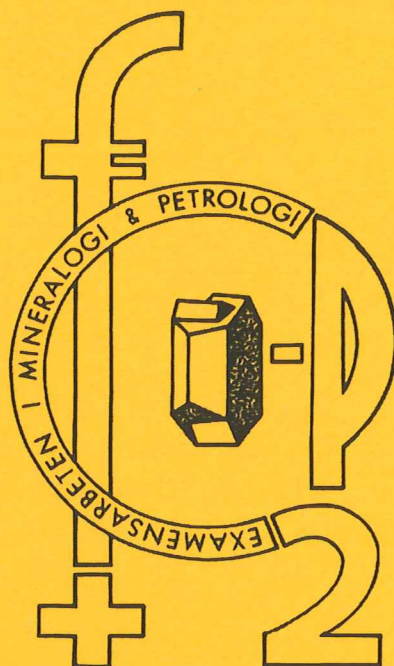


EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Mineralogi och petrologi



**Vätskeinklusioner som ledtrådar till bildningsmiljön för
Bölets manganmalm, Västergötland, södra Sverige**

Camilla Borgenlöv

Lunds univ. Geobiblioteket



15000

601137693

Examensarbete, 20 p
Institutionen, Lunds Universitet

Nr 86

EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

Mineralogi och petrologi



Vätskeinklusioner som ledtrådar till bildningsmiljön för
Bölets manganmalm, Västergötland, södra Sverige

Camilla Borgenlöv

<u>Innehåll</u>	
<u>Kapitel</u>	<u>sida</u>
Abstract	3
Introduktion	4
Historik	4
Regional geologi	4
- Transskandinaviska granit-porfyrbältet	4
- Protoginjonen	6
- Vättersänkan	6
Bölets mangangruvor	6
- Böletgraniten	6
- Grönstenen	9
- Diabaser	9
- Gnejser	9
Malmen	9
- Breccior	10
- Mineraliseringar	10
Vätskeinklusioner	10
- Definition	10
- Ursprung	15
- Vanliga värdmineral	15
- Inklusionsmorfologi	15
- Mineralegenskaper	16
Arbetsmetod vid vätskeinklusionsanalys	16
- Utrustningen	19
Resultat och tolkning	23
- Th och Te	23
- Sista smältpunkten - Tm och salinitet	24
- Tm och Th	25
Diskussion	26
Sammanfattning	28
Referenser	28
Appendix	
- Förkortningar och ordförklaringar	31
- Mätdata	32

Abstract

The hydrothermal manganese ores at Bölet, on the western shore of Lake Vättern, southern Sweden, occupy fractures and fissures and form the matrix in brecciated zones in a granite. Gangue minerals include barite, fluorite, quartz, calcite and some vanadinite and edingtonite (Ba-zeolite). The ore consists mainly of manganite and secondary pyrolusite. Primary fluid inclusions in quartz and fluorite were studied to determine the major chemical components, salinity and temperature of the fluids that precipitated the ore. My results fit the eutectic temperature (T_e) of the system $\text{NaCl-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$ at -52°C . The temperature of formation (T_h) lies around 100°C and the total salinity is about 20 to 22 wt% (calculated from the final melting temperature - T_m). These results agree with data from Fe-Mn-Ba and Pb-Zn ores in the Red Sea rift. This together with the vicinity to Lake Vättern and the volcanism at Halle- and Hunneberg indicates that the Bölet ore formed in a rift as well. The Permian magmatism of the Halle- and Hunneberg may have initiated the hydrothermal circulation that precipitated the Bölet ore. If so the age of the ore would be Permian like the Oslo rift magmatism.

Introduktion

Vid Bölet, Medevi och Spexeryd, som alla ligger runt Vättern (fig.1), förekommer mineraliseringar av mangan och barium. Mineraliseringarna är lokaliserade till deformationszoner som delvis tycks sammanfalla med såväl Vätterns förkastningar som med Protoginzonen. Det är därför angeläget att undersöka vilken geotektonisk miljö som mineraliseringarna representerar. Malmmineralen (manganit, pyrolusit, baryt) sitter som fyllnad i sprickor och breccior och i duktilt deformerad granit (Wikman et al. 1982, Magnusson 1953).

Området som undersöks i detta arbete är Bölets mangangruvor där mineraliseringarna är begränsade till ungefär nord-sydliga deformationszoner. Mineraliseringarna är hydrotermala men lösningarnas sammansättning och temperaturen vid avsättningen/bildandet är okända fakta liksom relationen till de regionala strukturerna och områdets geologiska utveckling. Uppgiften för detta examensarbete är att undersöka vätskeinneslutningarna i malmmineralen och/eller associerade mineral för att om möjligt bestämma den temperatur som rådde när vätskan fångades in, dvs när mineraliseringen bildades. Vidare skall Mn-Ba mineraliseringarnas värdestrukturer och deformationens karaktär samt förhållandet till de regionala spricksystemen beskrivas. Temperatur och vätskesammansättning bestämmas genom studier av vätskeinneslutningar i kvarts och flusspat, eventuellt även kalcit och baryt.

Historik

Bölets manganmalm omnämndes redan 1694 av Urban Hjärne. Han skrev: "Magnesia eller Brunsten är intet länge sedan aff H:r Anthoni von Boy opfunnen wid Tijweden." Eftersom von Boy ägde bl a Granviks masugn i närheten av Bölet får det förmodas att det var Böletmalmen som åsyftades. Malmen utvanns fram till 1857 med kulmen 1835 då man fick ut 489 ton. 1869 återupptogs brytningen, men på grund av svårigheter med att hålla undan vatten i gruvhålen fick man sluta efter ett par år. Mellan 1886 och 1895 bröt man på nytt och fick ut ca 1000-2000 ton/år. 1897 köptes gruvorna av Fagersta bruks AB som utvann användbar malm ur varpen för beskickning på masugn. Vargöns AB övertog gruvorna och 1915 startade gruvdriften igen för att hålla på fram till 1920. Den sista brytningen av malm vid Bölets mangangruvor ägde rum under krigsåren 1943-46. Totalt har det brutits 50 000 ton manganmalm med ca 30% Mn (Magnusson 1953, Tegengren 1924). Fig. 2 är en karta över Bölets mangangruveområde, hämtad ur Johansson (1926).

Regional geologi

Transskandinaviska Granit-Porfyrbältet

Bölets mineralisering är belägen inom det Transskandinaviska Granit-Porfyrbältet (TIB) som sträcker sig från norra Blekinge upp genom Småland, Dalarna och Jämtland och fortsätter in under fjällkedjan i Norge (Fig.1). Bältet är ca 20-150 km brett och nära 1600 km långt och uppvisar förhöjd magnetisk totalintensitet på flygmagnetiska kartan. Bergarterna utgörs till största delen av felsiska vulkaniter och granitoida plutoniter (Gaal & Gorbatshev, 1987). Aldrarna inom bältet varierar mellan 1.85 Ga och 1.65 Ga (Mansfeld, 1995).

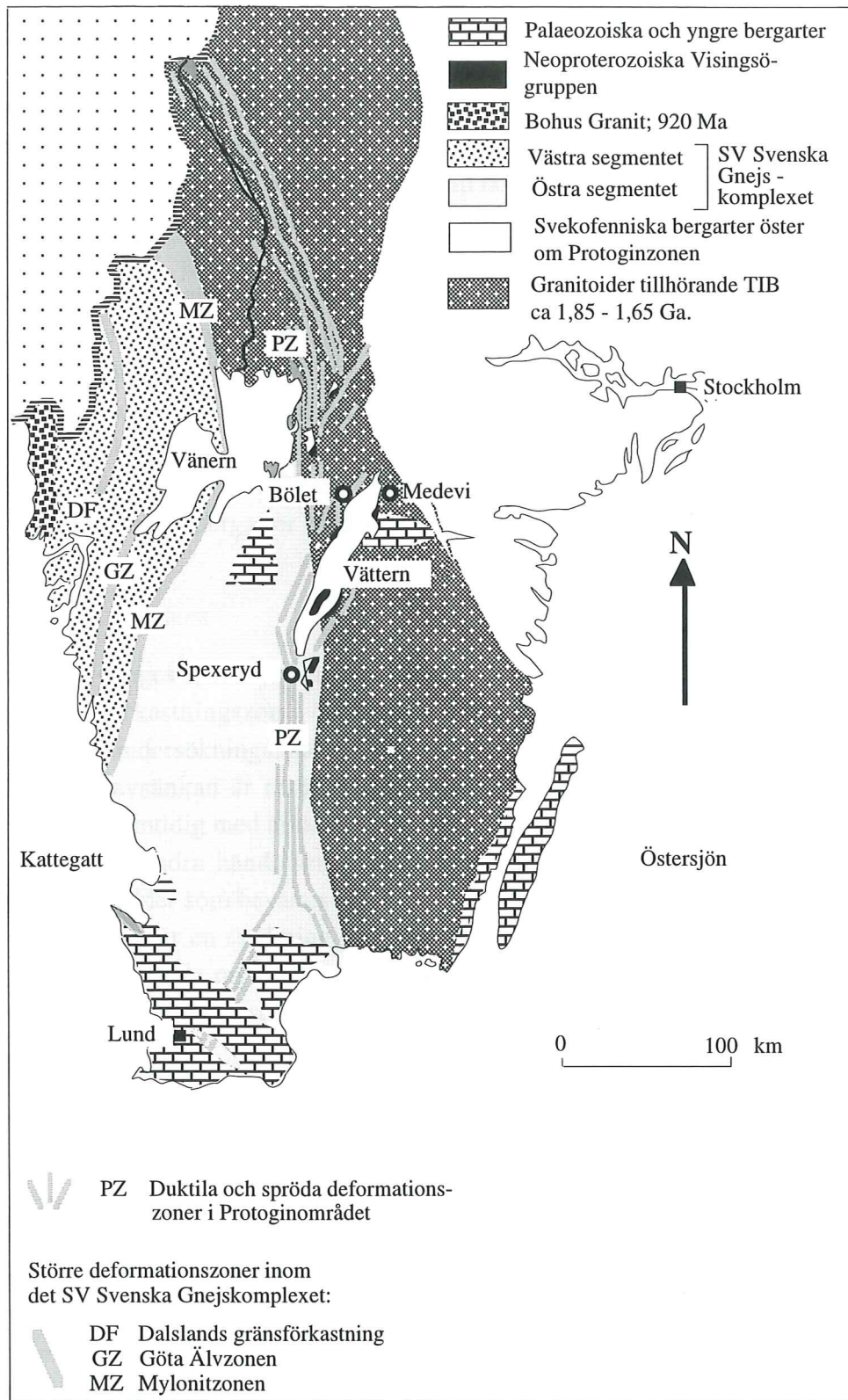


Fig. 1 Bergrundskarta över södra Sverige.

Protoginzonen

Protoginzonen (PZ) är en zon med kraftigt förskiffrade bergarter som sträcker sig ungefär nord-sydligt genom södra Sverige, från Skåne i söder till fjällkedjans södra gräns i Mellansverige. I sin södra del skiljer zonen det Transskandinaviska Granit-Porfyrbältet i öster från Sydvästsvenska gnejsprovinsen i väst. Inom zonens sydliga del finns en metamorf övergång från lågmetamorfa bergarter i öster till högmetamorfa bergarter i väster. I sin norra del är PZ inte en gräns mellan två bergartsprovinser utan enbart en deformationszon (Wahlgren et al. 1994.).

1200 Ma gamla intrusioner av gabbro, syenit och granit i södra delen av PZ antyder att den har en pre-Svekonorvegisk tektonisk historia. Cirka 1180 Ma gamla diabasgångar inom PZ bildades vid den extension som föregick den Svekonorvegiska orogenesisen medan cirka 930 Ma gamla diabasgångar kan relateras till sensvekonorvegisk upphävning av SV Sverige (Johansson & Johansson, 1990).

I Böletområdet beskrev Johansson (1926) zonen som ett 20 km brett bälte av avgränsade zoner med folierade bergarter med mellanliggande linsformade kroppar av bättre bevarad berggrund.

Vättersänkan

Vättern är Sveriges andra sjö och dess struktur har tolkats som en gravsänka då den begränsas av en tydlig förkastningszon i öst och en mindre tydlig förkastning i väst. Seismiska och gravimetriska undersökningar stöder den teorin (Axbergh & Wadstein 1980). Månsson (1996) föreslår att gravsänkan är resultatet av minst två större tektoniska händelser. Den första händelsen var samtidig med bildandet av Visingsögruppen (Vidal, i Wikman 1982) för ca 750 Ma sedan. Den andra händelsen indikeras som postsilurisk av en sedimentär sekvens av kambrosilurisk ålder som bevarats i en halvgravsänka (Motalabukten). Förkastningsplanen från andra händelsen har en strykning runt N-S och stupar ca 55°W. Förkastningsplanen är ofta subparallella med den mylonitiska foliationen i berggrunden. Det är tydligt att den duktila deformationen har styrt de senare förkastningarna.

Bölets mangangruvor

Berggrunden i området för Bölets mangangruvor (Fig. 2) utgörs av en förskiffrad granit (Böletgranit) med gnejs- och amfibolitrester, förskiffrade finkorniga graniter (som är yngre än Böletgraniten) samt ett bälte av starkt deformerade grönstenar i norra delen av området (Wikman, 1982). Granitens förskiffring stryker allmänt 320°-340° N och stupar ca 70° Ö. Böletgraniten utgör en förbindelselänk mellan Smålandsgraniten i söder och Värmlandsgraniten i norr. De tillhör båda det Transskandinaviska Granit-Porfyrbältet.

Böletgraniten

Böletgraniten är ljus grå, grovkornig och mer eller mindre porfyrisk (Fig. 3a). Den består av kvarts, kalifältspat, plagioklas samt biotit, klorit, epidot och i mindre mängder även titanit, apatit, zirkon och opakmineral. Ögonen består av kalifältspat och är långsträckta (2-3 cm) samt subparallellt orienterade. Orienteringen är främst tektonisk. I Streckeisens klassifikationssystem

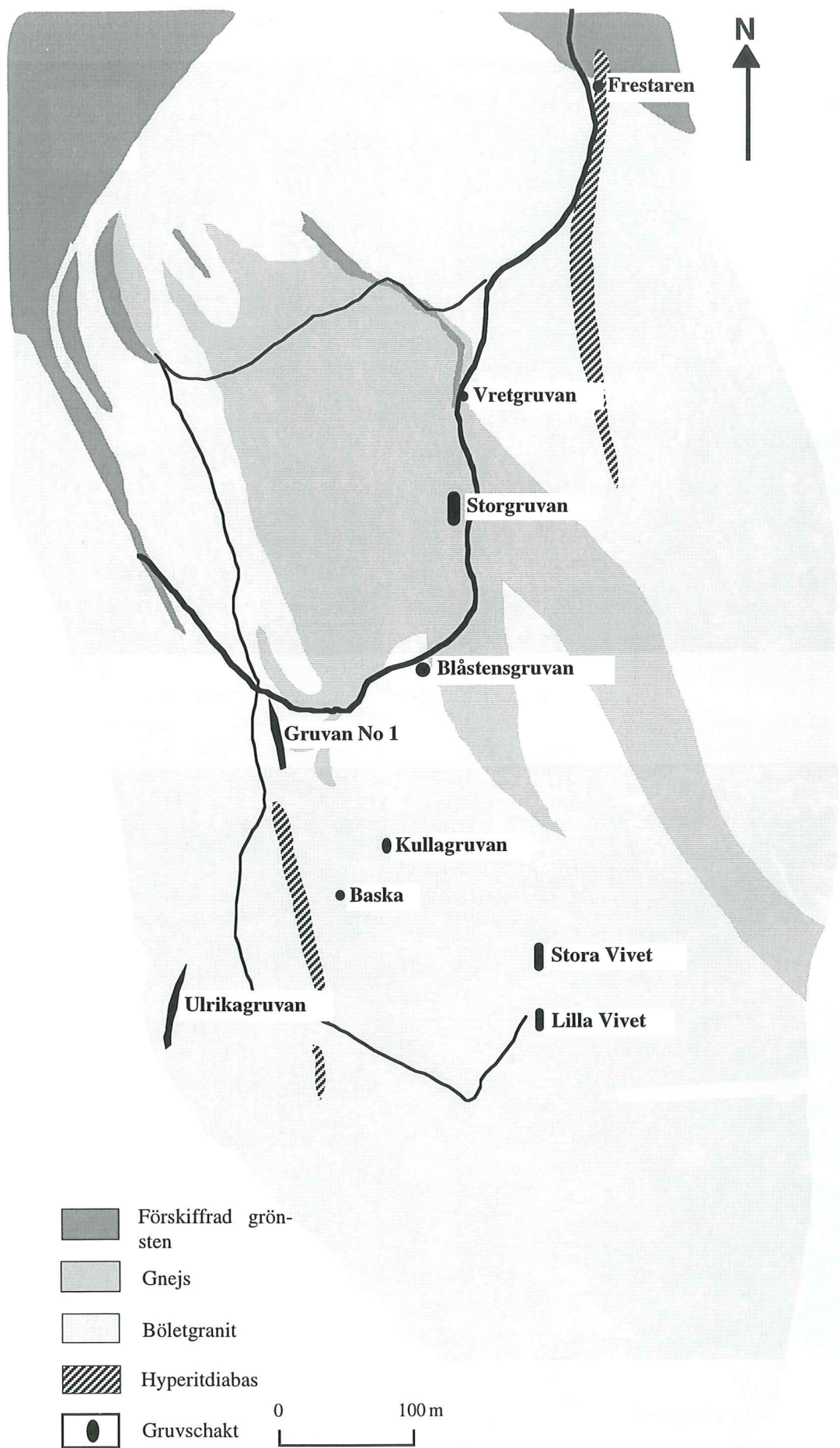
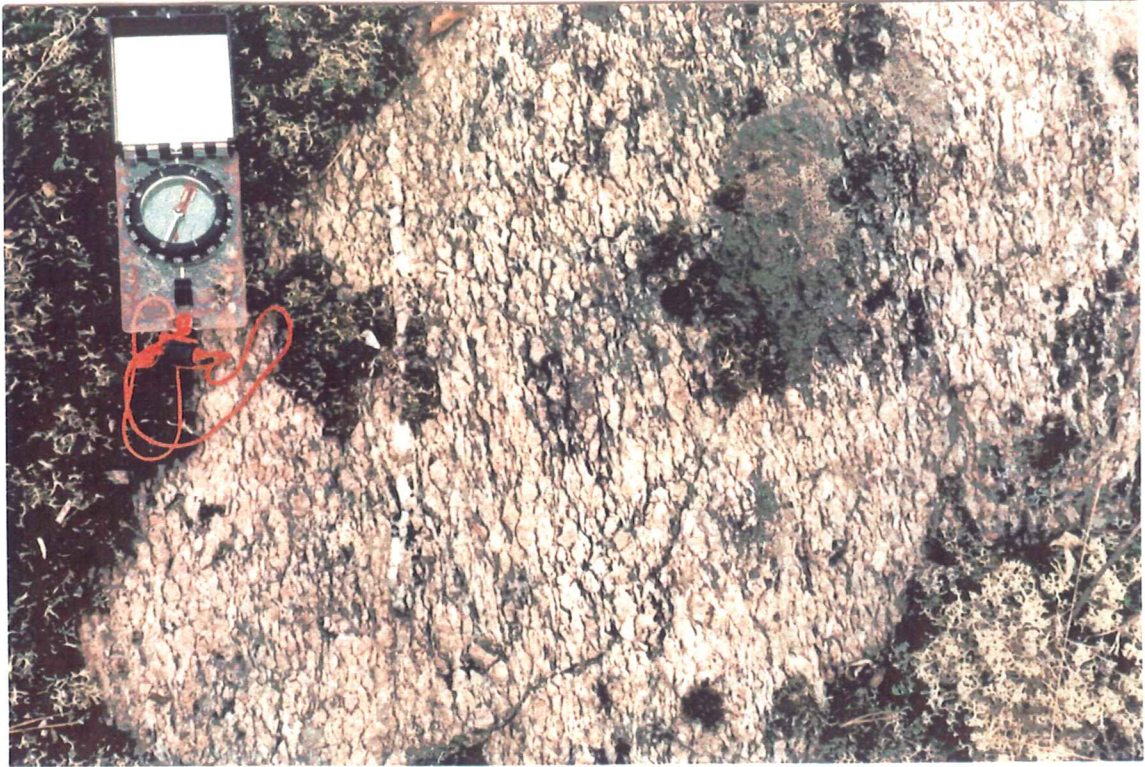


Fig. 2: Karta över Bölets mangangruvor. Från Johansson (1926).



a)



b)

Fig. 3: a) Bötetgranit; b) Gradvis övergång till mylonitgnejs.

hamnar Böletgraniten inom fältet för normala graniter (Wikman, 1982).

Böletgraniten övergår gradvis i en mylonitgnejs i de mest intensiva deformationszonerna och där saknas fältspatögonen helt (Fig. 3b).

Grönstenen

Böletgrönstenen (Johansson, 1926) är relativt ljus grågrönaktig och den är kraftigt förskiffrad eller mylonitiserad och småveckad. Den är delvis utbildad som en lös kloritskiffer.

Grönstenen har delvis ett högt innehåll av karbonatmineral. Karbonaterna uppträder mestadels i ett nätverk av fina sprickor men förekommer även i grundmassan. Den höga kalcithalten beror sannolikt på sekundär tillförsel av kalcit. Mineralinnehållet är i huvudsak klorit, biotit, kraftigt sericitiserad plagioklas samt epidot-zoisit. I något mindre mängd förekommer även kvarts, titanit och opakmineral. Grönstenens ursprung är svårt att bestämma på grund av den kraftiga deformationen men observationer gjorda vid kartområdets nordvästra gräns pekar på ett suprakrustalt ursprung (Wikman 1982).

Åldersrelationen mellan grönsten och granit är svårbestämd eftersom det finns tecken som pekar än på att grönstenen är äldst och än på att graniten är äldst. Det finns dessutom metabasiter med olika ursprung i området. (Wikman, 1982)

Diabaser

I Bölets gruvområde finns två diabasgångar i graniterna (Fig. 2). De hör samman med de gångintrusioner som följer Protoginzonen och benämns som hyperitdiabaser. Dessa karaktäriseras av en mörk brunsvart färg som beror på pigmentering av främst plagioklas men även olivin och pyroxen. Denna pigmentering är mycket karakteristisk och i plagioklas kan den spåras även i kraftigt förskiffrade hyperitdiabaser. Bölets hyperit-diabaser är förskiffrade men visar en tydlig pigmentering av främst plagioklas. (Wikman, 1982). Det finns, enligt Johansson & Johansson (1990), två åldersgrupper av diabaser, de är ca 1180 Ma och ca 930 Ma.

Gnejser

Gnejserna i området är relativt kvartsrika, mer eller mindre finkorniga bergarter, somliga med fältspatögon. Gnejsernas ursprung är svårt att fastställa. Vissa mörkare gnejser visar övergångar till amfibolit där de mörka mineralen har omvandlats till klorit och epidot. Ögongnejserna är troligen delvis omkristalliserade, kraftigt mylonitiserade graniter. (Wikman, 1982, Johansson, 1926)

Malmen

Magnusson (1953) beskrev Böletmalmsens uppträdande. Malmkropparna är lokaliserade till en drygt 300 m bred krosszon i berggrunden och sträcker sig, inom zonen, från Tobäcksmossens norra del drygt en kilometer norrut. Malmen är koncentrerad till smala, högst några meter breda, zoner (kroppar) (Johansson 1926) med strykning N325°-N10° och stupning 60°-75° Ö.

Varpfynd visar upp block av bland annat breccia med brottstycken av deformerat sidoberg, vilket antyder att breccieringen är den senaste deformationen i området.

Breccior

Mineralisering har skett längs NNO-NV-liga sprickor. Sprickorna är i allmänhet fyllda med en fin till grov breccia där matrix består av olika mineraliseringar och nedkrossat och omvandlat sidoberg (Fig. 4a). Brottstyckena består av bitar från sidoberget. Matrixmineralen är kalcit, kvarts, baryt, flusspat och mera sällsynt vanadinit ($\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$) och edingtonit ($\text{Ba}(\text{Al}_2\text{Si}_3)\text{O}_{10}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) samt manganmineral. De senare är främst manganit ($\text{MnO}(\text{OH})$) och sekundär pyrolusit (MnO_2 , omvandlad manganit). Kalcit förekommer i två varianter, en vit och en svart. Den svarta är impregnerad av mycket små korn av pyrolusit och psilomelan ($\text{Ba}(\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{4+})_9\text{O}_{18}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Ljunggren, 1958). Mellanmassan består av kvarts, fältspat och små flak av biotit och muskovit. Hela massan är impregnerad med hematit. På somliga ställen är plagioklaserna kraftigt sericitiserade. Det förekommer en del något större kvarts och K-fsp korn i mellanmassan. Brottstyckena består av granit, gnejs, mylonit och en mörk biotitrik glimmerskiffer. Glimmerskiffern kan eventuellt sammankopplas med diabasgångarna som också finns i området. Den följer vissa malmförande stråk och dess förekomstssätt och beskaffenhet gör att man kan misstänka att den utgör förskifrad, starkt biotitiserad Böletdiabas. Säker diabas har dock ej kunnat påvisas. Övriga brottstycken består av kvarts/fältspat aggregat med biotit, epidot mm. Fältspaterna är delvis kraftigt sericitiserade och kaoliniserade.

Mineraliseringar

Mineraliseringen är ofta zonerad (Fig. 4a & b). Malmmineralen förekommer som drusiga avsättningar på gångväggar och som fyllnad i breccior. Manganiten är massformig, kolloform eller radialstrålig och grå till svart i färgen. Mellan de täta strålarna sitter pyrolusiten som en svart, pulverformig, starkt sotande substans. Goetit förekommer varvad med manganit och ofta i samband med flusspat.

Baryt och kalcit sitter i håligheter och har bildats efter Mn-mineralen och läker samman små sprickor i stenen (Fig. 4a). Baryt är ofta radialstrålig.

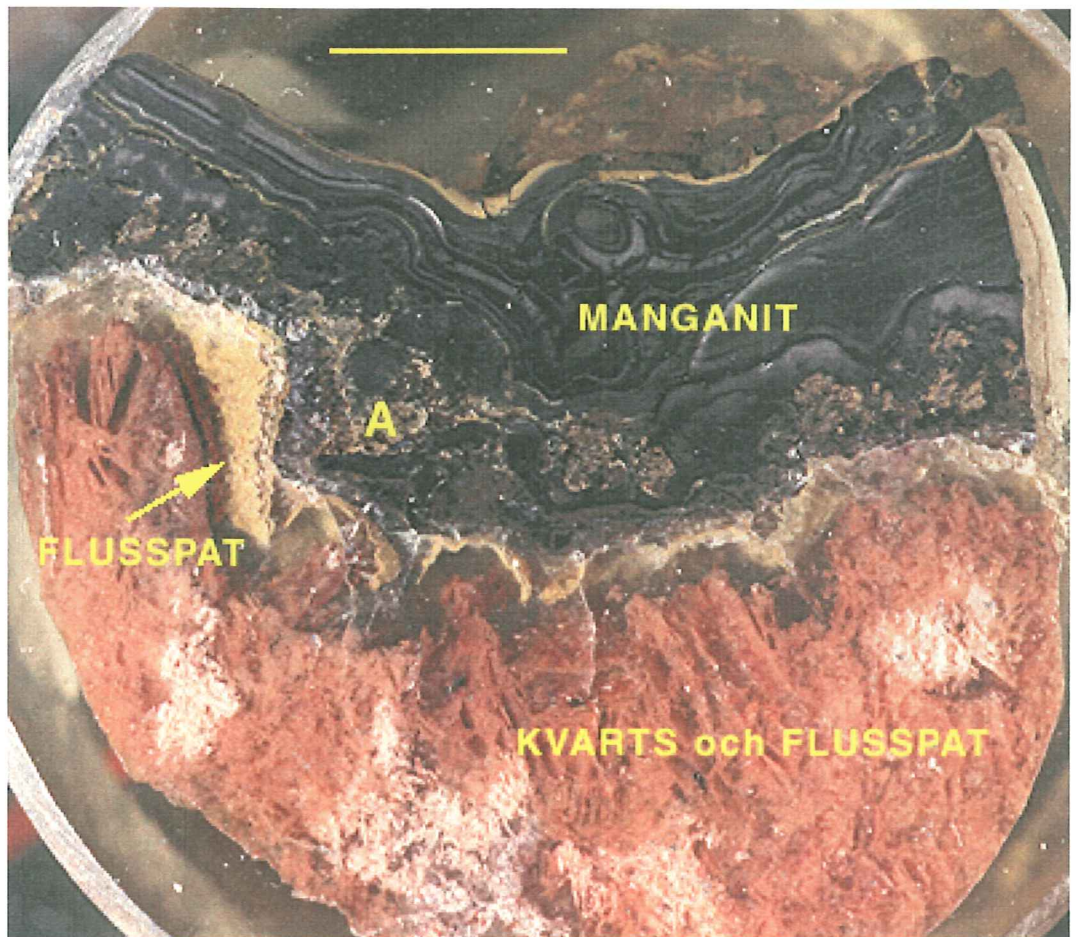
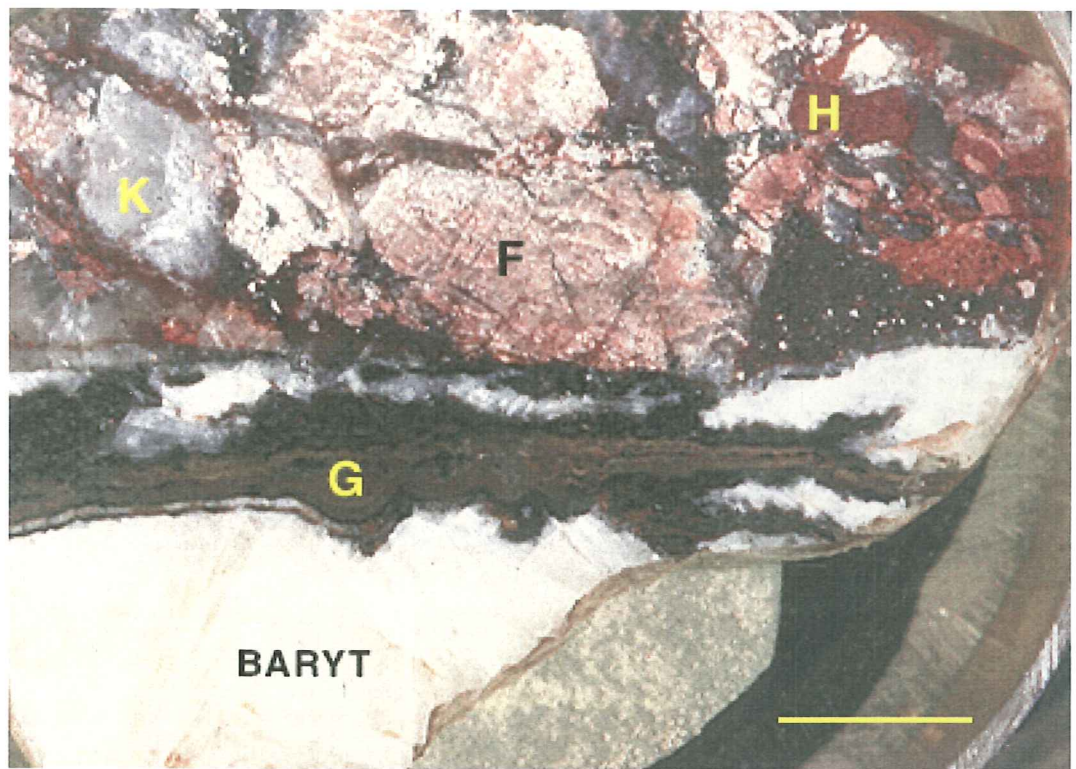
Kvarts är såväl äldre som yngre än malmen (Fig. 4e & f). Detta är användbart vid analys av vätskeinklusioner eftersom man då får fram temperatur och sammansättning hos lösningarna både före och efter malmbildningen. Flusspaten finns med överallt, dvs den är både äldre, yngre och samtida med malmen som den ofta är mycket intimt sammanvuxen med (Fig. 4c & e).

Alla prover i arbetet kommer från varphögar, den enda malm jag har sett i fast klyft är smala sprickfyllnader av massiv manganit eller tätt med tunna manganitnålar och tunna beläggningar på sprickväggar längs en vägs kärning (Fig. 5a & b). Jag vet alltså inte exakt var stofferna kommer ifrån men det bör inte påverka det förväntade resultatet av vätskeinklusionsanalyserna eftersom den kvarts och flusspat som använts är intimt associerad med malmmineralen.

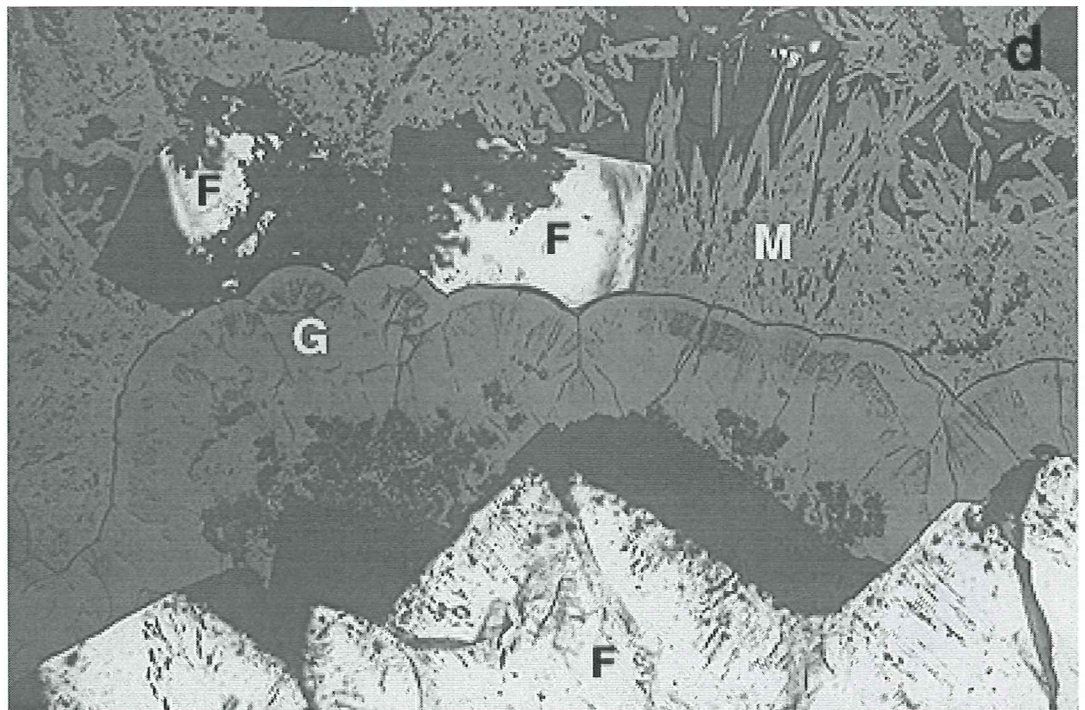
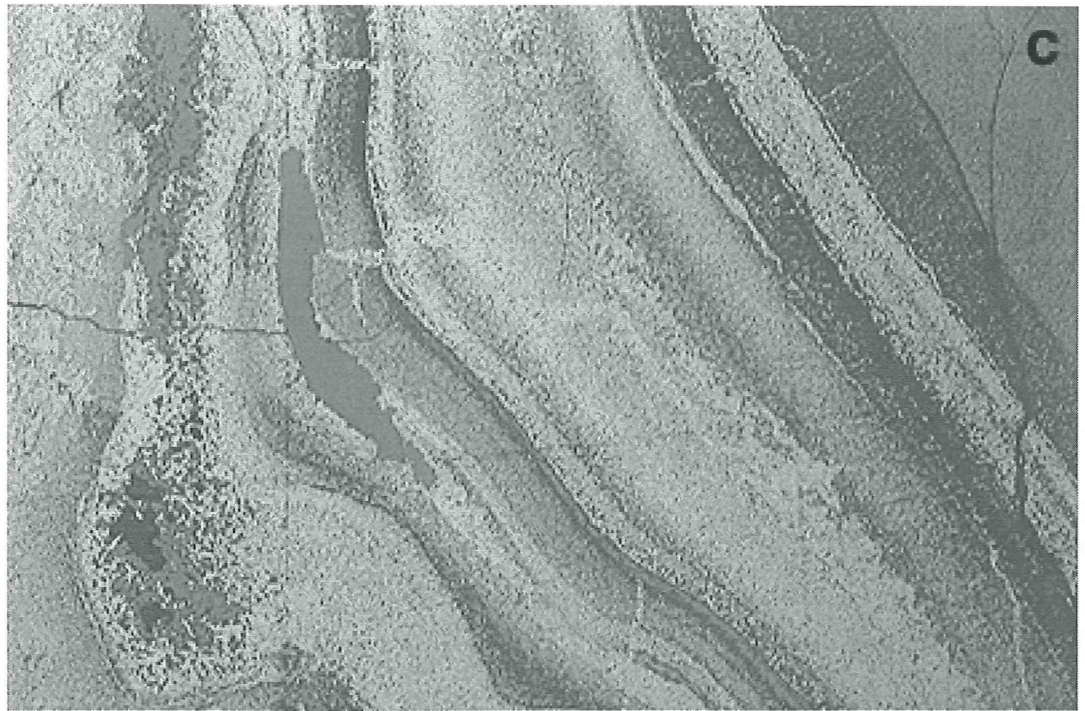
Vätskeinklusioner

Definition

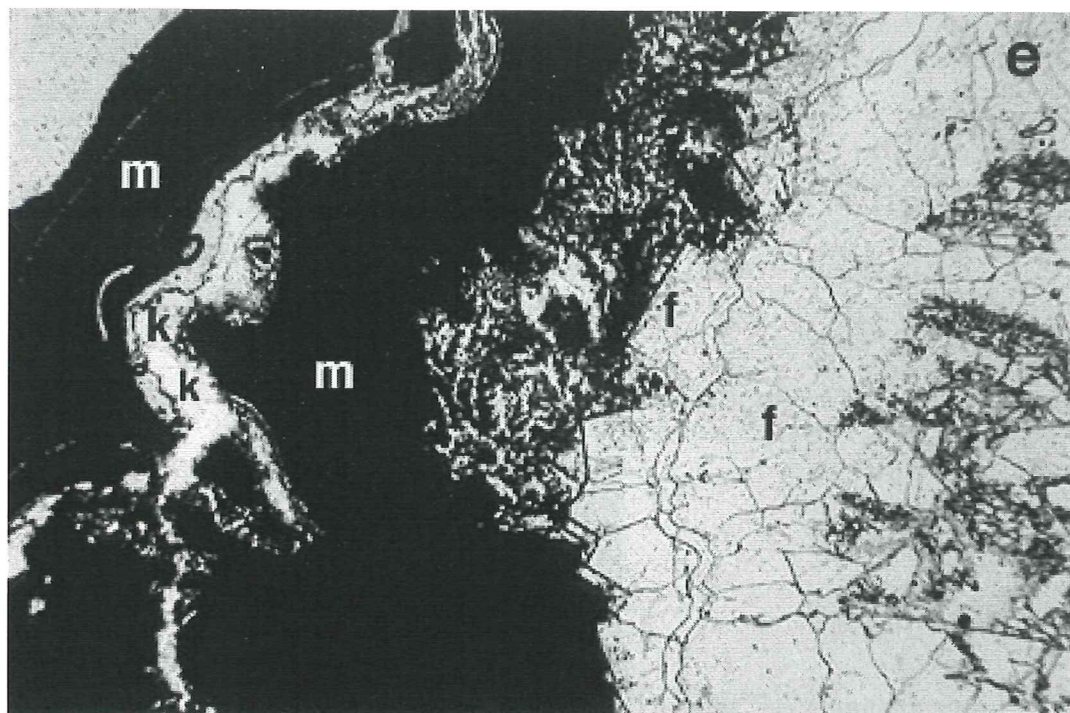
När en bergart eller ett mineral bildas kan det hända att en del av vätskan, som cirkulerar vid



Figur 4. Övre bilden visar breccierad Bötletgranit med omvandlad kalifältpat (F), svagt blå kvarts (K), hematitimpregnering (H) samt goethit (G) med tunna svarta band av manganit. Skallinje = 5 mm. Nedre bilden: zonerung av malm- och gångmineral. A: nålar av manganit i kvarts. Skallinje = 7 mm.



Figur 4c. Zonerad manganit från Bölet. 4d. Zonering av malm- och gångmineral. G = goethit; M = manganit. Flusspat uppträder i bildens övre (två kubiska kristaller) samt nedre del.
(F)



Figur 4e. Zonering med manganit (m), kvarts (k) och flusspat (f). Lägg märke till ideal kristallform hos flusspaten i randen mot manganiten. *4f.* Kvarts och manganit, det senare mineralet i jordiga eller nålformiga aggregat.



Fig. 5a) Manganit som sprickfyllnad. b) Vägskärning vid Bölet.



bildningstillfället, kapslas in. Det bildas en vätskeinklusion, dvs en mikroskopisk kavitet i mineralkornet, eller kristallen, som fylls av vätskan. Det går att ta reda på ungefärlig bildningstemperatur för en bergart eller ett mineral med hjälp av vätskeinklusioner och ett specialutrustat mikroskop.

Ursprung

Det kan finnas inklusioner från flera händelser i en och samma kristall (Fig. 6). De kallas primära, pseudosekundära och sekundära. De primära bildas i samband med att mineralet växer till, de pseudosekundära bildas om mineralet spricker eller deformeras innan det har vuxit färdigt och kan sitta i korta, avbrutna stråk. De sekundära inklusionerna bildas vid senare händelser (deformation, omkristallisation etc.) och sitter oftast i stråk som skär över allt annat. Det kan finnas flera generationer sekundära inklusioner (Shepherd et al. 1985).

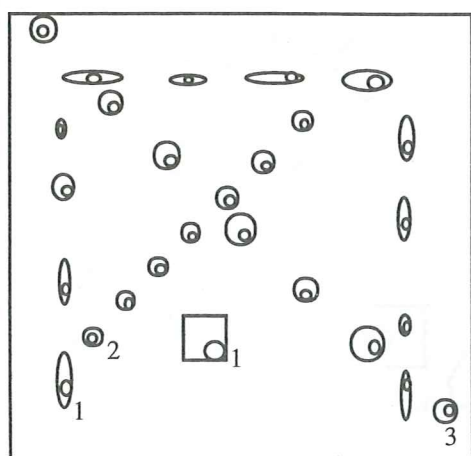


Fig. 6: inklusioner i flusspat-kristall.

1; primära inklusioner.

2; pseudosekundära inklusioner.

3; sekundära inklusioner.

Vanliga värdmineral

Kännetecknande för de mineral som oftast används för inklusionstudier är att de är ljusa och transparenta. De vanligaste är kvarts, flusspat, halit, kalcit, apatit, dolomit, zinkblände, baryt, topaz och kassiterit. Fältspater innehåller också inklusioner men de är oftast för små och otydliga.

Inklusionsmorfologi

Inklusionerna kan ha flera olika former (Fig. 7), extremfallet är negativ kristallform då kaviteten är en perfekt spegelbild av värdmineralets kristallsymmetri (Fig. 8a). Det andra extremfallet är väldigt oregelbundet formade inklusioner (Fig. 8b). Mellanformerna kan vara sfäriska eller oblata, vilket är vanligt i kvarts, eller tubulära som utvecklas bäst i utsträckta, prismatiska kristaller. Inklusionsformen kan också styras av mineralets spaltplan, främst i mjuka lättspaltade mineral, t ex romboedriska karbonater eller baryt.

Mineralegenskaper

Alla mineral lämpar sig inte för vätskeinklusionsstudier. Det har visats att mjuka lättspaltade mineral, som t ex baryt, är extra mottagliga för tånjning och läckage. Inklusioner i baryt behöver minst internt tryck av alla vanliga vätskeinklusionsmineral för att initiera "mass decrepitation", dvs att kaviteten brister.

Baryt tånjs väldigt lätt. Vid ett försök av Ulrich & Bodnar (1988) hade 42% av inklusionerna tånjts före 10°C överhettning (värmning över Th), 8% tånjdes utan någon överhettning. Vid försök med flusspat av Bodnar & Bethke (1984) hade få inklusioner tånjts vid överhettning upp till 30°C. Inklusioner i kvarts tånjs vanligen inte utan sprängs hellre och kan egentligen inte jämföras med de andra, men få inklusioner i kvarts sprängdes ens vid överhettning upp till 100°C. Mer än 200°C överhettning krävdes för att 90% av inklusionerna i kvarts skulle sprängas (Ulrich & Bodnar 1988).

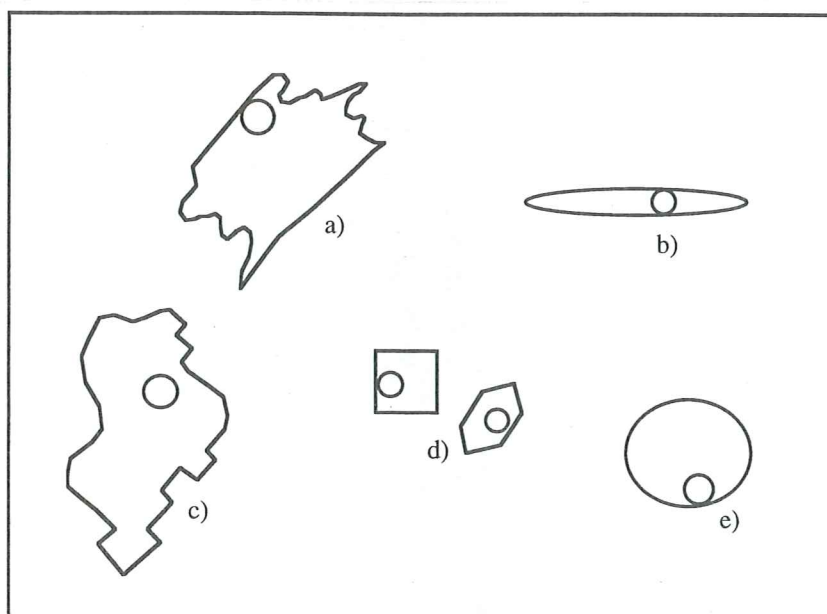
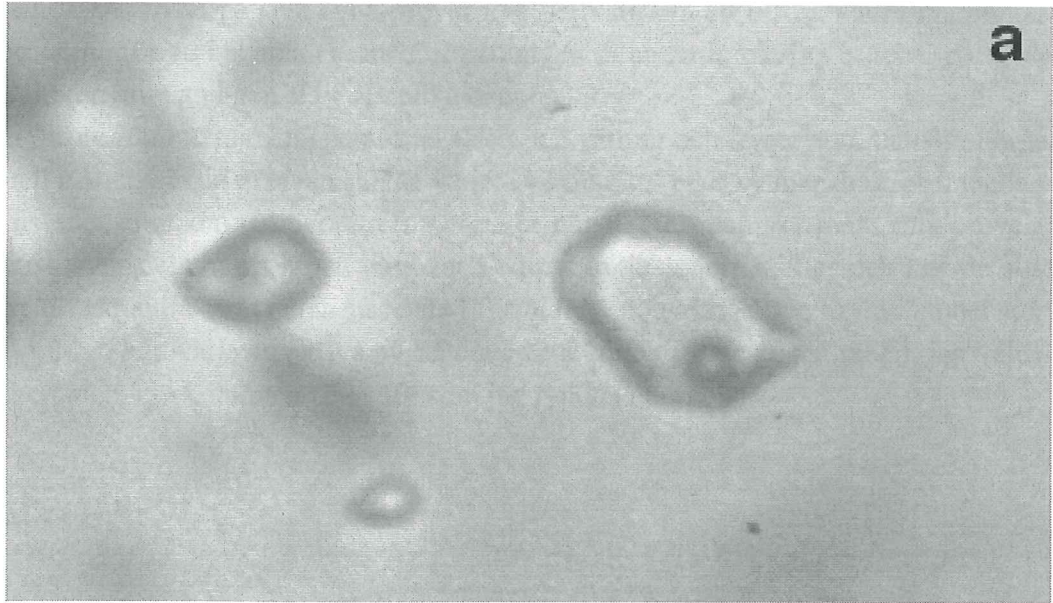


Fig. 7: a) irregulär, b) tubulär, c) faceted, d) negativ kristallform, e) sfärisk eller oblat form

Arbetsmetod vid vätskeinklusionsanalys

Vid vätskeinklusionsanalys mäts Th, Te och Tm. Homogeniseringstemperaturen (Th) är, om inte tryckkompensation för bildningsdjup krävs, den ungefärliga bildningstemperaturen för värdmineralet. Te är den eutektiska temperaturen, dvs den temperatur vid vilken den allra första smältan i den frusna inklusionen bildas. Varje lösningssystem har en specifik eutektisk temperatur. Tm är den sista smälttemperaturen eller lösningens/vätskans fryspunktstemperatur. Salthalten i lösningen styr Tm.

Cirka 2,3 x 2,8 cm stora bitar, som till vanliga tunnslip, sågas ut ur provmaterialet. De slipas och poleras sedan på båda sidor till 200 µm tjocklek. Sedan väljs områden med bra inklusioner ut. Därefter bryts slipen i mindre bitar eller chip (gärna runda) som inte får vara längre än sju millimeter på något håll för att passa in i instrumentet..



Figur 8a. Exempel på inklusioner i kvarts från Bölet. Den större är en s. k. negativ kavitet med tydligt hexagonal form.

8b. Exempel på inklusioner i flusspat från Bölet.

Innan man börjar mäta på sina egna prover kan det vara bra att utföra några mätningar på standardproverna för att bekanta sig med utrustningen. Standardproverna är fem stycken och man kan kalibrera utrustningen efter sex olika temperaturer.

Man kan förprogrammera mätapparaturen så att den värmer och fryser automatiskt. Fördelen med manuell mätning är att man lättare kan variera värmnings- eller kylningshastighet mellan olika inklusioner eftersom temperaturerna varierar något. När man ska mäta sina prover gör man en skiss över dels hela chipet, dels var i chipet inklusionerna sitter och hur de sitter i förhållande till varandra samt deras utseende (form, färg, dotterkristaller, krympbubbel storlek etc; Fig. 9.). Man kan välja att skriva ut mätdata direkt eller göra en egen tabell, jag valde att göra en tabell med fem kolumner (Fig. 10) som jag fyllde i efterhand.

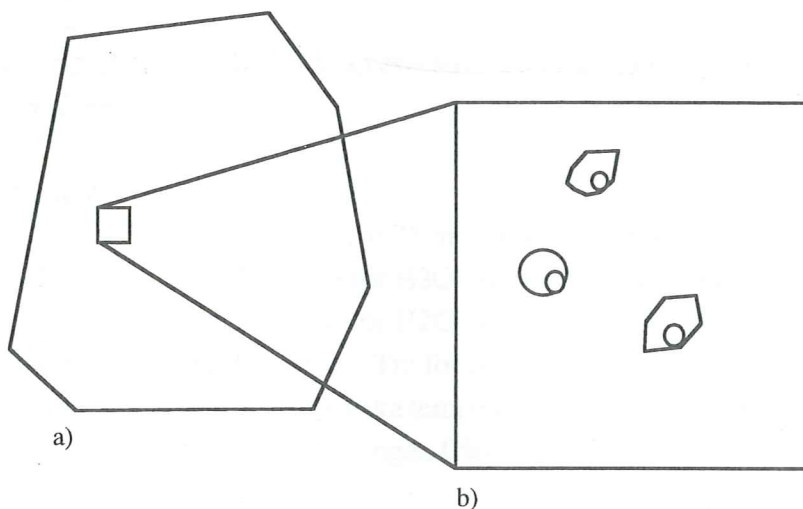


Fig. 9: a) hela chipet, b) detaljskiss

Chipskiss	Th	Te	Tm	Övrigt
1	93,5	-50	-16,5	grumlig
2	96,5	-55	-13,3	

Fig. 10: Tabell för mätdata.

Utrustningen

Mikroskopet är ett *Olympus BH2 BHSP System Mikroskop* med en största förstoring på 15x40 och stort arbetsavstånd.

THMS 600 Heating freezing stage är en tät kammare med ett silverblock på vilket man placerar provet. Mitt i blocket finns en öppning som släpper igenom ljuset. Provet går att flytta i x-y-led med hjälp av en ring (ca 7 mm i diameter) som förflyttas med spakar utifrån. Kammaren vattenkyls gärna hela tiden vid värmning.

TMS 91 Temperaturstyrnings enhet. Det går att förprogrammera värmnings-/frysning profiler eller styra helt manuellt. Styrning av värmning/kylning, hastighet och holdtid, dvs den tid apparaten håller temperaturen konstant, sker antingen via kontrollpanelen eller via fjärrkontroll.

VTO 232 Video Overlay lägger information som te x temperatur och värmnings- eller frysningshastighet på bildskärmen. Man kan mäta areor, vinklar och avstånd ner till mikrometer.

Frysning sker med flytande kväve som förvaras i en termos. Flödet styrs från *kylenheten Linkam LNPI*.

Standardproverna är:

- 1) -56.6°C - Te för 75 mol H₂O + 25 mol CO₂.
- 2) -21.2°C - Te för H₂O-NaCl (23.2 wt % NaCl).
- 3) -10.7°C - Te för H₂O-KCl (19.6 wt % KCl).
- 4a) 0.0°C - Te och T_m för rent vatten (H₂O).
- 4b) 374.1°C - kritiska temperaturen för rent vatten och
- 5) 573°C - övergången från a-kvarts till b-kvarts.

Åsikterna går isär huruvida man ska värma eller frysa först. Eftersom det är viktigt att inklusionerna är odeformerade vid Th - analys anser jag att man bör värma först eftersom frysning kan innebära att inklusionerna sprängs då vätskan i dem fryser till is (och därmed utvidgas och tänjer ut inklusionsväggarna). Det gör att man får felaktiga värden på Th vid värmning. Däremot spelar det ingen roll om det fattas en liten del av vätskan vid frysning eftersom dess sammansättning ändå är densamma. Vätskans volym ökar vid värmning och inklusionerna kan deformeras även av detta.

Fig. 11a: Th, Te och Tm för flusspat och kvarts

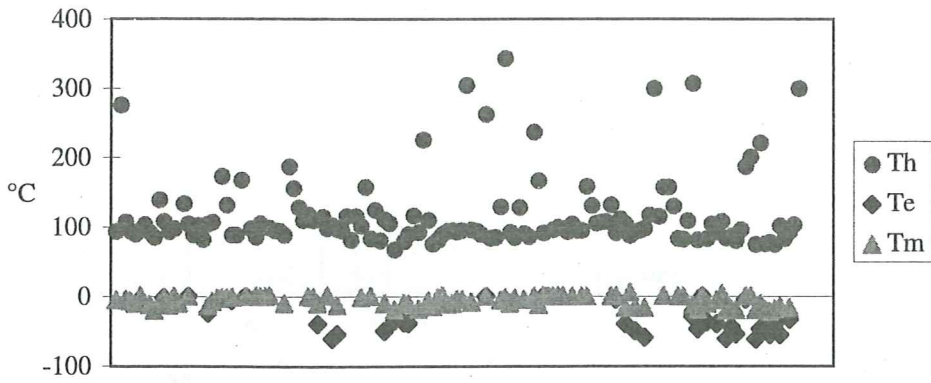


Fig. 11b: Th, Te och Tm för flusspat

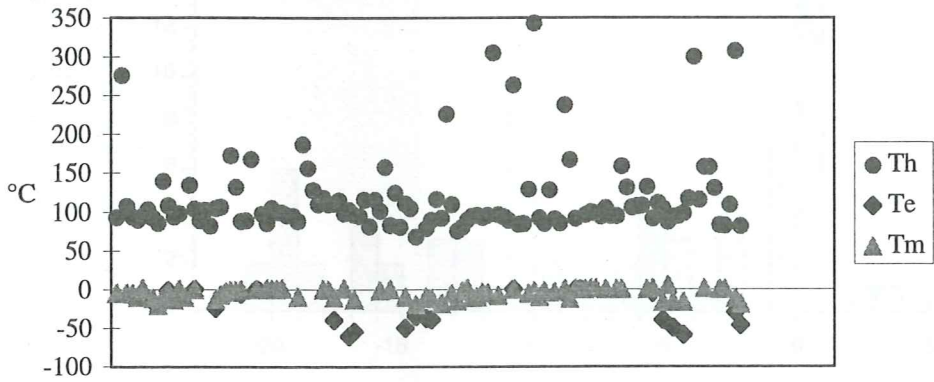
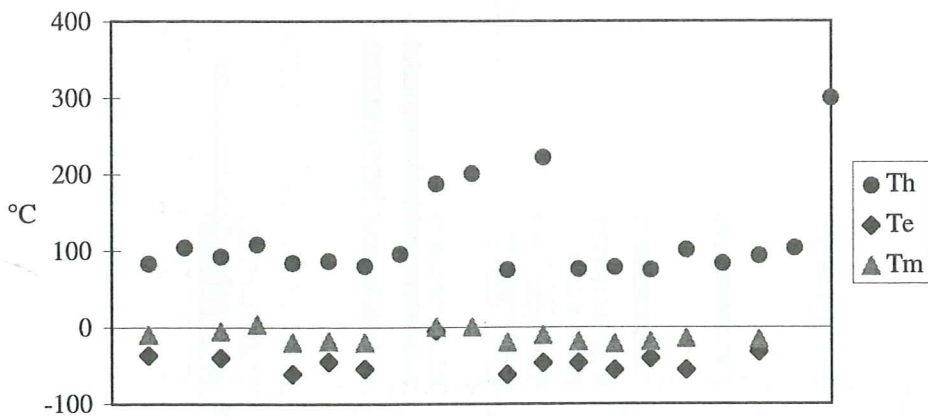
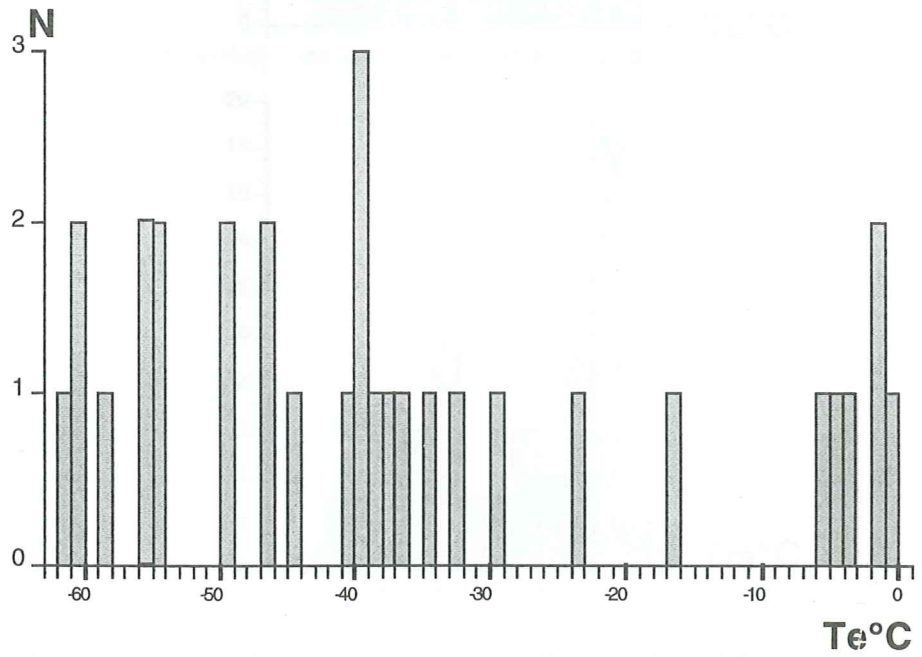
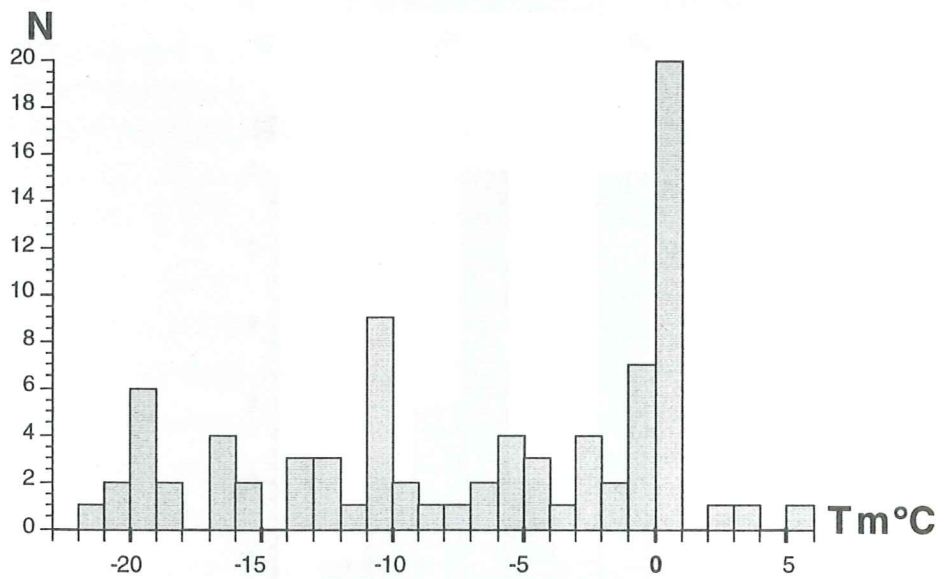
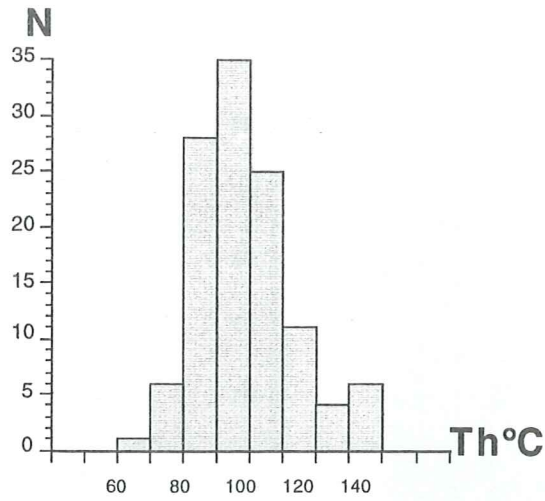
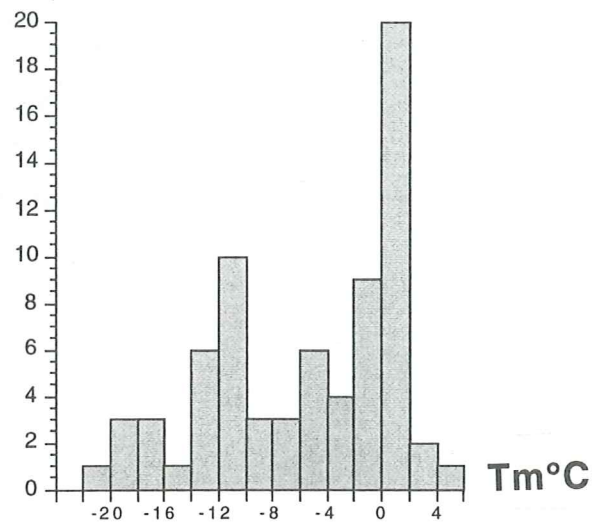
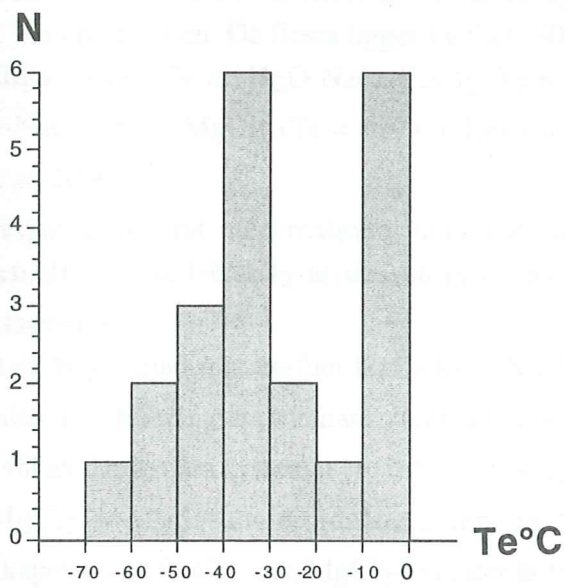
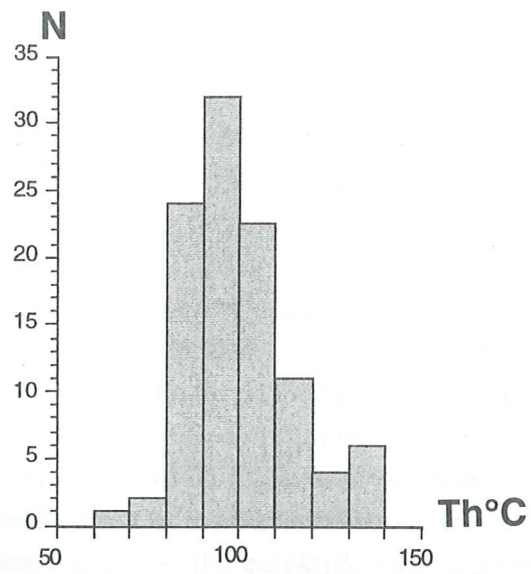


Fig. 11c: Th, Te och Tm för kvarts





Figur 12. Th, Te och Tm för vätskeinneslutningar i kvarts och flusspat från Bölet.



Figur 13. T_h , T_e och T_m för vätskeinneslutningar i flusspat från Bölet.

Resultat och tolkning

De undersökta inklusionerna sitter i kvarts och flusspat och bedöms som primära. Både kvarts och flusspat sitter ofta inbakade i malmmineral. Flusspaten sitter ibland alldeles innanför malmmineralen.

Th (homogeniseringstemperatur) och Te (eutektisk temperatur)

Vätskeinklusionerna i kvarts och flusspat från Bölets mangangruvor har ganska låga Th värden, dvs de fångades in vid låg temperatur. Th för de flesta inklusioner i kvarts och flusspat ligger mellan ungefär 80°C och 110°C (Fig. 11). Förekomsten av lågtemperaturmineralet edingtonit talar emot bildningstemperaturer vid 350°C som är det högsta uppmätta värdet i undersökningen. Den eutektiska smältningen är mycket svår att se och de värdena är därför mycket spridda. Varje lösningssystem har en specifik eutektisk temperatur och i Bölet kan det eventuellt finnas upp till fem olika lösningar. Några Te värden (Fig. 12) är så låga som -60°C medan andra ligger på 0°C vilket bör vara rent vatten. De flesta ligger mellan -30°C och -60°C och i det intervallet finns det tre möjliga system. De är: H₂O-NaCl-CaCl₂ (Te = -52°C), H₂O-NaCl-MgCl₂ (Te = -35°C) och H₂O-NaCl-CaCl₂-MgCl₂ (Te = -57°C). Det kan också finnas några inklusioner med H₂O-NaCl (Te = -20,8°C).

Det finns mycket kalcit och flusspat associerat med malmen, man kan därför anta att åtminstone CaCl₂ ingår i lösningen. H₂O-NaCl-CaCl₂ är dessutom ett av de vanligast förekommande hydrotermala lösningssystemen.

Även om Te inte kan mätas exakt så är skillnaderna mellan NaCl-KCl, NaCl-MgCl₂ och NaCl-CaCl₂ tillräckligt stora för positiv identifiering av vätskans sammansättning. De flesta vattenbaserade vätskor representeras väl av det ternära systemet H₂O-NaCl-CaCl₂ (Oakes et al. 1990). Det beror på att KCl och MgCl₂ är relativt underordnade komponenter i de flesta lösningar och att de fysikaliska egenskaperna hos CaCl₂- och MgCl₂-hydrater är lika.

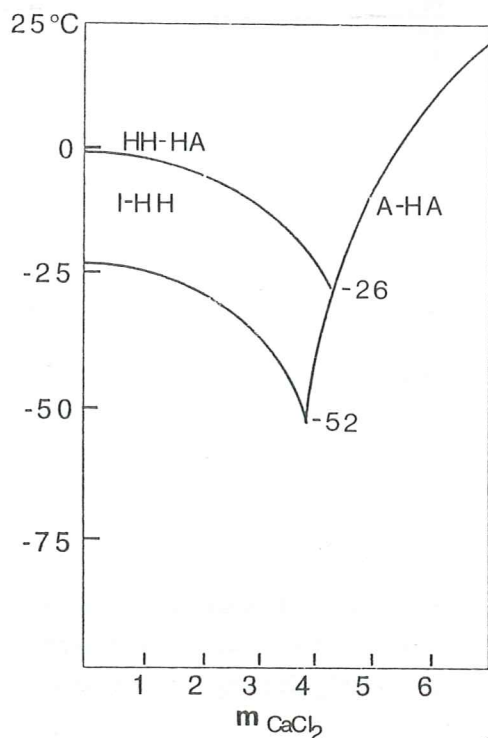


Fig. 14: Fasdiagram för NaCl-CaCl₂-H₂O systemet. Stabilt eutektikum (Te) vid -52°C, peritektikum vid -26°C. Halit (HA), hydrohalit (HH), is (I), antarcticit (A). Från Davis et al. 1990.

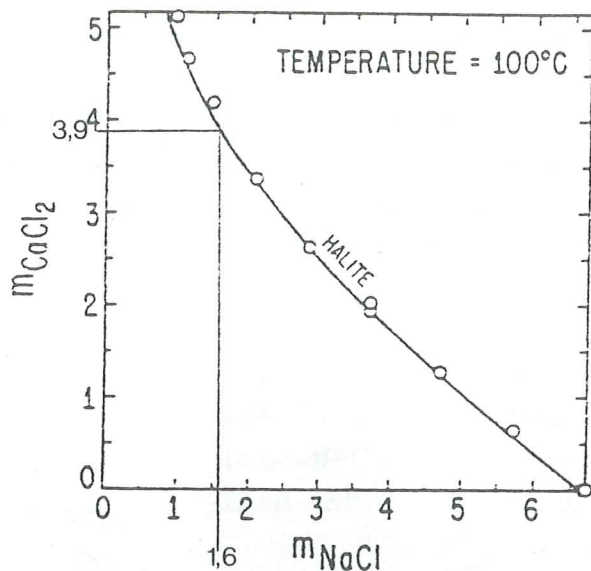


Fig. 15: Lösningsskurva för halit i lösningssystemet NaCl-CaCl₂-H₂O vid 100°C. Från Möller 1988.

Sista smältpunkten - T_m och salinitet

T_m i mina prover varierar mellan noll och -22°C (Fig. 11,12,13). För en fryspunktsnedsättning av 20°C blir CaCl₂ molaliteten i inklusionsvätskan cirka 3.9 M (fig. 14). Med hjälp av det värdet kan man läsa av M_{NaCl} i fig. 15 och det blir cirka 1.6 M. Viktfraktionen NaCl blir 0.18 vilket avrundas till 0.20 (molalitet NaCl x molmassa NaCl / (molalitet CaCl₂ x molmassa CaCl₂ + molalitet NaCl x molmassa NaCl) = 1.6 x 58.4 / (3.9 x 110.9 + 1.6 x 58.4) = 0.18). Enligt tabell ger detta en total salinitet på 20.9 wt% (X_{NaCl}=0.2) (fig. 16a) eller 21.08 wt% (X_{NaCl}=0.195) (fig. 16b).

θ (°C)	X _{NaCl}	Wt%
1.0	1.0	1.73
5.0	1.0	7.87
10.0	1.0	13.99
15.0	1.0	18.64
20.0	1.0	22.35
1.0	0.8	1.82
5.0	0.8	8.05
10.0	0.8	13.98
15.0	0.8	18.44
20.0	0.8	21.97
1.0	0.6	1.92
5.0	0.6	8.24
10.0	0.6	14.00
15.0	0.6	18.26
20.0	0.6	21.60
25.0	0.6	24.33
1.0	0.4	2.02
5.0	0.4	8.45
10.0	0.4	14.04
20.0	0.4	21.24
30.0	0.4	25.83
1.0	0.2	2.12
5.0	0.2	8.68
10.0	0.2	14.10
20.0	0.2	20.90
30.0	0.2	25.40

(0.195)	
θ	wt%
0.00	0.00
1.55	3.18
2.03	4.09
3.37	6.34
4.40	7.37
5.05	8.75
6.00	9.95
7.02	11.13
8.09	12.27
9.02	13.18
10.04	14.12
11.13	15.06
11.97	15.75
13.96	17.22
16.09	18.65
18.07	19.82
20.36	21.08
22.01	21.94

Fig. 16: θ – fryspunktsänkning, X_{NaCl} - viktfraktion NaCl, wt% - total salinitet i vikt%; a) experimentellt bestämda fryspunkter och saliniteter vid olika viktfraktioner NaCl. b) total salinitet i vikt% vid X_{NaCl} = 0.195 för olika fryspunktsänkningar. Från Oakes et al. 1990.

T_m och T_h

Heta salina lösningar som stiger uppåt och blandas med meteoriskt vatten visar minskande salinitet med fallande T_h. I Bölet finns en svag trend som visar på motsatsen, dvs saliniteten ökar med fallande T_h (Fig. 17). Även om mina data inte är tillräckliga för statistiskt bekräftande av trenden, förtjänar detta att påpekas eftersom det kan tolkas som att kokning har inträffat. Då det händer blir lösningen mera koncentrerad samtidigt som temperaturen sjunker adiabatiskt vid tryckminskningen (Fig. 18). Kokning inträffar när det hydrostatiska trycket är lägre än lösningens ångtryck vilket kan tolkas som grunt bildningsdjup.

Grupp	T _m	T _h
A	-4 till 1°C	78 till 118°C
B	-9 till -4°C	90 till 110°C
C	-14 till -10°C	78 till 112°C
D	-22 till -18°C	67 till 92°C

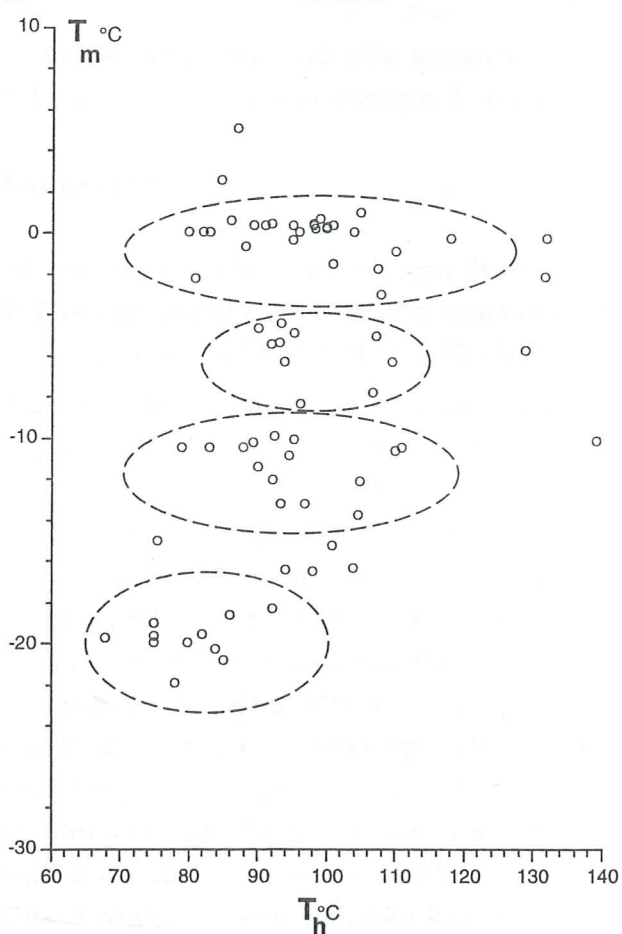


Fig. 17: Sambandet mellan T_h och T_m antyder en svag ökning av fryspunktsnedsättningen och saliniteten med fallande T_h. Ringarna anger grupper med olika T_m. För temperaturer under -4°C (de tre nedre grupperna) är korrelationskoefficienten för sambandet T_h/T_m = 0.3.

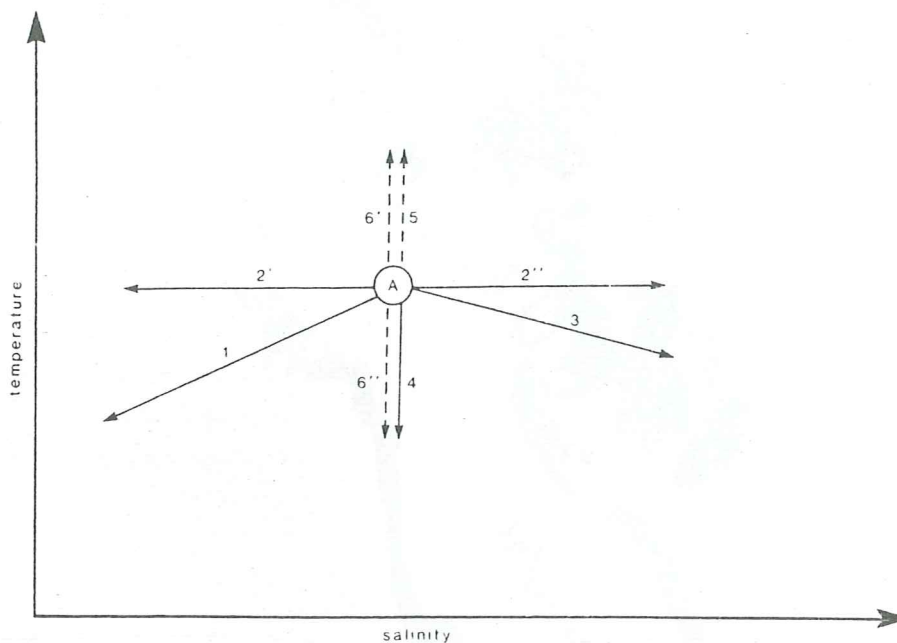


Fig. 18: Generella trender, vad gäller temperatur och salinitet, som resultat av olika processer som påverkar vätskeinklusioner med sammansättning A. 3 - kokning med lätt avsvälning. Från Shepherd et al. 1985.

Diskussion

Min studie av vätskeinneslutningar överensstämmer vad gäller Th och salinitet utmärkt med Pb-Zn-mineraliseringar i riftmiljöer som t ex Röda Havet och Benue Trough vilka kännetecknas av lösningar med salthalter på 15-20% (NaCl, CaCl₂) och Th mellan 90°C och 120°C. Nämnda Pb-Zn-mineraliseringar är intimt associerade med Fe-Mn-Ba- och Cu-mineraliseringar (Thisse et al. 1983; Sawkins, 1984). Bölets Mn-Ba- mineraliseringar har till sitt uppträdande likheter med Fe-Mn-Ba mineraliseringarna vid Röda Havet (Fig. 19). Förutom ett blyvanadat bland gångmineralen har inga bly- eller zinkmineral påträffats i Bölet. Men alldeles norr om gruvfältet finns en koppar-silvermineralisering i skiffrig böletgrönsten (Johansson, 1926). Även i Visingsösandstenen förekommer kopparmineraliseringar vilka tolkas som så kallade red beds.

I riftmiljöer kan sulfat komma från havsvatten och Ba och F från riftmagmorna medan Mn urlakas hydrotermalt ur riftbasalterna. Bölet-grönstenen kan ha haft stor utbredning som lava ovanför det nuvarande jordskorpesnittet och kan vara den basalt som urlakades på Mn. Det behövs ingen större intrusion på djupet för att hålla igång den hydrotermala cirkulationen utan det förhöjda värmeflödet i riften räcker. Bölet ligger dessutom ganska nära Västergötlands platåberg som fick sina diabastäcken under tidig Perm (Halleberg 276+-2 och Hunneberg 279+-8 Ma), den magmatismen kan också ha bidragit med värme. Kanske är det samma tektoniska händelse som öppnade Osloriften, som också är från Perm.

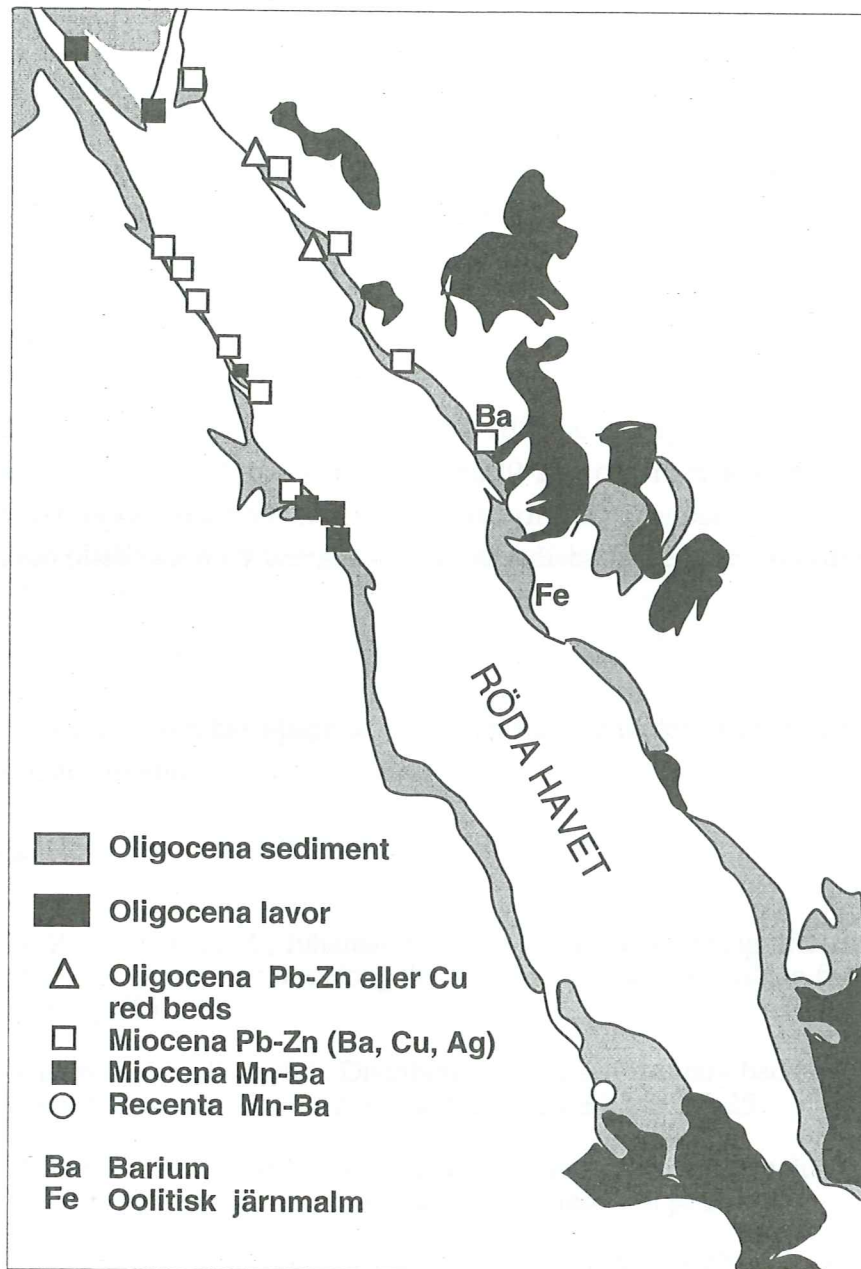


Fig. 19: Mineraliseringarna vid Röda Havet. Från Thisse et al. 1983.

Magnusson (1953) ansåg att böletmineraliseringen knappast kunde vara äldre än Perm medan Wikman (1982) preliminärt tolkade den som samtida med Visingsögruppen eftersom det inte syns några Mn-Ba-F-mineraliseringar på förkastningarna i kambrosiluren. Andreasson et al. (1987) föreslår riftnings- eller förkastningsperioder vid flera tillfällen från sen svekonorvegisk till silurisk tid som möjliga tillfällen för mineralisering. Månsson (1996) har en hypotes om att de huvudsakliga Vätterförkastningarna skedde under perm och karakteriseras av bl a Mn-mineraliseringar i sprickor och förkastningszoner men det finns ännu inga bevis.

Sammanfattning

Bölets Mn-mineralisering har bildats vid 80-110°C och troligen nära ytan. Lösningarna som cirkulerade vid tillfället hade en total salinitet på 20-22 wt% vilket är högt. Temperatur, salinitet och mineralogi pekar på att malmen har bildats i riftmiljö. Tidpunkten för bildandet kan vara Perm, då även platåbergen i Västergötland fick sina diabastäcken och Osloriften öppnades.

Tack

Jag vill tacka alla som har hjälpt och uppmuntrat mig under examensarbetets gång. Ingen nämnd och ingen glömd.

Referenser

- Andreasson, P-G., Solyom, Z., Johansson, I. (1987). Geotectonic significans of Mn-Fe-Ba- and Pb-Zn-Cu-Ag- mineralizations along the Sveconorwegian-Grenvillian front in Scandinavia. *Econ. Geol.* 82, p.201-207
- Axbergh, S. & Wadstein, P. (1980). Distribution of the sedimentary bedrock in Lake Vättern, souhtern Sweden. *Stockholm contributions in geology* 34.2, p. 15-25
- Bodnar, R.J. Bethke, P.M. (1984). Systematics of stretching of fluid inclusions 1: Fluorite and sphalerite at 1 atmosphere confining pressure. *Econ. Geol.* 79, p. 141-161
- Bonatti, E. Fisher, D.E. Joensuu, O. Rydell, H.S. Beyth, M. (1972). Iron-manganese-barium deposits from the northern Afar rift (Ethiopia). *Econ. Geol.* 67 p. 717-730
- Davis, D.W. Lowenstein, T.K. Spencer, R.J. (1990). Melting behavior of fluid inclusions in laboratory-grown halite crystals in the systems NaCl-H₂O, NaCl-KCl-H₂O, NaCl-MgCl₂-H₂O, and NaCl-CaCl₂-H₂O. *Geochimica et Cosmochimica Acta* vol. 54 p. 591-601
- Gaal, G. & Gorbatshev, R. (1987). An Outline of the Precambrian Evolution of the Baltic Shield. *Precambrian Research* vol 35, p. 15-52
- Haynes, F.M. (1985). Determination of fluid inclusion compositions by sequential freezing. *Econ. Geol.* 80, p. 1436-1439
- Johansson, H. E. (1926). Beskrivning till kartbladet Karlsborg. *SGU Ser. Aa nr 162*
- Johansson, L. & Johansson, Å. (1990). Isotope geochemistry and age relationships of mafic intrusions along the Protogine Zone, southern Sweden. *Precambrian Research* vol 48, nr. 4 p. 395-414

- Magnusson, N. H. (1953). *Malmgeologi*. Jernkontoret Stockholm 1953. 439 sidor
- Mansfeld, J. (1995). Crustal evolution in the southeastern part of the Fennoscandian Shield. Doktorsavhandling. Meddelande från Stockholms Universitets Institution för Geologi och Geokemi. nr. 289.
- McLimans, R.K (1977). The Upper Mississippi Valley zinc-lead district: results of fluid inclusion studies. *Geol. Soc. Amer. Abstracts with programs*. v. 9, p. 631
- Månsson, A.G.M. (1996). Brittle reactivation of ductile basementstructures; a tectonic model for the Lake Vättern basin, southern Sweden. *GFF* vol. 118, Jubilee Issue p. A19
- Möller, N. (1988). The prediction of mineral solubilities in natural waters: A chemical equilibrium model for the Na-Ca-Cl-SO₄-H₂O system, to high temperature and concentration. *Geochimica et Cosmochimica Acta* vol. 52 p. 821-837.
- Oakes, C.S. Bodnar, R.J. Simonson, J.M. (1990). The system NaCl-CaCl₂-H₂O: The ice liquids at 1 atm total pressure. *Geochimica et Cosmochimica Acta* vol. 54 p. 603-610
- Roedder, E. (1963). Studies of fluid inclusions II: Freezing data and their interpretation. *Econ. Geol.* 58, p.167-211
- Sawkins, F.J. (1984). *Metal deposits in relation to plate tectonics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1984. 325 sidor
- Shepherd, T.J. Rankin, A.H. Alderton, D.H.M. (1985). *A practical guide to fluid inclusion studies*. Blackie & son Ltd 1985. 239 sidor
- Tegengren, F. R. (1924). *Sveriges ädlare malmer och bergverk*. SGU Ser.Ca, nr 17
- Thisse et al (1983). The Red Sea: A natural geodynamic and metallogenic laboratory. *Episodes* no. 3, p. 3-8
- Ulrich, M.R. Bodnar, R.J. (1988). Systematics of stretching of fluid inclusions 2: Barite at 1 atm confining pressure. *Econ. Geol.* 83, p. 1037-1046
- Wahlgren, C.H. Cruden, A.R. Stephens, M.B. (1994). Kinematics of a major fan-like structure in the eastern part of the Sveconorwegian orogen, Baltic Shield, south-central Sweden. *Precambrian Research* vol. 70 p. 67-91
- Wikman, H. Bruun, Å. Dahlman, B. Vidal, G. (1982). *Beskrivning till berggrundskartan Hjo NO*. SGU Ser. Af, nr 120

Appendix

Förkortningar

F	fluid, vätska
G	gas
Ga	gigaannum, miljard år
Ma	megaannum, miljoner år
P	tryck
ρ	densitet
S	fast fas
T	temperatur
Te	temperaturen för eutektisk smältning, dvs bildandet av den första smältan efter att hela inklusionen varit frusen.
Th	homogeniseringstemperatur där inklusionen går från två faser (G + F) till en fas (F).
Tm	temperaturen för övergång från tre faser (S + F + G) till två faser (F + G), dvs där den sista isen smälter.
V	volym
wt %	viktsprocent (weight)
X	sammansättning och viktfraktion

Ordförklaringar

Sträckning	En oelastisk deformation av inklusions väggarna som resultat av ökande internt tryck allteftersom temperaturen ökar. Deformationen sker utan förlust av inklusionsinnehåll och ger upphov till volymsökning av inklusionen och en mätbar ökning av Th. (Stretching)
Läckage	En del av inklusionsinnehållet kan läcka ut vid deformation (leakage).
Decrepitaton	Inklusionen "exploderar" pga att det inre vätsketrycket ökar kraftigt och inklusionsväggarna inte klarar av det höga trycket.
Överhettning	Värmning av inklusionen över Th.
Nackning	Inklusionen sträcks ut och slits av vid naturlig deformation av värdmineral/bergart. (Necking down)

Mätdata

Inklusioner i fluorit:

<u>Th</u>	<u>Te</u>	<u>Tm</u>	<u>Th</u>	<u>Te</u>	<u>Tm</u>
93.2		-5.4	92.1		-18.4
276			226.4		
107.2		-5.1	109.6		-6.4
93.8		-6.4	75.4		-15.1
89.4		-10.3	80.9		-2.3
95		0.3	89.3		0.3
103.2			94.5		-10.9
92.3	-16.3	-12.1	95.2		-10.1
85.1		-20.9	93.3		-4.5
139.2		-10.2	95.3		-5
107.6	-1.8	-1.8	304.8		
93.4		-13.3	96.3		-8.4
98.2		0.1	93.7		
		-9.9	89.2		
134.2			263.5	-0.1	-0.1
104.2	0	0	84		
88.9			84.8		
102.2			128.8		-5.8
82.5			343.4		-2.4
104.7	-24	-13.8	92.4		-10
106.7		-7.9	84.6		-2.5
		-3.4	128		
173.2		-2.2	90.2		-4.7
131.7	-3.3	-2.2	85.7		
88.1	-6	-0.7	237.4		-0.5
89			167.2		-12.4
168			91.6	-0.2	0.4
97.5			96.3		0
85.7		0.5	99.5		0.6
104.9		0	97.7		0.3
100		0.1	93.5		
98.8		0.6	104.3		0
95.4			94.7		
94.5			95		-0.4
88.2		-10.5	159.1		0
187.2			131.5		
156			105.6		
128			107.4		
109.4			107.8		
118.3		-0.3	132.2		-0.3

<u>Th</u>	<u>Te</u>	<u>Tm</u>	<u>Th</u>	<u>Te</u>	<u>Tm</u>
110		-1	91.3	-5	0.3
110.3	-40	-10.7	111.4		
114.7			103.9	-40	-16.5
98		0.4	87.4		5
102.2	-61		93.5	-50	-16.5
96.5	-55	-13.3	95		
95			98.1	-59	-16.5
115.7			117.5		
81.6			300		
115.1			115.7		
101.1		-1.6	157.5		0.3
157.5			157.5		
83		0	130		
125			83.3		0
80.2			81.8		0
110.7	-50	-10.5	108.5		
105			307.5	-30	-12.2
67.7	-35	-19.8	81.5	-47	-19.6
79	-38	-10.5	82.9	-37	-10.5
89.9	-39	-11.5	104.1		
116.4					

Inklusioner i kvarts:

<u>Th</u>	<u>Te</u>	<u>Tm</u>	<u>Th</u>	<u>Te</u>	<u>Tm</u>
92.1	-40	-5.5	222	-47	-11
108.1		3.1	75.3	-47	-19.7
83.7	-61	-20.3	77.8	-56	-22
86.4	-45	-18.7	74.5	-41	-19.1
80	-55	-20	101.1	-56	-15.3
95.7			83.3		
187.5	-5	0	93.5	-33	-16.5
201		0	103.6		
75	-62	-20	300		

Tidigare skrifter i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet":

14. Holmberg, Glenn & Johansson, Lena, 1986: Sedimentologisk undersökning av de övre glacialfluviala avlagringarna i Vombsänkan, södra Skåne.
15. Thuning, Bengt & Linderson, Hans, 1986: Stratigrafi och överplöjning i Bussjö-området, Ystad.
16. Bergstedt, Erik & Lööf, Arne I., 1986: Naturvärme- och teknik och geologi med en översiktlig kartläggning av tillgångarna i Kalmar län och Västerviks kommun.
17. Elg, Anette, 1987: Investigation of a wollastonite occurrence in central Sweden.
18. Andrésdóttir, Audur, 1987: Glacial geomorphology and raised shorelines in the Skardsströnd-Saubauer Area, west Iceland.
19. Eken, Karin, 1987: Geohydrologisk undersökning vid Filborna avfallsupplag i Helsingborg.
20. Kockum, Kajsa, 1987: Alkalisering vid konstjord infiltration: En vattenkemisk studie i tre vattentäcker i sydöstra Småland.
21. Wedding, Bengt, 1987: Granatförande pegmatiter i SV Värmland. En mineralogisk och kemisk studie.
22. Utgår.
23. Hammarlund, Dan, 1988: Sedimentstratigrafiska och paleohydrologiska undersökningar av Fönesjön och Kalvs Mosse inom Vombslätten, centrala Skåne.
24. Jansson, Caroline, 1988: Basiska bergarter, gångbergarter, sedimentbergarter och breccior i vaggerydssyenit. En undersökning i protoginonen vid Vaggeryd.
25. Jerre, Fredrik, 1988: Silurian conulariids from the Lower Visby Beds on Gotland.
26. Svensson, Erik, 1989: Upper Triassic depositional environments at Lunnom, northwest Scania.
27. Vajda, Vivi, 1988: Biostratigrafisk indelning av den Mesozoiska lagerföljden i Köpingsbergsborrningen 3, Skåne.
28. Persson, Arne, 1988: En biostratigrafisk undersökning av conodontfaunan i Limbata-kalkstenen på lokalen "Stenbrottet" i Västergötland.
29. Regnell, Mats, 1988: Stenåldersmänniskans vegetationspåverkan på Kullaberg, nordvästra Skåne. En paleoekologisk studie.
30. Siverson, Mikael, 1989: Palaeosporinacid selachians from the Late Cretaceous of the Kristianstad Basin, Skåne, Sweden.
31. Mathiasson, Lena, 1989: REE i svekofenniska migmatitneosomer och sensvekofenniska graniter från Nyköpingsområdet.
32. Månsson, Agneta, 1990: Kinematic analysis of the basement-cover contact of the western margin of the Grong-Olden Culmination, Central Norwegian Caledonides.
33. Lagerås, Per, 1991: Kontinuitet i utnyttjandet av Baldringes utmarker. En pollenanalytisk studie i Skogshejdan, Skåne.
34. Rundgren, Mats, 1991: Litostratigrafi och paleomiljöutveckling i Langelandselv-området, Jameson Land, östra Grönland.
35. Björkman, Leif, 1991: Vegetationshistorisk undersökning av en för-historisk jordmånsprofil begravd under en stensträng i Rösered, Västergötland.
36. Holmström, Patrich, Möller, Per, & Svensson, Mats, 1991: Water supply study at Manama, southern Zimbabwe.
37. Barnekow, Lena, 1991: Jämförelse mellan hydrometer-, pipett- och sedigrafmetoderna för kornstorleksanalyser.
38. Ask, Rikard, 1992: Rocks of the anorthosite-mangerite-charnockite-granite suite along the Protogine Zone, southern Sweden.
39. Leander, Per & Persson, Charlotte, 1992: En geologisk och geohydrologisk undersökning av Siesjöområdet norr om Sölvesborg.
40. Mannerstrand, Maria, 1992: Röntgenkaraktärisering och optisk undersökning av kalifältspater från Varbergscharnockiten och Hinnerydsgraniten, sydvästra Sverige.
41. Johansson, Per, 1992: Moränstratigrafisk undersökning i kustklintar, NV Polen.
42. Hagin, Lena, 1992: Övergången mellan koronadiabas och eklogit i Seveskollan på Grapesvare, Norrbotten, svenska Kaledoniderna.
43. Nilsson, Patrik, 1992: Caledonian Geology of the Laddjuvaggi Valley, Kebnekaise-area, northern Swedish Caledonides.
44. Nilsson, Pia, 1992: Lateritiserings - en process som kan ha orsakat kontinental Fe-anrikning i Skåne under rät-lias.
45. Jacobsson, Mikael, 1993: Depositional and petrographic response of climatic changes in the Triassic of Höllviken-II, southern Sweden.
46. Christodoulou, Gina, 1993: Agglutinated foraminifera from the Campanian of the Kristianstad basin, southern Sweden.
47. Söderlund, Ulf, 1993: Structural and U-Pb isotopic age constraints on the tectonothermal evolution at Glassvik, Halland.
48. Remelin, Mika, 1993: En revision av Hedströms *Phragmoceras*-arter från Gotlands Silur.
49. Gedda, Björn, 1993: Trace fossils and Palaeoenvironments in the Middle Cambrian at Äleklinta, Öland, Sweden.
50. Månsson, Kristina, 1993: Trilobites and stratigraphy of the Middle Ordovician Killeröd Formation, Scania.

51. Carlsson, Patric, 1993: A Petrographic and Geochemical Study of the Early Proterozoic, Bangenhuk Granitoid Rocks of Ny Friesland, Svalbard.
52. Holmqvist, Björn.H., 1993: Stratigrafiska undersökningar i sjön Vuolep Njakajaure, Abisko.
53. Zander, Mia, 1993: Sedimentologisk undersökning av en kvartär deltaavlagring vid övre Jyllandselv, Jameson Land, Östgrönland.
54. Albrecht, Joachim, 1993: Sedimentological and lithostratigraphical investigations in the gravel pit "Hinterste Mühle" at Neubrandenburg, northeastern Germany.
55. Magnusson, Martin, 1994: Sedimentologisk och morfologisk undersökning av Gyllebo-Baskemöllafältet, östra Skåne.
56. Holmqvist, Johan, 1994: Vittring i en moränjord vid Farabol, NV Blekinge.
57. Andersson, Torbjörn, 1994: A sedimentological study of glacial deposits in the upper Sjøelandselv area, Jameson Land, East Greenland.
58. Hellman, Fredrik, 1994: Basement - cover relationships in the Harkerbreen Group of the northern Ny Friesland Caledonides, Svalbard.
59. Friberg, Magnus, 1994: Structures and PT determination of the Caledonian metamorphism of the lower part of the Planetfjella Group in the area around Mosseldalen, northern Ny Friesland, Svalbard.
60. Remelin, Mika, 1994: Palaeogeographic and sedimentation models for the Whitehill-Irati sea during the Permian of South America and southern Africa.
61. Hagman, Mats, 1994: Bevattning med avloppsvatten - en hydrogeologisk studie.
62. Sandström, Olof, 1994: Petrology and depositional history of the Campanian strata at Maltesholm, Scania, southern Sweden.
63. Pålsson, Christian, 1995: Middle-Upper Ordovician trilobites and stratigraphy along the Kyrkbäcken rivulet in the Röstånga area, southern Sweden.
64. Gustafson, Lars, 1995: Senkvartär stratigrafi och utveckling i Örseryd, mellersta Blekinge.
65. Gichina, Boniface M., 1995: Early Holocene water level changes as recorded on the island of Senoren, eastern Blekinge, southeastern Sweden.
66. Nilson, Tomas, 1996: Process- och miljötolkning av sedimentationen i en subglacial läsi-deskavit, Järnavik, S. Blekinge.
67. Andersson, Jenny, 1996: Sveconorwegian influence on the ca. 1.36 Ga old Tjärnesjö granite, and associated pyroxene bearing quartz-monzonites in southwestern Sweden.
68. Olsson, Ingela, 1996: Sedimentology of the Bajocian Fuglunda Member at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
69. Calner, Hanna, 1996: Trace fossils from the Paleocene-Middle Eocene Monte Sporno flysch complex, Northern Apennines, Italy.
70. Calner, Mikael, 1996: Sedimentary structures and facies of fine grained deep-water carbonate turbidites in a Paleocene-Middle Eocene flysch complex, Monte Sporno, Northern Apennines, Italy.
71. Hesbøl, Ros-Mari, 1996: Retrograded eclogites of the Richarddalen Complex, NW Svalbard - Petrology and P/T-conditions.
72. Eriksson, Mats, 1996: Lower Silurian polychaetaspid and ramphoprionid polychaetes from Gotland: aspects on taxonomy and palaeoecology.
73. Larsson, Daniel, 1996: Proterozoic hydrothermal alteration and mineralization along the Protogine Zone in southern Sweden.
74. Rees, Jan, 1996: A new hybodont shark fauna from the Upper Jurassic Vitabäck Clays at Eriksdal, Scania, southern Sweden.
75. Bengtsson, Fredrik, 1996: Paleomagnetisk undersökning av senpaleozoiska gångbergarter i Skåne; Kongadiabas, melafyr och kullait.
76. Björngreen, Maria, 1996: Kontrollprogram vid avfallsupplag - en utvärdering.
77. Hansson, Anders, 1996: Adaptations and evolution in terrestrial carnivores.
78. Book, Jenny, 1996: A Light Microscopy and Scanning Electron Microscopy study of coccoliths from two bore holes along the City Tunnel Line in Malmö, Sweden.
79. Broström, Anna, 1996: The openness of the present-day landscape reflected in pollen assemblages from surface sediments in lakes - a first step towards a quantitative approach for the reconstruction of ancient cultural landscapes in south Sweden.
80. Paulsson, Oskar, 1996: Sevekomplexets utbredning i norra Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
81. Sandelin, Stefan, 1997: Tektonostratigrafi och protoliter i Mårma-Vistasområdet, Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
82. Meyerson, Jacob, 1997: Uppermost Lower Cambrian - Middle Cambrian stratigraphy and sedimentary petrography of the Almbacken drill-core, Scania, southern Sweden.
83. Åkesson, Mats, 1997: Moränsedimentologisk undersökning och bestämning av postglacialt bildade järn- och manganmineral i en drumlinformad rygg.
84. Ahlgren, Charlotte, 1997: Late Ordovician communities from North America.
85. Strömberg, Caroline, 1997: The conodont genus *Ctenognathodus* in the Silurian of Gotland, Sweden.
86. Borgenlöv, Camilla, 1997: Vätskeinklusioner som ledtrådar till bildningsmiljön för Bölets manganmalm, Västergötland, södra Sverige.