonomiska värde. I stråkets förlängning sydost om Öregrundsvägen är ytterligare två små gruvhål belägna, det sydligaste ca 10 x 10 m stort med skiktad leptit, hornbländeskarn och magnetit. Den nordligare gruvan ligger inom ramen för en ca 50 m bred ribba av gnejsgranit, inlagrad i den omgivande metavulkانيتen.

Ca 1 km ytterligare åt sydost, sannolikt utgörande fortsättningen på nyss omtalade stråk men allsidigt omgivet av djupgrönsten, ligger **Karlsängs gruvor** (7j). Den större av dessa är belägen norr om vägkröken därstädes och är ca 10 x 20 m i tvärsnitt och över 20 m djup, inhägnad och vattenfylld samt omgiven

av en betydande varp. Vitrosa kalksten, hornbländeskarn, finkornig magnetit och svavelkis dominerar. Åt sydost, förbi fast anstående kalksten och röd, skiktad leptit, ligger ytterligare två små vattenfyllda gruvor, 3 x 3 respektive 4 x 4 m stora, utan identifierbar varp. **Gruvan 500 m nordost** om Karlsäng, omsluten av djupgrönsten, utgörs av ett 5 x 4 m stort inhägnat hål. Den omgivande ej oansenliga varpen innehåller hornblände-epidotskarn jämte finkornig magnetit och svavelkis.

Bolka gruvor (8i), ca 5 km sydväst om Öregrunds k:a, är samtliga tre belägna inom ramen för ett djupgrönstensmassiv, vilket senare uppvisar en av kartbladets kraftigaste magnetiska anomalier. Gruvornas lägen är överförda från den gamla Aa-kartan, då dessa ej kunnat lokaliseras i samband med den nu utförda karteringen. Då inga uppgifter påträffats angående karaktären på dessa gruvor är det svårt att avgöra om den magnetiska anomalin skall skyllas en hög och jämnt fördelad magnetithalt i grönstenen eller om inneslutna skivor av malmförande vulkanit föreligger.

Ca 2.5 km norr om Östhammar k:a på **Rovön** är två mindre gruvor belägna i ett nordväst-sydostligt ca 50 m långt, malmförande stråk invid gränsen mot gnejsgranit. Gruvöppningarna är 30 respektive 5 m långa och båda med 5 m bredd. I den sparsamma varpen ingår kalksten, hornblände, både grov- och fin-kristallint, granat, epidot, grov- och finkornig magnetit, samt svavelkis. En skiktning i cm-skala mellan hornblände och magnetit kan också påvisas. Sidosten utgör en rödgrå, skiktad leptit. **Långalma gruvor** (7j) på Söderön, ca 6 km ONO om Östhammar k:a, är belägna i nordvästra delen av en flera kilometer lång, VNV-ligt orienterad, kraftig magnetisk anomali. De fyra obetydliga gruvorna, några 5 x 5 m stora, har sparsam varp dominerad av en fattig malm bestående av röd kvartsporfyrt med ränder och små insprängda korn av magnetit. Gruvan omnämns först år 1811 enligt Wennberg (s. 16). Under 1870-talet utfördes försöksarbeten i gruvstråket, vilket dock ej ledde till någon utmålsbeläggning. Ett gruvtecken mitt i Långalma by, ca 1 km åt sydväst, hänför sig till en obetydlig skärpning i en kvartsporfyrisk dacit, där en någon meter bred horisont av magnetitrikt hornbländeskarn föreligger.

Gruvtecknet för kismalm, ca 500 m söder om **Björnäs** (7j), rakt väster om Långalma, anger en ca 10x5 m stor, ganska djup gruva med en avsevärd varphög. Materialet i denna domineras av en rostfärgad kis- och glimmerrik malm synbarligen fri från magnetit. Om användbar kismalm verkligen utvunnits här är dock tämligen osäkert. Gruvtecknet vid **Brunnsvik**, (6j), 4 km OSO om Östhammar k:a invid fjärden med samma namn, står för en ca 5 x 6 m stor, nu med skräp utfylld gruva med något magnetit urskiljbar i varpen.

Gruvan på **Långören** invid nordvästspetsen av Tvärnö (6j) är 2 x 3 m stor med obetydlig varp av hornblände-epidotskarn, karbonatsten och magnetit. Omgivningens utgörs av skiktade, saliska och intermediära vulkaniter. En möjlig fortsättning mot sydost utgör sannolikt de fyra gruvorna på **Tvärnö** belägna på en ca 1 km lång nordvästligt orienterad magnetisk anomali. Den första gruvan från nordväst räknat är 50 x 10 m stor, inhägnad och vattenfylld med en omgivande varp på ca en hektar. Denna innehåller finkornig magnetit jämte granat-, hornblände- och biotitskarn. Sidosten utgör en grå dacidisk leptit. Därpå följande två gruvor, ca 250 m åt sydost, är även dessa inhägnade och vattenfyllda 10 x 15 respektive 10 x 2 m stora. Den obetydliga varpen här jämte sidosten påminner helt om föregående gruva. Dock ingår även karbonatsten associerad med serpentinskarn enligt slipprov. Mikroskopet avslöjar också ett skarn av ljus, aktinolitiskt hornblände till lika delar uppblandat med magnetit. En fjärde gruva fortsättningsvis mot öster invid stora vägen mäter 15 x 7 m och omges av en betydande varp av identiskt slag som ovan, dock utan karbonatsten. En kilometer längre åt **OSO** invid kartgränsen är ytterligare en gruva angiven, som antagligen också ingår i den omtalade malmhorisonten på Tvärnö. Gruvan är 10 x 5 m stor, inhägnad och vattenfylld, med en liten varp där hornbländeskarn och finkornig magnetit uppträder jämte en dacidisk sidosten. Tvärnö's malm-anledningar inmutades 1833 enligt Wennberg (s. 37) och gruvorna bearbetades endast fram till 1835, med en total produktion på ca 250 ton. Detta är en förvånansvärt låg siffra sedd i relation till samtliga gruvor med omgivande vidlyftiga varphögar.

Ett par små gruvor inom gnejsgranitområdena söder och öster om Klyxen (7j), båda associerade med mycket små skivor av leptit, skall nu nämnas. Den ena, ca 300 m nordost om Stenalma invid Långalmsfjärden, utgörs av en 3 x 7 m stor vattenfylld grop med några 100 m² varp. Denna innehåller grov magnetit, kisbemängd och starkt rostfärgad. Den andra gruvan, ca 1.5 km åt nordost på **Malmudden** invid Norrfjärden, är sannolikt dold under sin egen varp, vilken intar en areal på ca 1000 m². Inom denna påträffas bl.a. diopsid-, epidot-, magnetitskiktat skarn enligt slipprov samt grov, starkt svavelkisblandad magnetit. Även grå kalksten och hornbländeskarn kan nämnas från den genomgående rostfärgade varpen.

Norrskedika gruvor (7h), belägna ca 5 km nordväst om Östhammar k:a, torde ur produktionssynpunkt varit de mest givande inom NO-bladet. Fyndigheten utgörs enligt Geijer (1944, s. 541) av en tätt samlad svärm av svartmalmslinser i en nordväst-sydostligt strykande "gnejs" med en fältstupning av 60° mot sydost. Talrika pegmatitgångar sätter igenom. Malmarean avtar starkt mot

djupet och brytningen upphörde vid ca 250 m. Av de tre i kartan angivna gruvorna benämns den östra Bondgruvan enligt den ekonomiska kartan. Den utgörs idag av ett rektangulärt ca 15 x 50 m stort förtimrat schakt igenfyllt med spor. Ingen varp finns här. Den sydligaste gruvsymbolen däremot inbegriper såväl rikligt med varp som ett obekant antal vattenfyllda schakt inom en träskliknande snårskog. En viss osäkerhet råder när det gäller att namnge de olika gruvorna i fältet med utgångspunkt från Wennbergs (s. 20–22) redogörelse för detsamma. Möjligen är Västra Lill- och Storgruvorna liksom Västra Nygruvan till läget identiska med ovannämnda, sydligast, angivna gruvtecken och tyngdpunkten av malmbrytningen belägen här. I varpen ingår diopsid-hornbländeskarn, grov, delvis skiktad magnetitmalm, skikt av biotit, klorit och muskovit, svavelkis, grå skiffrig tonalitisk gnejsgranit, grå och röda intermediära leptiter med metabasitlager samt pegmatit. Verksamheten i fältet upptogs på 1860-talet och pågick till 1907 eller alternativt 1915 om senare omskrädning av varpen medtages. Då hade i allt 160 000 ton malm producerats med en halt av ca 55% Fe, enligt ett av Blomberg redan 1886 (s. 22) utfört generalprov. Den i nordväst belägna sist upptagna Hoppgruvan, bruten till 57 m djup, mäter 7 x 7 m. En tidigare omgivande varp här är bortfraktad. Enligt Geijer (s. 541) är den kring 1912–14 brutna fyndigheten av liknande slag som övriga inom fältet.

Aspögruvan (8g), belägen ca 5 km ONO om Valö k:a (7f), är nu totalt övervuxen liksom omgivande varp och därför svår att studera. I varpen påträffas förutom djupgrönsten och pegmatit från den omgivande berggrunden också fin-kornig magnetit, hornblände, biotit och epidot. Fyndigheten utgörs enligt Geijer (s. 543) av ett mot djupet tilltagande malmlager i gnejs övergående i en bred lins som pelformigt med 55° sydostlig fältstupning kan följas ned mot 105 m nivå. Malmen är uppdelad på flera mindre kroppar och ersätts stundtals av skarn. Största malmarean rapporteras ha varit 240 m². Gångar av diorit skär över fyndigheten och förkastar denna. Största uppnådda djup i gruvan är 115 m enligt Wennberg (s. 10–11). Gruvan, inmutad 1872, utmåslagd 1901 och bruten mellan åren 1902–1914, har totalt givit ca 30 000 ton prima styckemalm och visar sig därigenom ha varit en av de större inom regionen. **Gruvsymbolen** (7g), belägen ca 1.3 km OSO om Aspögruvan, är enligt Blomberg (1886, s. 20) snarast en skärpning utförd inom en i området osedvanligt magnetitrik djupgrönsten.

Simundögruvan (8g), 4 km SSO om Forsmarks kyrka, har betecknats såsom kisgruva, Törnebohm till efterföljd, men torde det snarare röra sig om en järngruva enligt Wennberg (s. 22–23) om än lokalt en kraftigt kisleförande sådan. Fyndigheten är känd sedan slutet av 1600-talet men nämnvärd brytning påbörja-

des först år 1822 och fortgick till 1825 med en total produktion av ca 1 400 ton mer eller mindre kisblandad malm. Malmsens bredd var då mellan en och två meter och gruvdjupet ett trettiofem meter.

Klockargruvan (8f), ca 3 km NNO om Valö kyrka, har en väst-östlig utsträckning på ca 50 m, några meters bredd samt ca tio meters djup. Sidoberg är en grå till mörkgrå leptit. I den ej obetydliga varpen påträffas grovkornig magnetit, hornblände-, epidotskarn samt pegmatit och yngre granit. Enligt Wennberg (s. 45) togs här ca 1 000 ton malm ut under åren 1873–1876.

Öster om **Lundås**, ca 2 km NNO om Valö kyrka (7f), ligger ett antal gruvor utsträckta i nord-syd inom en skiva av röda, skarn- och malmskiktade leptiter. De två gruvtecknen markerar läget av ett tiotal gruvhål inom en area av 20 x 70 m. Tre av gruvhålerna mäter 8 x 5, 4 x 10 respektive 4 x 7 m. Inom den rikliga varpen finner man magnetit, hornblände, epidot och skiktad leptit.

Limbergsgruvan, 3 km söder om Valö kyrka (7f), utgörs av två gruvhål med 6 x 5 och 4 x 2 m area inom en skiva av skarnig leptit omsluten av gnejsgranit. I den ganska stora, delvis övervuxna varpen finns leptit, kalksten, magnetit och hornbländeskarn.

Annögruvan (7g), ca 4.5 km sydost om Valö kyrka, utgörs av ett 7 x 3 m stort vattenfyllt schakt med inslag av magnetit i en helt försumbar varp. Förgrövad, intermediär leptit och/eller gnejsgranit omger gruvan. **Gruvtecknet** 500 m öster härom betyder tre små skärpningar på järnmalm med åtföljande skarn i en omgivning av svårdefinierbara gnejser. **Ytternuttö gruva** (6g), ca 5 km norr om Hökhuvuds kyrka (5g), består av två små gruvhål 3 x 4 och 2.5 x 2.5 m stora, båda vattenfyllda men utan varp. Omgivande berggrund är ytterst blandad, där malm och skarn bildar smala band och klumpar i en ömsom röd ömsom grå gnejsgranit och/eller leptitgnejs (Blomberg 1886, s. 21). Gruvorna kan mellan åren 1833–1839 beräknas ha givit ca 750 ton malm (se Wennberg, s. 25).

Roddarne gruvor (5g), ca 1 km väster om Hökhuvuds kyrka, ligger på en markerad magnetisk anomali och består av ett tiotal olikformade gruvöppningar utmed något hundratal m sträckning i ONO-VSV. Enligt Geijer (s. 543) är det fråga om en obetydlig, tillsynes oskiktad, skarnmalm med aktinolit, granat, diopsid och epidot belägen i en omgivning av såväl kvartsporfyr som plagioklasporfyr enligt slipprovgranskning. Den i varpen kvarvarande malmen domineras kraftigt av magnet- och svavelkis över magnetit sannolikt beroende på att denna mindervärdiga malm sorterats ut. Den lilla **Betlehemsgruvan** i samma stråk 350 m väster om torpet med samma namn har en area på 5 m² och är 2 m djup enligt Welin (1964, s. 65). I varpen påträffas medelkornigt, magne-

tutförande hornblände- och granatskarn. Welin (1964, s. 66–69) beskriver från denna plats uranmineraliseringar inom ramen för en brant stupande, en till två meter mäktig kvartsbreccia, som korsar över skarnmalmen i riktning N70°O. Sannolikt skall denna breccia kopplas ihop med och utgör en i kartan tyvärr ej anförd gren av den stora brecciazonen väster om Gimo damm (5f, g).

Gruvfältet (6g), ca 2.5 km nordväst om **Hökhuvuds kyrka**, visar små tydliga magnetiska anomalier väster om den nord-sydgående landsvägen, där ett antal järnmalmsgruvor är belägna. Området öster därom är lågmagnetiskt. Här ligger den icke järnmalmsförande **Borggårdsgruvan**. Den större bland de förstnämnda, felaktigt benämnd **Rudholmsgruvan** i gamla Aa-kartan, skall kallas **Skogsvretsgruvan** och är belägen invid gården med samma namn (se Geijer, s. 542–543). Här ligger en ca 20 x 20 m stor gruva med största djup av 27 m (Wennberg, s. 40) överkorsad av ett ca 10 m brett och 150 m långt kalkstensstråk med strykning N70°O. Malmen, som gradvis övergår i kalkstenen, är en starkt skarnblandad magnetit. Skarnet i den omfattande varpen består mestadels av hornblände, diopsid, granat och glimmer. I kalkstenen ligger halvmeterbreda skivor av röd leptit, men eljest åt norr och söder dominerar glimmerskifferar och glimmerkvartsiter. Följande mineral har också noterats i malmen enligt Geijer nämligen pyrit, zinkblände, blyglans, kopparkis, flusspat samt scheelit. Den egentliga **Rudholmsgruvan** (se ovan) är belägen 400 m VSV om **Skogsvretsgruvan**, har ca 5 x 10 m² area och omges av en varp med hornblände-, epidot-, granatskarn och magnetit. Sidobergart utgör en glimmerskiffer. Av de två ca 300 m sydväst om **Skogsvreten** belägna gruvorna, som framgår av kartan, har den östra ej dokumenterats, medan den i sydväst belägna, sannolikt **Stormyrsgruvan** enligt Wennberg (s. 40), utgörs av ett 25 x 15 m stort vattenfyllt schakt med omgivande ej obetydlig varp. Mineralparagenes och omgivande berggrund är identiska med dem i **Rudholmgruvan**.

Den öster om landsvägen belägna, med kismalm betecknade, silverförande **Borggårdsgruvan** (6g) har ett vinkelformat ca 30 x 10 m stort vattenfyllt schakt och omges av en stor varphög. Denna består av glimmerkvartsit och skiffer utan något inslag av vare sig kis eller magnetit. Endast bitar av mjölkvit, sannolik gångkvarts, avslöjar enligt gamla kartbladsbeskrivningen (Blomberg, s. 20–21) resterna av den en gång ca halvmeterbreda, malmförande kvartsgången i vilken silverhaltig blyglans skall ha uppträtt. Upprepade utmålläggningar har berört flertalet nu omtalade gruvor såväl på 1840-talet som år 1908, då efter företagen diamantborrning fältet övergavs.

Ett antal mindre, till namnet oidentifierade gruvor, belägna inom ramen för ekonomiska bladet 9g öster om **Forsmarks kyrka** skall nu omnämnas. Av dessa

är en belägen på östra sidan om **Djupträsket**, ca 1 km nordost om nyssnämnda kyrka, och utgörs av tvenne vattenfyllda schakt 25 x 12 respektive 25 x 10 m stora. I sidostenen finns grå, skiktad leptit och svartmalm. Varpen innehåller mycket grovkristallin magnetit, aktinolit-epidotskarn, pyrit jämte gnejsgranit och pegmatit. Gruvan kan vara identisk med den av Wennberg utförligt omnämnda Djupkärrsgruvan (s. 27–28). Ca 1 km öster om Forsmarks kyrka, är möjligen **Habbalsbo järngruva** (9g) belägen, inmutad 1840 enligt Wennberg (s. 29). Gruvan mäter 7 x 7 m och ligger inom ett sannolikt metasediment. I varpen finns magnetit insprängd i hornblände-, granat- och biotitskarn. **Gruvhålet** 600 m NNV om **Prästängen**, ca 3 km sydost om Forsmarks kyrka, mäter 3 x 3 m, är igenvuxet och omges av föga varp innehållande hornblände-, epidotskarn, magnetit och pyrit. Identisk storlek och mineralparagenes visar en gruva, ca 600 m åt NNV, sydost om **Eckarfjärden**. Gruvhålet 350 m söder om **Fiskarfjärden** (66965/16335) mäter 30 x 8 m och är vattenfyllt samt omges av skarnig sidosten. I hällens norra del söder om gruvan anstår granatförande metasediment och pegmatit.

Norrby gruvfält (8f, 9f), ca 2.5 km sydväst om Forsmarks kyrka, upptar enligt Wennberg (s. 42) ett sextiototal inmutningar, ibland med dubblingar av namn. De enskilda gruvorna är i dag mycket svåra att identifiera. Ett femtontal av dessa har här markerats inom det stora i gnejsgraniter inneslutna vulkanitområdet med tillhörande smärre uteliggare. Därtill fogar sig sex à sju kalkstensbrott av växlande storlek några behandlade i kapitlet om karbonatstenar. En av de större gruvorna i fältet skall enligt Geijer (s. 541) vara **Ängs-** eller **Bondgruvan** sannolikt motsvarande någon av gruvsymbolerna i fältets mellersta del där grönskarmalm med kvartsklumpar föreligger och genomsätts av yngre finkornig granit. Gruvorna i fältet är alla tämligen små, från maximalt 20 x 10 m, dock med tyngdpunkten runt 10 x 3 eller 5 x 5 m och en generellt ansluten, obetydlig varp. Den senare är likartat sammansatt med hornblände, epidot-, granatskarn vid sidan av magnetit och växlande mängder kis. I fyra av fallen i fältets södra del har symbolen för kisgruva begagnats, delvis i överensstämmelse med den äldre kartan. I vad mån detta är motiverat har inte med säkerhet kunnat utrönas. Kismalmhalterna tycks i några av fallen vara större än magnetitinhållet vilket dock motsägs av brytningsstatistiken enligt Wennberg (s. 45–46), där magnetitmalm dominerar helt om än mycket kisrik sådan. Fältet omnämns och bryts på 1820-talet men exploateras också senare med ringa utbyte fram till 1870-talet. Den totala malmfångsten torde röra sig kring 4 000 ton.

Malmförekomsterna på SO-bladet är i det närmaste försumbara. De omtalas i den på kartan tryckta kortbeskrivningen. Tyvärr har några mindre fel smugit sig

in där vad gäller namn och beteckningar, och skall nu korrigeras. Främst avses symbolen för järngruva invid **Vattensta** (4g), ca 2 km sydost om Gimo, som fallit bort och skall placeras norr om en liten väg i mitten av gula fältet i kartan. Vidare skall gruvan vid Stenhamra torp ersättas av gruvan vid **Stentorpet** (0h), där inte epidot-, utan hornbländeskarnig magnetitmalms föreligger.

Analystabeller

TABELL 1. Kemiska analyser (vikt-%) av metaalkaliryolit—metaryodacit. Den mineralogiska sammansättningen i flertalet analyser framgår av diagram 1 och 2.

Chemical analyses (weight %) of metaalkalirhyolite—metarhyodacite. For mineralogical compositions see Diagrams 1 and 2.

Prov nr Kationprop. Na-K Lab. nr	Metaalkaliryolit				Metaryodacit		
	GS 84:47	SS 83:115	GS 83:37	GS 83:9	GS 85:41a	GS 85:1	GS 85:11
Na > K	00515	00517	00530	00514	00531	00533	00527
SiO ₂	76.5	76.4	76.0	74.8	74.3	76.1	75.5
TiO ₂	0.12	0.05	0.09	0.11	0.14	0.12	0.07
Al ₂ O ₃	11.7	11.9	12.6	12.7	12.6	11.8	12.6
Fe ₂ O ₃	1.25	0.85	1.05	1.51	1.05	0.67	0.24
FeO	1.46	0.53	0.47	1.12	1.63	1.15	0.68
MnO	0.016	0.007	0.048	0.035	0.042	0.028	0.046
MgO	0.90	0.08	0.67	1.33	0.68	0.16	0.10
CaO	0.11	0.55	0.77	0.19	0.38	1.55	1.11
Na ₂ O	2.34	3.71	3.92	3.51	3.94	3.94	3.27
K ₂ O	2.59	3.86	3.36	2.13	4.78	3.38	4.19
H ₂ O ⁺	1.40	0.31	0.69	1.57	1.00	0.95	0.39
H ₂ O ⁻	0.36	0.24	0.20	0.34	0.28	0.28	0.19
P ₂ O ₅	0.012	0.010	0.013	0.012	0.015	0.017	0.010
CO ₂	<0.10	0.10	0.28	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Summa	98.8	98.6	100.2	99.4	100.9	100.1	98.4
An(beräkn.)	An ₀	An ₈	An ₄	An ₃	An ₃	An ₁₅	An ₁₅
Niggelivärden							
<i>al</i>	48	47	45	45	41	43	48
<i>fn</i>	24	8	14	25	18	11	6
<i>c</i>	1	4	5	1	2	10	8
<i>alk</i>	27	41	36	29	38	37	38
<i>si</i>	529	514	463	452	415	466	490
<i>t</i>	20	2	4	15	1	-4	2
<i>k</i>	0.42	0.41	0.36	0.29	0.44	0.36	0.46
<i>mg</i>	0.38	0.10	0.45	0.48	0.32	0.14	0.16

Analyslokaler till tabell 1

- GS84:47 Grå, glimmerrik, kvarts-fältspatporfyrisk metaalkaliryolit. - 1.3 km NNV om Andersbo. 66888/16176. Östh. NV (7d).
- SS83:115 Röd, kvarts-fältspatporfyrisk metaalkaliryolit. - Vägskärning ca 300 m NV om Granbacken. 66778/16109. Östh. NV (5c).
- GS83:37 Röd, lätt skiktad, kvarts-fältspatporfyrisk metaalkaliryolit. - 200 m NV om Strömhagsgruvan. 66578/16086. Östh. SV (1b).
- GS83:9 Rödgrå, glimmerrik, kvarts-fältspatporfyrisk, skiffrig metaalkaliryolit, lava el. ignimbrit? - Örång, ca 500 m V om Skyttorp. 66637/16069. Östh. SV (2b).
- GS85:41a Röd metaalkaliryolit. - 300 m SV om triangelp. Ornön, Söderön. 66871/16428. Östh. NO (7i).
- GS85:1 Violettgrå, kvarts-fältspatporfyrisk metaryodacit - dacit. - 1 km N om Sonbo, invid väg. 66918/1618. Östh. NV (8d).
- GS85:11 Ljusgrå metaryodacit. - Ca 350 m N om Fridhem. 66897/16215. Östh. NV (7e).

Metaryodacit			Metaryodacit			
Ä 43	GS 85:27a	GS 83:4	RA 85:55	Ä 935	Ä 43:13	Prov nr Kationprop. Na-K Lab. nr
Na>K	Na>K	Na>K	Na~K	K>Na	K>Na	
-	00532	00516	00513	-	-	
73.8	71.9	71.9	71.8	77.3	72.1	SiO ₂
0.20	0.27	0.25	0.32	-	-	TiO ₂
11.20	13.8	14.0	13.7	12.3	12.18	Al ₂ O ₃
4.20	0.17	1.61	1.68	0.18	2.57	Fe ₂ O ₃
1.50	2.13	0.61	0.88	1.43	2.06	FeO
0.08	0.047	0.025	0.036	-	-	MnO
1.07	0.67	0.42	0.36	0.52	0.65	MgO
1.10	2.31	1.20	1.39	1.30	0.93	CaO
3.30	3.19	3.74	3.43	1.79	1.68	Na ₂ O
2.48	4.52	3.94	5.07	5.66	4.64	K ₂ O
0.60	0.90	1.07	0.54	-	2.29	H ₂ O ⁺
-	0.16	0.31	0.26	-	-	H ₂ O ⁻
0.14	0.064	0.036	0.045	-	-	P ₂ O ₅
-	<0.10	<0.10	<0.10	-	-	CO ₂
99.9	100.1	99.1	99.5	100.5	99.1	Summa
An ₁₄	An ₂₅	An ₁₅	An ₁₈	An ₂₉	An ₂₄	An (beräkn.)
						Nigglivärden
35	42	46	43	42	41	<i>al</i>
33	15	13	14	19	27	<i>fm</i>
6	13	7	8	8	6	<i>c</i>
26	31	34	35	31	26	<i>alk</i>
396	368	398	384	446	415	<i>si</i>
3	-2	5	0	3	9	<i>t</i>
0.33	0.48	0.41	0.49	0.67	0.65	<i>k</i>
0.26	0.34	0.26	0.21	0.23	0.21	<i>mg</i>

- Ä 43 Röd metaryodacit, hämatitförande. - Ramhällsfältet. Äldre analys från Lindroth 1916 (s. 43). Östh. SV (3d).
- GS85:27a Grå metaryodacit. - 300 m SV om Gunbyle, vid väg 79. 66811/1637. Östh. NO (6h).
- GS83:4 Röd, kvarts-fältspatporfyrisk metaryodacit, kristalltuff. - 100 m N om N. Koltorp, ca 1 km SSO om Salsta. 66592/16082. Östh. SV (1b).
- RA85:55 Grårod, skiktad metaryodacit. - 500 m SO om Kilbovret. 66763/16398. Östh. NO (5h).
- Ä 935 Metaryodacit (hällflinta). - Elvansborg, Rasbo s:n. Äldre analys från Larsson 1933 (s. 160, nr 935). Östh. SV (0b).
- Ä43:13 Metaryodacit (hällflinta). - Ca 750 m V om Igelsjötorp. Äldre analys från kbl Salsta (1871, Aa 43, s. 13). Östh. SV (2b).

TABELL 2. Kemiska analyser (vikt-%) av metanatronryolit. För mineralogiska sammansättningar se diagram 2.

Chemical analyses (weight %) of metanatronrhyolite. For mineralogical compositions see Diagram 2.

Prov nr	Äs25	SS 83:114	SB 84:39	Äs13	Äs30	GS 83:45c	Äs20	SS 83:68	GS 83
Katjonprop.									
Na-K	Na>>>K	Na>>>K	Na>>>K	Na>>>K	Na>>>K	Na>>>K	Na>>>K	Na>>>K	Na>>>K
Lab. nr	-	00520	00526	-	-	00524	-	00519	00518
SiO ₂	77.99	77.9	77.3	76.9	76.8	75.2	74.08	69.4	69.2
TiO ₂	0.15	0.07	0.13	-	0.10	0.23	0.13	0.43	0.44
Al ₂ O ₃	12.52	13.2	12.1	10.01	10.12	12.3	13.00	14.4	14.7
Fe ₂ O ₃	0.40	0.16	0.62	1.03	1.20	<0.10	1.10	1.26	0.98
FeO	0.34	0.40	0.93	3.71	3.83	2.17	2.81	1.91	2.83
MnO	0.01	0.006	0.023	-	-	0.013	-	0.026	0.026
MgO	0.63	0.63	0.87	1.25	1.32	0.40	0.57	1.81	1.96
CaO	0.62	0.43	0.72	0.66	0.92	1.30	0.88	1.16	1.11
Na ₂ O	5.90	6.44	5.98	4.41	4.50	6.41	5.97	5.50	5.46
K ₂ O	0.73	0.30	0.42	0.66	0.40	0.20	0.51	1.85	1.59
H ₂ O > 105°	0.51	0.44	0.67	1.18	1.02	1.05	1.05	0.97	0.91
H ₂ O < 105°	-	0.22	0.19	-	-	0.27	-	0.31	0.26
P ₂ O ₅	0.03	<0.010	0.015	-	0.02	0.033	0.05	0.098	0.096
CO ₂	-	<0.10	0.15	-	-	0.47	-	0.13	0.13
Summa	99.83	100.4	100.0	99.8	100.2	100.1	100.15	99.3	99.7
An (beräk.)	An ₅	An ₃	An ₄	An ₈	An ₁₀	An ₆	An ₇	An ₁₀	An ₁₀
Nigglivärden									
<i>al</i>	47	48	43	35	34	41	41	39	39
<i>fm</i>	10	9	15	34	34	14	21	25	27
<i>c</i>	4	3	5	4	6	8	5	6	5
<i>alk</i>	39	40	37	28	26	36	33	30	28
<i>si</i>	495	485	468	451	436	430	395	323	312
<i>t</i>	3	5	1	3	2	-3	3	3	6
<i>k</i>	0.08	0.03	0.04	0.09	0.06	0.02	0.05	0.18	0.16
<i>mg</i>	0.61	0.67	0.51	0.32	0.32	0.24	0.21	0.51	0.48

Analyslokaler till tabell 2

- ÄS25 Kwarts-fältspatporfyrisk metanatronryolit, granofyrisk, växellagrande med kalksten. - Ramhällsfältet. Äldre analys från Lindroth 1916 (s. 25). Östh. SV (3d).
- SS83:114 Mörkgrå, kvarts-fältspatporfyrisk metanatronryolit (lava?). - Ca 350 m NV om Granbacken. 66778/16109. Östh. NV (5c).
- SB84:39 Röd, skiktad metanatronryolit. - Bertilsvik vid Finnsjön, ca 1 km SV om Källviken. 66920/16164. Östh. NV (8d).
- ÄS13 Metanatronryolit. - 700 m Ö om Knivsta. Äldre analys från kbl Salsta (Aa 43, s. 13). Östh. SV (2b).
- ÄS30 Porfyrisk metanatronryolit. - Stenringens gruva. Äldre analys från Lindroth 1916 (s. 30). Östh. SV (3c).
- GS83:45c Rosagrå, kvarts-fältspatporfyrisk metanatronryolit. Dm-bred gång eller möjligen skiva i röd kvartsporfyrisk gnejsgranit. - 800 m NNO om Djupdalen. 66672/16098. Östh. SV (3b).
- ÄS20 Porfyrisk, skiktad metanatronryolit. - Klockgruvan, Ramhäll. Äldre analys från Lindroth 1916 (s. 20). Östh. SV (3d).
- SS83:68 Grå, kvarts-fältspatporfyrisk metanatronryolit, ignimbrit? - Ca 200 m SV om N. Bullerbacken, V om Dannemora. 66772/16107. Östh. NV (5c).
- GS83 Mörkgrå, kvarts-fältspatporfyrisk metanatronryolit, ignimbrit? - V om Dannemora, vägskäring nära Granbacken. Östh. NV (5c).

TABELL 3. Kemiska analyser (vikt-%) av metaalkaliryolit, metakaliryolit och metaryolit. För mineralogiska sammansättningar se diagram 1, 3 och 7.

Chemical analyses (weight %) of metaalkaliryholite (potassic) and metarhyolite. For mineralogical compositions see Diagrams 1, 3 and 7.

Prov nr Katjonprop. K-Na Lab. nr	Metaalkaliryolit (kalibetonad)				Metakaliryolit			Metaryolit		
	SB 84:42	GS 83:40c	GS 85:17	Ä770	GS 85:50a	RA 84:77	GS 83:94	Ä767	Ä766	Ä43:S13
	K > Na 00523	K > Na 00521	K > Na 00543	K > Na -	K >>> Na 00525	K >>> Na 00528	K >>> Na 00529	K >>> Na -	K >>> Na -	K >>> Na -
SiO ₂	78.8	75.4	75.2	74.8	74.7	72.4	71.1	76.8	73.7	73.5
TiO ₂	0.09	0.10	0.18	0.09	0.07	0.17	0.61	0.09	0.12	-
Al ₂ O ₃	11.0	8.92	12.5	15.00	12.0	10.9	12.7	11.39	12.67	11.33
Fe ₂ O ₃	0.62	0.66	0.91	0.79	0.23	4.48	0.68	1.81	1.96	3.54
FeO	0.69	0.21	1.51	1.56	0.77	1.21	1.25	-	-	1.92
MnO	0.011	0.049	0.14	0.24	0.010	<0.005	0.17	0.09	0.0	-
MgO	0.52	0.30	1.01	0.18	0.19	0.28	0.70	1.04	0.39	1.42
CaO	0.30	3.39 ¹	0.14	0.52	0.30	0.21	0.88	2.26	3.52	0.62
Na ₂ O	1.73	1.77	2.46	2.26	0.77	0.90	0.37	0.49	1.29	1.00
K ₂ O	5.51	4.45	4.78	4.48	9.83	7.64	10.7	5.98	6.22	6.80
H ₂ O > 105°	0.84	0.76	0.91	0.52	0.26	0.41	0.71	0.44 gl. f.	-	1.42
H ₂ O < 105°	0.24	0.35	0.17	-	0.22	0.20	0.21	-	-	-
P ₂ O ₅	<0.010	0.062	<0.010	-	<0.010	0.017	0.21	-	-	-
CO ₂	<0.10	2.69	<0.10	-	0.15	0.11	0.15	-	0.16	-
Summa	100.4	99.1	100.0	100.4	99.5	98.9	100.5	100.4	100.0	101.5
An (beräkn.)	An ₇	An ₀	An ₂	An ₁₀	An ₇	An ₅	An ₂₀	An ₇₀ ?	An ₆₀ ?	An ₂₅ ?
Nigglivärden										
<i>al</i>	47	36	45	53	46	37	41	41	40	35
<i>fm</i>	13	8	22	14	7	28	15	18	11	34
<i>c</i>	2	25 ¹	1	3	2	1	5	15	20	3
<i>alk</i>	38	31	33	30	45	33	39	28	28	28
<i>si</i>	570	517	455	445	481	421	387	468	398	387
<i>t</i>	7	-20	10	19	-1	-3	-3	0	-8	4
<i>k</i>	0.68	0.62	0.56	0.57	0.89	0.85	0.95	0.89	0.76	0.82
<i>mg</i>	0.42	0.38	0.42	0.11	0.26	0.09	0.38	0.52	0.28	0.33

¹ sekundär kalcit

Analyslokaler till tabell 3

- SB84:42 Kvarzporfyrisk metaalkaliryolit. - Vid Bystadgruvorna, ca 900 m VSV om Sonbo. 66905/1617. Östh. NV (8d).
- GS83:40c Röd, kvarts-fältspatporfyrisk metaalkaliryolit (ignimbrit eller lava?). - 500 m NO om Säbytorp. 66655/16088. Östh. SV (2b).
- GS85:17 Alkaliryolitiskt, något granatförande metasediment. - 300 m SO om Skärsättra. 6699/16157. Östh. NV (9d).
- Ä 770 Metaalkaliryolit. Felsitporfyrgång. - Centralfältet i Dannemora gruva. Äldre analys från E. Nyström (1922, s. 770). Östh. NV (5c).
- GS85:50a Gråröd, kvartsporfyrisk metakaliryolit. - Blåsut, ca 400 m SO om Ed plantskola. 66852/16406. Östh. NO (7i).
- RA84:77 Röd, skiktad metakaliryolit. - 2 km SV om Östmora. 668181/16237. Östh. NV (6e).
- GS83:94 Grå metakaliryolit. - 150 m N om Kallmyra, Ö om Vattholma. 65562/1610. Östh. SV (1b).
- Ä 767 Metaryolit. Mörkt skikt i bandad hälleflinta. - Norra gruvfältet i Dannemora. Äldre analys från E. Nyström (1922, s. 767). Östh. NV (5c).
- Ä 766 Metaryolit. Ljust skikt i bandad hälleflinta. - Norra gruvfältet i Dannemora. Äldre analys från E. Nyström (1922, s. 766). Östh. NV (5c).
- Ä43:S13 Metaryolit (hälleflinta). - 500 m NO om Uggelbo. Äldre analys från kbl Salsta (Aa 43, s. 13). Östh. SV (2c).

TABELL 4. Kemiska analyser (vikt-%) av glimmerkvartsiter, -skifferar och metasediment av växlande ursprung. För mineralogiska sammansättningar se diagram 4 och 6.

Chemical analyses (weight %) of mica quartzites, mica schists and metasediments of different origin. For mineralogical compositions see Diagrams 4 and 6.

Prov nr	GS 83:5	GS 82:34	Ä 763	LB 83:76	GS 85:41b	SS 84:123	SS 84:128	SS 84:124
Katjonprop.	K >> Na			K >> Na		Na >> K	K >> Na	
K-Na Lab. nr	00537	00536	-	00522	00535	00534	00542	00538
SiO ₂	79.9	77.3	73.2	71.6	60.5	78.2	75.5	73.8
TiO ₂	0.08	0.13	0.12	0.33	0.72	0.14	0.16	0.18
Al ₂ O ₃	12.4	11.1	12.75	12.7	14.7	11.5	13.4	13.3
Fe ₂ O ₃	0.20	1.37	2.98	1.51	4.17	0.43	0.71	1.24
FeO	0.18	1.27	3.14	2.37	4.13	1.17	1.19	1.91
MnO	<0.005	0.043	0.16	0.060	0.18	0.031	0.073	0.070
MgO	0.38	1.62	1.41	2.59	4.62	0.35	1.75	1.43
CaO	0.54	0.56	0.34	0.26	1.09	3.28	0.16	0.28
Na ₂ O	0.32	0.14	0.49	0.42	0.55	2.97	0.55	2.04
K ₂ O	3.56	4.27	3.67	4.67	3.57	0.70	4.69	3.30
H ₂ O > 105°	2.10	2.13	1.19	2.01	4.43	0.59	2.06	1.62
H ₂ O > 105°	0.34	0.27	-	0.25	0.67	0.16	0.29	0.30
P ₂ O ₅	<0.010	0.014	0.04	0.062	0.15	0.017	<0.010	<0.010
CO ₂	<0.10	<0.10	-	0.14	0.14	<0.10	<0.10	0.11
Summa	100.1	100.2	99.5	99.0	99.6	99.6	100.5	99.6
An (beräkn.)	An ₅₀ ?	An ₆₅ ?	An ₃₀ ?	An ₁₁	An ₄₀	An ₃₈	An ₁₅	An ₅
Nigglivärden								
<i>al</i>	65	45	42	41	33	44	50	46
<i>fm</i>	8	31	40	39	52	12	27	28
<i>c</i>	5	4	2	2	4	23	1	2
<i>alk</i>	23	20	16	19	11	22	22	24
<i>si</i>	704	532	410	394	230	506	478	436
<i>t</i>	36	21	24	20	18	-1	26	20
<i>k</i>	0.88	0.95	0.83	0.88	0.81	0.13	0.85	0.52
<i>mg</i>	0.65	0.53	0.30	0.30	0.51	0.28	0.62	0.45

Analyslokaler till tabell 4

- GS83:5 Vitgrå, kvartsporfyrisk muskovitkvartsit. - 1.2 km N om Salsta. 66613/16079. Östh. SV (2b).
- GS82:34 Kvartsporfyrisk glimmerkvartsit. - 1.2 km V om Lura, ca 3 km VNV om Rasbokil k:a. 66556/16118. Öst. SV (1c).
- Ä763 Mörk kvartsporfyr, glimmerkvartsitisk, magnetithaltig. - Danne-mora gruva, nära Örnens schakt. Östh. NV (5c). Äldre kemisk analys från Nyström 1922 (GFF 44, s. 763).
- LB83:76 Kvartsporfyrisk glimmerkvartsit, något Mg-Fe-anrikad. - 2 km V om Film k:a. 66808/16135. Östh. NV (6c).
- GS85:41b Glimmerskiffer, starkt Mg-Fe-anrikad som lokal zon i röd metaryo-dacit (jfr tab. 1 prov GS85:41a). - 300 m SV om triangelp. Örnön, Söderön. 66871/16428. Östh. NO (7i).
- SS84:123 Grått, dacitbetonat metasediment. - 700 m SO om Frebbenbo. 66980/16209. Östh. NV (9e).
- SS84:128 Grå glimmerkvartsit. - 800 m Ö om Frebbenbo. 66986/16214. Östh. NV (9e).
- SS84:124 Grå, kvarts-muskovit-biotitglimmerskiffer. - Ca 1.2 km NO om Freb-benbo. 66995/16214. Östh. NV (9e).

TABELL 5. Kemiska analyser (vikt-%) av metadacit, metaandesit och metabasalt (intermediära och basiska metavulkaniter). Den mineralogiska sammansättningen på de nio metadaciterna, t. v. i tabellen, framgår av diagram 5a och b.

Prov nr	Metadacit							
	GS 86: 58	GS 86: 33	GS 86: 63b	GS 86: 51	GS 86: 19	GS 86: 21	SS 84: 119	SS 84: 121
Lab. nr	00756	00760	00759	00755	00757	00758	00541	00539
SiO ₂	69.1	68.0	67.7	67.6	66.3	66.1	64.1	62.8
TiO ₂	0.32	0.65	0.55	0.36	0.76	0.71	0.69	0.67
Al ₂ O ₃	14.4	14.2	14.0	15.2	14.9	14.5	17.2	15.5
Fe ₂ O ₃	2.19	1.53	2.94	2.13	2.80	2.21	1.43	2.55
FeO	2.10	4.10	3.30	2.45	2.40	2.84	3.01	4.34
MnO	0.078	0.255	0.129	0.071	0.101	0.092	0.062	0.140
MgO	0.95	1.94	0.82	0.98	1.38	1.36	1.39	2.00
CaO	3.50	2.68	2.28	3.00	3.10	3.24	3.92	6.11
Na ₂ O	3.48	2.59	2.76	2.95	3.49	3.45	3.27	2.72
K ₂ O	2.81	2.60	4.58	3.41	4.13	3.78	3.08	1.52
H ₂ O > 105°	1.14	1.51	1.00	1.53	0.81	0.63	0.92	0.99
H ₂ O < 105°	0.29	0.31	0.26	0.30	0.23	0.20	0.22	0.17
P ₂ O ₅	0.12	<0.15	0.13	0.13	0.26	0.23	0.20	0.24
CO ₂	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.10	0.20	<0.10	0.11
Summa	100.5	100.5	100.5	100.1	100.8	99.5	99.5	99.9
An (beräkn.)	An ₃₆	An ₃₆	An ₂₃	An ₃₅	An ₂₇	An ₁₇	An ₃₇	An ₄₀
Niggilivärden								
<i>al</i>	38	36	36	40	36	36	40	33
<i>fm</i>	22	33	28	23	26	26	23	31
<i>c</i>	17	12	11	14	14	15	17	23
<i>alk</i>	23	18	25	22	25	24	20	13
<i>si</i>	310	295	300	302	272	276	255	225
<i>t</i>	0	6	1	3	-2	-3	3	-4
<i>k</i>	0.35	0.40	0.52	0.48	0.44	0.44	0.38	0.27
<i>mg</i>	0.29	0.38	0.19	0.28	0.33	0.33	0.36	0.34

Analyslokaler till tabell 5

- GS86:58 Grå, porfyritisk metadacit. - Skarpslätt (30 m Ö om huset), Söderön. 66866/16468. Östh. NO (7j).
- GS86:33 Grå, granatförande metadacit. - 500 m V om Långalma. 6686/16468. Östh. NO (7j).
- GS86:63b Grå, kvartsporfyrisk metadacit. - S om Kråknäs, Söderön. 66853/16484. Östh. NO (7j).
- GS86:51 Grå, porfyritisk metadacit. - 500 m Ö om Gården. Söderön. 66857/16491. Östh. NO (7j).
- GS86:19 Mörkgrå, porfyritisk metadacit med hornbländenälar. - Ringboda. 66751/16405. Östh. NO (5i).
- GS86:21 Grå metadacit med hornbländenälar. - 750 m Ö om Ringboda. 66751/16415. Östh. NO (5i).
- SS84:119 Grå, skiktad, tuffitisk metadacit. - 300 m V om vägskalet mot Berkinge på väg 76. 66967/16230. Östh. NV (9e).

Chemical analyses (weight %) of metadacite, metaandesite and metabasalt (intermediate and basic metavolcanites). For mineralogical compositions of the metadacites (to the left) see Diagrams 5a and b.

Metaandesit-Metabasalt							
GS 85: 9	OE 86: 42	GS 86: 87	BKBA 79024	RA 84: 27	RA 84: 21	RA 85: 54a	Prov nr
00540	00765	00763	-	00761	00762	00764	Lab. nr
60.7	53.6	52.6	52.3	48.3	48.0	44.3	SiO ₂
0.83	0.95	0.88	0.87	0.78	0.80	1.12	TiO ₂
18.5	17.1	15.9	16.0	16.6	16.3	14.7	Al ₂ O ₃
1.62	3.10	2.98	0.3	2.63	5.71	2.80	Fe ₂ O ₃
3.39	6.72	7.45	8.2	7.67	4.86	9.17	FeO
0.083	0.167	0.196	0.20	0.170	0.281	0.213	MnO
2.06	4.35	4.86	10.7	7.05	5.18	4.96	MgO
4.82	7.41	9.27	7.3	11.3	14.4	13.2	CaO
4.03	2.03	2.27	3.0	1.60	2.14	3.12	Na ₂ O
2.50	2.10	1.33	0.7	1.16	0.23	0.73	K ₂ O
1.17	2.65	2.24	1.8	2.34	1.81	1.79	H ₂ O > 105°
0.31	0.43	0.40	0.1	0.27	0.16	0.28	H ₂ O < 105°
0.29	0.17	0.21	0.21	0.12	0.16	0.25	P ₂ O ₅
<0.10	<0.10	<0.10	0.10	0.16	<0.10	3.25	CO ₂
100.3	100.8	100.6	101.78	100.1	100.0	99.9	Summa
An ₃₆	-	-	-	-	-	-	An (beräkn.)
							Niggilivärden
38	28	25	22	23	22	20	<i>al</i>
25	41	42	43	44	38	40	<i>fm</i>
18	22	26	27	28	35	32	<i>c</i>
19	9	8	8	5	5	8	<i>alk</i>
211	149	138	123	112	110	102	<i>si</i>
-1	-4	-10	-13	-10	-18	-20	<i>t</i>
0.29	0.40	0.28	0.13	0.32	0.07	0.13	<i>k</i>
0.43	0.44	0.45	0.60	0.60	0.47	0.43	<i>mg</i>

- SS84:121 Grå, skiktad, tuffitisk metadacit. - 800 m V om vägskalet mot Gullbacken på väg 76. 66970/16205. Östh. NV (9e).
- GS85:9 Mörkgrå metadacit. - 800 m N om Storgubben vid väg 76 (S om vägen). 669835/16191. Östh. NV (9d).
- OE86:42 Metadacit-metaandesit (hbl>and>>bi~kv;=0.05-0.15). - Ca 1 km Ö om Haganäs. 66824/16427. Östh. NO (6i).
- GS86:87 Metaandesit-metakvartsandesit (hbl>and>>bi~kv; matrix 0.1-0.3 mm). Starkt skiffrig och rekristalliserad. - 700 m VSV om Sandika. 66825/16432. Östh. NO (6i).
- BKBA Metabasalt, finkornig med hornbländeporfyroblaster (hbl>>and). - 79024 Finnsjöområdet (Olkiewicz m.fl. 1981, tab. 1). Östh. NV (8d).
- RA84:27 Metabasalt, plagioklasporfyrisk med nålfiltig textur (hbl>>plag>bi~mt; nålar~0.1). - Sjötorp. 66803/16168. Östh. NV (6d).
- RA84:21 Metabasalt (hbl>ep>plag~kl; matrix<0.03 mm). - 300 m Ö om Broskogen. 66819/16187. Östh. NV (6d).
- RA85:54a Metabasalt, mandelstensförande. De senare utvalsade och kalcitfyllda. (hbl>>plag>kalcit; matrix 0.1-0.2 mm). Starkt skiffrig. - S om Björsta. 66791/16385. Östh. NO (5h).

TABELL 6a. Äldre kemiska analyser (vikt-%) av karbonatstenar, "järnbindiga", från Dannemora- och Ramhällsfälten inom Östhammar NV och SV.

Old chemical analyses (weight-%) of crystalline carbonate stones from the Dannemora and Ramhäll iron-ore fields within map-sheets Östhammar NV and SV.

Dannemora gruvfält ¹	CaCO ₃	MgCO ₃	MnCO ₃	FeCO ₃	Al ³⁺ +Si ⁴⁺	Summa
Stor-Rymningens östra vägg	75.182	15.614	4.505	4.512	0.097	99.9
Östra Berget	90.672	3.882	4.122	1.088	0.236	100.0
Myrgruvan, norra fältet	53.821	21.212	6.472	18.436	0.059	100.0
Södra Kungsgruvan	81.579	5.792	5.707	6.833	0.089	100.0
Ramhällsfältet ²	68.42	18.17	4.29	8.23	-	99.1

¹ Ur Erdmann 1851, s. 28.

² Ur Lindroth 1916, s. 50.

TABELL 6b. Kemiska analyser (vikt-%) av urkalkstenar från de äldre Aa-kartbladen Salsta, Öregrund och Örbyhus.

Old chemical analyses (weight-%) of crystalline carbonate stones from map-sheets Aa Salsta, Öregrund and Örbyhus.

	CaCO ₃	MgCO ₃	järnoxid + lerjord	olöslig rest	Summa
Ö om Gökom (litet brott, ej i kartan; 4b) Östhammar SV	88.55	5.23	0.40	5.55	99.73
Brott 1 km ONO om Heden (3c), Östhammar SV	95.18	0.83	0.28	3.24	99.53
Som Kungstomt (Dammen, 3c), Östhammar SV	88.94	1.43	0.21	8.24	98.82
Lenabergs brott, Vattholma (1b), Östhammar SV	95.16	1.13	0.29	3.54	100.12
Brott 1 km NV om Östhammar k:a (7i), Östhammar NO	93.27	0.43	0.12	6.25	100.07
Brott 3 km SO om Östhammar k:a (6i), Östhammar NO	86.88	4.24	0.65	7.98	99.75
Brott (Liäng), ca 3 km VSV om Forsmark k:a (9f), Östhammar NO	98.08	0.35	0.53	1.22	100.18
Brott, Kastudden, vid Finnsjöns N-spets (9c), Östhammar NV	89.17	2.88	1.42	6.53	100.00

TABELL 6c. Fullständiga kemiska analyser (vikt-%) av kristallina karbonatstenar från kartbladsområdena Östhammar SV, NV och SO.
Complete chemical analyses (wt%) of crystalline carbonate rocks from map-sheets Östhammar SV, NV and SO.

Prov nr	610	611	612	613	614	615	1	2	3	4
SiO ₂	2.84	9.98	3.91	3.10	1.36	7.50	3.80	1.40	4.68	1.98
TiO ₂	0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.01	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	0.74	2.20	0.68	0.29	0.27	0.52	0.40	0.52	0.40	0.76
Fe ₂ O ₃	0.30	0.74	0.32	0.24	0.47	3.78	7.35 ¹	12.17 ¹	1.20 ¹	1.12
FeO	—	—	—	—	—	—	0.20	0.15	0.40	—
MnO	0.12	0.08	0.07	0.08	0.20	0.72	0.74	0.75	0.92	0.17
MgO	0.76	1.91	1.33	0.86	1.55	16.90	7.57	11.50	1.29	0.30
CaO	53.60	49.20	52.80	53.60	53.00	30.80	39.10	33.72	49.89	52.84
Na ₂ O	0.08	0.14	0.09	0.04	0.03	0.02	—	—	—	—
K ₂ O	0.12	0.26	0.04	0.04	0.01	0.01	—	—	—	—
H ₂ O	—	0.30	0.10	0.10	0.2	2.1	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.01	—	0.01	<0.01	0.05	0.01	0.02	0.01
CO ₂	41.40	34.80	40.70	41.80	42.30	37.70	—	—	—	—
Glödg. förl.	—	—	—	—	—	—	39.5	39.60	41.26	42.00
S	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.52	0.40	0.01	0.02
Summa	99.98	99.35	99.96	100.06	99.21	97.96	99.23	100.22	100.07	99.20

¹ Järnet räknat som magnetit (Fe₃O₄)
Iron calculated as magnetite

- 610 Kalksten, dubbelprov från stora brottet i Braxenbol (4j), Östh. SO.
 611 Kalksten, från norra brottet i Braxenbol.
 612 Kalksten, från norra delen av kalkstensstråket vid Braxenbol.
 613 Kalksten, dubbelprov från Kalkgruvan O om Lillbyasjön (6d), Östh. NV.
 614 Kalksten, trippelprov från norra kalkstensstråket O om Finnsjön (8d), Östh. NV. 6693/1618.
 615 Dolomitisk kalksten, dubbelprov från norra delen av karbonatstensstråket vid Dammen (Kungstomt; 3c). Analyserna (610-615) från projekt karbonat i berg (L. Riad, B. Westlund 1987).

1. Magnetitförande dolomitisk kalksten från Hammargruvan, Ramhällsfältet(3d). Östh. SV.
2. Magnetitförande dolomitisk kalksten från Maskingruvan, Ramhällsfältet (3d). Östh. SV.
3. Kalksten från Varpgruvan, Ramhällsfältet.
4. Kalksten från Stenrings kalkstensbrott (3c) invid jernmalmsgruvan med samma namn. Östh. SV. Analyserna (1-4) är hämtade från tab. 6 i Lindroth 1916, s. 50.

TABELL 7. Kemiska sammansättningar (mikrosond) på granatskarn från kartbladen Östhammar SV, NV och NO.

Chemical compositions of garnet skarns from the investigated region.

Prov nr	GS 83:99		GS 83:97		GS 84:78	GS 85:52 b	GS 84:65	
	(1)	Granat (2)	(1)	Granat (2)	Granat	Granat	Granat	
SiO ₂	36.8	36.9	37.3	36.8	35.7	36.0	36.0	
TiO ₂	0.0	0.1	0.3	0.2	0.5	0.0	0.0	
Al ₂ O ₃	21.1	20.5	20.3	20.4	8.6	5.8	4.5	
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	21.2 ¹	23.1 ¹	24.9 ¹	
FeO	34.0	26.0	7.8	8.3	0.8 ¹	2.8 ¹	2.1 ¹	
MnO	1.5	8.9	24.1	23.7	1.1	0.8	0.4	
MgO	1.3	0.7	1.0	0.9	0.3	0.2	0.2	
CaO	4.5	6.5	8.9	9.0	32.6	31.6	32.7	
Na ₂ O	0.0	0.0	0.01	0.03	0.0	0.0	0.0	
Σ	99.2	99.6	99.7	99.3	100.8	100.3	100.8	
	Antal joner på basis av 24 O				Number of ions on a basis of 24 O			
Si	5.992	6.010	6.011	5.971	5.779	5.938	5.938	
Al	—	—	—	—	0.221	0.062	0.062	
Al	4.042	3.926	3.855	3.888	1.420	1.066	0.813	
Ti	0.030	0.011	0.040	0.029	0.061	—	—	
Fe ³⁺	—	—	—	—	2.583	2.867	3.091	
Fe ²⁺	4.628	3.534	1.049	1.127	0.108	0.386	0.290	
Mn	0.207	1.220	3.287	3.260	0.151	0.112	0.056	
Mg	0.325	0.161	0.245	0.210	0.072	0.049	0.049	
Ca	0.786	1.138	1.533	1.567	5.654	5.585	5.780	
Na	0.000	0.0	0.004	0.011	—	—	—	
Almandin	78.4	57.9	17.5	18.5	1.8	6.1	4.5	
Andradit	—	—	—	—	66.1	71.1	76.3	
Grossular	13.3	18.7	25.6	25.7	28.1	20.3	17.7	
Pyrop	5.5	2.6	4.0	3.4	1.2	0.8	0.8	
Spessartin	3.5	20.0	54.8	53.4	2.5	1.7	0.9	

¹ Med dataprogram kalkylerade värden enligt Peter Kresten. *Values calculated with data program.*

Analyslokaler till tabell 7

- GS83:99 Almandin-grossular-spessartinskarn med klorit, magnetit, muskovit och epidot. - Salsta gruvor. 66593/16068 (1b). Östhammar SV.
- GS83:97 Spessartin-grossular-alandinskarn. - Lenabergs gruvor. 66557/16072 (1b). Östhammar SV.
- GS84:78 Andradit-grossularskarn med epidot > hornblände. - 150 m S om Fridhem, Juvansbofältets gruvor. 66892/16215 (7e) Östhammar NV.
- GS85:52b Andradit-grossularskarn, magnetitrikt, med epidot. - Liten gruva 600 m OSO om Nässelöt, 2 km NV om Östhammar k:a. 66863/164085 (7i). Östhammar NO.
- GS84:65 Andradit-grossular-epidot-diopsidskarn. - Karlsgruvan i Vigelsbofältet. 66863/16207 (7e). Östhammar NV.

TABELL 8a. Kemiska analyser (vikt-%) av djupgrönstenar i Finnsjöområdet, kartbladet Östhammar NV (se Olkiewicz m. fl. 1981).
Chemical analyses (weight %) of basic synorogenic plutonites from the Finnsjön area, map-sheet Östhammar NV.

Prov nr	79013	79014	79015	79016	79030	79017	79018	79019	79020	79021
SiO ₂	47.6	42.3	50.9	49.8	50.3	49.2	49.9	49.5	53.4	52.3
TiO ₂	0.52	0.17	0.33	0.35	0.32	0.61	0.74	0.98	1.01	0.72
Al ₂ O ₃	14.2	6.5	5.6	6.5	8.3	14.3	16.7	17.0	17.4	16.2
Fe ₂ O ₃	3.0	3.4	3.0	2.3	2.3	2.8	2.9	3.6	3.2	3.3
FeO	8.9	11.8	8.4	6.2	7.7	6.8	7.3	8.2	7.5	7.1
MnO	0.21	0.32	0.25	0.19	0.28	0.19	0.21	0.21	0.19	0.20
CaO	12.9	6.6	13.3	15.0	12.7	11.6	10.0	9.2	8.3	9.6
MgO	10.0	23.4	16.0	16.3	14.6	9.4	7.4	6.1	4.2	6.2
Na ₂ O	0.8	0.1	0.4	0.4	0.5	1.2	2.4	2.3	2.5	1.6
K ₂ O	0.6	0.2	0.4	0.4	0.7	0.8	1.2	1.2	1.6	1.2
H ₂ O ⁺	2.1	5.4	2.2	2.5	2.6	2.3	2.2	1.8	1.7	1.9
H ₂ O ⁻	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	<0.1	0.1
P ₂ O ₅	0.03	0.01	0.04	0.04	0.10	0.14	0.29	0.26	0.28	0.27
CO ₂	0.07	0.10	0.08	0.09	0.07	0.06	0.03	0.05	0.09	0.06
F	0.04	0.05	0.04	0.02	0.09	0.04	0.05	0.05	0.07	0.05
S	0.15	<0.02	<0.02	<0.03	<0.02	0.09	<0.02	0.05	0.07	0.04
BaO	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	<0.01	0.04	<0.01	0.06	0.05
Summa	101.10	100.35	100.95	100.13	100.54	99.49	101.34	100.47	101.52	100.76

Beträffande spårelementanalyser se tabell 6 i originalarbete.

Analyslokaler till tabell 8a

- 79013 Grönsvart fink. hornbländegabbro. - 1.2 km NV om Gålarmora (8e).
66940/16208 (NV, 8e).
- 79014 Mörkgrå, medelk. peridotit. - 500 m VSV om Gålarmora. 66928/
16214 (NV, 8 e).
- 79015 Grå, fink.-medelk. pyroxenit - hornbländit. - 200 m V om Snåret.
66973/16162 (NV, 9 d).
- 79016 Gröngrå, medel- till grovk. pyroxenit - hornbländit. - 500 m SO om
Slarsbo 66980/16158 (NV, 9d).
- 79030 Mörkgrön, fint medelk. hornbländit. - 200 m NV om Snåret. 66972/
16165. (NV, 9d).
- 79017 Grågrön, medel - grovk. hornbländegabbro. - 400 m N om Snåret.
66975/16165. (NV, 9d).
- 79018 Grå fint medelk. gabbro. - 100 m N om Snåret. 66972/16164 (NV,
9d).
- 79019 Grå fink. gabbro. - Ca 500 m SO om Slarsbo. 66978/16158 (NV, 9d).
- 79020 Mörkgrå, fink. diorit. - 900 m NO om Snåret 66975/16172 (NV, 9d).
- 79021 Grå, medel - till grovkornig diorit. - 700 m O om Slarsbo. 66980/
16161 (NV, 9 d).

Provnr 79015-21 samt 79030 är samtliga från Finnsjömassivet.

TABELL 8b. Kemiska analyser (vikt-%) av djupgrönstenar från kartbladen Östhammar SV, NV och NO. Analyserna erhållna av G. Nilsson, SGU.

Chemical analyses (weight %) of basic synorogenic plutonites from the Östhammar region.

Prov nr	7190096	7190092	7190093	7190094	7190095	7190024	7190025	7190026	7190027	7190028
Koordinater	66679 16019	66661 16045	66661 16045	66652 16051	66653 16051	66810 16145	66825 16138	66833 16121	66840 16041	66843 16036
Ekonom. kbl.	SV, 3a	SV, 3a	Sv, 3a	SV, 3a	SV, 3a	NV, 6c	NV, 6c	NV, 6 c	NV, 6a	NV, 6a
Vikt-% SiO ₂	48.8	45.4	45.0	48.6	48.0	45.1	47.8	46.6	48.0	48.8
Al ₂ O ₃	5.8	18.2	19.5	16.6	17.0	20.2	16.2	15.7	13.6	14.4
Fe ₂ O ₃	7.8	7.2	7.0	12.9	13.1	9.1	9.5	17.5	8.8	9.4
MgO	16.3	9.0	8.7	5.6	5.6	5.4	8.7	4.7	11.7	9.2
TiO ₂	0.3	0.3	0.2	1.2	1.1	0.9	0.7	2.2	0.4	0.5
CaO	15.1	12.1	10.1	9.1	9.0	10.5	11.9	9.2	12.5	14.2
MnO	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
Na ₂ O	0.5	0.7	0.8	1.6	1.6	1.5	1.4	1.7	0.7	0.9
K ₂ O	0.3	0.8	1.0	1.4	1.4	1.6	0.3	0.5	0.2	0.1
ppm V	245	155	100	340	325	340	275	540	270	265
Ni	265	130	190	20	20	60	300	25	70	65
Cu	35	45	250	20	20	20	15	30	50	30
Co	110	85	85	55	35	65	85	75	80	70
Cr	1450	35	25	30	25	50	215	30	60	85
Zn	70	55	45	100	85	85	65	180	90	80
As	105	105	70	80	–	65	125	45	50	65
W	85	65	65	105	110	85	75	140	50	60
Densitet	–	2.91	3.00	2.99	3.00	2.95	2.98	3.06	2.98	3.04

Prov nr	7190029	7190011	7190052	7190053	7190054	7190000	7190001	7190002	7190003	7190004
Koordinater	66891	66899	66970	66979	66987	66824	66825	66894	66887	669005
	16078	16246	16165	16156	16143	16424	16423	16424	16448	16442
Ekonom. kbl.	NV, 7b	NV, 7e	NV, 9d	NV, 9d	NV, 9c	NO, 6i	NO, 6i	NO, 7i	NO, 7i	NO, 8i
Vikt-%										
SiO ₂	46.2	53.4	58.0	49.2	56.9	48.5	46.8	44.2	51.2	52.8
Al ₂ O ₃	15.5	16.0	14.7	17.2	14.7	16.6	16.4	17.5	17.2	16.0
Fe ₂ O ₃	13.2	9.7	8.8	11.9	9.1	12.1	12.3	13.1	8.7	9.3
MgO	7.0	5.9	4.7	5.7	4.9	6.3	6.7	6.2	5.0	6.4
TiO ₂	1.2	1.2	0.6	1.0	0.6	1.0	1.0	1.1	0.9	0.8
CaO	12.6	8.7	7.4	10.9	7.8	11.7	12.3	9.7	7.9	9.9
MnO	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Na ₂ O	1.3	2.4	2.3	2.2	2.3	1.4	1.4	1.5	2.6	2.0
K ₂ O	0.3	1.1	1.7	0.3	1.6	0.5	0.5	0.9	1.1	0.8
ppm										
V	585	475	265	360	300	495	560	685	310	345
Ni	100	130	95	65	95	75	60	30	105	100
Cu	15	70	155	90	75	50	35	60	95	80
Co	80	60	55	65	60	80	90	85	55	60
Cr	45	415	85	55	85	90	65	30	70	70
Zn	100	175	-	-	-	105	125	-	-	-
As	60	0	-	-	-	220	170	-	-	-
W	100	125	-	-	-	135	145	-	-	-
Densitet	3.06	2.93	-	-	-	-	3.04	-	-	-

Prov nr	7190005	7190006	7190007	7190008	7190009	7190010	7190012	7190013	7190014
Koordinater	66901 16442	66905 16445	66947 16327	66905 16280	66916 16278	66917 16278	66879 16251	66878 16304	66886 16345
Ekonom. kbl.	NO, 8i	NO, 8i	NO, 8g	NO, 8f	NO, 8f	NO, 8f	NO, 7f	NO, 7g	NO, 7g
Vikt-% SiO ₂	47.6	60.1	48.3	57.9	48.8	58.8	53.2	43.6	43.7
Al ₂ O ₃	19.4	15.2	16.3	15.9	15.5	15.5	11.2	12.3	11.7
Fe ₂ O ₃	8.1	7.1	6.4	9.7	13.5	8.5	10.2	14.7	14.8
MgO	7.0	4.6	10.4	4.3	6.3	4.5	10.2	12.5	12.8
TiO ₂	0.5	0.7	0.3	1.1	1.3	1.2	0.6	0.7	0.6
CaO	14.0	7.5	17.3	7.4	11.8	7.2	11.4	12.1	11.7
MnO	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3
Na ₂ O	1.0	2.4	0.6	2.6	1.2	2.3	1.2	1.1	0.9
K ₂ O	0.2	0.7	0.0	1.8	0.6	1.9	0.7	0.5	0.3
ppm V	350	235	270	280	595	280	325	725	525
Ni	110	70	155	85	20	105	210	90	65
Cu	20	50	280	85	45	95	10	90	170
Co	75	45	90	50	85	50	95	150	125
Cr	95	75	95	65	35	65	250	35	50
Zn	-	-	-	-	-	-	100	95	100
As	-	-	-	-	-	-	125	125	160
W	-	-	-	-	-	-	80	90	90
Densitet	-	-	-	-	-	-	3.01	3.09	3.18

Prov nr	7190015	7190016	7190017	7190018	7190019	7190020	7190021	7190022	7190023
Koordinater	66886 16345	66886 16345	66886 16345	66856 16345	66895 16334	66875 16361	66874 16359	66875 16361	66830 16387
Ekonom. kbl.	NO, 7g	NO, 7g	NO, 7g	NO, 7g	NO, 7g	NO, 7h	NO, 7h	NO, 7h	NO, 6h
Vikt-% SiO ₂	42.6	40.4	42.0	38.5	47.0	44.6	42.9	43.3	46.8
Al ₂ O ₃	12.3	15.9	19.6	16.2	15.5	15.8	15.6	21.1	14.8
Fe ₂ O ₃	15.8	17.9	12.3	17.8	6.6	10.9	15.6	7.9	15.4
MgO	12.8	8.1	7.2	9.8	10.0	11.8	7.0	7.0	6.4
TiO ₂	0.7	1.2	0.7	1.0	0.3	0.3	1.0	0.3	1.2
CaO	11.6	13.4	14.2	12.4	17.3	12.4	11.7	13.7	11.7
MnO	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2
Na ₂ O	1.0	0.7	0.8	0.5	0.7	1.1	1.0	0.8	1.1
K ₂ O	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3
ppm V	510	1045	510	825	250	225	680	200	830
Ni	85	30	30	35	65	70	25	60	30
Cu	20	170	95	65	15	35	50	10	80
Co	150	110	95	140	85	80	85	90	90
Cr	55	30	30	35	95	75	30	55	40
Zn	100	105	85	90	75	90	115	55	105
As	80	110	80	75	90	120	180	145	180
W	75	110	80	75	45	50	105	70	115
Densitet	3.16	3.18	3.03	-	3.05	3.08	3.10	2.98	3.10

Analyslokaler till tabell 8 b

Prov nr

7190096	O om Lyssnarhällarna (SV, 3a).
7190092	Raggarbodamassivet (SV, 3a).
7190093	Raggarbodamassivet (SV, 3a).
7190094	Raggarbodamassivet (SV, 3a).
7190095	Raggarbodamassivet (SV, 3a).
7190024	1 km V om Film k:a. (NV, 6c).
7190025	500 m S om Karkebo, NV om Film k:a (NV, 6c).
7190026	Sibbo, ca 4 km VNV om Film k:a (NV, 6c).
7190027	1.5 km O om Tobo (NV, 6a). Tegelsmoramassivet.
7190028	1 km ONO om Tobo (NV, 6a). Tegelsmoramassivet.
7190029	250 m SV om Ulvsbo (NV, 7b).
7190011	300 m NO om Strömdal (NV, 7e), O om Älgsjön. Valömassivet.
7190052	V om Snåret, NO om Finnsjön (NV, 9d). Finnsjömassivet.
7190053	SO om Slarsbo, NO om Finnsjön (NV, 9d). Finnsjömassivet.
7190054	Brännbäcken, ca 3 km N om Finnsjön (NV, 9c). Finnsjömassivet.
7190000	2 km SO om Börstil k:a (NO, 6i).
7190001	2 km SO om Börstil k:a (NO, 6i).
7190002	750 m O om Söderby (NO, 7i) Söderön. Gångformad djupgrönsten.
7190003	500 m O om Katrinelund (NO, 7i). Söderömassivet.
7190004	150 m NO om Jonsgruvan (NO, 8i). Söderömassivet.
7190005	350 m NO om Jonsgruvan (NO, 8i). Söderömassivet.
7190006	700 m NO om Jonsgruvan (NO, 8i). Söderömassivet.
7190007	Johannisfors (NO, 8g).
7190008	Lundås (NO, 8f). Valömassivet.
7190009	500 m SO om Charlottendal (NO, 8f).
7190010	500 m SO om Charlottendal (NO, 8f).
7190012	3 km V om Valö k:a (NO, 7f).
7190013	2.5 km O om Valö k:a (NO, 7g).
7190014	1.5 km S om Aspö (NO, 7g). Aspömassivet, ca 6 km O om Valö k:a.
7190015	" " " "
7190016	" " " "
7190017	" " " "
7190018	" " " "
7190019	250 m OSO om Brännan. " "
719020	1.5-2 km V om Norrskedika (NO, 7h). Aspömassivet. 7190021
	" " " "
7190022	" " " "
7190023	2 km V om Börstil k:a (NO, 6h).

TABELL 8c. Kemiska analyser (vikt-%) av synorogena djupgrönstenar från kartbladet Uppsala SO, enligt P. G. Andreasson 1970.

Chemical analyses (weight %) of synorogenic basic plutonites from the map-sheet Uppsala SO according to P. G. Andreasson 1970.

Prov nr	1	3	4	5	6	11	13
SiO ₂	46.8	44.9	49.1	44.7	43.7	48.4	49.1
TiO ₂	0.51	1.72	0.45	3.82	4.66	0.27	0.41
Al ₂ O ₃	15.6	16.8	15.9	14.1	14.4	17.4	16.3
Fe ₂ O ₃	0.8	3.4	2.5	4.3	3.4	0.9	0.4
FeO	9.4	11.5	8.0	11.8	13.6	5.6	7.9
MnO	0.15	0.19	0.19	0.25	0.22	0.14	0.16
CaO	11.4	12.0	10.0	10.1	10.1	12.5	11.7
MgO	12.6	6.6	7.6	6.6	6.5	10.3	10.8
Na ₂ O	1.1	1.4	2.2	1.4	1.4	1.3	0.9
K ₂ O	0.1	0.1	1.2	0.4	0.1	0.1	0.1
H ₂ O ⁺	1.3	1.1	2.3	2.2	1.5	2.7	1.8
H ₂ O ⁻						0.4	
P ₂ O ₅	0.12	0.14	0.13	0.37	0.09	0.01	0.04
F	0.02	0.02	0.29	0.06	0.03	0.02	0.04
S	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3
BaO	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01
Co	0.012	0.010	0.005	0.007	0.010	0.005	0.007
Ni	0.018	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.010
V	0.049	0.18	0.040	0.15	0.19	0.037	0.039
Summa	100.40	100.27	100.03	100.49	100.12	99.88	99.92

Analys: O. Larsson, SGU, Stockholm

- Allivalit. Älgeby sommarby, 3 km V om Sättra, Össeby.
- Hypersteneukrit. Österåkers fängelse, Österåker.
- Gabbropegmatit. Österåkers fängelse, Österåker.
- Metahypersteneukrit. 1 km Ö om Singö gård, Österåker.
- Metahypersteneukrit. 0.5 km NO om Singö gård, Österåker.
- Hornblendeeukrit. Sättermossen, 4 km NO om Össeby Garn, Össeby.
- Hornblendeeukrit. Rövarberget, 3 km O om Össeby garn, Össeby.

Prov nr	14	15	18	19	33	44	45	46
SiO ₂	47.4	45.1	39.1	51.9	47.2	41.3	43.8	38.9
TiO ₂	0.73	0.48	0.15	1.17	1.76	0.21	0.20	0.14
Al ₂ O ₃	24.7	20.7	10.2	14.9	16.1	14.4	22.2	8.9
Fe ₂ O ₃	0.4	1.0	6.0	1.5	2.4	3.4	0.8	6.7
FeO	4.2	7.3	7.0	8.0	8.7	9.8	5.6	7.8
MnO	0.08	0.14	0.18	0.18	0.18	0.19	0.11	0.21
CaO	14.8	11.8	5.1	9.5	12.0	7.4	13.3	3.9
MgO	3.9	9.6	23.5	7.4	7.8	20.0	10.9	25.2
Na ₂ O	1.8	1.1	0.4	1.9	1.8	0.7	0.7	0.5
K ₂ O	0.1	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1
H ₂ O ⁺	1.6	2.2	8.0	2.5	1.7	2.0	2.1	7.8
H ₂ O ⁻			1.0	0.2				1.1
P ₂ O ₅	0.01	0.18	0.05	0.18	0.12	0.06	0.02	0.08
F	0.02	0.03	0.01	0.04	0.04	0.1	0.02	0.01
S	0.03	0.2	0.04	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
BaO	0.02	0.03	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02
Co	0.003	0.005	0.012	0.006	0.007	0.011	0.007	0.013
Ni	0.010	0.005	0.035	0.010	0.002	0.030	0.011	0.035
V	0.035	0.022	0.004	0.048	0.070	0.011	0.015	0.003
Summa	99.73	99.89	99.78	99.98	100.10	99.72	100.00	100.31

- Anortositisk allivalit? Långsjön, 1.5 km SO om Åsättra, Österåker.
- Anortositisk allivalit, kloritiserad. Lokal enl. 14.
- Metaperidotit. Stubbdal, 1 km O om Sättra, Roslags-Länna.
- Diorit. 500 m NO om Singö gård, Österåker.
- Metahypersteneukrit. 500 m S om Åsättra vägs. vid väg 276, Österåker.
- Metaperidotit. Gunsarby, Össeby.
- Allivalit. Gunsarby, Össeby.
- Metaperidotit. Gunsarby, Össeby.

TABELL 9. Kemiska analyser (vikt-%) av synorogena granitoider (granodioriter och graniter) från området norr om Finnsjön inom kartbladet Östhammar NV.

Chemical analyses (weight %) of synorogenic granitoids (granodiorites and granites) from the area north of Finnsjön within map-sheet Östhammar NV.

Prov nr	011- -0789	011- -0790	011- -0791	011- -1928	011- -1929	011- -1930	011- -1931	011- -1932	011- -1933	011- -1934	011- -1935	79028	79029
SiO ₂	64.2	66.0	63.9	64.4	64.6	64.7	66.9	65.2	65.9	66.0	65.5	68.1	75.5
TiO ₂	0.52	0.49	0.57	0.46	0.44	0.42	0.40	0.43	0.42	0.38	0.44	0.42	0.24
Al ₂ O ₃	12.4	12.7	12.6	13.3	14.3	13.9	14.0	14.1	14.3	13.9	13.7	14.3	13.5
Fe ₂ O ₃	1.7	1.4	1.4	2.0	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.3	1.3	1.6	0.8
FeO	3.7	3.4	3.9	3.0	3.4	3.2	3.2	3.5	3.3	2.9	3.4	3.1	1.7
MnO	0.11	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.12	0.11	0.08
CaO	4.6	2.0	4.7	3.9	4.1	4.0	2.5	4.0	4.2	3.7	2.0	3.5	2.7
MgO	1.9	2.3	2.1	1.86	1.87	1.74	1.80	1.90	1.74	1.50	2.2	1.93	0.61
Na ₂ O	2.5	3.0	2.6	2.8	2.5	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	3.3	2.4	2.8
K ₂ O	3.5	3.5	3.3	3.3	3.5	3.6	3.9	3.6	3.6	3.9	3.3	3.9	2.5
S ₂	0.03	<0.02	0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.13	<0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02
BaO	0.1	0.12	0.13	0.09	0.09	0.08	0.11	0.08	0.08	0.07	0.13	0.11	0.16
P ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.05
Summa	95.26	95.05	95.34	95.21	96.41	95.63	96.71*	96.93	97.53	96.23	95.41	99.38	100.54
	Fi1	Fi1	Fi1	Fi6	Fi5	Fi4	Fi4	Fi5	Fi7	Fi7	Fi4	(9d)	(8d)

Finnsjöborrhålen Fi1, Fi4, Fi5, Fi6 och Fi7 är samtliga belägna inom en cirkel med 1 km radie invid norra änden av sjön på gränsen mellan ekon. bladen 9c, d. Exakt läge av borrhål samt provtagningsdjup och övriga lokaler framgår av bilaga 4 i Olkiewicz m.fl. 1981. Även spårelementanalyser framgår av tabell 8 i nämnda publikation.

TABELL 10. Kemiska analyser av metabasitgångar i Finnsjöområdet, kartbladet Östhammar NV (se Olkiewicz m. fl. 1981).

Chemical analyses of metabasitic dikes in the Finnsjön area, map-sheet Östhammar NV.

Vikt-% Weight %	79022	79025	79026	79027
SiO ₂	54.9	47.9	55.1	52.7
TiO ₂	0.87	0.72	0.68	1.0
Al ₂ O ₃	18.3	16.2	15.6	17.8
Fe ₂ O ₃	2.5	3.4	3.1	3.6
FeO	5.6	6.6	5.7	6.4
MnO	0.16	0.29	0.17	0.18
CaO	7.7	10.6	7.6	7.9
MgO	4.4	7.5	5.9	4.4
Na ₂ O	3.4	2.4	2.8	3.2
K ₂ O	1.7	1.8	1.8	1.8
H ₂ O > 105°	1.5	2.1	2.0	2.0
H ₂ O < 105°	0.1	0.2	0.3	0.2
P ₂ O ₅	0.23	0.26	0.26	0.42
CO ₂	0.10	0.09	0.07	0.04
F	0.05	0.21	0.04	0.10
S	<0.02	0.07	0.05	<0.02
BaO	0.08	<0.01	0.08	0.08
Summa	101.45	100.30	100.92	101.58

¹ Beträffande spårelement se originalarbete, tabell 10.

79022. Finkornig, grå amfibolitgång i gnejsgranit. 66949/16173 (NV, 8d).

79025. Finkornig, grågrön amfibolitgång i metavulkanit. 66929/16186/ (NV, 8d).

79026. Finkornig, mörkgrå amfibolitgång med enstaka plagioklasporfyroblaster i djupgrönsten. 66971/16163 (NV, 9d).

79027. Finkornig, grå amfibolitgång med enstaka plagioklasporfyroblaster i gnejsgranit. 66968/16161 (NV, 9d).

TABELL 11. Kemiska analyser (vikt-%) av yngre graniter från kartbladet Östhammar NV.
Chemical analyses (weight %) of serorogenic granites from the map-sheet Östhammar NV.

Prov nr	79001	79002	79004	79005	79006	79007	79008
SiO ₂	74.9	73.3	75.6	74.8	74.5	75.5	72.8
TiO ₂	0.10	0.16	0.06	0.12	0.01	0.02	0.22
Al ₂ O ₃	13.9	14.5	14.1	14.4	15.4	14.3	14.2
Fe ₂ O ₃	0.3	0.4	0.1	0.3	<0.1	0.2	0.4
FeO	1.0	1.1	0.8	1.0	0.3	0.4	1.5
MnO	0.05	0.06	0.08	0.06	0.06	0.04	0.07
CaO	1.7	1.4	1.0	1.2	0.5	1.2	1.3
MgO	0.77	0.48	0.26	0.34	0.12	0.15	0.61
Na ₂ O	3.1	2.9	3.1	3.0	4.7	3.7	2.7
K ₂ O	4.2	5.0	5.2	5.2	4.7	4.8	5.1
H ₂ O > 105°	0.6	0.8	0.5	0.7	0.4	0.8	1.3
H ₂ O < 105°	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4
P ₂ O ₅	<0.01	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05
CO ₂	0.05	0.04	0.03	0.07	0.02	0.13	0.16
F	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	<0.01	0.04
S	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BaO	0.09	0.2	0.09	0.12	0.07	0.04	0.21
Summa	100.78	100.41	100.96	101.36	100.81	101.32	100.66

Beträffande spärelement se tabell 13 i Olkiewicz m. fl. 1981.

79001. Ljusröd, fint medelk. granit. – 300 m O om Gåvastbo. 66962/16172 (NV, 9d).

79002. Ljust gråröd, fink., något porfyrisk granit. – 1.5 km O om Håkansbo. 66946/16196 (NV, 8d).

79004. Ljusröd, fink. till fint medelk., något porfyrisk granit. – 500 m SO om Gåvastbo. 66959/16173 (NV, 9d).

79005. Ljusröd, fint medelk., porfyrisk granit. – O invid Håkansbo. 66945/16183 (NV, 8d).

79006. Ljusröd, medelk., porfyrisk granit, muskovitförande. – 500 m NO om Skällbo. 66925/16207 (NV, 8e).

79007. Ljusröd, fink., svagt kisleförande granit. – 40 m NNV om Skällbo. 66927/16201 (NV, 8e).

79008. Ljusröd, fint medelk., porfyrisk granit. – 700 m O om Ranndala. 66931/16196 (NV, 8d).

79009	79010	79011	79012	79031	79032	1926	1927
73.7	74.9	75.4	76.0	75.0	71.6	73.7	72.4
0.10	0.04	0.05	0.05	0.05	0.23	0.06	0.03
14.4	14.6	14.5	14.3	13.7	14.1	13.6	13.5
1.0	<0.1	0.4	0.2	0.1	0.4	0.5	0.3
0.2	0.5	0.6	0.5	0.4	1.8	0.4	0.4
0.05	0.14	0.05	0.05	0.01	0.04	0.03	0.04
0.8	0.6	0.5	1.2	1.2	1.5	1.0	1.0
0.29	0.16	0.37	0.28	0.38	0.75	0.16	0.18
3.2	4.1	3.1	3.1	3.5	2.7	3.3	2.8
6.1	5.2	5.6	5.0	4.6	4.9	5.1	6.1
0.2	0.4	0.8	0.4	0.6	1.0	-	-
0.02	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	-	-
0.02	<0.01	0.03	0.03	<0.01	0.05	-	-
0.02	0.06	0.03	0.06	0.02	0.04	-	-
<0.02	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.03	-	-
0.17	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
	0.05	0.15	0.12	0.06	0.2	0.04	0.03
100.67	100.75	101.59	101.29	99.53	99.33	97.89	96.78

79009. Röd, medelk., tektoniserad granit. – 800 m N om Ranndalabergen. 66921/16190 (NV, 8d).

79010. Röd, fint medelk., svagt porfyrisk granit.

79011. Röd, finkornig granit.

79012. Röd, finkornig granit.

79031. Vit-rosa, finkornig leucogranit. Brottstycke i rödgrå granit. – 500 m O om Ranndala. 66931/16194 (NV, 8d).

79032. Porfyrisk variant av yngre granit. – 500 m O om Ranndala. 66932/16194 (NV, 8d).

1926. Ljusröd, massformig granit. – Borrhål Fi4, 601.2 m kärnlängd. – Nära Gåvastbo (NV, 8d).

1927. Röd granit. – Borrhål Fi5, 739 m kärnlängd. – Ca 750 m N om Gåvastbo (NV, 9d).

TABELL 12. Uran-, torium- och kalihalter i äldre och yngre granitoider inom kartbladet Östhammar SO, bestämda med scintillometer (Leif Eriksson, SGU).

Uranium, thorium and potassium content in syn- and serorogenic granitoids within map-sheet Östhammar SO, determined with scintillometer.

	K	K ₂ O	U	Th
	vikt-% (weight %)		ppm	
Serorogena granitoider				
Yngre granit, homogen, medelkornig (1j)	4.4	5.3	4.7	11.7
Yngre granit, homogen, medelkornig (1j)	4.5	5.4	4.6	12.4
Yngre granit, homogen, medelkornig (1j)	4.9	5.9	8.1	12.2
Yngre granit, homogen, medelkornig (1j)	4.6	5.5	4.7	12.5
Yngre granit, homogen, finkornig, röd (1j)	5.1	6.1	7.8	22.7
Yngre granit, homogen, finkornig, röd (1j)	5.2	6.2	8.3	23.2
Yngre granit, finkornig, röd (1j)	5.3	6.4	7.3	23.6
Yngre granit, skiffrig, finkornig, röd (1j)	4.2	5.0	3.9	9.6
Yngre granit, skiffrig, finkornig, röd (1j)	4.1	4.9	3.7	10.6
Pegmatit (1 m bred) (1j)	6.0	7.2	12.2	9.6
Synorogena granitoider				
Tonalit, medelkornig, skiffrig, grå (1j)	1.6	1.9	2.4	5.0
Tonalit, medelkornig, skiffrig, grå (1j)	2.0	2.4	2.5	2.6
Tonalit, medelkornig, skiffrig, grå (1j)	1.9	2.3	2.8	7.6
Intermediär gnejsgranit, medelkornig (1j)	4.2	5.0	3.9	9.6
Intermediär gnejsgranit, medelkornig (1j)	4.1	4.9	3.7	10.6
Sur, röd gnejsgranit S om Kobol (0j)	4.5	5.4	5.2	21.4
Sur, röd gnejsgranit S om Kobol (0j)	4.6	5.5	7.0	22.6
Sur, röd gnejsgranit S om Kobol (0j)	5.0	6.0	6.9	22.3
Sur, röd gnejsgranit, skuren av metabasit, N om Kobol (0j)	4.1	4.9	6.6	19.4
Salisk gnejsgranit (litet massiv utmed Hallstaviksvägen) (0h). Två prov	6.3	7.6	5.5	21.2
	4.9	5.9	3.1	26.0

TABELL 13. Kemiska analyser (mikrosond) av samexisterande granater och biotiter från olika ytbergarter inom kartbladen Östhammar NV och NO (vikt-%).

Chemical analyses of coexisting garnets and biotites from different supracrustal rocks within the map-sheets Östhammar NV and NO (weight %).

Prov nr	RA 84:97		SB 85:68		SS 84:132		RA 85:58	
	(1) Granat	(2)	(1) Granat	(2)	(1) Granat	(2)	(1) Granat	(2)
SiO ₂	36.9	37.6	37.0	36.5	36.9	36.8	36.7	36.8
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Al ₂ O ₃	21.6	22.1	21.1	21.3	21.9	21.1	21.3	21.1
FeO _{tot}	33.4	32.1	36.3	36.9	35.2	35.5	33.7	31.3
MnO	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.8	6.3
MgO	5.3	6.5	3.2	3.2	3.8	3.5	2.2	1.6
CaO	1.0	1.0	1.0	0.9	1.6	1.6	1.7	3.4
Na ₂ O	0.0	0.0	<0.1	<0.1	0.0	0.1	<0.1	<0.1
Σ	99.5	100.3	99.6	99.8	100.4	99.3	100.4	100.5
	Antal joner på basis av 24 O				Number of ions on the basis of 24 O			
Si	5.904	5.904	5.983	5.920	5.894	5.949	5.927	5.949
Al	0.070	0.096	-	0.080	0.106	-	0.060	0.020
Al	4.000	4.000	4.022	3.998	4.012	4.026	4.000	4.000
Ti	0.0	0.0	-	0.002	0.002	0.0	-	-
Fe ²⁺	4.464	4.219	4.914	5.003	4.711	4.799	4.550	4.224
Mn	0.169	0.136	0.133	0.134	0.133	0.133	0.659	0.861
Mg	1.258	1.516	0.772	0.767	0.905	0.843	0.528	0.384
Ca	0.168	0.166	0.167	0.161	0.266	0.272	0.300	0.592
Na	0.013	0.0	0.015	0.007	0.000	0.016	0.015	0.000
Almandin	73.2	70.3	81.9	83.3	78.5	79.5	75.8	70.4
Andradit	-	-	-	-	-	-	-	-
Grossular	3.0	2.8	3.1	2.7	4.5	4.8	5.3	9.9
Pyrop	20.6	25.3	12.9	12.6	15.1	14.1	8.8	6.4
Spessartin	2.8	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	11.0	14.4

Prov nr	GS 85:39		GS 882		SS 84:106		SB 85:89	
	(1) Granat	(2)	(1) Granat	(2)	(1) Granat	(2)	(1) Granat	(2)
SiO ₂	37.2	36.8	37.1	37.4	36.5	36.6	36.9	36.5
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Al ₂ O ₃	21.0	21.3	20.8	20.8	21.2	21.2	21.2	21.2
FeO _{tot}	32.2	32.5	31.4	30.8	24.8	25.2	14.3	14.7
MnO	5.8	6.0	5.9	6.8	14.0	13.2	24.0	22.6
MgO	2.3	1.9	3.4	2.3	2.1	2.4	1.7	1.8
CaO	1.8	1.7	1.3	1.3	1.2	1.0	2.0	2.5
Na ₂ O	0.0	0.0	<0.1	<0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Σ	100.3	100.2	99.9	99.4	99.8	99.5	100.2	99.3
	Antal joner på basis av 24 O				Number of ions on the basis of 24 O			
Si	5.997	5.952	5.991	6.1	5.936	5.960	5.959	5.944
Al	-	0.048	-	-	0.064	0.040	0.039	0.056
Al	3.993	4.020	3.95	3.95	4.001	4.006	4.000	4.010
Ti	0.000	0.000	0.0	0.0	0.001	0.004	0.010	0.004
Fe ²⁺	4.355	4.402	4.243	4.174	3.378	3.427	1.942	2.001
Mn	0.800	0.828	0.801	0.933	1.933	1.819	3.283	3.120
Mg	0.542	0.456	0.807	0.553	0.500	0.572	0.418	0.444
Ca	0.312	0.297	0.231	0.224	0.203	0.182	0.353	0.435
Na	0.0	0.019	0.014	0.006	0.010	0.005	0.006	0.000
Almandin	72.6	73.4	70.7	70.7	56.3	57.1	32.4	33.3
Andradit	-	-	-	-	-	-	-	-
Grossular	5.2	5.3	3.8	3.8	3.4	3.1	6.0	7.3
Pyrop	9.0	7.6	13.2	9.4	8.3	9.5	7.0	7.4
Spessartin	13.3	13.8	13.1	15.8	32.2	30.3	54.7	52.0

forts. tabell 13

Prov nr	Biotiter							
	RA 84:97		SB 85:68		SS 84:132		RA 85:58	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
SiO ₂	34.0	34.5	30.3	30.8	34.0	34.0	33.7	34.3
TiO ₂	3.8	4.1	0.6	1.3	1.2	1.1	2.0	1.6
Al ₂ O ₃	17.4	17.7	20.5	20.5	20.9	20.2	16.1	16.7
FeO _{tot}	18.6	18.5	24.4	23.7	18.2	18.3	25.2	24.0
MnO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
MgO	10.5	10.7	11.2	10.2	10.3	10.7	7.9	9.0
CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Na ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1
K ₂ O	9.9	9.8	3.5	5.4	9.3	9.0	9.5	9.2
Σ	94.2	95.3	90.5	92.1	94.3	93.7	94.7	95.0

Prov nr	Biotiter							
	GS 85:39		GS 882		SS 84:106		SS 85:89	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
SiO ₂	32.8	33.0	36.4	36.2	34.4	30.1	34.9	35.4
TiO ₂	0.9	1.1	0.9	0.1	1.6	1.0	1.0	0.9
Al ₂ O ₃	19.5	19.7	17.5	20.0	17.4	18.0	19.0	18.7
FeO _{tot}	22.1	22.9	19.4	18.0	22.3	25.8	13.8	13.8
MnO	0.2	0.1	0.2	0.1	0.6	0.6	0.8	0.8
MgO	8.8	8.5	10.4	11.1	8.9	11.4	14.1	14.1
CaO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Na ₂ O	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
K ₂ O	9.4	9.0	9.3	8.5	9.4	5.7	9.9	9.5
Σ	94.0	94.6	94.4	94.2	94.7	92.6	93.6	93.3

Lokaler till olika bergarter inom Östhammarbladen ur vilka granat och biotit analyserats (se tabell 13) i och för studium av granat-biotitjämfvikter (se tabell 14).

Localities of different rocks within the map-area from which garnets and biotites have been analysed (Table 13) in order to study the equilibrium between coexisting garnets and biotites (see Table 14).

- RA 84:97 Granatådergnejs med sillimanit och grön spinell ur block. - Ca 1.2 km SO om Gålarmora. 66921/16228 (8e). Östh. NV.
- SB 85:68 Granat-biotitkvartsit, sillimanitförande. Ca 1 km O om Forsmarks k:a (700 m NV om Habbalsbo). 66973/16309 (9g). Östh. NO.
- SS 84:132 Mörkgrå, skiktad, granatförande biotitgnejs. - Ca 1.2 km S om Freb-bebo vid väg (76). 66975/16208 (9e). Östh. NV.
- RA 85:58 Granatförande metaandesit. - Löhhammar. 66789/16412 (5i). Östh. NO.
- GS 85:39 Glimmerkvartsit, granatförande - 350 m SO om Sandvik, Söderön. 66868/164475 (7i). Östh. NO.
- GS 882 Granatförande gråvacka. - 1.5 km SV om Tolfta k:a, (9i). Söderfors NO.
- GS 84:106 Rödgrått, granatförande, ryolitbetonat, metasediment. - 1 km VSV bron över Gålarmoraån utmed väg (76). 66957/16221 (9e) Östh. NV.
- SB 85:89 Grått, skiktad, granatförande metasediment. - Borggårde, 800 m N om Fridhem. 66819/16322 (6g). Östh. NO.

TABELL 14. Fördelningen mellan Fe (tot) och Mg i olika samexisterande granater och biotiter enligt analyser i tabell 13 inom kartbladen Östhammar NV och NO samt därur beräknade jämviktskoefficienter $K_D^{Gr/Bi}$. Halterna av MnO och CaO i granaterna (vikt-%) samt K_2O i biotiterna framgår dessutom. Mikrosondanalyserna utförda av Claes Ålinder, SGU.

Distribution between Fe (tot) and Mg in different coexisting garnets and biotites according to analyses in Table 13 within the map-sheets Östhammar NV and NO and equilibrium constants $K_D^{Gr/Bi}$ calculated out of them. Contents of MnO and CaO in the garnets (weight %) as well as K_2O in biotites are also noted. The microsondanalyses have been carried out by Claes Ålinder, SGU.

Prov nr	Granat		MnO	CaO	Biotit				
	X_{Fe}^{Gr1}	$1-X_{Fe}^{Gr}$			K_2O	X_{Fe}^{Bi1}	$1-X_{Fe}^{Bi}$	K_D^{Gr/Bi^2}	
RA 84:97	0.780	0.220	(1)	1.2	1.0	9.8	0.499	0.501	(3.55) ³
	0.736	0.264	(2)	1.0	1.0	9.8	0.493	0.507	(2.82)
SB 85:68	0.864	0.136	(1)	1.0	1.0	3.5	0.550	0.450	5.20
	0.867	0.133	(2)	1.0	0.9	5.4	0.567	0.433	5.00
SS 84:132	0.839	0.161	(1)	1.0	1.5	9.3	0.497	0.503	5.30
	0.850	0.150	(2)	1.0	1.5	8.9	0.489	0.511	5.90
RA 85:58	0.896	0.104	(1)	4.8	1.7	9.5	0.640	0.360	(4.84) ³
	0.917	0.083	(2)	6.3	3.4	9.2	0.598	0.402	(7.43)
GS 85:39	0.899	0.111	(1)	5.8	1.8	9.4	0.585	0.415	5.68
	0.906	0.094	(2)	6.0	1.7	9.0	0.603	0.397	6.34
GS 882	0.840	0.160	(1)	5.9	1.3	9.3	0.512	0.488	(5.00) ³
	0.883	0.117	(2)	6.8	1.3	8.5	0.477	0.523	(8.30)
GS 84:106	0.871	0.129	(1)	14.0	1.7	9.4	0.585	0.415	4.79
	0.857	0.143	(2)	13.0	1	5.7	0.559	0.441	4.73
SB 85:89	0.823	0.177	(1)	24.0	2	9.9	0.355	0.645	(8.45) ³
	0.819	0.181	(2)	23.0	2.5	9.5	0.355	0.645	(8.22)
Medelvärde									5.4

$${}^1 X_{Fe}^{Gr} = \frac{Fe^{tot}}{Fe^{tot} + Mg} \text{ i granat; } X_{Fe}^{Bi} = \frac{Fe^{tot}}{Fe^{tot} + Mg} \text{ i biotit}$$

$${}^2 K_D^{Gr/Bi} = \frac{X_{Fe}^{Gr} \cdot (1 - X_{Fe}^{Bi})}{(1 - X_{Fe}^{Gr}) \cdot X_{Fe}^{Bi}}$$

³ Ej inbegripna i medeltalet (se text å s. 135).
(Excluded in the mean-value).

TABELL 15. Fördelningen mellan Fe (tot) och Mg i olika samexisterande granater och biotiter från diverse högmetamorfa sediment-, skarn- och djupbergarter från kartbladet Nyköping NO (se nedan) samt därur beräknade jämviktskoefficienter K_D Gr/Bi. Halterna av MnO och CaO i granaterna (vikt-%) samt K_2O i biotiterna framgår dessutom.

Distribution between Fe (tot) and Mg in different coexisting garnets and biotites from different high metamorphic sedimentary, skarnic and plutonic rocks from the area of map-sheet Nyköping NO (see below) and equilibrium constants K_D Gr/Bi calculated out of them. Contents of MnO and CaO in the garnets (weight %) as well as K_2O in biotites are also noted.

	Granat			Biotit				
	X_{Fe}^{Gr}	$1-X_{Fe}^{Gr}$	MnO	vikt-%		X_{Fe}^{Bi}	$1-X_{Fe}^{Bi}$	$K_D^{Gr/Bi}$
			CaO	K_2O				
Prov nr								
81-72	0.923	0.077	1.8	1.3	9.3	0.668	0.332	6.0
43	0.826	0.183	1.1	1.0	9.7	0.540	0.460	4.0
120	0.867	0.133	1.3	1.2	8.9	0.555	0.445	5.2
56b	0.841	0.159	0.9	0.9	9.3	0.461	0.539	6.2
82	0.771	0.229	1.2	1.4	9.4	0.351	0.649	6.2
117	0.751	0.249	0.5	1.8	3.2 ¹	0.467	0.533	3.4
2	0.855	0.145	1.0	1.1	8.1	0.548	0.452	4.9
15	0.858	0.142	1.0	1.1	8.0	0.555	0.445	4.8
						Medelvärde		5.1

1 Starkt kloritomvandlad

Granater och biotiter analyserade inom ramen för kartbladsbeskrivningen Nyköping NO (Stålhös 1975, tabell 7a, b) har tagits från följande bergarter:

Garnet and biotite analyses published in the description of the map-sheet Nyköping NO are picked up from the different rocks below:

81-72	Granatförande yngre granit. - 1.7 km N om Bjursnäs. Nyköping NV.
43	Granat-cordieritådergnejs. - 1.3 km SO om Mölnbo stn. Nyköping NO.
120	Granat-cordieritådergnejs. - 500 m SV om Estlöt, ca 1.5 km OSO om Sättersta k:a. Nyköping NO.
56b	Granat-cordieritådergnejs. - 1.6 km ONO om Mölnbo stn. Nyköping NO.
82	Granat-cordieritådergnejs. - 250 m V om Stortorp, ca 1.5 km SSO om Torsåker k:a. Nyköping NO.
117	Granatskarn. - Berga, 1.5 km S om Sättersta k:a (5g). Nyköping NO.
2	Granatskarn. - 350 m O om Hammartorp, ca 2 km ONO om Vagnhärad k:a. Nyköping NO.
15	Granatrik diorit. - 1.7 km V om Norrvrå hpl, 150 m N om sjön Varvarn (8j). Nyköping NO.

SUMMARY

Bedrock of the Östhammar region (map-sheets
Östhammar NV, NO, SV, SO)

The central part of the Östhammar region is situated in the the Province of Uppland about 100 km to the north of Stockholm (Fig. 58). The bedrock of the area forms part of the old Svecokarelian orogenic belt which principally outcrops in Central and Northern Sweden and in Southern and Central Finland. The age of the igneous and orogenic activity ranges from 1.90-1.75 Ga (cf. scheme on p. 8).

A differentiated suite of prim- or synkinematic plutonic rocks (ca. 1.9 Ga) comprises about 75% of the actual region. Consanguineous, but nevertheless somewhat older metavolcanites of various kinds, associated with crystalline limestones, dolomites, iron ores and skarn rocks are intruded by these plutonites. Metasediments are not very common. They partly constitute hydrothermally transformed volcanites.

These supra- and infracrustal rocks are transected by numerous basic dikes of different generations, the two older ones now occurring as strongly foliated and locally folded, amphibolitised metabasites.

Cross-cutting, undifferentiated and mostly unfolded serorogenic granites with associated pegmatites are the youngest rocks of some importance.

Well-preserved diabases or dolerites ranging in age from 1.0-1.55 Ga, seem to be missing in the actual part of the Province of Uppland.

Modal compositions of the different rock-types calculated by means of planimetric analyses, are summarised in Diagrams 1-9. Numerous chemical analyses of rocks (Tables 1-12) and minerals (Tables 13-15) have also been carried out, the first mentioned being recalculated to equivalent norms (E) compared with and partly substituting the modal compositions in the Diagrams above.

Among the supracrustal rocks acid metavolcanites in the form of alkali-rhyolites and rhyodacites dominate (cf. Diagram 1). However, a large-scale secondary metasomatic phase has transformed these rocks into sodium- and potassium-rich varieties, probably syngenetic with hydrothermal convection processes in a submarine environment (cf. Diagrams 2 and 3, Figs. 2ab and 24). Even mica-quartzites and mica-schists have resulted from these secondary processes (cf. Diagram 4 and Fig. 2b).

The acid metavolcanites usually consist of quartz- and/or feldspar porphyric rocks with indistinct bedding features observed in some areas of well-preserved

ignimbrites, lavas and crystal tuffs (Figs. 7, 9 and 10). In other cases, thinly bedded and even-grained rocks of tuff or tuffitic origin are encountered (Figs. 3, 4, 5ab, 6 and 8). Well-preserved ash textures, as well as spherulitic, micrographic features, have also been recorded in the Dannemora district (Fig. 1). In contrast, schistose to granulated and strongly mylonitized quartz porphyries are locally observed (Figs. 11 and 12).

Associated fragment-bearing rocks, probably constituting volcanic breccias, are not uncommon (Fig. 13). A single occurrence of a coarse monomict conglomerate was observed (Fig. 14).

Intermediate and basic volcanites, partly porphyritic, are not just concentrated in the eastern part of the region, but are also observed as an important component of the supposed metasediments in the northern part of the NV map-sheet. The modal compositions of the various intermediate volcanites from different areas (Diagrams 5a, b) are summarised in Figures 15a, b. Basic volcanites have not been possible to analyse by point-counting. These rocks may show scoriaeous, amygdaloidal surfaces, well-preserved bedding as well as pillow lava structures (Figs. 16-20).

Fragment-bearing rocks, for instance to the east of Börstil and Harg churches (NE; 6i, 5i), are much more common within the intermediate and basic volcanites than in the acid varieties (Fig. 21). The dominating acid fragments of these volcanic breccias surrounded by an intermediate and/or basaltic matrix point to a stratigraphical succession with the acid volcanics positioned lower down.

Modal compositions of various kinds of presumed metasediments, in part metasomatites (Diagrams 6 and 7), are further included in Figures 15a, b. Primary structures such as "graded bedding" may be locally preserved (Fig. 22).

Chemical analyses of the acid volcanics (Tables 1, 2 and 3), secondary mica-schists (Table 4) and the intermediate to basaltic volcanites (Table 5), are plotted as Ab-Or-An and AMF diagrams in Figures 23a, b. Figure 23a clearly confirms the secondary metasomatic transformation of acid metavolcanics into Na- and K-dominated varieties earlier mentioned. This diagram will be further compared with the corresponding Ab-Or-An diagram (Fig. 39a) for consanguineous plutonic rocks of pure magmatic composition free from metasomatic effects.

By means of Niggli-values, calculated from the chemical analyses of the supracrustal rocks, some parameters may be fairly well illustrated. For example, in the acid metavolcanics and secondary formed mica quartzites of the region, the Al-surplus (t), potassium/sodium quotient (k) and magnesia/iron quotient (mg) can be derived (Figs. 25a, b). Furthermore, differentiation curves for the intermediate to basic metavolcanites are illustrated in Figure 26. A continuous basal-

tic to rhyolitic differentiation suite is also indicated by the Harker diagrams shown in Figures 27a, b. A certain bimodality, however, cannot be excluded because of the very few analyses plotting the central interval of the diagrams.

Crystalline limestones and dolomites genetically associated with the acid volcanics are fairly common within the Östhammar region. These carbonate rocks may in part have resulted from the precipitation of Ca^{2+} and Mg^{2+} from seawater due to increasing contents of CO_2 emerging from volcanic exhalations. However, an organogenic formation of such carbonate rocks may also be considered on account of several discoveries of stromatolitic algae in central Sweden, for example, in the Dannemora mine (Fig. 28). The crystalline carbonate rocks, ranging in thickness from some metres to one or two hundred metres, have long been exploited in the region, but all quarries are now abandoned. Chemical analyses performed at different times, more and less complete, are presented in Tables 6a, b and c.

Skarn rocks associated with the limestones and dolomites are very common and are sporadically associated with iron ores. Typical index minerals of the carbonaceous rocks are diopside, epidote, garnet of different compositions (Table 7), actinolite, olivine, serpentine, spinel, brucite, wollastonite and vesuvianite. More unique are knebelite (Mn-olivine) and dannemorite (Mn-cummingtonite) associated with the Mn-rich iron ores of the Dannemora mine.

The prim- or synkinematic basic plutonites are medium-grained gabbros and diorites sometimes intermixed with ultrabasic hornblendites, pyroxenites and peridotites. Intrusive bodies of different sizes in the supracrustal rocks, and also dispersed in the somewhat younger granitoid plutonites commonly occur in the region. Gravity rhythmic layering, such as "graded layering" and cross-layering are observed in some of the gabbros. All these structures are now vertically inclined, thus making it possible to do way-up determinations; columnar jointing in peridotites may also be used for this purpose (Figs. 29a, b and 30-33). Chemical analyses of the basic plutonic rocks are presented in Tables 8a, b and c.

Modal compositions of the prim- or synkinematic granitoids are shown in Diagram 8 and Figures 37a, b. The rocks are usually medium-grained, more or less foliated. They are subdivided into salic granites, granites to granodiorites (this group locally porphyritic) and granodiorites to tonalites. Some chemical analyses are presented in Table 9. CIPW-norm Ab- Or- An and AFM-diagrams for chosen analyses of plutonic rocks from the Province of Uppsala are illustrated in Figures 39a, b. The chemical differentiation of the magmas demonstrated here is much more pronounced than for the rapidly cooling volcanic lavas

shown in Figures 23a, b. A tholeiitic magmatic trend, with $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ plotted against SiO_2 is demonstrated in Figure 38. Only some basic dike rocks have a faint alkali basaltic composition.

Eruptive breccias are very common in the marginal zones between the synkinematic granitoids and the included basic plutonites or supracrustal rocks. The xenoliths in the breccias may be scattered (Fig. 34) or tightly packed (Fig. 35). Even repeated brecciations involving serorogenic granites have been observed (Fig. 36).

As already mentioned, several generations of basic dikes are encountered in the area, the second generation being the more important (cf. scheme on p. 122). The first generation, probably a feeder to the basaltic lavas of the area, is older than (Figs. 40, 41), or even synchronous with (Figs. 42, 43) the synkinematic granitoids. The second generation, the so called Herräng dikes, are younger than the granitoids, and extend over the whole region, sometimes in the form of swarms (Fig. 44). The dikes locally exhibit well-preserved chilled margins (Fig. 45), rhythmic banding (Fig. 46) and salbands (Fig. 47); small apophyses may be attached to the dikes (Fig. 49). Modal compositions and chemical analyses of the now amphibolitised metabasites are shown in Diagram 9 resp. Table 10. From a tectonic viewpoint the dikes behave both competently (Fig. 48) and incompetently in relation to the surrounding rocks ("mullion structure" in Figs. 52, 53). Metamorphic conditions and/or direction of dikes in relation to the strain ellipsoid may explain the different styles of deformation (Figures 51a-e and 62a-c). Incompetently folded dikes are exemplified in Figures 54a-c. Tectonic competence of almost equal magnitude in the dikes and wallrocks are partly demonstrated in Figures 56a-d. Age relations between metabasitic dikes (gen. 2) and the different generations of pegmatites are further illustrated in Figures 55a-c (cf. also scheme on p. 122).

The second generation metabasitic dikes are intratectonic in the sense of post-dating the first anticipated deformation F_0 (cf. scheme on p. 122), but pre-dating the folding and crossfolding F_1 - F_2 . Lineations in the dikes and wallrocks formed during these deformations coincide in most cases. Post-dating F_1 - F_2 are a third generation of metadolerites, well known from adjacent regions, and intruded before the serorogenic granites. A few dikes of this type may be present within the region.

Later, mostly undeformed, about 1.8 Ga, serorogenic granites and pegmatites (third gen.) appear mainly in the north as extensive eruptive macrobreccias including older rocks. (For chemical analyses of these granites, cf. Table II.) Contents of uranium, thorium and potassium (by scintillometry) in the syn- and se-

rorogenic granitoids are further recorded in Table 12.

The metamorphic evolution of the region may be divided into several stages, the first being hydrothermal metamorphism, followed by early contact metamorphism, regional metamorphism, late contact metamorphism and finally retrograde metamorphism. The hydrothermal, syngenetic metamorphism associated with ore-formation, and the secondary metasomatic transformation of the primary volcanites, probably took place under low-pressure conditions and extremely variable temperatures depending on the proximity to volcanic centres (cf. Fig. 24). The ensuing contact metamorphism due to heating from the synkinematic plutonic magmas, is widely spread in the Östhammar region and easily recognised within included carbonaceous rocks. For instance, the occurrence of grossularite, diopside, vesuvianite and wollastonite in the old limestone quarry of Gökomb (SV, 4b) may point to temperatures between 600° and 700°C under prevailing hydrostatic pressures of around 1 or 2 kb at the contact. Still higher temperatures, in the range of 700°–800°C (pyroxene-hornfels facies), may have been attained at Jonsgruvan (NO, 7i) at the contact zone between gabbro and dolomite, where brucite has been formed due to dissociation of the mentioned dolomite.

Outside, and to the south of the present Östhammar region around Arlanda airport, andalusite and cordierite poikiloblasts, indicating temperatures of about 500–550°C (Fig. 57), have been formed at the contact between the old granitoids and the included segments of metasediment. Recrystallisation and a purification of these poikiloblasts due to the removal of inclusion content suggests a later overprinting of regional metamorphism existing here.

This regional metamorphism may be subdivided into zones of high, medium, and low stage metamorphism according to Winkler (1970), and used to characterise different parts of eastern central Sweden (Fig. 58). The Östhammar region is associated with a zone of medium metamorphic rocks probably under conditions of low to intermediate pressure (3.5–5 kb) and temperatures not exceeding 600°C, with muscovite still stable in the presence of quartz. At the same time, the high metamorphic zones with raised temperatures to the south and north are characterised by the breakdown of muscovite (and biotite) associated with the formation of veined gneisses. Low metamorphic conditions, reflected by the greenschist facies, are encountered only in the classical type-area of Grythyttan (Sundius 1923) located in the western part of Bergslagen (Fig. 58).

A later episode of contact metamorphism connected with postorogenic granitic intrusions has been demonstrated in western Bergslagen estimated at PT-conditions of 680°C and 2–3 kb in the Saxå syncline where low-grade slates

have been transformed into K-feldspar-sillimanite-bearing schists (Arnbom 1983). Contact metamorphism, probably at lower temperatures, has also been observed in the neighbourhood of the serorogenic granitoids, for example the formation of K-feldspar and sillimanite (fibrolite) near the Ställdalen syncline still in western Bergslagen. The serorogenic massifs in the northern part of the Östhammar region probably exerted a similar influence on the surrounding supracrustal rocks resulting in a very sparse formation of sillimanite and garnet and increased grain-sizes. However, distinguishing this metamorphic event from the earlier regional metamorphism seems to be a difficult task.

Finally, the late retrograde metamorphism in the Östhammar region is restricted to the formation of secondary hydrous low-temperature minerals such as muscovite-sericite, epidote-clinozoisite, prehnite, actinolite, chlorite and serpentine.

Analyses of coexisting garnet and biotite in supracrustal rocks of the mediumgrade Östhammar area are shown in Table 13. The calculated equilibrium constants $K_D^{Gr/Bi}$ (Table 14) have been compared with similar parameters of the highgrade metasediments of the Nyköping NO quadrangle (Fig. 58 and Table 15). The spreading of the K_D -values in all these cases (Fig. 59) indicates that K_D cannot be used here with any great success as a geological thermometer.

The tectonic evolution of the region was initiated by early vertical movements resulting from diapiric rise of the oldest synkinematic plutonites. In this connection the regional pattern of north-south and east-west oriented supracrustal basins, with intrabasinal plutonic domes, were probably formed. After this first F_0 -deformation (cf. scheme p. 8) and consolidation of the plutonites, an intratectonic period followed accompanied by the intrusion of basic dikes (gen. 2). A later horizontal, regional pressure from the east, during the culmination of metamorphic conditions, caused isoclinal overfolding to the west (F_1), and synchronous cross-folding (F_2) along the Baltic coast (Fig. 61). The latter deformation was probably formed by secondary forces exerted from irregularly distributed, tectonically competent plutonic bodies (Stålhös 1981 and 1984b). The regional pressure directed to the west may have been caused by relative movements between plate tectonic eastward subduction and superimposed wedges of rocks. This pressure divided into vectors F_1 and F_2 when coming into contact with obliquely orientated tectonically controlled faces between blocks of different competence. This is illustrated in Figures 61 and 62a, b, c. In some areas axial planes of F_1 and F_2 may be brought to coincide. The main part of the linear (Figs. 63 and 64) and planar schistosity of the region were probably formed in this way. The isoclinal folding (Fig. 66) and the cross-folding is indicated by

the existence of small closed interfering folds (Fig. 65).

A very late deformational phase restricted to the immediate surroundings of the young serorogenic massifs, is illustrated in several cases by folded dikes of the actual granites cross-cutting older structures (Figs. 67, 68 and 69). Raised temperature and pressure exerted by the intruding body probably explains this deformation. The local formation of veined gneisses is even suggested in the intermediate to basic metavolcanites which have been permeated by the serorogenic granites (Fig. 70).

Numerous zones of fracturing and thrusting, in addition to the presence of breccias (B) and mylonites (M) due to repeated postorogenic movement, are shown in the enclosed structural maps. Further data on lineations, fold axes, bedding planes (seldom), foliations and some antiforms and synforms are also recorded.

Maps of total magnetic intensity reflect the distribution of magnetic minerals in the region. Several magnetic anomalies seem to be present in the metavolcanics associated with iron ores. Some of the basic plutonites may also be magnetic.

The stratigraphic sequence of the region is not very clear. However, acid volcanics in most cases seem to be the oldest, followed by basic and intermediate volcanics and finally sedimentary rocks of doubtful origin.

Hundreds of small iron ore mines, mostly worked during the 18th century and now abandoned, are known within the region. Most of them comprise skarn iron ores but lime iron ores as well as banded hematite ores also occur. The most outstanding ore deposit is at Dannemora (NV, 5c), the only mine still operative. In this mine dolomitic lime ore as well as skarn iron ore predominate, while at the Ramhäll mine (SV, 3d), second in order of size, dolomitic lime iron ore is intercalated with subordinate layers of banded hematite ore. The annual production of iron ore at the Dannemora mine amounts to 1.2 mill./ton concentrated to 0.6 mill./ton with an average iron content of 53% (Mn 1.46% and very low S and P). At least 35 mill./ton of iron ore have already been mined, and the ore reserves have been estimated to be 30 mill./ton. In comparison, the Ramhäll mine had a yearly output of 0.2 mill./ton iron ore before mining ceased in 1975. About 4.3 mill./ton iron ore has been mined at Ramhäll and the reserves are estimated to be 6 mill./ton. Next in order of importance is Vigelsbo (NV, 7e) with a total production of 0.6 mill./ton until mining ceased in 1922.

LITTERATUR

GFF = Geologiska Föreningens Förhandlingar
SGU = Sveriges Geologiska Undersökning

- AHLBERG, P., 1986: Den svenska kontinentalsockelns berggrund. – SGU Rapp. o. medd. nr 47.
- AHLIN, S., 1988: Interpretation of biotite-garnet partitioning data from two Svecokarelian metamorphic rock units. – *Lithos* 22, 25–29.
- ANDRÉASSON, P.-G., 1970: Det ultramafiska komplexet i Roslagen. – SGU (i manuskript).
- ARNBOM, J.O., 1983: Gåsborngranitens kontaktmetamorfos. – Delrapport i projektet "Granit- och gnejsplutonernas geodynamiska utveckling i det svenska urberget". – STU-rapport nr 82-3394. Slutrapport.
- ARVANITIDIS, N., och RICKARD, D., 1981: REE geochemistry of an early Proterozoic volcanic ore district, Dammsberg, central Sweden: A summary of results. – *Ann. Rep. Ore Res. Group 1981, Stockholms univ.*, 105–135.
- ARVIDSSON, R., och AXELSSON, D., 1983: Geologisk-geofysisk undersökning av ett djupgrönstensmassiv vid Viksta, Uppland. – University of Uppsala, Institute of Geology.
- BABEL WORKING GROUP, 1990: Evidence for early Proterozoic plate tectonics from seismic reflection profiles in the Baltic Shield. – *Nature*, vol. 348.
- BAECKSTRÖM, O., 1923: Bidrag till kännedomen om sulfidmalmernas geologi inom Dannemorafältet. – *GFF* 45, 286–294.
- BAKER, J.H., 1985: The petrology and geochemistry of 1,8–1,9 Ga granitic magmatism and related sub-seafloor hydrothermal alteration and oreforming processes, W. Bergslagen, Sweden. – *GUA Papers of Geology, Series 1, No 21*. Amsterdam.
- BAKER, J.H. och DE GROOT, P.A., 1983: Proterozoic seawater-felsic volcanics interaction in W. Bergslagen, Sweden: Evidence for high REE mobility and implications for 1,8 Ga seawater compositions. – *Contr. Mineral. Petrol.* 82, 119–130.
- BERGMAN, S., och ERIKSSON, C., 1984: Studie av kontaktomvandlingar mellan basiska gångar och Vängegranit väster om Uppsala. – University of Uppsala, institute of geology.
- BERTHELSEN, A., 1987: A Tectonic model for the central evolution of the Baltic Shield. I Schaer, J.P. och Rodgers, I. (red.): *The Anatomy of mountain ranges*. – Princeton, N.J.

- BEYER, M., 1954: Berggrunden inom leptitområdet mellan Harg och Hargshamn i Norra Uppland. – GFF 76, 183–214.
- BILLSTRÖM, K., 1985: Isotopic studies of two Early Proterozoic Sulphide Ores in the Bergslagen District, South-Central Sweden. – Medd. Sthlms univ., geol. inst. nr 263.
- BJÖRKLUND, J., 1982: Litteratur om uppländska bruk. – En förteckning från Uppsala stadsbibliotek.
- BLEEKER, W., och WESTRA, L., 1987: The evolution of the Mustio gneiss dome, Svecofennides of SW Finland. – Precambrian Research 36, 227–240.
- BLOMBERG, A., 1886: Beskrifning till kartbladet Öregrund. – SGU Aa 101.
– 1889: Beskrifning till kartbladet Alunda. – SGU Aa 104.
- CARLSSON, A., och OLSSON, T., 1977: Waterleakage in the Forsmark tunnel, Uppland, Sweden. – SGU C 734.
- DAHL, O., 1969: Irregular distribution of iron and magnesium among coexisting biotite and garnet. – Lithos 2, 311–322.
- DAMMAN, A.H., 1989: Skarn and ore formation in the Gåsborn area, West Bergslagen, central Sweden: a study of (sub)seafloor hydrothermal-metamorphic mineral assemblages. Academisch Proefschrift. – Centrale Huisdrukkerij Vrije Universiteit, Amsterdam.
- DU RIETZ, T., 1929: Studies on the Rocks of Rådmansö. – GFF 51, 473–532.
- EHLERS, C., och LINDROOS, A., 1988: Geology of the Nagu-Korpo area. – Tectonic setting of proterozoic volcanism and associated ore deposits.
- EKLUND, J., 1931: Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1–2. – Rapporter och meddelanden i stencil. – SGU.
- ENBERG, Ch., 1933: Über einige Minerale des Kalksteinbruches bei Gökom. – Bull. Geol. Inst. Uppsala 24, 257–272.
- ERDMANN, A., 1851: Dannemora jernmalmsfält i Upsala Län. – K. Vet. Akad. Handl.
– 1868: Några ord till upplysning om bladet "Leufsta". – SGU Aa 29.
– 1895: Beskrifning till kartbladet Grisslehamn. – SGU Aa 111.
- FAHLCRANTZ, A.E., 1876: Om Dannemora jernmalmsfält. – Bih. t. K. Sv. Vet. Akad. Handl., bd 4, no 2.
- FRIETSCH, R., 1982: Alkalimetasmatism in the ore-bearing metovolcanics of Central Sweden. – SGU C 791.
- FRONT, K., och NURMI, P.A., 1987: Characteristics and Geological Setting of Synkinematic Svecofennian Granitoids in Southern Finland. – Precambrian Research 35, 207–224.

- FROST, T.P., och MAHOOD, G.A., 1987: Field, chemical and physical constraints on mafic-felsic magma interaction in the Lamarck Granodiorite, Sierra Nevada, California. – *Geol. Soc. Am. Bull.* 99, 272–291.
- GAÁL, G., och GORBATSCHEV, R., 1988: Tectonic setting of early proterozoic volcanism and associated metallogeny in the Fennoscandian (Baltic) shield. – IGCP field conference in Sweden and Finland.
- GEIJER, P., 1916: On the intrusion mechanism of the Archean granites of Central Sweden. – *Bull. Geol. Inst. Upsala.* 15, 47–60.
- 1954: De kvartsrandiga järnmalmernas problem. – *K. Svenska Vetenskapsakademiens årsbok.* Almqvist & Wiksell.
- GEIJER, P., och MAGNUSSON, N.H., 1944: De mellansvenska järnmalmernas geologi. – *SGU Ca* 35.
- GORBATSCHEV, R., 1968: Distribution of elements between cordierite, biotite, and garnet. – *N. Jb. Miner. Abh.* 110, 57–80.
- HANSEN, L., 1989: Bedrock of the Forsmark area. – Swedish state power board civil engineering development.
- HELLINGWERF, R.H., 1984: Paragenetic Zoning and Genesis of Cu-Zn-Pb-As Sulfide Skarn Ores in a Proterozoic Rift Basin, Gruvåsen, Western Bergslagen, Sweden. – *Economic Geology* 79, 696–715.
- HELMERS, H., 1984: Stages of granite intrusion and regional metamorphism in the Proterozoic rocks of western Bergslagen, C. Sweden, as exemplified in the Gränges area. – *N. Jb. Miner. Abh.* 150:3, 307–324.
- HIRSCHBERG, A., och Winkler, Helmut, G.F., 1968: Stabilitätsbeziehungen zwischen Chlorit, Cordierit und Almandin bei der Metamorphose. – *Contr. Mineral. and Petrol.* 18, 17–42.
- HOLMQUIST, P.J., 1916: Swedish archaean structures and their meaning. – *Bull. Geol. Inst. Upsala* 15.
- 1932: Den arkeiska lagerföljden och tektoniken inom Södertörns kustområde. – *GFF* 54, 347–371.
- HOLST, N.O., 1887: Beskrifning till kartbladet Svartklubben. – *SGU Aa* 97.
- HÖGBOM, A.G., 1893: Om de s.k. urgraniterna i Upland. – *SGU C* 132.
- IUGS SUBCOMMISSION ON THE SYSTEMATICS OF IGNEOUS ROCKS, 1973: Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. Recommendations. – *N. Jb. Miner. Mh.* 1973, H4, 149–164.
- 1980: Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites and Melilitic Rocks. – *Geologische Rundschau* 69, 194–207.
- JOHANSSON, H.E., 1910: Die eisenerzföhrande Formation in der Gegend von Grängesberg. – *GFF* 32:1, 239–410..

- LAGER, I., 1986: The Dannemora iron ore deposit. - 7th IAGOD Symposium. Excursion guide no 3. - SGU Ca 61, 26-30.
- LAGERBLAD, B., 1988: Evolution and tectonic history of the Bergslagen volcano-plutonic complex, central Sweden. - *Geologie en Mijnbouw* 67, 165-176.
- LAGERBLAD, B., och GORBATSCHEV, R., 1983: Sekundära förändringar i Bergslagens vulkaniter och deras betydelse för malmbildningen. - SGU, Rapp. o. medd 34, 158-176.
- 1985: Hydrothermal alteration as a control of regional geochemistry and ore formation in the central Baltic Shield. - *Geologische Rundschau* 74/1, 33-49.
- 1988: Geology and Metallogeny of Bergslagen - Tectonic setting of proterozoic volcanism and associated ore deposits. - IGCP field conference in Sweden and Finland.
- LAITALA, M., 1973: On the precambrian bedrock and its structure in the Pellingene region, South Finland. - *Geol. Survey of Finland, Bull.* 264.
- LILJENDAHL, L., 1989: Vigelsbo, gruvssamhälle som slumrar i malpåse. - *Upsala Nya Tidning*, 28 mars.
- LINDBERG, B., och EKLUND, O., 1988: Interactions between basaltic and granitic magmas in a Svecofennian postorogenic granitoid intrusion, Åland, south-west Finland. - *Lithos* 22, 13-23.
- LINDROTH, G.T., 1916: Geologiska och petrografiska studier inom den järnmalmsförande formationen omkring Ramhäll. - SGU C 266.
- 1918: Om järnmalmsförande, vulkanogena (pyroklastiska) amfiboliter inom den mellansvenska leptitformationen. - *Tekn. Tidskr. Avd. kemi och bergvetenskap*.
- 1919: Om granatens natur uti de mellansvenska malmfyndigheternas skarnbildningar. - *GFF* 41, 64-87.
- LINDSTRÖM, S., 1987: Vallonjärnet världens bästa under 200 år. - *Upsala Nya Tidning*, 18 nov.
- LOBERG, B., 1979: A Proterozoic subduction zone in southern Sweden. - *Earth and Planetary Science Letters* 46, 287-294.
- 1987: Karta över Sveriges berggrund ur Geologi, material, processer och Sveriges berggrund, 4:e uppl. - Norstedts.
- LUNDEGÅRDH, P. H., 1943: The Grovstanäs region. - *Bull. Geol. Inst. Uppsala*, 29.
- 1946: Rock composition and development in Central Roslagen. - *K. Vetenskapsakademien. Arkiv för kemi, mineralogi och geologi*, 23 A:9.

- 1947: Den ultrabasiska gabbbron i Roslagen. – SGU C 484.
- 1956: Petrology of the Uppsala Region Eastern Sweden. – SGU C 544.
- 1956: Beskrivning till kartbladet Uppsala. – SGU Aa 199.
- 1960: The miogeosynclinal rocks of eastern Central Sweden. – SGU C 570.
- 1967: Berggrunden i Gävleborgs län. – SGU Ba 22.
- 1971: Nyttosten i Sverige. – Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- LUNDQVIST, Th., 1959: Berggrunden på Riddarskäret i nordöstra Uppland. – GFF 81.
- 1962: Det svekofenniska suprakrustalstråket mellan Ljusterö och Rödlöga i Stockholms norra skärgård. – SGU C 585.
- LUNDSTRÖM, I., 1983: Beskrivning till berggrundskartan Lindesberg SV. – SGU Af 126.
- 1987: Lateral Variations in Supracrustal Geology within the Swedish Part of the Southern Svecokarelian Volcanic Belt. – Precambrian Research 35, 353–365.
- 1988: Regional inter-relationships in the Proterozoic geology of Bergslagen and Southeastern Central Sweden. – Geologie en Mijnbouw 67.
- LÖFGREN, Ch., 1979: Do leptites represent Precambrian island arc rocks? – Lithos 12, 159–165.
- MAGNUSSON, N.H., 1925: Persbergs malmtrakt. – Kungl. Kommerskoll. beskr. över mineralfyndigheter, nr 2, 1925.
- 1940: Herrängsfältet och dess järnmalmer. – SGU C 431.
- 1953: Malmgeologi. – Jernkontoret, Stockholm.
- 1973: Malm i Sverige. 1. Mellersta och södra Sverige. – Almqvist & Wiksell.
- MIYASHIRO, A., 1973: Metamorphism and Metamorphic Belts. – London, George Allen & Unwin.
- NORDENSKJÖLD, O., 1895: Nya bidrag till kännedomen om de svenska hälleflintbergarterna. – GFF 17, 655–667.
- NYSTRÖM, E., 1922: Petrographical and Chemical Observations on the Hälleflintas of the Dannemora Mining Field. – GFF 44, 761–772.
- OEN, I.S., 1987: Rift-Related Igneous Activity and Metallogenesis in SW Bergslagen, Sweden. – Precambrian Research 35, 367–382.
- OLKIEWICZ, A., 1981: Lineament, sprickzoner och sprickor inom norra Uppland med speciell betoning på undersökningsområdet vid Finnsjön. – KBS arbetsrapport 81-34, SGU, Uppsala.
- OLKIEWICZ, A., och ARNEFORS, J., 1981: Berggrundsbeskrivning av undersökningsområdet vid Finnsjön i norra Uppland. – Arbetsrapport KBS, Ar 81-35.

- PATCHETT, P.J., 1978: RB/SR ages of precambrian dolerites and syenites in southern and central Sweden. – SGU C 747.
- PATCHETT, P.J., TODT, W. och GORBATSHEV, R., 1987: Origin of continental crust of 1.9-1.7 Ga age: Nd isotopes in the Svecofennian orogenic terrains of Sweden. – *Precambrian Research* 35, 145–160.
- PETTERSSON, A.L.Th., 1871: Några ord till upplysning om bladet "Salsta". – SGU Aa 43.
- RIAD, L., och WESTLUND, B., 1989: I Shaikh, N.A., m.fl.: Kalksten och dolomit i Sverige, del 2. Mellersta Sverige. – *Rapp. o. medd.* 55, 263–277.
- RICKARD, D., 1988: Regional metamorphism in the Bergslagen Province, South Central Sweden. – *Geologie en Mijnbouw* 67, 139–155.
- SAXENA, S.K., och HOLLANDER, N.B., 1969: Distribution of iron and magnesium in coexisting biotite, garnet and cordierite. – *Amer. Journ. Science* 267, 210–216.
- SCHREURS, J., och WESTRA, L., 1986: The thermotectonic evolution of a Proterozoic, low pressure, granulite dome, West Uusimaa, SW Finland. – *Contrib. Mineral Petrol.* 93, 236–250.
- SIDENBLADH, E., 1868: Några ord till upplysning om bladet "Rånäs". – SGU Aa 27.
- SOKOUTIS, D., 1987: Finite strain effects in experimental mullions. – *Journ. Struct. Geol.* 9, 233–242.
- STEPHANSSON, O., 1975: Polydiapirism of granitic rocks in the Svecofennian of Central Sweden. – *Precambrian Research* 2, 189–214.
- STEPHANSSON, O., EKSTRÖM, T., och BERGLUND, S., 1975: Sambandet mellan deformation och mineralkemi hos veckstrukturer från Mellansverige. – *Forskningsrapport från avd. för bergmekanik, Högskolan i Luleå.*
- STOLPE, M., 1869: Några ord till upplysning om bladet "Upsala". – SGU Aa 31.
- 1869: Några ord till upplysning om bladet "Örbyhus". – SGU Aa 32.
- STRECKEISEN, A.L., 1967: Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. – *N.Jb. Mineral. Abh.* 107, 144–240.
- STÅLHÖS, G., 1958: En bäddformig jotnisk diabas i norra Västerbotten. – *GFF* 80, 55–58.
- 1962: Nya synpunkter på sömrlandsgnejsernas geologi med särskild hänsyn till Stockholmstrakten. (Disputationsavhandling). – SGU C 587.
- 1964: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NO (berggrunden). – SGU Ae 1.
- 1969: Beskrivning till Stockholmstraktens berggrund. – SGU Ba 24.

- 1972: Beskrivning till berggrundskartan Uppsala SV och SO. – SGU Af 105–106.
 - 1974: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SO. – SGU Af 110.
 - 1975: Beskrivning till berggrundskartan Nyköping NO. – SGU Af 115.
 - 1976a: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SV. – SGU Af 118.
 - 1976b: Aspects of the regional tectonics of eastern central Sweden. – GFF 98, 146–154.
 - 1979: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NV/SV. – SGU Af 125.
 - 1981: A tectonic model for the Svecokarelian folding in east central Sweden. – GFF 103, 33–46.
 - 1982a: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NO/SO. Utö med omgivande skärgård. – SGU Af 138.
 - 1982b: Beskrivning till berggrundskartan Strängnäs SO. – SGU Af 142.
 - 1984a: Beskrivning till berggrundskartan Strängnäs NV och NO. – SGU Af 144–145.
 - 1984b: Svecokarelian folding and interfering macrostructures in eastern Central Sweden. / Precambrian Tectonics Illustrated: A. Kröner and R. Greiling (red.): Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 369–379.
- STÅLHÖS, G., och BJÖRK, L., 1983: Interpretation of late Svecokarelian metadiabases associated with eruptiv breccias in south central Sweden. – GFF 105, 321–333.
- SUND, R.B., 1957: Nyare undersökningar inom nordöstra Upplands berggrund. – SGU C 552.
- SUNDIUS, N., 1923: Grythyttfältets geologi. – SGU C 312.
- 1939: Berggrunden inom sydöstra delen av Stockholms skärgård. – SGU C 419.
- SUOMINEN, V., 1988: Radiometric ages on zircons from cogenetic gabbro and plagioclase porphyrite suite in Hyvinkää, southern Finland. - Bull. Geol. Soc. Finland 60, del 2, 135–140.
- SVEDMARK, E., 1887: Beskrifning till kartbladet Norrtelge. – SGU Aa 94.
- 1988: Uralitporfyren och hälleflintan vid Vaksala. – SGU C 94.
- SVENONIUS, F., 1885: Beskrifning till kartbladet Grundkallegrundet. – SGU Aa 96.
- 1887: Beskrifning till kartbladen Forsmark och Björn. – SGU Aa 98, 99.
- TALBOT, C., och SOKOUTIS, D., 1988: The Singö shear zone near Östhammar, Eastern Sweden. – Dep. of Miner. and Petrology, research report no 55, Uppsala University.

- TEGENGREN, F.R., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. – SGU Ca 17.
- TULLBORG, E.-L., och LARSON, S.Å., 1982: Fissure fillings from Finnsjön and Studsvik Sweden. Identification, chemistry and dating. – KBS teknisk rapport 82-20, Göteborg.
- TÖRNEBOHM, A.E., 1878: Beskrivning till geologisk atlas över Dannemora Gruvan. – Stockholm.
- 1880: Beskrivning till blad 3 av geologisk öfversigtskarta öfver Mellersta Sveriges bergslag, Jernkontoret.
- VAASJOKI, M., och SAKKO, M., 1988: The evolution of the Raake-Ladoga zone in Finland: Isotopic constraints. – Geol. Survey of Finland, Bull. 343.
- VAN DER VELDEN, W., BAKER, J., DE MAESSCHALK, S. & VAN MERTEN, Th., 1982: Bimodal early Proterozoic volcanism in the Grythytte field and associated volcano-plutonic complexes, Bergslagen, Central Sweden. – Geol. Rundschau 71, 171–181.
- WELIN, E., 1964: Uranium disseminations and vein fillings in iron ores of Northern Uppland, central Sweden. – GFF 86, 51–82.
- 1979: Tabulation of recalculated radiometric ages published 1960-1979 for rocks and minerals in Sweden. – GFF 101, 309–320.
- 1987: The depositional evolution of the Svecofennian supracrustal sequence in Finland and Sweden. – Precambrian Research 35, 95–113.
- WELIN, E., och BLOMQUIST, G., 1964: Age measurements on radioactive minerals from Sweden. – GFF 86, 33–50.
- WELIN, E., KÄHR, A.-M. & LUNDEGÅRDH, P.H., 1980: Rb-Sr isotope systematics at amphibolite facies conditions, Uppsala region, eastern Sweden. – Precambrian Research 13, 87–101.
- WELIN, E., WIKLANDER, U. & KÄHR, A.-M., 1980: Radiometric dating of a quartzporphyritic potassium rhyolite at Hällefors, south central Sweden. – GFF 101, 269–272.
- WELIN, E., VAASJOKI, M. & SUOMINEN, V., 1983: Age differences between Rb-Sr whole rock and U-Pb zirkon ages of syn- and postorogenic Svecofennian granitoids in Sottunga, SW Finland. – Lithos 16, 297–305.
- WELIN, E., och STÅLHÖS, G., 1986: Maximum age of the synmetamorphic Svecofennian fold phases in south central Sweden. – GFF 108, 31–34.
- WENNBERG, S., 1930: Om gruvor och bergverk inom Frösåkers härad. Frösåkers hembygdsföreningens årsskrift 1930–1931, 9–50. – Tullbergs boktryckeri.
- WIKSTRÖM, A., 1981: Metodik och bergartsindelning tillämpad vid berggrundskartering i södra och mellersta Sverige i skala 1:50 000. – Särtryck ur SGU Af.

- 1987: Magmatic diapirism of granites in southeastern Sweden. – Revista Brasileira de Geociencias 17, 4.
- WINKLER, H.G.F., 1965: Petrogeneses of metamorphic rocks. – Springer Verlag. Berlin. Heidelberg. New York.
- 1967: Die Genese der metamorphen Gesteine. – Springer Verlag. Berlin. Heidelberg, New York.
- 1970: Abolition of metamorphic facies, introduction of the four divisions of metamorphic stage, and of a classification based on isograds in common rocks. – N. Jahrbuch f. Mineralogie. Monatsh. 5.
- VÄLLFORS, M., 1973: Ramhälls gruvor. – Oland en kommuns historia.
- ÅHMAN, E., 1973: Vattholmatraktens järnmalms- och kalkstensfyndigheter. – SGU C 685.

