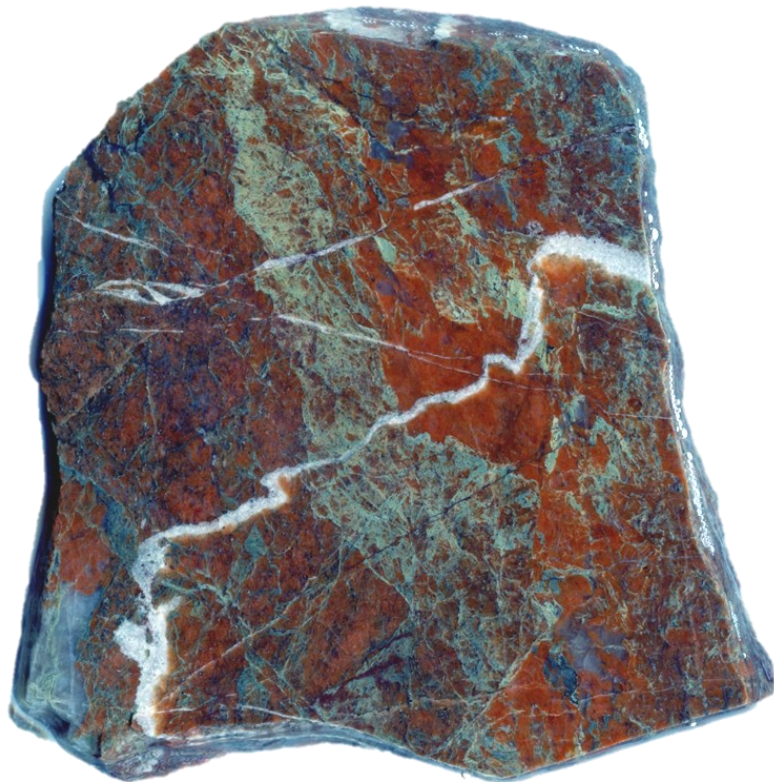


Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tornquistzonen, Dalby stenbrott, Skåne

Jenny Halling

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 448
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2015

Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tornquistzonen, Dalby stenbrott, Skåne

Kandidatarbete
Jenny Halling

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2015

Innehållsförteckning

1. Introduktion	7
1.1. Inledning	7
1.2. Syfte och frågeställningar	7
2. Utvecklingen av Baltiska sköldens sydvästra berggrund och STZ tektoniska utveckling.....	7
2.1. Prekambrium och tidig paleozoikum (Kambrium - Silur)	7
2.2. Sen paleozoikum (Devon - Perm)	8
2.3. Tidig mesozoikum (Trias - Jura)	8
2.4. Sen mesozoikum till kenozoikum (Krita - Tertiär)	9
2.5. Dagens STZ	10
3. Beskrivning av fältlokal.....	10
4. Metodik	11
4.1. Insamling av prover Metod 1	11
4.2. Dokumentation och bearbetning	11
4.2.1. Fotografering och skanning	11
4.2.2. Sågning	11
4.2.3. Slipning	11
4.3. Svepelektronmikroskopering	11
4.3.1. Principiell funktion	11
4.3.2. Utförande	12
5. Identifierade sprickmineral.....	12
5.1. Karbonater	12
5.1.1. Ankerit- eller dolomitgruppen, $\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Mn})(\text{CO}_3)_2$	12
5.1.2. Kalcitgruppen, CaCO_3 , $(\text{Mn})\text{CaCO}_3$	12
5.2. Fluorit, CaF_2	12
5.3. Järnmineral	13
5.3.1. Pyrit, FeS_2	13
5.3.2. Hematit, Fe_2O_3	13
5.4. Blymineral	14
5.4.1. Blyglans, PbS	14
5.4.2. Blyoxid, PbO_2 eller PbO	15
5.5. Zinkmineral	15
5.5.1. Zinkblände, ZnS	15
5.5.2. Zinkit, ZnO	16
5.6. Epidot, $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Fe}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{O,OH})_2$	16
5.7. Kvarts, SiO_2	16
5.8. Kloritmineral	16
5.9. Gips, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ eller Anhydrit, CaSO_4	17
5.10. Lermineral	17
5.11. REE-förande mineral	18
6. Sprickanalys	18
7. Diskussion	21
7.1. Sprickmineraliseringar och bildningsförhållanden	21
7.2. Felkällor	22
7.3. Vidare undersökningar	22
8. Slutsatser.....	22
9. Tack.....	23
10. Referenser.....	23
Appendix.....	25

Omslagsbild: Sågad skiva från bergartsprov D-7 med sprickfyllnader innehållande bl.a. epidot och kalcit. *Foto:* Jenny Halling

Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tornquistzonen, Dalby stenbrott, Skåne

JENNY HALLING

Halling, J., 2015: Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tornquistzonen - med utgång från Dalby stenbrott, Skåne. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 448, 24 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Sorgenfrei-Tornquistzonen har sedan slutet av Paleozoikum undergått upprepade deformationsfaser, både extensiva och kompressiva som resulterat i omfattande blockförkastningar och bassänginversion. Detta har skapat en mycket uppsprucken berggrund som med tiden läkts av olika mineral. Denna studie presenterar en inventering av sprickmineralen i Dalby stenbrott i Skåne, var bergartsprover har samlats in för analys med svepelektronmikroskop (SEM) och EDS-teknik. Totalt identifierades 15 olika mineral och mineralgrupper där de vanligast förekommande visade sig vara epidot, karbonat, fluorit och kvarts. Av de mindre frekventa sprickfyllnaderna kunde några av de vanligaste malmbildande sulfiderna identifieras såsom pyrit, zinkblände och blyglans. Mineralen i proverna har kunnat delas in i fyra sprickgenerationer, troligen kopplade till olika skeden i berggrundens utveckling. En viktig händelse kan anses vara den Permiska extensionen och intrusionen av diabasgångar som mobiliserade många grundämnen.

Nyckelord: Sprickmineral, Sprickgenerationer, Sorgenfrei-Tornquistzonen, SEM, Dalby stenbrott.

Handledare: Professor Leif Johansson

Ämnesinriktning: Berggrundsgeologi

Jenny Halling, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.

E-post: jenny.halling@gmail.com

Inventory of minerals in fractures in a part of the Sorgenfrei-Tornquist zone, Dalby quarry, Scania

JENNY HALLING

Halling, J., 2015: Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tornquistzonen - med utgång från Dalby stenbrott, Skåne. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 448, 24 pp. 15 ECTS credits

Abstract: The Sorgenfrei-Tornquist zone has, since the late Paleozoic, undergone repeated periods of deformation, both extensive and compressive which have resulted in comprehensive block faulting and basin inversion. These factors have created a highly fractured bedrock that has healed of various minerals along the tectonic evolution. This study presents an inventory of fracture minerals in Dalby quarry in southern Sweden, where rock samples have been collected for analysis by Scanning Electron Microscope (SEM) and EDS technology. In total, 15 different minerals and mineral groups were identified and here the most abundant attested to be epidote, carbonate, fluorite and quartz. Of the less frequent fractural mineralizations some of the most common ore-forming sulfides were identified, namely Pyrite, Sphalerite and Galena. The minerals found has been divided into four generations of fractures, which can be linked to different stages of the bedrock's evolution. The Permian extension and the intrusion of dolerite dykes has been considered as an important event that mobilized many elements in the bedrock, to form these mineralizations.

Keywords: Fracture minerals, fracture generations, The Sorgenfrei-Tornquist zone, SEM, Dalby quarry.

Supervisor: Professor Leif Johansson

Subject: Bedrock Geology

*Jenny Halling, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden.
E-mail: jenny.halling@gmail.com*

1. Introduktion

1.1. Inledning

Sorgenfrei-Tornquistzonen (STZ) utgör den nordvästliga delen av norra Europas största deformationszon vilken sträcker sig från Nordsjön ner mot Svarta Havet i NV-SO riktning. De förkastnings- och sprick-system som zonen präglas av har varierat i rörelsemönster och aktivitet under olika tidsperioder vilket talar för en mycket komplex historia (Erlström et al. 1997). De magmatiska processer som ägt rum har antagligen bidragit till att fluider transporterats i dessa spricksystem och mobiliserat olika grundämnen. Under loppet av denna utveckling har en del sprick-system på så vis blivit läkta av olika mineral. Somliga mineral är väl kända då de sedan medeltiden brutits i trakterna kring Österlen (Tegengren 1924). Gång-mineraliseringar av fluorit och blyglans har varit av särskilt intresse även under andra världskriget (Åkesson 2005). Dock finns det även andra mineral i sprickorna och det har aldrig gjorts någon närmre undersökning av vilka mineral som förekommer. Sådan kunskap kan vara av betydelse för bl.a. geotermisk energiutvinning, grundvattenkvalitet kopplat till medicinsk geologi och mineralprospektering som länge varit aktuellt i Skånes östra delar.

1.2. Syfte och frågeställningar

Detta arbete syftar till att bidra till en bredare förståelse för bildningsmiljön hos de sprickmineraliseringar som studien omfattar, samt Tornquistzonens roll i den tektoniska utvecklingen av Skånes berggrund. Undersökningen kan också ligga till grund för vidare studier om vilka mineral som finns i berggrundens sprickor. Följande frågeställningar formulerats och utgör grunden för arbetet:

- ♦ Vilka mineral förekommer i sprickorna?
- ♦ Vilka mineral förekommer tillsammans, finns det någon systematik?
- ♦ Vilka mineral förekommer i vilka bergarter?
- ♦ Går det att dra några slutsatser om bildningsförhållandena, i så fall vilka?

2. Utvecklingen av Baltiska sköldens sydvästra berggrund och STZ tektoniska utveckling

Tornquistzonen (TZ) kan delas upp i flera segment som sammanlagt sträcker sig ungefär 2000 km i NV – SO riktning genom norra Europa. Den sydliga delen, Teisseyre-Tornquistzonen (TTZ), sträcker sig nordvästgående från Svarta havet i östra Europa upp genom Tyskland. Vid Bornholm överlappar den Sorgenfrei-Tornquistzonen (STZ), vilken fortsätter i samma riktning genom Bornholm, Skåne och Nord Jylland ut i Nordsjön. STZ utgörs i sin tur av Kattegatt-Skagerrak segmentet (KSS) och Bornholm-Skåne segmentet (BSS) (Bergelin et al. 2011; De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, i fortsätt-

ningen GEUS 2011). I figur 1 visas Skånes berggrund som den ser ut idag med de olika urbergshorstarna vilka avgränsar bassänger fyllda med fanerozoiska sedimentära bergarter. En vertikal profil (A-A') löper från den Danska bassängen i SV till Kristianstadbassängen i NO (figur 2). Det idag 20-50 km breda lineamentet har formats av en rad olika tektoniska händelser och tros ha varit aktivt sedan karbon. Dock sträcker sig områdets historia än längre tillbaka i tiden. Samtidigt finns inget fullständigt arkiv varför det kan bli svårt att redogöra för ett detaljerat utvecklingsförlopp före kambrisk tid (Erlström et al. 1997). Nedan sammanfattas de huvudsakliga faserna i utvecklingen av den deformationszon som har haft och fortfarande har stort inflytande över den skånska berggrunden.

2.1. Prekambrium och tidig paleozoikum (Kambrium – Silur)

Berggrunden som utgör baltiska sköldens sydvästra del (Halland, Skåne) har huvudsakligen sitt ursprung i sura till intermediära magmor vilka intruderade och kristalliserade för ca 1.8 miljarder år sedan. Dessa är en del av det Transskandinaviska magmatiska bältet (Transscandinavian Igneous Belt, TIB) som sträcker sig i NS riktning (Appelquist et al. 2008) från södra Småland upp till Härjedalen där TIB försvinner under Fjällkedjan.

Senare deformationen av granitberggrunden i Skåne och Halland skedde främst under den Svekonorvegiska orogenesen (ca 1-0,9 miljarder år sedan) och utgjorde en viktig och tidig deformationsfas i det område där TZ kom att utvecklas. Vid slutet av prekambrisk tid, hade bergskedjan eroderat till den grad att en kollaps resulterade i bildningen av den så kallade Vendiska riftbassängen (Thybo 2000). Då det inte var mycket kvar av den Svekonorvegiska bergskedjan vid ca 600 miljoner år sedan, tog större delen av den baltiska skölden formen av ett peneplan. En omfattande transgressiv period tog vid i kambrium, då deponerades stora mängder sediment som kom att bilda de litologier idag kända som Hardeberga och Læsåformationen (Erlström et al. 1997). Dessa finns idag bevarade i det nedsjunkna Colonustråget samt liknande gravsänkor i Skåne (GEUS 2011).

I tidig silur (420 miljoner år sedan) bildades den Kaledoniska bergskedjan som ett resultat av kontinentkollision mellan Laurentia (bestående av dagens Nordamerika och Grönland) och mikrokontinenten Avalonia tillsammans med Baltiska skölden (Erlström et al. 1997; Bergelin et al. 2011). Numera syns spåren av denna bergskedjebildning som den så kallade Kaledonska deformationsfronten (CDF, Caledonian Deformation Front) (Thybo 2000). Erosionsresterna från nedbrytningen av bergskedjan avslutade de kambro-siluriska lagerföljderna som täcker den prekambrisk urberggrunden (Erlström et al. 1997).

2.2. Sen paleozoikum (Devon – Perm)

Devon är en tidsperiod där långvariga avbrott i lagerföljderna, hiatus, tyder på kontinental och torrlagda miljöer med lite eller ingen sedimentation (Erlström et al. 1997). Erosion var troligen ännu en bidragande orsak till de saknade lagerföljderna. Därför är det svårt att säga något om deformationen under denna tidsperiod (Norling & Bergström 1987). När Gondwana under slutet av devon till tidig perm (380 – 280 miljoner år sedan) kolliderade med Larussia-plattan bildades det slutliga Pangea vilket resulterade i att den Variskiska bergskedjan reste sig SV om den Baltiska skölden (Bergelin et al. 2010). Stressen som skapades i berggrunden vid denna händelse påverkade även områdena omkring och en dextral strike-slip rörelse aktiverade många av de förkastningar som STZ sammanlänkas av (Thybo 2000).

Under karbon-perm ansamlades stora mängder sediment i en inlandsbassäng, till följd av vittring och erosion av den Variskiska bergskedjan. Kollapsen av bergskedjan samt belastningen från sedimenten resulterade i storskalig sprickbildning (Bergelin et al. 2010). Detta startade en omfattande blockförkastningsaktivitet i den Variskiska bassängen vars spår finns bevarade i dagens Colonustråg samt i Malmö området (Bergerat et al. 2007; GEUS 2011). Vid samma tid skedde en intensiv NO-SV extensionsrörelse och diabasgångar trängde upp genom de äldre bergarterna i NV-SO riktning, antagligen i kombination med ytliga basaltflöden (Bergerat et al. 2007). Dessa händelser reaktiverade gamla svaghetszoner mellan den stabila baltiska skölden och tektoniskt aktiva områden i syd-

väst. Sedan denna händelse har Sorgenfrei-Tornquistzonen agerat som en intra-kratonisk bufferzon (Erlström et al. 1997; GEUS 2011).

Vid sen perm och övergången till mesozoikum utsattes området för omfattande erosion av de vulkaniska gångbergarterna och de äldre bergarterna. Dessa blev peneplaniserade och kom att bilda grunden för de mesozoiska sedimenten (Bergerat et al. 2007; GEUS 2011).

2.3. Tidig mesozoikum (Trias – jura)

Den mesozoiska och kenozoiska utvecklingen av STZ är i större utsträckning undersökt och tolkad med hjälp av seismiska undersökningar och data från borrade brunnar (Norling & Bergström 1987). Seismiska undersökningar som BABEL-projektet (Thybo et al. 1993) visar hur BSS och STZ utsatts för bland annat upprepade tensionsrörelser, inversions tektonik och erosion (Norling & Bergström 1987; GEUS 2011).

Tidig till mellersta trias har tolkats som en relativt lugn tektonisk period med liten deposition av sediment. Sedimentationsförhållandena ändrades däremot under sen trias (tidiga kimmeriska fasen), vilket tyder på förändrade tektoniska förhållanden (Norling & Bergström 1987). Den stora superkontinenten Pangea blev instabil och gamla förkastningar från sen paleozoikum aktiverades åter. Bland andra den NV-SO gående Kullen-Ringsjö-Andrarums förkastningen vilken centralt följer STZ (Norling & Bergström 1987; Bergelin et al. 2011). Området var en utpräglad riftmiljö med dextrala strike-slip rörelser i NV-SO riktning. Sedimentation förekom i bassänger be-

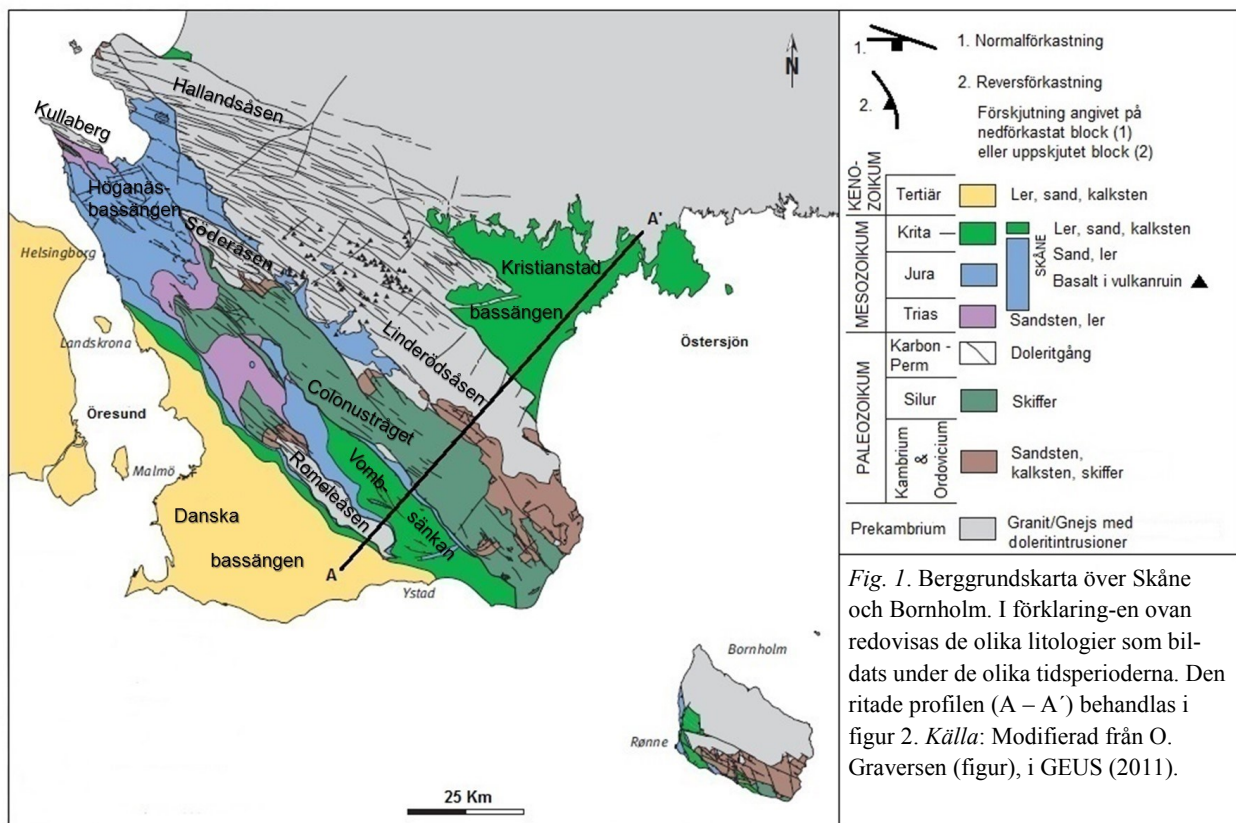


Fig. 1. Berggrundskarta över Skåne och Bornholm. I förklaring-en ovan redovisas de olika litologier som bildats under de olika tidsperioderna. Den ritade profilen (A – A') behandlas i figur 2. Källa: Modifierad från O. Graversen (figur), i GEUS (2011).

gränsade av förkastningar (figur 2A) (Erlström et al. 1997).

Under den följande jurasiska tidsperioden började Pangea spricka upp vilket resulterade i regional rift-magmatism och normalförkastningar i området kring danska bassängen (Thybo 2000; Bergelin et al. 2011). STZ aktiveras ännu en gång längs gamla tektoniska blockgränser och isostatiska förhållanden satte horst- och gravsänkstrukturer i rörelse (Bergelin et al. 2011). Ökad tektoniska aktivitet har tolkats från rhaetian (övre trias) till hettangian (undre jura) och framåt som en period med marina transgressioner över Skåne och gett en indikation på landhöjning. De tektoniska rörelserna i Skånes berggrund ökade under övergången mellan jura och krita vilket känns igen som den sena kimmeriska fasen (figur 2B). Denna tektoniskt aktiva period gjorde att många förkastningszoner åter igen sattes i rörelse under samtidiga sedimentationsprocesser (Norling & Bergström 1987; Bergerat et al. 2007).

2.4. Sen mesozoikum till kenozoikum (Krita – Tertiär)

De triasiska tektoniska rörelserna i jordskorpan varade ända till den tidiga delen av krita (Norling & Bergström 1987). Erlström et al. (1997) tolkar inledningen av denna period som relativt lugn innan rörelser i form av landhöjning med efterföljande sättningar i bassängerna och transgressiva pulser kom att forma områdena längs TZ (Erlström et al. 1997).

Mot senare delen av krita och tidig kenozoikum präglades STZ av inversionstektonik till följd av kompressionsrörelser troligen orsakade av spänningar och stress från den stigande alpiska bergskedjan (Thybo 2000). Block som tidigare varit nedsänkta lyftes upp med ovanliggande sedimentpackar vilka deformades. Även reversförkastningar bildades av de tidigare normalförkastningarna. Bassänger begränsade av upplyfta block etablerades och Skånes berggrund började likna dagens form (figur 2C). Vombsänkan är den av dessa bassänger som bildas mellan Romeleåsens förkastningszon och Colonustråget som utsätts för inversion (GEUS 2011). Kompressionsrörelserna fortsatte in i tertiära paleocen med inversion som följd (Bergerat et al. 2007). Sedan tidig kenozoikum kännetecknas TZ av regional sättningar i Nordsjöområdet och höjningen av den Baltiska skölden följt av regressiva avsättningsmönster (Erlström et al. 1997; Thybo 2000). Sydvästra kanten av baltiska skölden lyftes upp under neogen och eroderade stora delar av yngre krita (Erlström et al. 1997). En regional upplyftning av den Fennoskandiska skölden bidrog under denna tid till ytterligare erosion (Bergerat et al. 2007). Det som idag representerar kritberggrunden finns främst bevarat i Kristianstad bassängen samt den Danska bassängen överlagrad av relativt tunna tertiära sediment (GEUS 2011). De massiva inlandsisar som under ett flertal perioder täckte stora områden har troligen bidragit till den största erosionen av de tertiära lagerföljderna (figur 2D).

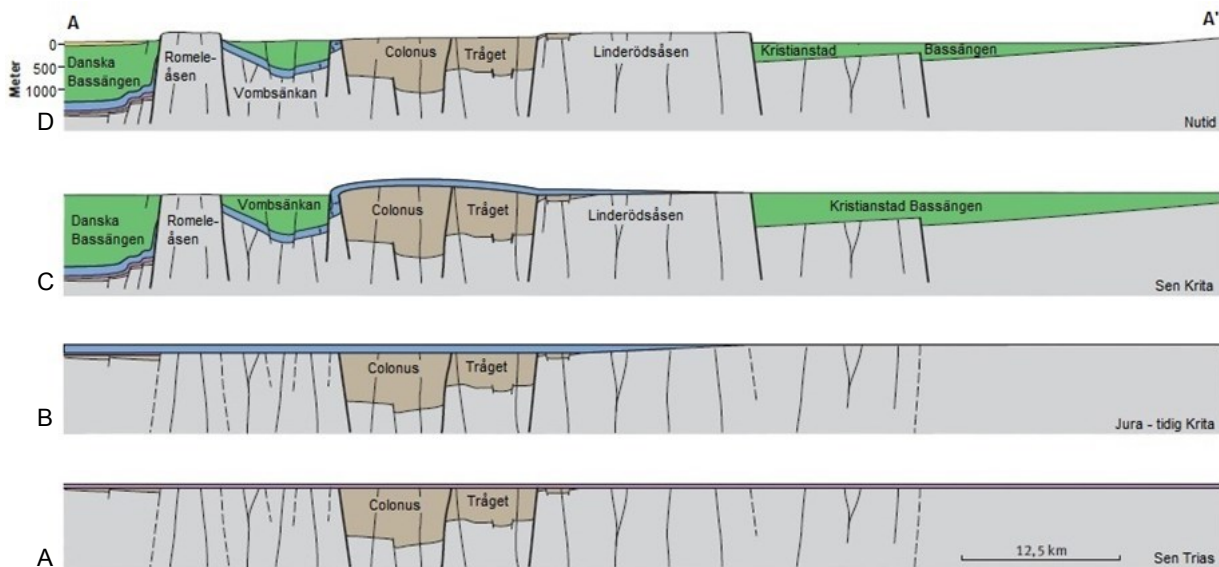


Fig. 2. Tolkad tvärsnittprofil över Bornholm-Skåne segmentet i SV – NO gående riktning (motsvarande A – A') över utveckling i mesozoikum samt hur det ser ut idag. Underifrån visas följande, **A.** Sen trias. Området var en utpräglad riftmiljö med dextrala strike-slip rörelser i NV-SO riktning, termal subsidens och sedimentation förekom i bassänger begränsade av förkastningar. **B.** Jura – tidig krita. Rörelser under kimmerian vilka skapat synsedimentära blockförkastningar under transgressiva miljöer. **C.** Sen krita: Inversions-tekonik med kompression och dextral strike-slip omformar landskapet följt av maastrichtian transgressionen. Generell upplyftning fortgår under neogen till följd av alpina känningar. **D.** Nutid. Endast tunna lagerföljder från tertiär finns kvar i sänkor, exempelvis Danska bassängen, efter inlandsisarnas framstötter. Aktiviteten i urberget fortsätter sporadiskt. Källa: modifierad från O. Graversen (figur) i, GEUS (2011).

2.5. Dagens STZ

Det försiggår ännu aktivitet i STZ, även om det endast märks vid få tillfällen. De senaste decennierna har ett fåtal större jordskalv visat på rörelse längs gamla blockförkastningszoner. Regionalt sett har NV-gående kompressiv stress, i stora delar av Sverige, relaterats till riftrörelserna i Nordatlantiska ryggen (Pan et al. 2001). Sedan år 1989 har ett projekt pågått gällande mätningar av seismiska aktivitet i STZ. Hittills har det gjorts mätningar vid fem tillfällen (åren 1989, 1990, 1992 1996 och 1998) med hjälp av fem GPS-punkter utplacerade i södra Sverige (Pan et al. 2009). Dessa mätningar har påvisat huvudsakligen sinistrala strike-slip rörelser på 4 ± 0.9 mm/år längs den nordliga gränsen av STZ i Skåne. Södra delarna visade dock ett mindre rörelsemönster på ca 2 mm/år. (Pan et al. 2001; Pan et al. 2009). Från flertalet andra metoder, till exempel plattetektoniska och strukturella analyser samt *in situ* stressmätningar, utläser Talbot & Slunga (1989) att den maximala horisontella stressen överstiger den vertikala belastningen i nästan samtliga punkter (Pan et al. 2001).

3. Beskrivning av fältlokal

Önneslöv bergtäkt, vardagligt benämnd Dalby stenbrott (figur 3), är belägen på Romeleåsens rygg, en av de horstar som utgör ett karaktäristiskt inslag i Skånes berggrund. Här bryter AB Sydsten krossberg av

bergkvalitet klass ett och två (Persson & Göransson 2011) och försörjer stora delar av öresundsregionen med ballastmaterial.

Berggrunden består här av prekambrisk gnejs med varierande ursprung. Huvudsakligen förekommer det två typer. Ortognejs, vilken härstammar från magmatiska djupbergarter och paragnejs med metasedimentärt ursprung (Persson & Göransson 2010). Gnejsberggrunden beskrivs av Wikman et al. (1998) som en finkornig till fint medelkornig leukokratisk, röd till grå-röd bergart med varierande omfattning av ådringar. Även sammansättningen av mineralinnehållet varierar men är huvudsakligen bestående av kvarts, mikroklin och plagioklas. Biotit förekommer som accessoriskt mineral. Även övriga mineral nämns såsom titanit, apatit och malmineral med hög järnhalt (Wikman et al. 1998).

I berget förekommer ställvisa större vittringsdominerade sprickzoner (figur 4). Inte bara spröda deformationszoner observerades i stenbrottet utan också vissa områden som tog formen av skjuvzoner (figur 5) och veckning. Dessa är antagligen kloritrika delar av berget som var mer känsliga för tryck- och temperaturförändringar (Johansson 2015, personlig kommunikation). På vissa ställen skär två till fyra meter breda NV-SO gående diabasgångar gnejsberggrunden. Längs kontakterna till gångbergarterna skapas svaghetszoner, därför löper många av sprickorna i samma riktning. Det förekommer även andra

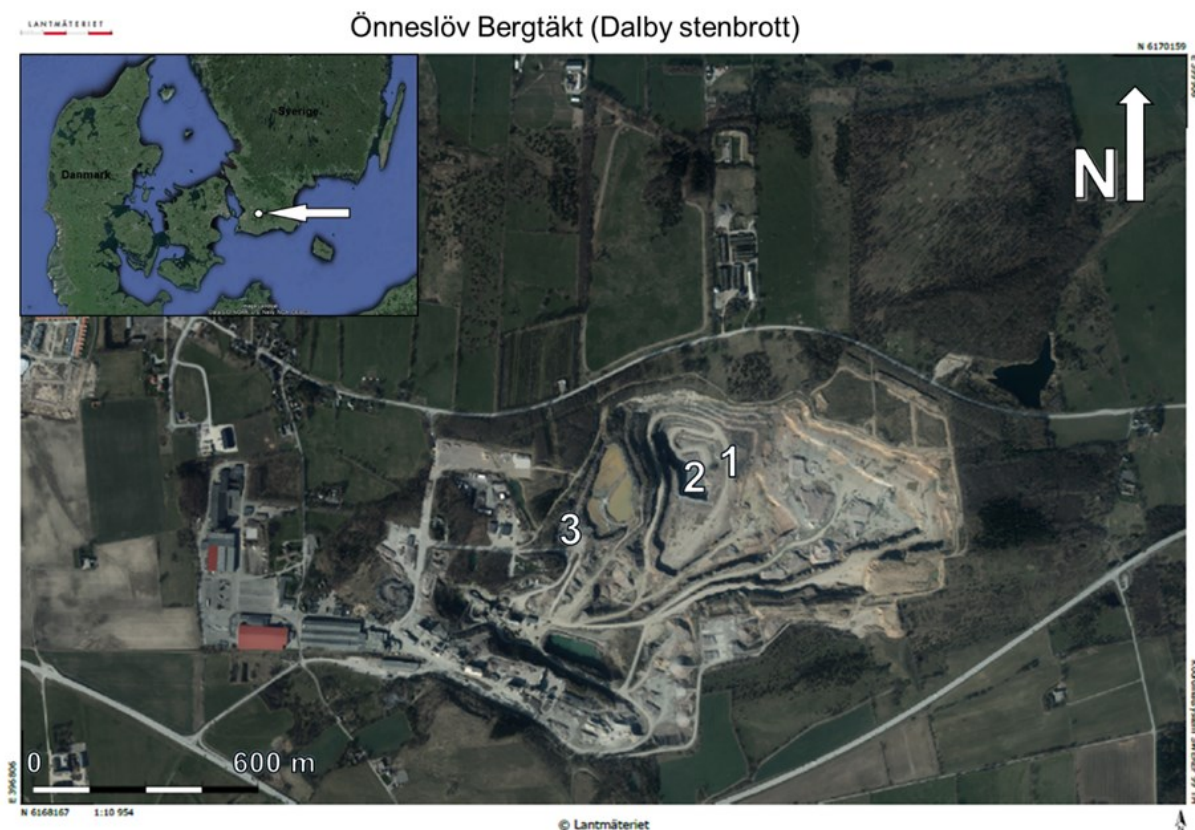


Fig. 3. Önneslöv bergtäkt belägen utanför tätorten Dalby i Lunds kommun, sydvästra Skåne. Här bryter AB Sydsten granitisk gnejs för ballastproduktion. Vid de markerade siffrorna samlades prover för studien in. Nr 1 motsvarar Pall 4, nr 2: pall 5 och nr 3: pall 2. Modifierad från © Lantmäteriet [2015/134712].



Fig. 4. Svaghetszoner med omfattande lervittring i bergväggen, Dalby stenbrott. Foto: Jenny Halling



Fig. 5. Skjuvzon bakom sprängsalva på nedersta nivån i brottet. Foto: Jenny Halling.

sprickriktningar, bland annat NO-SV gående samt nord-sydliga (Bergerat et al. 2011).

4. Metodik

4.1. Insamling av prover

Prov har samlats in i Dalby stenbrott från pall 2, 4 och 5 (bottenplan). Ungefärlig plats för dessa är markerade med siffrorna 1-3 i figur 3. Provens storlek varierade mellan 10 och 20 cm i diameter. Kriterierna för vilka som var värda att plocka utgick ifrån frågeställningarna för arbetet. Rikligt med sprickor fyllda med olika mineral, där det gick att se hur sprickmineral förhöll sig till varandra var mest relevanta. Proven tvättades för att få bort löst material och smuts. Ett prov, som kom från Hardeberga stenbrott, kunde tillhandahållas av institutionen.

4.2. Dokumentation och bearbetning

4.2.1. Fotografering och skanning

De prov som valdes för detta moment var en av varje innehållande de olika sprickmineral som var representerade. Totalt 11 prov fotograferades. Proven fuktades lite innan fotograferingen för att dess färger och texturer skulle framträda tydligare.

Efter sågning skannades proven (Epson Perfection V500 Photo) (se 4.2.2.) i jpeg-format med 300 dpi. En beläggning av vatten och några droppar diskmedel lades mellan glaset på skannern och provet så färg och texturer framträdde tydligare. En skanning av proverna utfördes även

4.2.2. Sågning

Proverna sågades i två omgångar. Av de skivor som sågats ut valdes en från varje prov för vidare bearbetning. Dessa märktes upp med en kod, från D-1 till D-25. Provet från Hardeberga benämndes H-1. Den andra sågningens syfte var att ta fram prover som passar i svepelektronmikroskopet vilket resulterade i små blockformiga bitar med ett omfång av ca 45x25x10 mm.

4.2.3. Slipning

De små blockformiga proverna slipades därefter på en Struers RotoPol-25 för att ta bort ojämnheter från sågningen samt få en finare yta. Den sida på proverna som bäst visade sprickstrukturerna slipades vidare. Varje prov slipades inledningsvis 5-10 minuter med ett 320-sandpapper (Struers Waterproof Silicon Carbide paper P #320 C). Därefter slipades de med ett 800-sandpapper (Struers Waterproof Silicon Carbide paper P #800 C) under liknande tidsintervall. Provernas yta kontrollerades i ett ljusmikroskop före och efter slipningen med det finare sandpappret. Denna bearbetning är tillräcklig för en semikvantitativ analys men för grov för kvantitativ analys. För en kvantitativ analys bör proven polerats ner till 1 µm.

4.3. Svepelektronmikroskopering

4.3.1. Principiell funktion

En elektronström av hög kinetisk energi riktas mot ett område på provet där strålen skannar enligt ett horisontellt rastermönster (i x- och y-led). Då elektronerna träffar ytan på provet sker en interaktion mellan elektroner i materialet och de från elektronstrålen.

Vid elastisk spridning tränger elektronerna in i atomerna och deras bana påverkas av elektronerna kring atomkärnorna. Dock sker sällan någon kollision med själva kärnan. En liten del av elektronerna slungas ut med hög vinkel ($> 90^\circ$) vilket resulterar i låg energiförlust. Därför har de tillräckligt med energi för att nå detektor vilken registrerar dessa som så kallade "backscattered-electrons" (BSE) Från backscatter-detektorn fås en bild vars gråskala till största delen beror på den genomsnittliga atomvikten i området som skannas. Tungta ämnen återges i ljusa gråtoner och lätta i mörka toner.

De elektroner som sprids oelastiskt har däremot inte tillräckligt med energi för att slungas iväg efter träff med en atom. Dessa får istället sin överskottsen energi absorberad av elektronerna i atomerna, som då kan röra sig utåt i elektronskalen (excitation), enligt Nils Bohrs atommodell. När elektronerna faller till normalläge avges energi (emission) i form av röntgenstrålning vilken går att mäta i en detektor. På detta vis kan bilder återskapas av så kallade sekundärelektroner "secondary electrons" (SE). Med den alstrade röntgenstrålningen går det att bestämma den koncentrationen av grundämnen i mineralen genom att göra en kvantitativ analys (punktanalys) även kallat EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) (Egerton 2005).

4.3.2. Utförande

På grund av begränsade resurser valdes åtta prover ut för undersökning med SEM. Proverna D-7, D-9, D-12, D-16, D-21, D-23, D-25 och H-1 kolbelades med en Cressington Carbon-Coater108, Carbon/A innan de fästes med en elektriskt ledande koltejp på en metallplatta. För att relatera analysdata till standards så kalibrerades instrumentet med koboltstandard. Instrumentet som användes var av modellen HITACHI S-3400N med EDS-programvaran INCA Suite version 4.06 för visualisering i datorn.

Analyserna skedde med en accelerationsspänning på 15 kilovolt samt en elektronström på 55-60 μA och arbetsavståndet 10 mm. Punktanalys användes för kvantitativ analys, grundämneskartering skedde av ytor och längs linjer.

5. Förekommande sprickmineral

5.1. Karbonater

Denna speciella mineralgrupp kan ge information om både kemiska, fysikaliska och biologiska processer som ägt rum. De uppträder som en vanlig primärt bildad komponent i sedimentära formationer och generellt som sekundärt bildat mineral i magmatiska och metamorfa bergarter, med undantag från karbonatiter (Bicocchi et al. 2011).

Av de sprickfyllnader som undersökts har karbonatgruppen varit en av de vanligast förekommande, oberoende värdbergart. Främst har de utgjort helt slutna spricksystem men har även observerats som öppna håligheter där mineralen har fått rum att bilda euhedra kristaller. Två olika varianter har identifierats i elektronmikroskopet och beskrivs nedan.

Deras sammansättning jämförs i figur 6. Eftersom Fe^{2+} och Mn^{2+} ofta substituerar för varandra i karbonatstrukturer och för att Mn^{2+} vanligtvis inte är särskilt riklig, blev det ganska naturligt att slå ihop dessa. För karbonaterna var Fe-innehållet i något fall upp till det dubbla, räknat i viktprocent (wt%). Mn-halten var betydligt lägre, i de flesta fall under 1 wt%.

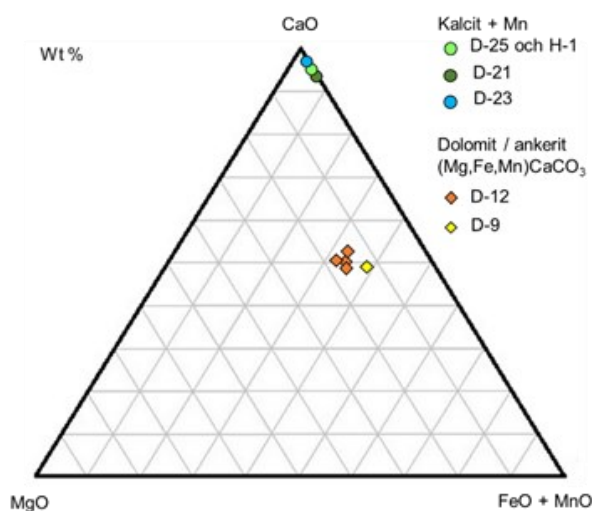


Fig. 6. Triangeldiagram som visar sammansättningen av karbonaterna i viktprocent (Wt%).

5.1.1. Ankerit eller dolomitgruppen, $\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Mn})(\text{CO}_3)_2$

Denna variant gick tydligt att urskilja i proven med sin rostfärgade karaktär på vittrade ytor (figur 7A) och vit till gulvita lyster på färska brottytor (figur 7B). SEM-analyser visade även kemiskt stor skillnad från de övriga karbonaterna som var näst intill ren kalcit. Det tillhör en lösningsserie mellan ankerit ($\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$), kutnahorit ($\text{CaMn}(\text{CO}_3)_2$) och dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). På grund av den låga andelen mangan kan denna del räknas till järn-komponenten eftersom Fe och Mn lätt substituerar för varandra. I figur 8 visas ett spektrum från den kemiska analysen med de grundämnen mineralet innehåller.

5.1.2. Kalcitgruppen, CaCO_3 , $(\text{Mn})\text{CaCO}_3$

Kalcit är ett vanligt förekommande mineral och uppträder i varierande former och färger. Här har endast den vita och delvis transparenta sorten påträffats i de analyserade proverna. I figur 9 slingrar sig en vit kalcitådra bredvid en mindre deformerad tunn spricka. Det bildas både primärt i smältor (karbonatiter) men även sekundärt då det faller ut från vattenlösningar i sprickor och hålrum oberoende bergart. Minalets förmåga att fallas ut under ett brett temperaturintervall kan eventuellt förklara dess vanliga förekomst (Persson 2007). Av kalcitgruppens fem medlemmar (kalcit, siderit, magnesit, rodokrosit och smithsonit) identifierades vanlig kalcit samt en variant med Mn-innehåll. Den sistnämnda har bedömts tillhöra kalcit istället för Mn-medlemmen rodokrosit, på grund av den låga manganhalten, vilken endast ses som en förörening. Här rörde det sig om några få procent Mn till skillnad från de omkring 48 % Mn som mineralet rodokrosit innehåller (Barthelmy 1997 - 2014).

5.2. Fluorit, CaF_2

Detta vanligt förekommande mineral känns enklast igen på den kubiska kristallformen och perfekta cleavage [111]. Ofta påträffas det i hydrotermala gångar som antingen primärt bildat eller sekundärt utfällt i sprickor och gångar med metallrika lösningar. Det är även vanligt i karbonatbergarter och som accessoriskt mineral i vissa magmatiska bergarter och pegmatiter (Klein & Dutrow 2007).

Violett fluorit förekom i många av proverna (se appendix). Framförallt i sprickor i den mörkröda gnejsen, där även en grön variant av mineralet observerades. Där förekom fluoriten i de flesta fall i slutna sprickor men enstaka hålrum och öppna partier förekom också. I en breccierad och lervittrad sprickzon förekom fluoriten som en del av matrixen i breccian. Den violetta fluoriten påträffades även i samband med karbonatförande sprickor i en ljusare grovkornig bergart (se figur 10A). Förstorat i elektronmikroskopet syns det tydligt att fluoriten här är begränsad till den karbonatfyllda sprickan (se figur 10B).

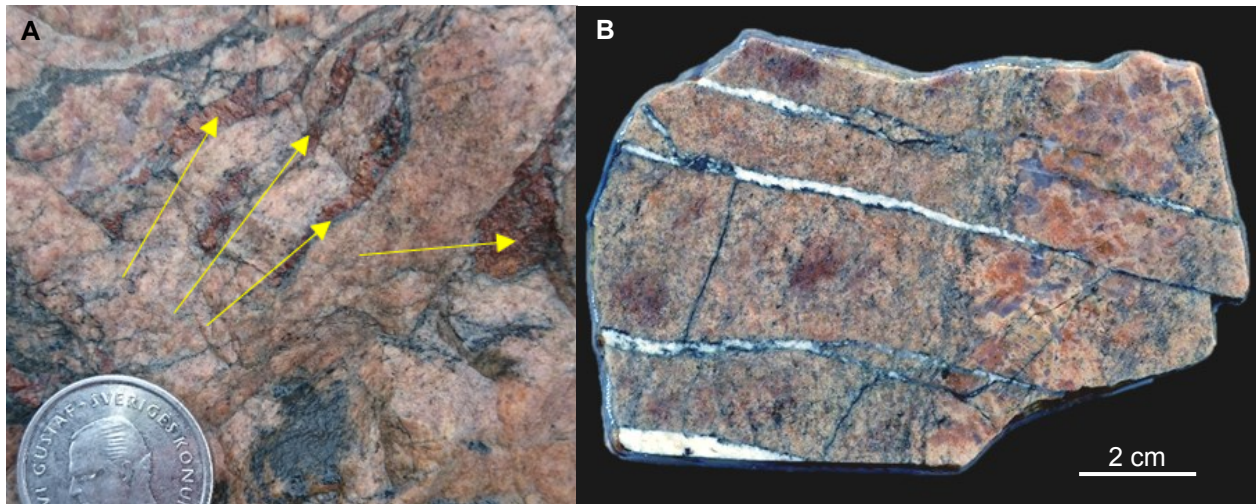


Fig. 7. A. uppsprucken gnejs med rostfärgade karbonater (där pilarna pekar) som sprickfyllnad. B. Sågad skiva av samma bergartstyp som i A, Prov D-10. På de färska ytorna har den karaktäristiska vita karbonatfärgen framträtt. Den mörka konturen i sprickorna är troligen kvarts.

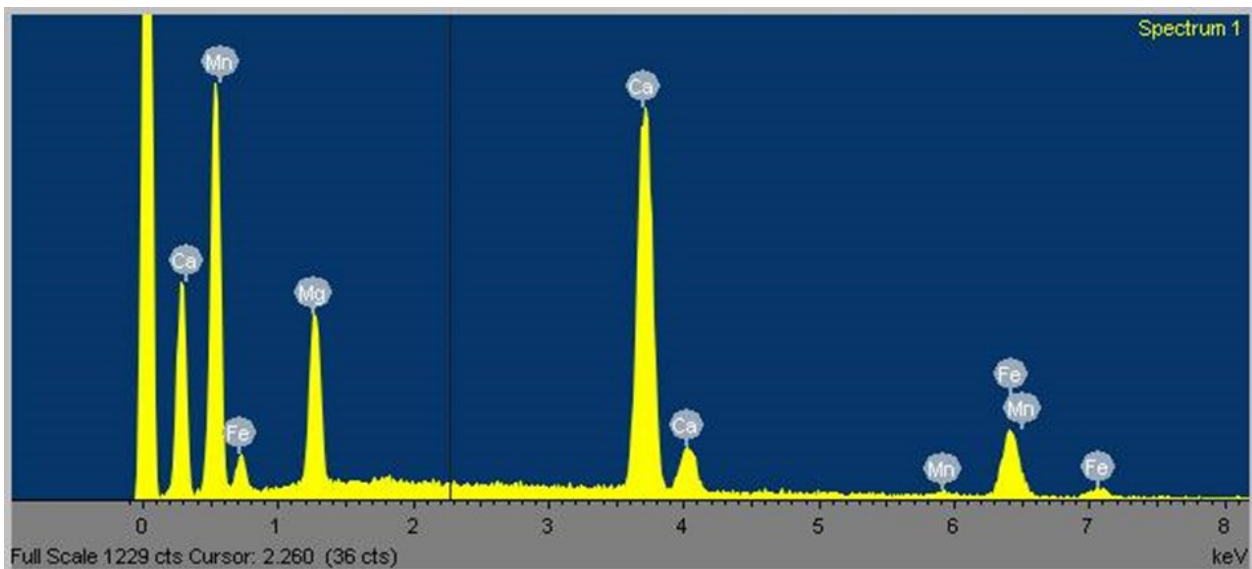


Fig. 8. Visar ett spektrum av de grundämnen som utgör huvudsakliga sammansättningen av en karbonatfylld spricka i provet D-12.

5.3. Järnmineral

5.3.1. Pyrit, FeS_2

Pyrit räknas till det vanligaste sulfidmineralet, framförallt som en accessorisk komponent i magmatiska bergarter. Det är även vanligt i hydrotermalt bildade gångar där det kan fällas ut under ett mycket brett temperaturintervall, dock är det mest stabilt vid höga temperaturer. Mineralen är även vanligt i sedimentära bergarter där det bildas både primärt och sekundärt (Klein & Dutrow 2007). Pyrit bildas vanligen biologiskt förorsakande och kontrollerande miljöer där bakterier är involverade i reduktions- och oxidationsfaser (Nesse 2012). Detta skapar problem i gruvbranschen om lakvatten kommer ut i aeroba miljöer då järnet i pyrit oxiderar. En kemisk reaktion med bakterier involverade resulterar i bildning av svavelsyra, så kallat AMD (Acid Mine Drainage) vilken i sin tur lätt löser ut giftiga tungmetaller (Rimstidt & Vaughan

2014). Mineralen har identifierats både som sprickfyllnad och som enskilda kristaller i matrix och värdbergart. De bergarter som mineralen fanns i utgjordes främst av någon metamorf porfyrlignande bergart alternativt en breccia (se figur 11A). I sprickor har det endast observerats tillsammans med karbonater och/eller med andra sulfidmineral. I figur 11B sitter en pyritkristaller mellan karbonatkristaller som bildats i en öppen sprickmiljö.

5.3.2. Hematit, Fe_2O_3

Vanligtvis är hematit en relativt ovanlig komponent, det vill säga inget huvudmineral, i magmatiska bergarter. Dock kan det bildas efter oxidation och vittring av till exempel magnetit eller genom hydrotermal omvandling av andra järnförande mineral i de flesta bergarter (Nesse 2012).

De röda till rostfärgade beläggningarna som obser-

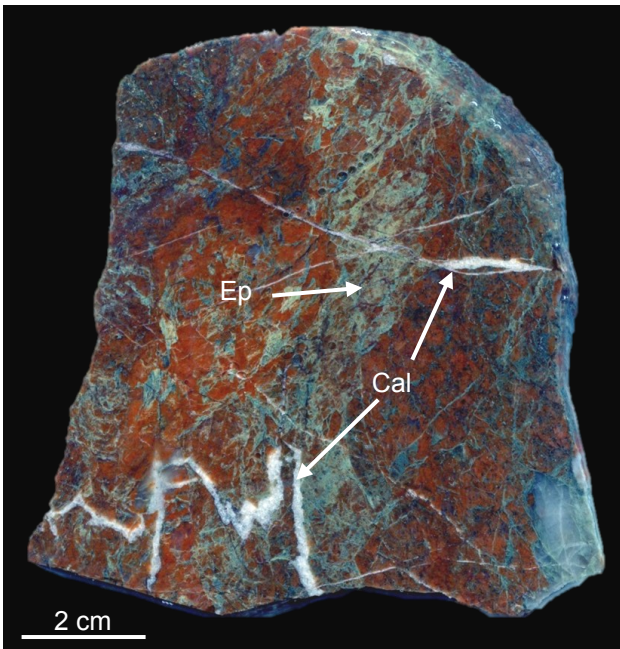


Fig. 9. Bergart med starkt deformerade epidotsprickor (Ep) vilka korsas av kalcitsprickor (Cal).

Fig. 10. A. Ljus omvandlad bergart med grovkornig kvarts och karbonatfyllda sprickor även innehållande violett fluorit, prov D-20. B. BSE-bild av karbonat (Dol/Ank) och fluoritfyllande (Fl) spricka i den ljusa bergarten, förstorad 42 ggr.

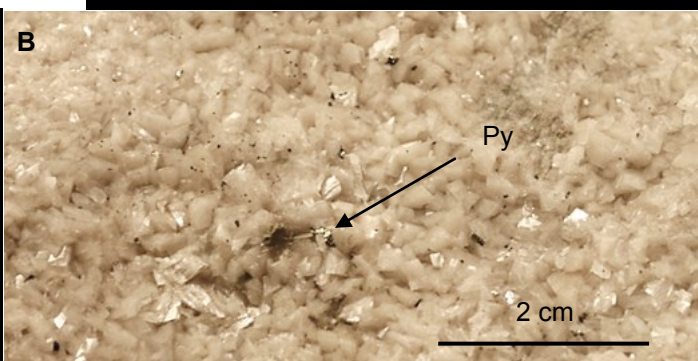
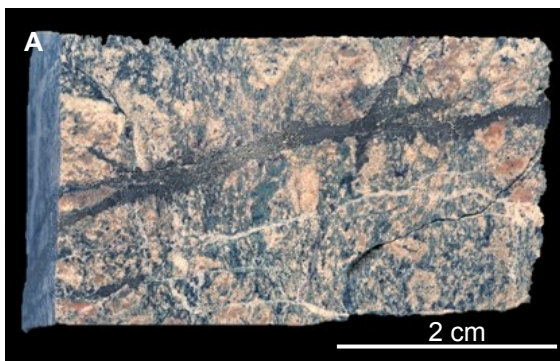
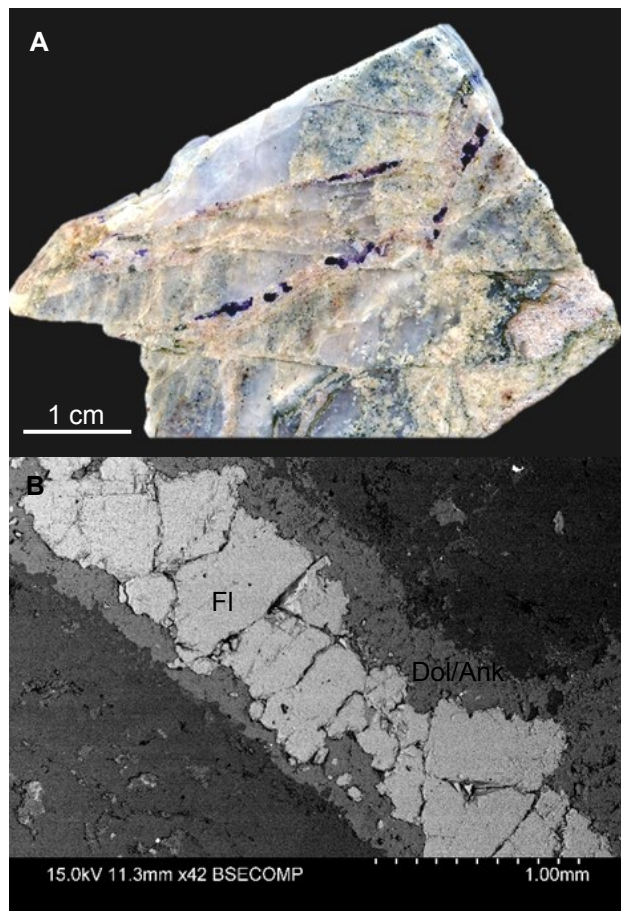


Fig. 11. A. Pyritfylld spricka som korsar ett fåtal små karbonatfyllda sprickor, i fragmenterad bergart. Pyriten är här mörkare än vanligt p.g.a. reflektion från skannern. B. Små pyritkristaller (Py) som sitter bland kalcitkristallerna i en öppen spricka.

verades på främst mafiska bergarter i Dalby stenbrott har tolkats vara hematit bildad av oxidation från magnetit eller andra järnrika mineral. Det förekommer främst på plana ytor som liknar gamla sprick eller glid-ytor (figur 12A och 12B), där kemisk vittring troligen har verkat eller eventuella hydrotermala fluider.

I SEM kunde små korn av okänd järnoxid identifieras genom BSE och kemisk analys (se figur 13). Dessa förekom sporadiskt både i moderbergarten och sprickor fyllda med oberoende mineral. Troligen har de mekaniskt lossnat från värdbergarten och sedan fastnat i sprickorna då nya mineral kristalliserat.

5.4. Blymineral

5.4.1. Blyglans, PbS

Hydrotermala sulfidmineraliseringar utgör den vanligaste typen av blyförekomster. Tillsammans med blyglans förekommer ofta zinkblände, vilket kunde observeras i provet från Hardeberga, H-1 (se figur 14A, för mer detaljrik bild, se appendix). Men förekomst tillsammans med pyrit, kopparkis, kvarts, kalcit, fluorit och baryt är inte heller ovanligt. Mineraliseringar kan sannolikt både bildas genom termalt drivna kemiska processer och vara biologiskt orsakade av sulfatreducerande bakterier (Nesse 2012).

I Dalby stenbrott var det knappt med blyglans, bara någon enstaka kristall kunde identifieras från den

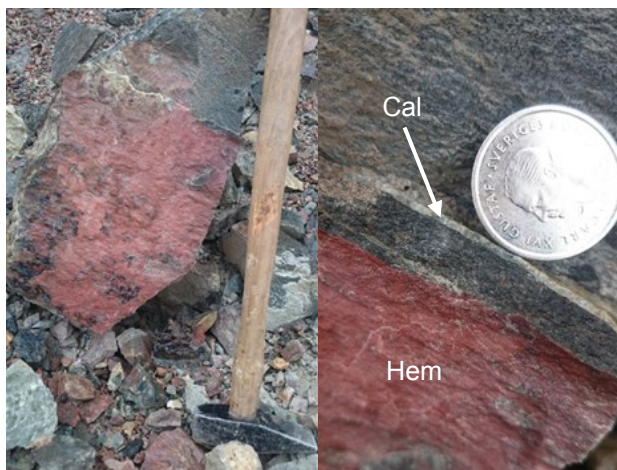


Fig. 12. A. Blocksida, antagligen del av gammal spricka, rödfärgad av hematit (Hem). B. Karbonat, troligen kalcit (Cal), som skär hematiten vinkelrätt.

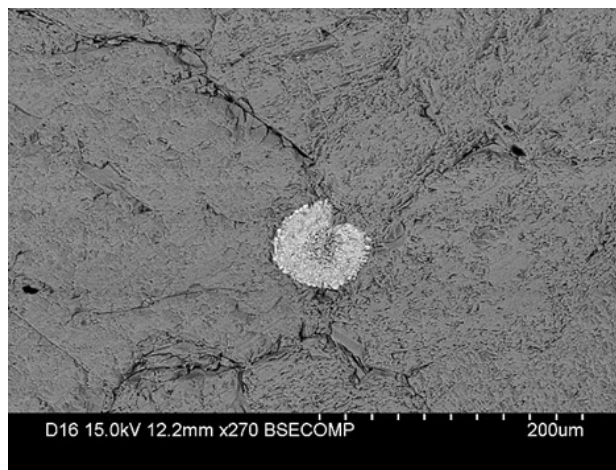


Fig. 13. Rundat FeO-korn i fluoritfylld spricka.

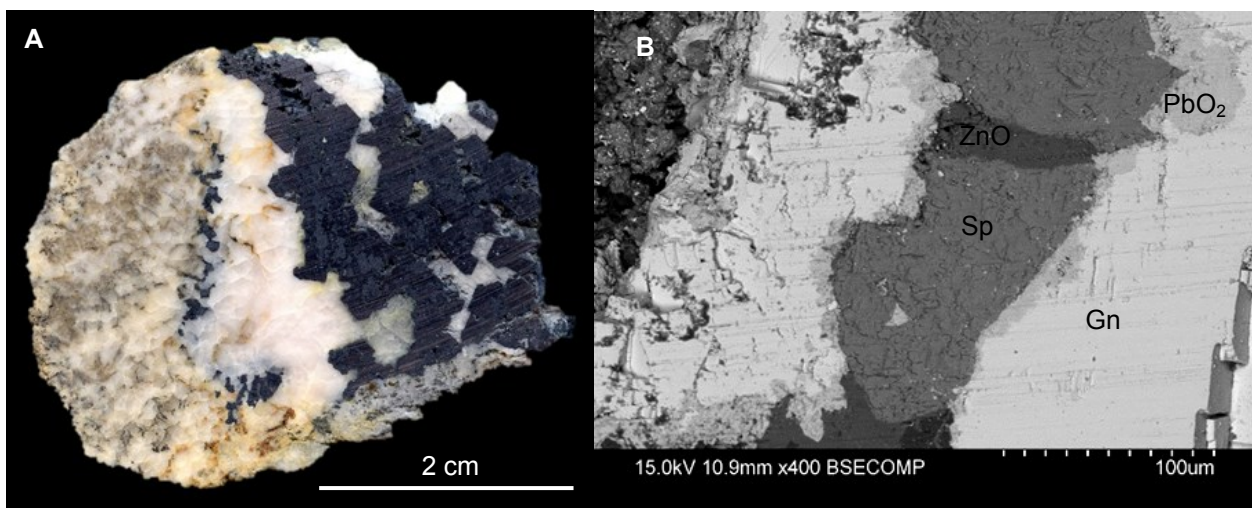


Fig. 14. A. Prov H-1 innehållande flera olika faser. Det lite mörkare melerade området från vänster består av gips eller anhydrit, det vita området är kalcit med en liten andel mangan. Det mörka området består av både blyglans (Gn) och zinkblände (Sp). B. Förstoring (400 gånger) av zink/bly-området visade att även oxider av de två mineralen förekommer. Blyoxid troligen (PbO_2) och zinkoxid (ZnO).

breccierade zonen. Därför är mineralet främst representerat i H-1 provet från Hardeberga. Här samexisterade blyglans och zinkblände i en karbonatfylld spricka (se figur 14B).

5.4.2. Blyoxid, PbO eller PbO_2

Blyoxider är oftast en produkt av blyulfider vilka hamnat i en syrerik miljö och oxiderat var den fyrvärdade varianten är mest stabil i naturen. En av dessa är skrutinyit (PbO_2). Det finns ytterligare en oxid som den förstnämnda vanligen är associerad med, kallad plattnerit (PbO_2). Denna påträffas bl.a. i vittrade hydrotermal basiska porfyrier, i arida miljöer. Mer ovanlig är de tvåvärdade dimorfa oxiderna massicotte och litharge (PbO) som bildas sekundärt tillsammans med blyglans (Barthelmy 2012a; Barthelmy 2012b). Blyoxid identifierades endast med hjälp av SEM i prov H-1. I figur 14B ses det som en mörkare beläggning i utkanten av den ljusare nyansen, blyglans. Kanske har där en gång varit en öppen spricka med syrerika

fluider innan zinkmineralen fälldes ut.

5.5. Zinkmineral

5.5.1. Zinkblände, ZnS

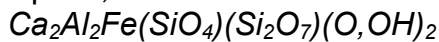
Detta relativt vanliga sulfidmineral förekommer ofta i hydrotermalt bildade malmer där dessa ofta är associerade med magnetit, magnetkis och pyrit. I sedimentärt bildade malmer förekommer ofta zinkblände tillsammans med markasit, kopparkis, kalcit och dolomit. Zinkblände förekommer även i kontaktmetamorfa bildningar och magmatiskt bildade gångbergarter (Klein & Dutrow 2007). I felsiska magmatiska bergarter uppträder det sporadiskt som en accessorisk komponent och kan i likhet med pyrit fällas ut av sulfatreducerande bakterier från vattenbaserade lösningar. Det spekuleras om bakterierna både kan vara inblandade i bildandet av zinkrika avsättningar vid låga temperaturer och användas för att ta bort Zn från förorenade ytvatten (Nesse 2012).

Zinkmineralet kunde med viss svårighet identifieras både med blotta ögat och i SEM analysen i prover från Hardeberga och Dalby, H-1 respektive D-25 (figur 14A och 15A, för mer detaljerade bilder se appendix).

5.5.2. Zinkit, ZnO

Även denna oxid härstammar antagligen från det intilliggande mineralet som oxiderat, i detta fall zinkblände. I H-1 provet uppträder zinkoxiden som den mörkaste nyansen i den lite ljusare zinksulfiden (se figur 14B).

5.6 Epidot,



Epidot är ett mineral som ofta bildas i sprickor genom omvandling av fe-rika magmatiska bergarter vid hydrotermala processer. Det är en synnerligen vanlig komponent i bergarter metamorfoserade i grönskiffer- och amfibolitfacies. I grönskifferbergarter förekommer det gröna till gulgröna mineralet tillsammans med klorit, kvarts, albit och aktinolit (Persson 2007).

Tillsammans med calcit är epidot ett av de mest förekommande bland sprickfyllnaderna. Det påträffades främst i de röda gnejserna men sågs även i mafiska bergarter i stenbrottet. Den variant av epidot som var vanligast hade en gulgrön och pistagefärgad nyans och kan därför tänkas inkludera något annat mineral. Undersökning av mineralet i SEM visade att intill epidotkristaller satt mineralen albit och enskilda kristaller av kalifältspat. Även en mörkare variant av epidoten observerades i vissa fall i samma stuff. Denna är, till skillnad från den ljusa epidoten, renare och mer Fe-rik. I figur 16 existerar båda varianterna tillsammans. Där syns även bra exempel på hur deformerad bergarten är även i liten skala.

5.7. Kvarts, SiO_2

Detta är ett mycket vanligt mineral som förekommer i många olika bergarter och bildningar, bland annat uppträder det ofta i felsiska till intermediära intrusiva och

extrusiva magmatiska bergarter. Kvarts är även vanligt som gångbergart i hydrotermala system där det kan bildas vid temperaturer ner mot 70°C (Persson 2007; Nesse 2012).

Kvarts som sprickfyllnad hittades i flertalet prover och var ett av de mest frekventa sprickfyllnadsmineralen. Det var däremot färre prover där kvartsen syntes tydligt utan förstoring med ljusmikroskop eller SEM. En tydlig kvartsfylld spricka syns i figur 17. Från de tydliga kvartssprickorna gick det att relativt tydligt utläsa vilka olika generationer som sprickmineralen tillhörde. Ett exempel visas i figur 18 nedan där kvarts sitter i utkanten på den karbonatfyllda sprickan. Då det går att se euhedrala kvartskristaller måste sprickan varit öppen när kvartsen bildades. Samma princip gäller för det kloritfyllda hålrummet i figur 19, var kvartsen syns tydligare.

5.8. Kloritmineral

Kloritgruppen är en utbredd bergartsbildande komponent i framförallt i låg till mellangradiga metamorfa bergarter. Bland dessa är peliter och mafiska bergarter största källan till mineralen, i synnerhet de som blivit omvandlade i grönskifferfacies. I magmatiska bergarter bildas kloritmineralen ofta sekundärt genom vittering av biotit och hornblände, vilka bidrar med Fe- och Mg-joner till den fasta lösningsserien mellan chamosit (Fe-rik klorit) och klinoklor (Mg-rik klorit) (Nesse 2012). Denna lösningsserie möjliggörs av TOT-strukturen bestående av oktahedrala och trioktahedrala skikt där utbytbara joner kan substituera för varandra (Persson 2007). Det har även visat sig att de olika kloritmedlemmarna kan sättas i förbindelse med särskilda tryck- och temperaturförhållanden. Mg-rika kloriter indikerar oftast ökande tryck- och temperaturförhållanden medan Fe-rika tyder på relativt lägre tryck och temperaturer (Blatt et al. 2006).

Från den kemiska analysen visade sig den antagna kloriten innehålla både järn och magnesium. Beräkning av katjonförhållanden och sökning i mineraldatabaser antydde att det skulle kunna vara mineralet berthierin, tillhörande kaolinit-serpentin gruppen.

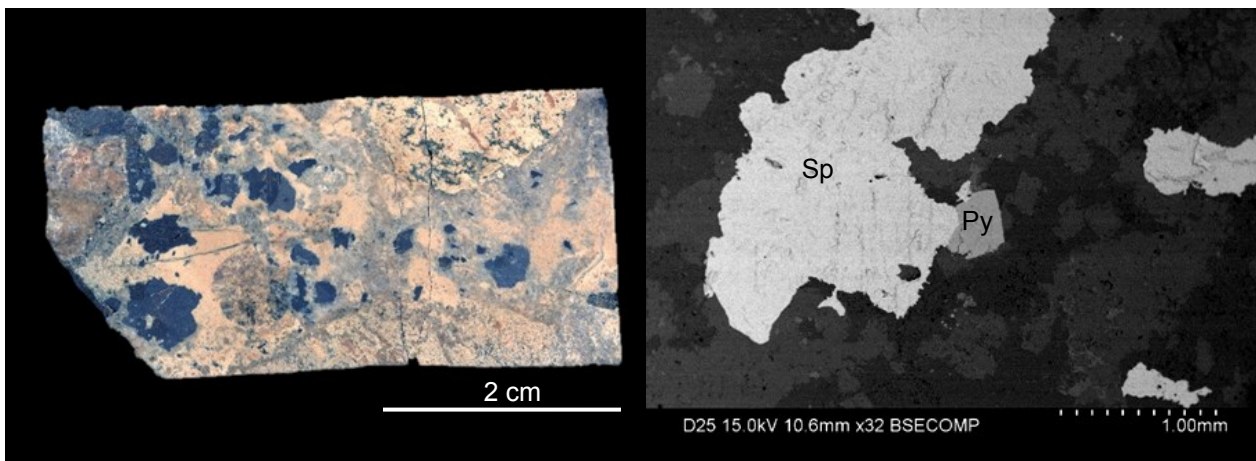


Fig. 15. A. prov D-25 innehållande zinkblände och pyrit i en karbonatrick bergart. B. Zinkblände (Sp) och pyrit (Py) omgivet av karbonat, förstorat 32 ggr.



Fig. 16. Epidotfyllda förkastade sprickor i mörkröd gnejs. Sprickan till vänster är något mörkare jämfört med sprickan till höger. Skillnaden i färg kan antingen bero av olikheter i mineralets kemiska sammansättning eller att den ljusare varianten innehåller albit och kalifältpat. Tunna sprickor, antagligen av kvarts, skär den ljusare epidoten. Även någon enskild öppen spricka förekommer.

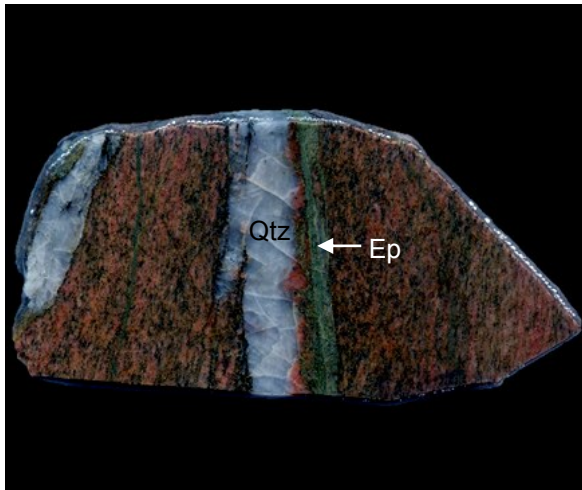


Fig. 17. Bredare kvartsfylld spricka med subparallella epidotsprickor. I prov D-8, tillhörande samma stuff, skär epidoten kvartsen. Se appendix.

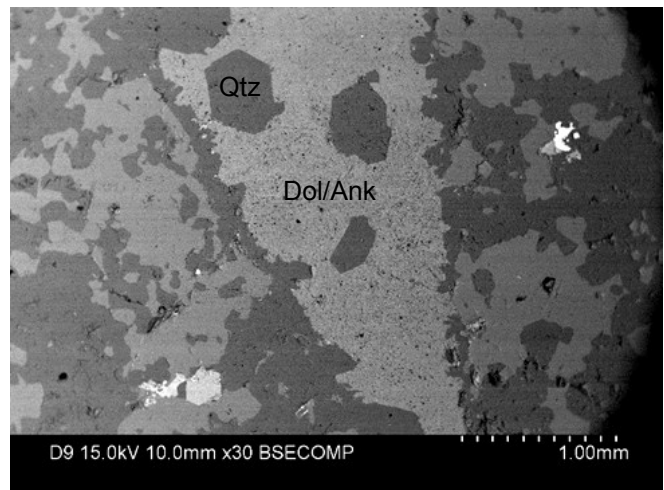


Fig. 18. I denna 30 gånger förstörade BSE-bild syns kvartskristallernas (Qtz) hexagonala form sticka upp genom karbonaten (Dol/Ank).

Däremot anses dess förekomst vara mest vanlig i marina sediment, i lateritjordar eller polarjordar (Hudson Institute of Mineralogy 2015) vilket inte stämmer in särskilt bra på de geologiska förhållandena i stembrottet. Det skulle även kunna röra sig om mineralserier mellan chamosit och klinoklor som är Mg-respektive Fe-medlemmarna i kloritgruppen. Dock stämde inte den kemiska analysen så bra in på någon av dessa.

5.9. Gips, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ eller anhydrit, CaSO_4

Både gips och anhydrit hittas vanligen i marina evaporitavlagringar och förutom med varandra är de även associerade med kalcit, dolomit och halit. De båda mineralen uppträder relativt ofta i hydrotermalt omvandlade kalkstenar och dolomiter samt i det oxid-

erade yt nära skiktet av sulfid avlagringar med samma ursprung (Nesse 2012). Dessa sulfatmineral är relativt svåra att skilja åt och eftersom den kemiska analysen från SEM inte inkluderar väte, blir det ännu svårare att avgöra vilket av mineralen som framträder i prov H-1 (figur 20).

5.10. Lermineral

Denna mineralgrupp kunde observeras i flertalet av de insamlade proven, bland annat som matrix i breccierade bergarter (se figur 21) i några av de sprickzoner som fanns i stembrottet. Det finns troligen en hel del lermineral i proverna men på grund av den begränsade tiden prioriterades analyser av prover rikare på andra mineral. Dock identifierades en grupp av lermineral i analysen av prov D-9. Denna har tolkats som illitgruppen (ljusa områden i figur 22).

Illit-gruppen $(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2(Si,Al)_4O_{10}[(OH)_2,(H_2O)]$ bestående av icke-svällande mineral som strukturellt liknar glimmermineralen med två tetragonala skikt och ett oktahedralet skikt där emellan, en så kallad TOT-struktur. Vittring av fältspater, nedbrytning av muskovit och andra lermineral som ger omgivningen högre koncentrationer av Al och K gynnar bildningen av illit (Persson 2007).

5.11. REE-förande mineral

Bland de mineral som påträffades i mindre mängd och utbredning av de funna sprickmineralen finns det en intressant mineralgrupp som innehåller sällsynta jordartsmetaller (REE). Dessa består av 17 metalliska grundämnen med liknande kemiska och fysikaliska egenskaper. De förekommer oftast i små koncentrationer, tillräckligt för att inte vara brytvärda, därav namnet. En av de primära förekomsterna utgörs av magmatiska och hydrotermala miljöer där anrikning eller separation kan ske genom fluider. I dessa sammanhang är de ofta associerade med kvarts- och fluoritförande ådror, brecciazoner, pegmatiter och skarn. Ansamling och omfördelning av grundämnena kan även ske genom vittring av värdbergarter och andra ytliga markprocesser (Reginiussen et al. 2011).

De sällsynta element som identifierades i SEM-analysen har kopplats till ett av de vanligaste REE-förande mineralen, monazit $(Ce,La,Y,Th)PO_4$. Enstaka korn av detta upptäcktes i en karbonatfylld spricka tillhörande prov D-12. I figur 19 från prov D-9 identifierades några REE-rika mineral, antagligen monazit, i ett hålrum innehållande klorit och omgivet av euhedralet kvartskrystaller. Vidare påträffades även okända REE-mineral i form av karbonat i en fluoritfylld spricka i prov D-16 (spektrum visas i figur 23) och tillsammans med pyrit i prov D-23 och D-25, bundet till fosfat.

6. Sprickanalys

Många av sprickmineralen i den här undersökningen förekommer tillsammans med andra mineral enligt beskrivningarna i resultatet ovan. De som existerar tillsammans kan kopplas till olika generationer av spricksystem. En del sprickmineral är vanligare eller förekommer endast i vissa bergartsprover, vilket kan bero på att bergarten antagligen är tidsmässigt länkad till en viss sprickgeneration. Ett tydligt exempel på det är de kraftigt deformerade epidotsprickorna som förekommer i den mörkröda gnejsen.

En sammanställning av vilka mineral som identifierats i de olika proverna redovisas i tabell 1. Här är de även indelade efter vilken bergartstyp proverna utgörs av för att se om det går att dra några slutsatser om ett visst sprickmineral är kopplat till en viss bergartstyp. Bergarterna är emellertid bara beskrivna utifrån deras utseende och textur (se appendix). Ingen djupgående bergartsklassifikation har gjorts då det ligger utanför omfattningen av detta arbete. Genom att följa kolumnerna i tabellen visas det antingen om mineralen har

hittats i sprickorna och bekräftats med SEM/EDS (gröna fält) eller om de observerats men utan någon närmre undersökning (brandgula fält).

För att tolka vilka olika sprickgenerationer som existerar och hur de förhåller sig till varandra har främst skärande sprickförhållanden, innehållande mineral, strukturer och till viss del kemisk sammansättning används som indikatorer. Ett annat användbart sätt att skilja sprickgenerationer åt är jämförelser mellan olika sprickriktningar. Bergerat et al. (2007) har gjort en relativt omfattande undersökning om den spröda deformationen och paleostressriktningar i Tornquistzonen. Den givna informationen får representera sprickriktningarna i det här arbetet då inga egna mätningar har gjorts. De generella sprickriktningarna som påvisas kan endast svara mot ett storskaligt perspektiv och gäller inte för de enskilda provernas sprickor då dessa kommer från sprängda block och har därför förlorat sin relation till berggrunden. Emellertid brukar storskaliga företeelser även uppträda i mindre skala varför de generella sprickriktningarna även antas kunna representera de småskaliga sprickorna i Dalby stenbrott.

Genom att lägga samman de ovannämnda faktorerna går det att dra vissa slutsatser om hur mineralen relativt kan förhålla sig till varandra i ålder. Totalt sett verkar det finnas fyra olika spricksystem, möjligen något till beroende på hur de delas upp:

1. Breda kvartsfyllda sprickor som korsas av ljusgrön epidot (se appendix, D-8). Den ljusgröna epidoten korsar även den mörkare varianten av epidot men tillsammans är de förkastade enligt samma mönster (figur 16). Så gott som odeformerade och tunnare små kvartsfyllda sprickor skär genom den ljusa epidoten. I prov D-16 har ett område identifierats där den ljusa epidotvarianten och en tunn kvartsspricka övergås tillsammans av en fluoritförande spricka i den mörkröda gnejsen. Även små kantiga fragment från gnejsen förekom i sprickan. Hur dessa förhållanden är kopplade till de andra bergartstyperna innehållande fluorit kan vara svårt att säga eftersom det kan ha funnits olika generationer av fluoritbildning. I figur 24 syns epidot till vänster och fluorit till höger på ungefärligt vinkelräta sprickytor.
2. I den mörka gnejsen förekommer även en fas med kalksprickor som skär över den ljusa epidoten. Det finns två varianter av kalksprickorna där den ena påminner mer om ådring då den slingrar sig tvärs över epidoten jämfört med de raka kalksprickorna (figur 9). De raka sprickorna förekommer i olika riktningar och skär även varandra, vilket tyder på flera generationer av kalkitbildning. Svårt att se vilken av kalkitfyllnaderna som är äldst och hur de är kopplade till fluoriten.
3. De karbonatförande systemen som finns i de lite ljusare bergarterna verkar tillhöra en egen

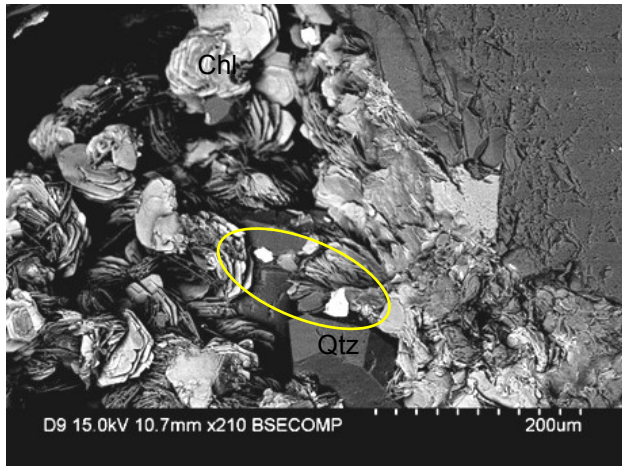


Fig. 19. BSE-bild över ett litet hålrum i prov D-9, innehållande flakiga kloritkorn (Chl) vilka genomborras av euhedra kvartskristaller (Qtz). Mitt i detta sitter ett par ljusa REE-rika mineral (inringade).

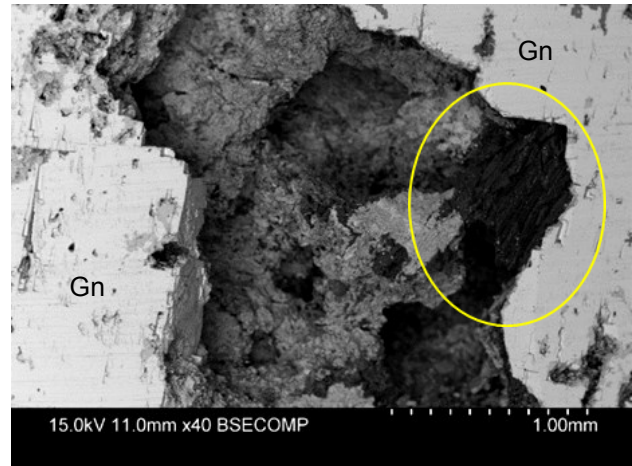


Fig. 20. Hålrum i prov H-1 innehållande gips/anhydrit (inringad), omgivet av blyglans (Gn).

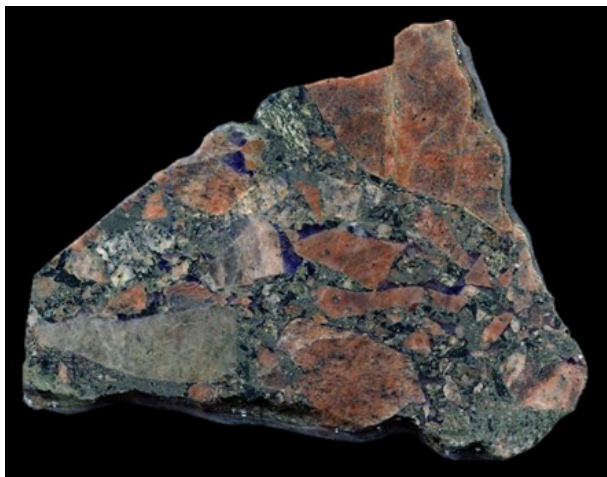


Fig. 21. Bergartsprov D-19 från breccierad sprickzon, innehållande olika bergartsfragment och violett fluorit samt lermineral som matrix.

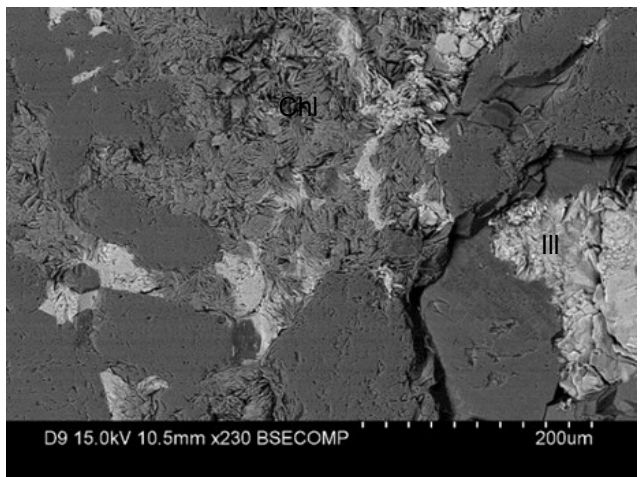


Fig. 22. Samexisterande kloritmineral (Chl) och illit, det ljusa mineralet (Ill) i bergartsprov D-9.

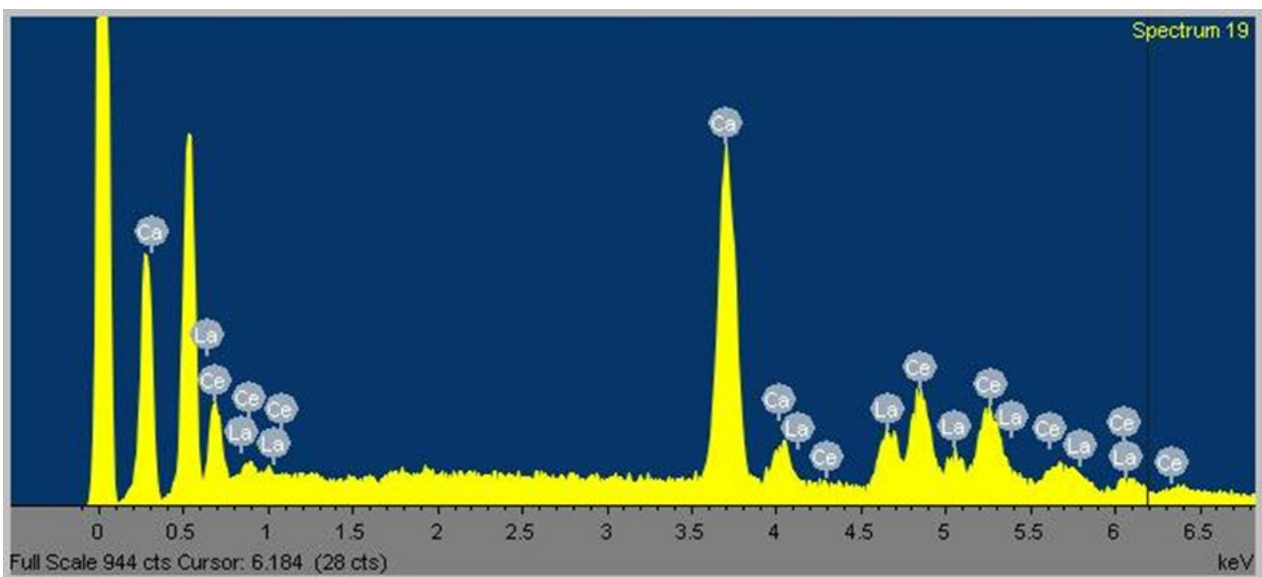


Fig. 23. Spektrum av okänt REE-mineral, antagligen karbonatmineral då L-toppen för Ca överlappar med K-toppen för C.

Tabell 1. Tabellen visar spräckmineralens förekomst i prov av olika bergartstyper. I appendixet ges en närmare beskrivning av bergarterna och proverna visas i större format med skala.

	Bergartsfördelning och prover																										
	Mörkröd gnejs med deformerade sprickor		röd gnejs		Ljusröd gnejs med mörka partier och ådringar		Mafisk finkornig bergart		Mörkröd gnejs		Breccia		Ljusgrå fragmenterad bergart		Meta-porfyr? Breccia?		Finkornig bergart med kalcitkristaller		Breccia								
	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9	D-10	D-11	D-12	D-13	D-14	D-15	D-16	D-17	D-18	D-19	D-20	D-21	D-22	D-23	D-24	D-25	H-1	
Spräckfyllnad																											
Kalcit																											
Ankerit/dolomit																											
Epidot																											
Fluorit																											
Pyrit																											
Hematit																											
Blyglans																											
Blyoxid																											
Zinkblände																											
Zinkit																											
Kvarts																											
Klorit-gruppen																											
Gips/ anhydrit																											
Lermineral																											
REE-mineral																											
Öppen pricka/hålrum																											
Synligt i stuff eller identifierat i analys																											
Möjlig/trolig förekomst, ej analyserat																											
SEM-analyserat prov																											

generation med tanke på den annorlunda kemiska sammansättningen. Här domineras karbonaterna istället för kalcit av den Mg-Fe-Mn-rika typen, med huvudsaklig sammansättning mellan dolomit och ankerit. Vanligen är karbonater som innehåller dessa metaller bildade under högre temperaturer än ren kalcit (Persson 2007). I de SEM-analyserade proverna påträffades karbonaten som inre fyllnad i kvartsklädda och delvis kloritförande sprickor. Av dessa mineral var kvartsen tydligt äldre då euhedrala kristaller sträckte sig igenom både kloriten och karbonaten (se figur 18 och 19). Gemensamt för dessa karbonater och fluoritsprickor är att de innehåller flertalet av de REE-förande mineralkorn som påträffats. Om det endast finns en generation av fluorit kan den anses vara yngre än karbonaterna, i alla fall enligt proven D-20 och D-21 (se figur 10 och appendix), troligen finns även en äldre generation.

4. Slutligen är där "sulfidgenerationen" som antingen bildar egna sprickfyllnader eller existerar med Mn-förande kalcit. Både pyrit, zinkblände och blyglans verkar finnas tillsammans i något av de sulfidförande proverna. Hur dessa förhåller sig till fluoriten är lite oklart då dessa



Fig. 24. Epidot (Ep) och fluorit (Fl) på vinkelrät korsande spricktytor.

inte har identifierats tillsammans. Det är däremot känt från gruvor bl.a. utanför orterna Gladsax och Onslunda på Österlen att blyglans och flusspaten existerar tillsammans (Erlström et al. 2004). Det kan därför möjligtvis bara vara en tillfällighet att de inte förekom tillsammans i prover från Dalby stenbrott, om inte de tillhör olika sprickgenerationer. Vad gäller sprickminerali seringarna på Österlen tros blyglansen och fluoriten tillhöra samma spricksystem. Deras bildning har främst kopplats till den Permiska extensionsrörelsen av Johansson & Rickard (1982) då de intrusiva gångbergarterna värmdes upp stora delar av berggrunden vilket inducerade kontakt-metamorfa och hydrotermala förhållanden. Då uppvärmt grundvatten började röra sig i spricksystemen lösas olika grundämnen ut från berggrunden för att senare fällas ut (Erlström et al. 2004). Men om sulfiderna och fluoriten i Dalby stenbrott är från samma tidsperiod går bara att spekulera i utan absolut datering. Det kan dock konstateras att denna extensiva period är ett mycket viktigt avsnitt i områdets sprickutveckling.

7. Diskussion

7.1. Sprickmineraliseringar och bildningsförhållanden

Denna inventering har visat att berggrundens sprickor innehåller en relativt stor variation av olika mineral. Både vanliga bergartsbildande, några av de vanligaste malmbildande mineralen och en del mindre vanliga mineral. Mineralens relationer till varandra talar för att bildningsförhållandena har varierat vid olika tidpunkter under berggrundens utveckling. Möjligheten för att vissa sprick-generationer sträcker sig ännu längre tillbaka i tiden än själva bildningen av TZ är stor då tidigare bergskedjebildning haft stor påverkan på områdets berggrund. De deformerade epidotsprickorna tillhör antagligen en av dessa tidiga generationer och därmed den äldsta sprickgenerationen som påträffats i proverna eftersom inga andra av sprickmineralen är så kraftigt deformerade. Möjligen bildades denna epidotgeneration redan under Svekonorvegiska deformationen? De rakare epidotfyllda sprickorna (se appendix D-8) tillhör därför inte samma generation och är troligen lite yngre.

Förutom den strukturella skillnaden mellan olika sprickmineral gick det även att se kemisk skillnad i deras sammansättning, främst gällande karbonaterna, lermineralen och kloriten. Vilka av karbonaterna som är äldre eller yngre än den andra går dock inte att säga eftersom de inte hittades tillsammans i något prov. Utan här dras endast slutsatsen att de är bildade under olika omständigheter, ankeriten/dolomiten vid relativt höga temperaturer och kalciten över ett bredare temperaturintervall. Det utesluter dock inte att kalciten kan ha bildats även vid högre temperaturer. Här kan det också förekomma flera generationer av t.ex. kalcit.

Speciellt betydelsefulla verkar de olika extensionsfaserna varit under Tornquistzonens utveckling då det huvudsakligen är dessa som gett upphov till den uppspruckna berggrunden. Detta har även gjort det möjligt för diabasgångar att värma upp urberget så olika grundämnen satts i rörelse. Därför är det också möjligt att hydrotermala processer har gett upphov till mineraliseringarna. Även senare kompressions och inversionstektoniska förhållanden, under Kenozoikum, har bildat sprickssystem i vilka mineral har kristalliserat.

Det går inte att återge endast en bildningsmiljö då mineralen har bildats vid olika perioder under komplexa tektoniska rörelsemönster. Utan flera olika bildningsmiljöer har haft betydelse för mineralens bildning. Många av mineralen som identifierats tillsammans är vanligen associerade med hydrotermala bildningar. Mineralen indikerar låga metamorfa förhållanden med låga tryck- och temperaturer (zeolitfacies/subgrönskifferfacies till amfibolitfacies). Därför kan slutsatsen dras att de flesta sprickmineraliseringarna har bildats under hydrotermala förhållanden.

Det är sannolikt att det finns flera oupptäckta sprickmineral finns i berggrunden. För att fastställa detta krävs ytterligare undersökningar som kan relatera mineralen till de olika sprickgenerationerna.

7.2. Felkällor

Eftersom den här undersökningen är tänkt att innefatta sprickmineraliseringar i Sorgenfrei-Tornquistzonen kan det diskuteras hur pass representativ provsamlingsen har varit. Begränsningen till Dalby stenbrott och viss del till Hardeberga har dock varit nödvändig för att hålla arbetet inom ramarna för ett kandidatarbete. STZ har emellertid haft en mycket komplex utveckling vilket troligen har gett upphov till stora lokala variationer i sprickmineraliseringarnas sammansättningar. Även om prover inte har kunnat samlas in och analyserats från fler platser finns det mycket tillgänglig information från tidigare undersökningar.

Vetenskap ska enligt norm göras så objektiv som möjligt för att få ostörda och pålitliga resultat. Metoden är därför en viktig del för att bidra till detta. Insamlingen av prover har dock varit relativt subjektiv i den här undersökningen. Eftersom syftet var att studera sprickmineral var en förutsättning att det existerade sprickor i de prov som samlades in. Ifall insamlingen hade utförts med en slumpvis metod finns risken att sprickmineralen varit under-representerade i jämförelse med den kontrollerade metoden. Risken att ett eller flera mineral hade blivit förbipasserat skulle dessutom blivit större. Detta faktum kvarstår likväl med den använda metoden och troligen även om en mer omfattande studie hade gjorts.

Det är möjligt att ytterligare bearbetning av provmaterialet hade gett bättre analyser i svepelektronmikroskopet. Även om ingen finpolering gjordes blev BSE-analyserna relativt bra. De kemiska proportionerna stämde överens i de flesta fall överens med de antagna mineralens kemi.

7.3. Vidare undersökningar

Det skulle kunna göras ytterligare undersökningar inom området där fler lokaler längs STZ inkluderas. Följaktligen skulle en sådan undersökning även kunna relatera mineralogin till stressriktningen genom *in situ* provtagning längs sprick- och förkastningszoner. Detta skulle kanske kunna vara användbart verktyg som en del i bedömningen av grundvattnets kvalitet kopplat till berggrundens olika sprickssystem. Men kanske även inom geotermisk energiutvinning. Det bör här påpekas att dessa ändamål främst gäller för mer porösa bergarter än gnejsberggrunden

Så sent som förra året (2014) uppdragades förhöjda bly- och kadmiumhalter i grundvatten från enskilda brunnar kring Höör-trakten. Därför har SGU nyligen startat en undersökning för att ta reda på föroreningskällan. Mycket talar dock för att det är själva berggrunden som ligger bakom de höga halterna och inte är en mänskligt orsakad förorening (Lokaltidningen Mellanskåne 2015). Skulle dessa upptäckter kunna kopplas till de sprickgenerationer som påträffats i Dalby stenbrott och på Österlen eller kan det vara en egen bildning? Möjligen kan detta vara kopplat till den omfattande Mesozoiska och Kenozoiska vulkanismen som enligt Bergelin et al. (2011) ägde rum i flera olika faser och har efterlämnat många spår i området kring Höör. Förekomsten av tungmetallerna i grundvattnet i Höör är ett tydligt exempel på att kunskap om sprickmineraliseringar är av betydelse inom medicinsk geologi. Även mineralprospektering har varit aktuellt och ett livligt debattämne på senare år, gällande den Skånska berggrunden. Prospekteringsbolag har visat intresse för Österlens mineraliseringar under sent 1990-tal och början av 2000-talet och fått undersökningstillstånd från Bergsstaten. Detta drogs senare tillbaka efter stora protester från lokalbefolkning och turister. Med det lämnas Sorgenfrei-Tornquistzonens sprickmineraliseringar relativt utforskade.

8. Slutsatser

- ♦ Totalt har 15 olika mineral och mineralgrupper identifierats i de insamlade proven vilka har kunnat delas in i minst fyra olika sprickassociationer tillhörande olika generationer. Det är dock svårt att säga om och hur dessa är primärt kopplade till värdbergarterna.
- ♦ Den stora variationen av mineral kan härledas till utvecklingen av området i Tornquistzonen. Då området har en komplex historia med många olika deformationsfaser är det mest troliga att olika mineral har bildats under olika tidpunkter.
- ♦ Den generella bildningsmiljön kan utifrån de förekommande mineralen tolkas som hydrotermal, huvudsakligen i lägre metamorfa grader som grönskifferfacies och zeolitfacies. Detta kan dock variera mellan olika sprickgenerationer.

- ♦ En utökad studie samt vidare bearbetning av insamlat material kan ge säkrare resultat och mer kunskap om Skånes och Tornquistzonens sprickmineraliseringar.

9. Tack

Med stor uppskattning tackar jag min handledare professor Leif Johansson för given möjlighet att fått utföra ett mycket intressant och lärorikt examensarbete. Ditt engagemang, din vägledning och kunskap har varit oerhört betydande, likaså all hjälp med materialinsamling och analys. Jag tackar även Britta Smångs för ditt tålamod samt hjälp med EndNote och referenser, Anders Lindskog för visat engagemang. Sist men inte minst ska min familj och underbara vänner ha många tack för att ni alltid ställer upp och stöttar när det behövs. Ett extra tack ska Andreas Schouten ha för hjälp med korrekturläsning.

10. Referenser

- Appelquist, K., Cornell, D. & Brander, L., 2008: Age, tectonic setting and petrogenesis of the Habo Volcanic Suite: Evidence for an active continental margin setting for the Transscandinavian Igneous Belt: *Gff* 130, 123-138.
- Barthelmy, D., 2012a: Massicot Mineral Data. Hämtad 2015-05-22, från <http://webmineral.com/data/Massicot.shtml#.VWL LN0aZhUo>.
- Barthelmy, D., 2012b: Plattnerite Mineral Data. Hämtad 2015-05-22, från <http://webmineral.com/data/Plattnerite.shtml#.VW LMgkZhUo>.
- Barthelmy, D., 2012: Rhodochrosite mineral data. Hämtad 2015-05-14, från <http://webmineral.com/data/Rhodochrosite.shtml#.VVRrkpOZhUo>.
- Bergelin, I., Obst, K., Soderlund, U., Larsson, K. & Johansson, L., 2011: Mesozoic rift magmatism in the North Sea region: Ar-40/Ar-39 geochronology of Scanian basalts and geochemical constraints: *International Journal of Earth Sciences* 100, 787-804.
- Bergerat, F., Angelier, J. & Andreasson, P.-G., 2007: Evolution of paleostress fields and brittle deformation of the Tornquist Zone in Scania (Sweden) during Permo-Mesozoic and Cenozoic times: *Tectonophysics* 444, 93-110.
- Bicocchi, G., Monterossi, G., Ruggier, G., Bucciatti, A. & Vaselli, O., 2011: Modeling composition of Ca-Fe-Mg carbonates in a natural CO₂ reservoir. In: J. J. Egozcue, R. Tolosana-Delgado & M. I. Ortego (red.) *Proceedings of the 4th International Workshop on Compositional Data Analysis*. Sant Feliu de Guixols, Griona, Spain, CODAWORK'11. 16 sid.
- Blatt, H., Tracy, R. J. & Owens, B. E., 2006: *Petrology : igneous, sedimentary and metamorphic*. Freeman, New York. 530 sid.
- De Nationale Geologische Undersøgelser for Danmark og Grønland, (GEUS), 2011: Bornholm-Skåne regionens tektoniske udvikling. Jordskælv i Sorgenfrei-Tornquist zonen? GEOVIDEN, Geologi og Geografi. Geocenter Danmark, 20 sid.
- Erlström, M., Sivhed, U., Wikman, H. & Kornfält, K.-A., 2004: Af 212-215 Beskrivning till berggrundskartorna 2D Tomelilla NV, NO, SV, SO / 2E Simrishamn NV, NO / 1D Ystad NV, NO / 1E Örnahusen NV. Serie Af - Berggrundskartor och geofysiskkartor med beskrivning i skala 1:50 000, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). 144 sid.
- Erlström, M., Thomas, S. A., Deeks, N. & Sivhed, U., 1997: Structure and tectonic evolution of the Tornquist Zone and adjacent sedimentary basins in Scania and the southern Baltic Sea area: *Tectonophysics* 271, 191-215.
- Hudson Institute of Mineralogy, 2015: Berthierine. Hämtad 2015-05-12, från <http://www.mindat.org/min-639.html>.
- Klein, C. & Dutrow, B., 2007: *The manual of mineral science : (after James D. Dana)*. Wiley, New York. 704 sid.
- Lokaltidningen Mellanskåne. 2015: Fortsatt undersökning av metallrikt vatten. Hämtad 2015-05-22, från <http://mellanskane.lokaltidningen.se/fortsatt-undersokning-av-metallrikt-vatten-/20150418/artikler/150419832>.
- Nesse, W. D., 2012: *Introduction to mineralogy*. Oxford University Press, USA, New York, NY. 448 sid.
- Norling, E. & Bergström, J., 1987: Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution of Scania, southern Sweden: *Tectonophysics* 137, 7-19.
- Pan, M., Sjöberg, L. E. & Talbot, C. J., 2001: Crustal movements in Skåne, Sweden, between 1992 and 1998 as observed by GPS: *Journal of Geodynamics* 31, 311-322.
- Pan, M., Sjöberg, L. E., Talbot, C. J. & Asenjo, E., 2009: GPS measurements of crustal deformation in Skåne, Sweden, between 1989 and 1996: *Gff* 121, 67-72.
- Persson, L. & Göransson, M., 2010: K299 Beskrivning till bergkvalitetskartan Romeleåsen. *Serie K - Kartor och beskrivningar inom alla ämnesområden*, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). 28 sid.
- Persson, L. & Göransson, M. 2011: K299 Bergkvalitetskartan Romeleåsen. [Kartografiskt material]. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). Uppsala.
- Persson, T. 2007: *Sprickmineralogisk undersökning av borrhämnor från Götatunneln och Nygårdatunneln*. B516. Göteborgs universitet, Göteborg. 86 sid.
- Reginiussen, H., Hildebrand, L., Larsson, D., Hallberg, A., Åkerhammar, P. & Islamovic, M., 2011: Mineralmarknaden Tema: Specialmetaller. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), Rapport 2011:1, Uppsala. 64 sid.

- Rimstidt, J. D. & Vaughan, J. D., 2014: Mineralogy Matters: Acid Mine Drainage. *ELEMENTS An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry and Petrology*. 153-154.
- Tegengren, F. R., 1924: *Sveriges ädlare malmer och bergverk*. Norstedt, Stockholm. 406 sid.
- Thybo, H., 2000: Crustal structure and tectonic evolution of the Tornquist Fan region as revealed by geophysical methods: *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 46, 145-160.
- Thybo, H., Berthelsen, A., Balling, N., Normark, E., Dahljensen, T., Heikkinen, P., Korhonen, H., Luosto, U., Hjelt, S. E., Komminaho, K., Yliniemi, J., Dickmann, T., Flueh, E. R., Meissner, R., Sadowiak, P., Thomas, S. A., Wever, T., Lund, C. E., Palm, H., Pedersen, L. B., Roberts, R. G., Elming, S. A., Hobbs, R. W., Klempner, S. L., Matthews, D. H., Snyder, D. B., Long, R., Matthews, T., Graham, D., Blundell, D. J. & Scottrobinson, R., 1993: Deep seismic-reflection refraction interpretation of crustal structure along BABEL profile-A and profile-B in the southern Baltic Sea. *Geophysical Journal International* 112, 325-343.
- Wikman, H., Sivhed, U. & Erlström, M. 1998: Af 194 Berggrundskartan 2C Malmö SO. [Kartografiskt material]. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), Uppsala.
- Åkesson, M., 2005: Inventering av förorenad mark Gruvor. Miljöavdelningen, Länsstyrelsen i Skåne Län. Rapport, 12 sid.

Appendix: Undersökningsmaterial och bergartsbeskrivningar

Nedan redovisas alla utom två av de bergartsprover som utgjort underlaget för studien. Proverna är nummerordnade och uppdelade i bergartsklasserna i enlighet med tabell 1. De prover som saknas är dels D-3 på grund av att det aldrig sågades då det bedömdes vara snarlikt D-6 och vad gäller D-24 skannades det aldrig eftersom de euhedra kalcitkristallerna skapade en ojämn yta. Dock visas ett fotografi av provet i figur 11B.

Följande prover består av en mörkröd, fin till medelkornig gnejs med kraftigt deformerade epidotfyllda sprickor. Små öppna sprickor förekommer också. D-4 gick sönder vid sågningen så har egentligen ingen öppen spricka även om det kan se så ut.

D-1



2 cm

D-2



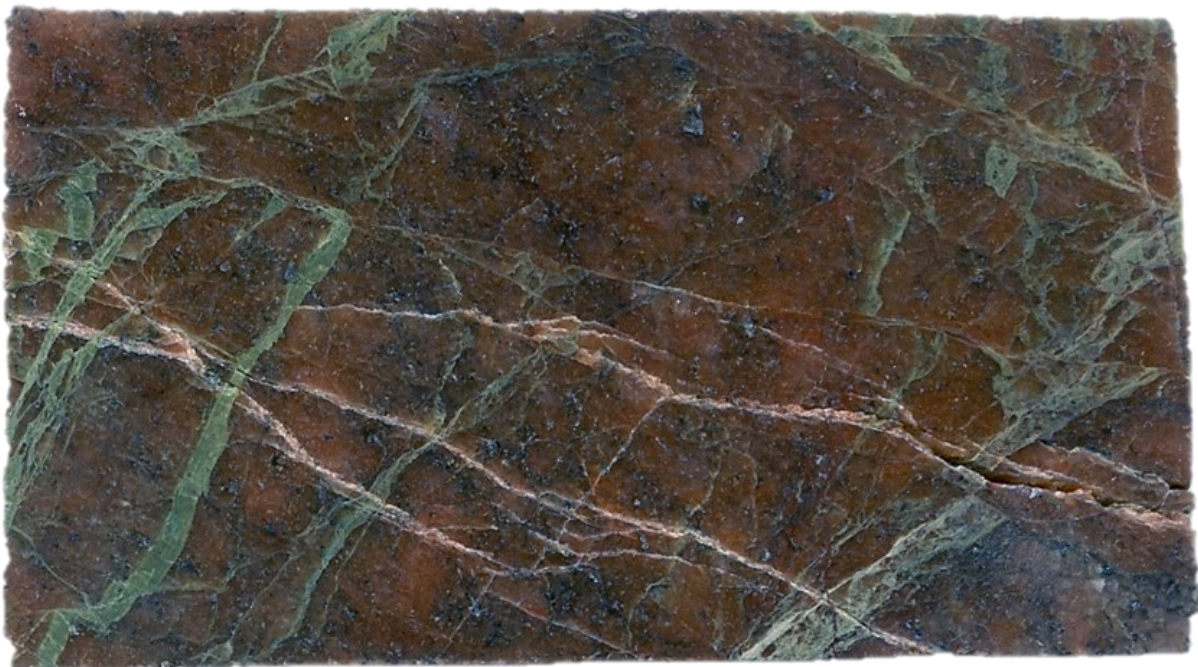
2 cm

D-4



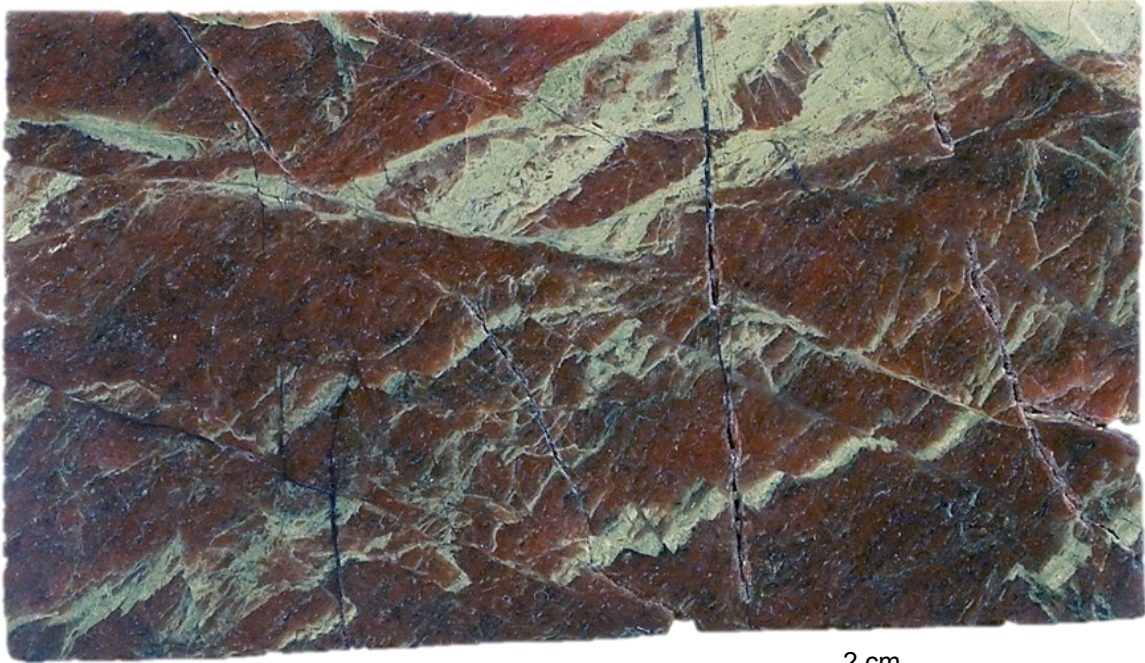
2 cm

D-5



2 cm

D-6



D-7



Detta prov utgörs av en lite ljusare gnejs än de ovannämnda och sprickorna är ej påverkade av senare deformation. Därför har dessa sprickmineral bestämts tillhöra en egen klass.

D-8



2 cm

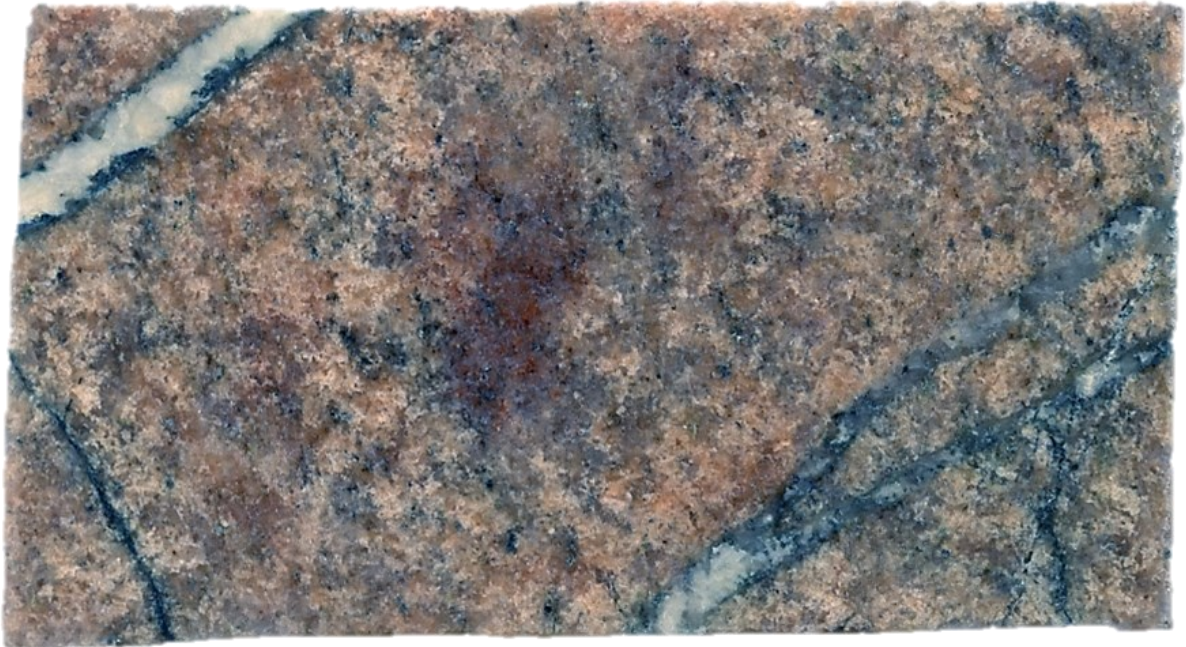
Nästkommande bergartsgrupp beskrivs som en ljusröd fin till medelkornig gnejs med mörkare partier och grovkorniga granitiska ådringar. Relativt uppsprucken med bland annat kvarts, karbonat och kloritfyllda sprickor.

D-9



2 cm

D-10



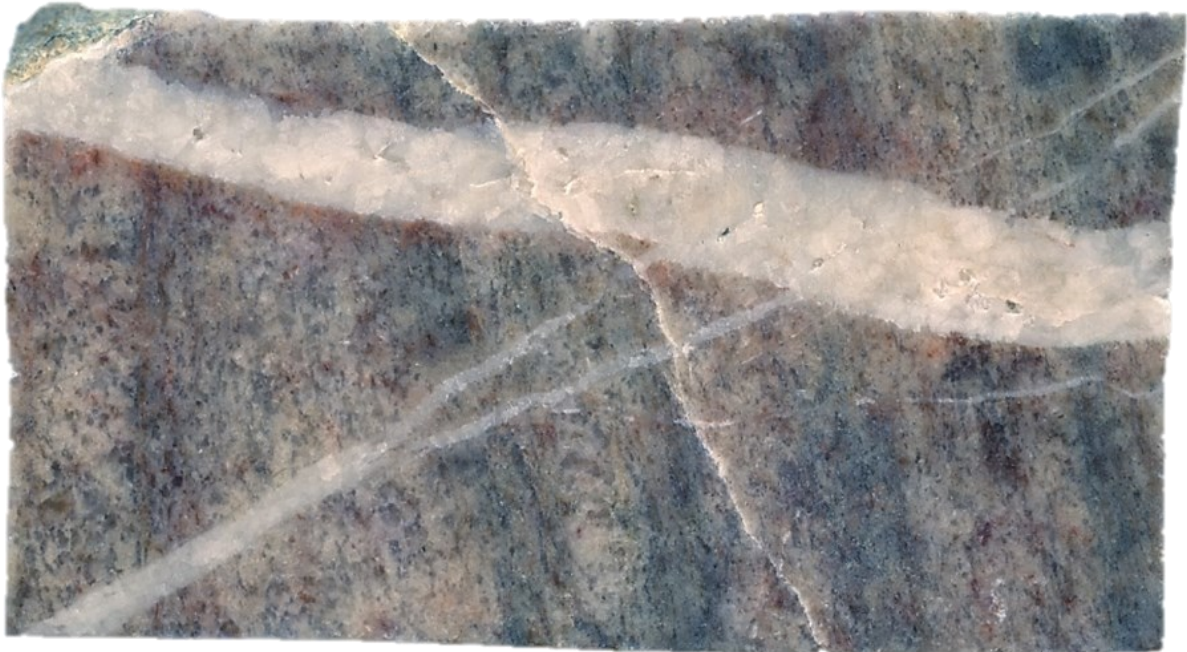
2 cm

D-11



2 cm

D-12



2 cm

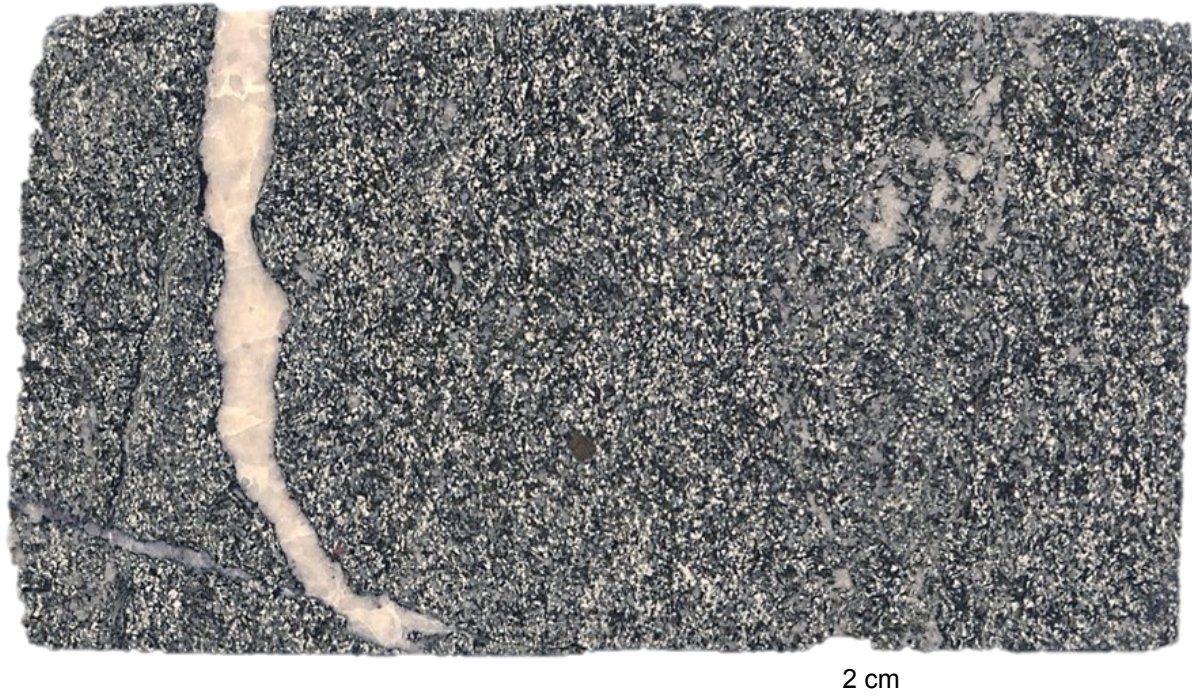
D-13



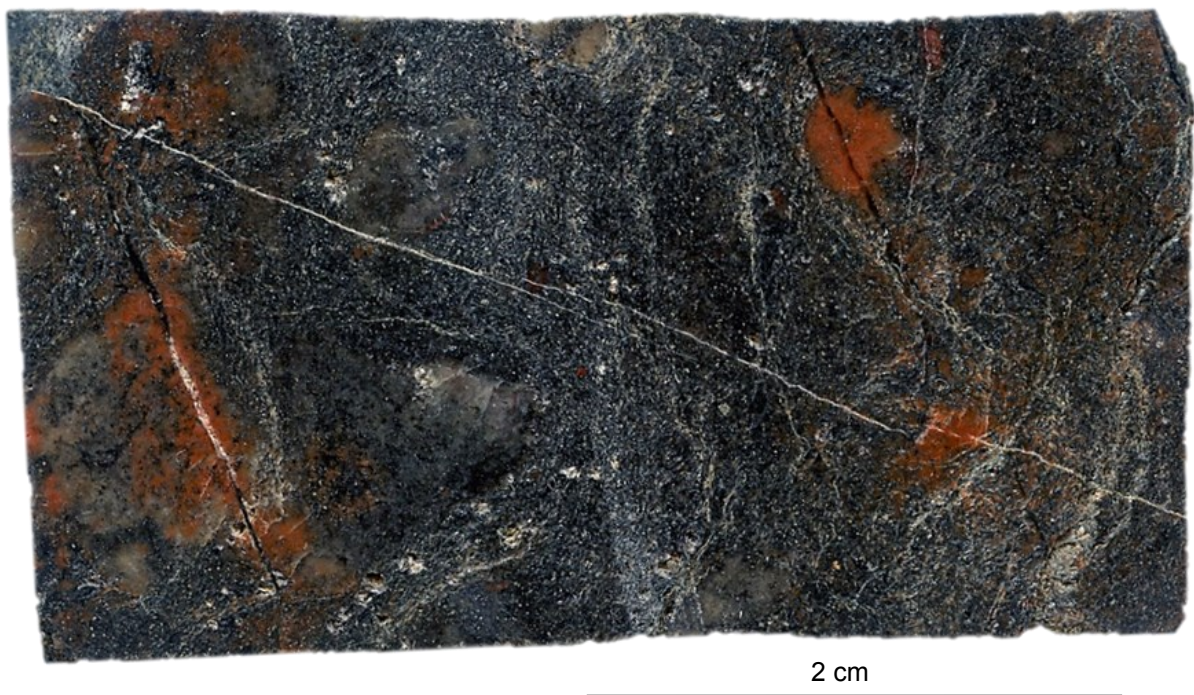
2 cm

Proverna D-14 och D-15 har bedömts vara en mafisk finkornig bergart. D-14 innehåller en större andel felsiska korn samt ställvisa pyritkorn. D-15 ser ut att innehålla fragment från en mer felsisk bergart (gnejs), kan möjligen vara av porfyriskt ursprung.

D-14

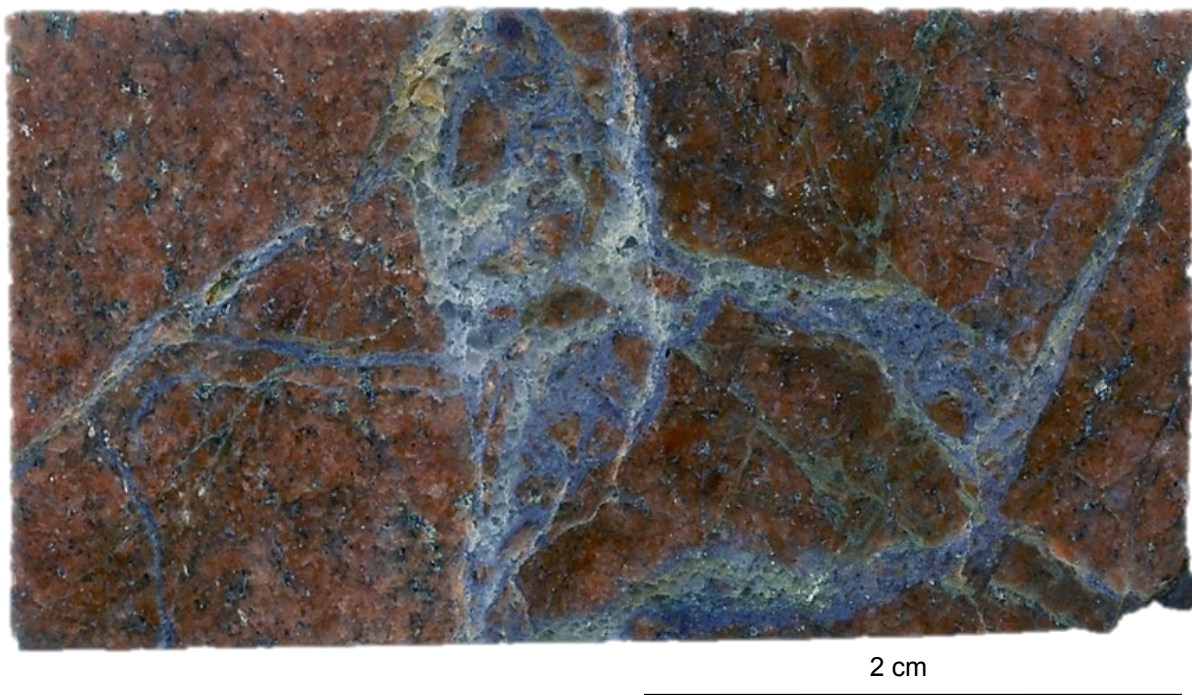


D-15

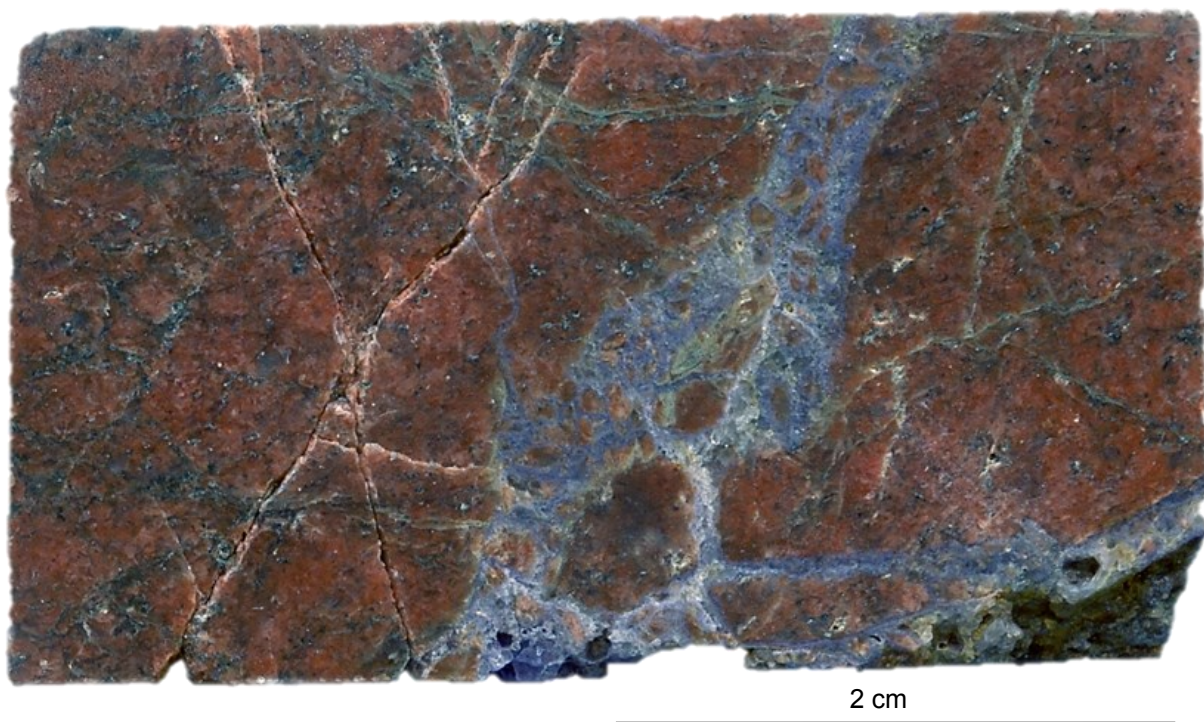


Här följer en mörkröd fin till medelkornig genjs. Mindre deformerade epidotsprickor förekommer och skärs av större sprickor fyllda av bergartsfragment och fluorit.

D-16

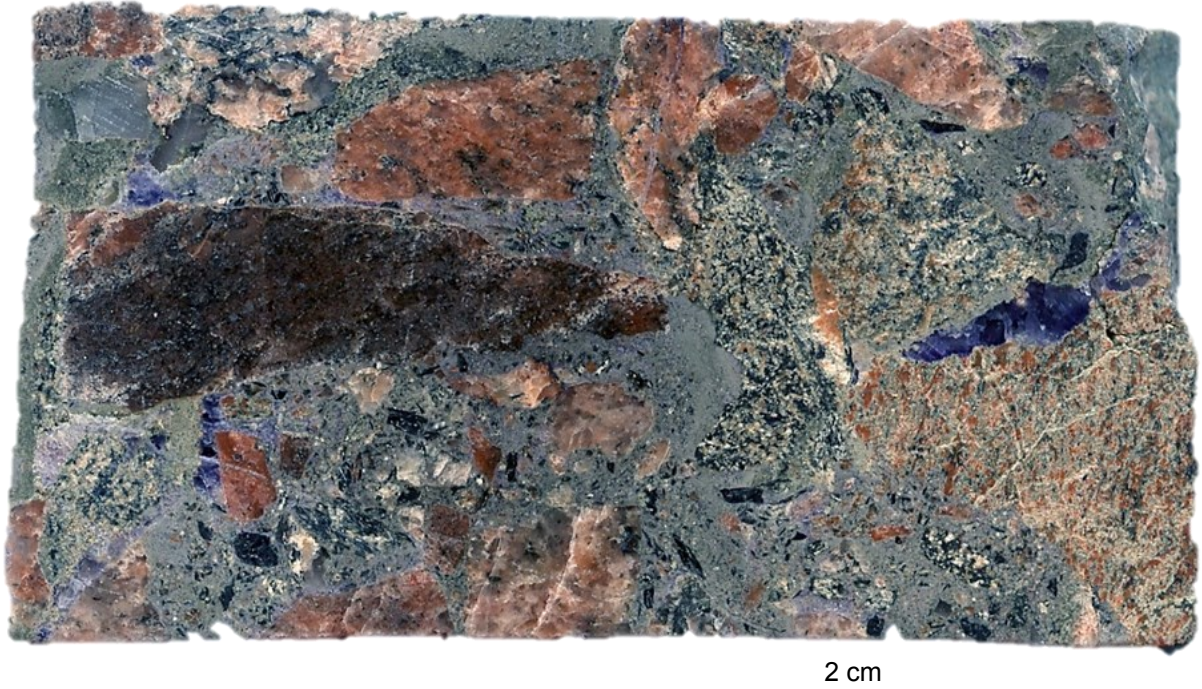


D-17

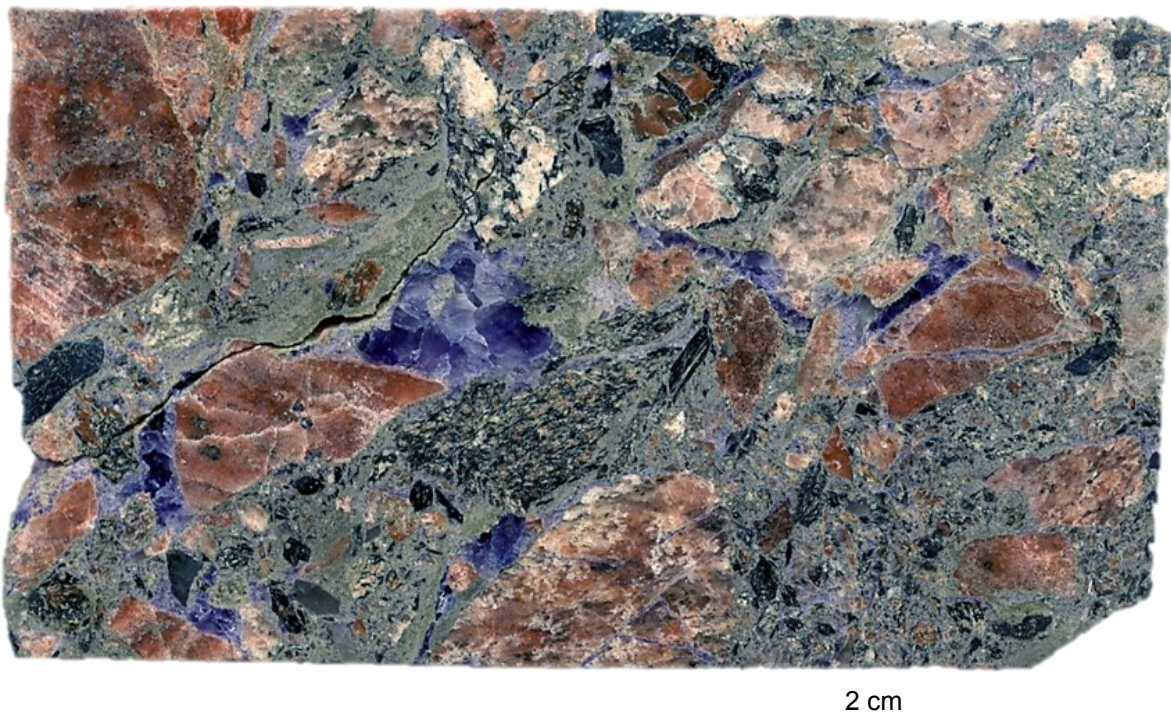


Följande prover har bedömts vara en breccia. Tankar om att det är ett konglomerat har också funnits på grund av de olika bergartsfragmenten, dock anses dessa vara för kantiga. Det grå matrixet är rikt på lermineral och en del violett fluorit förekommer.

D-18

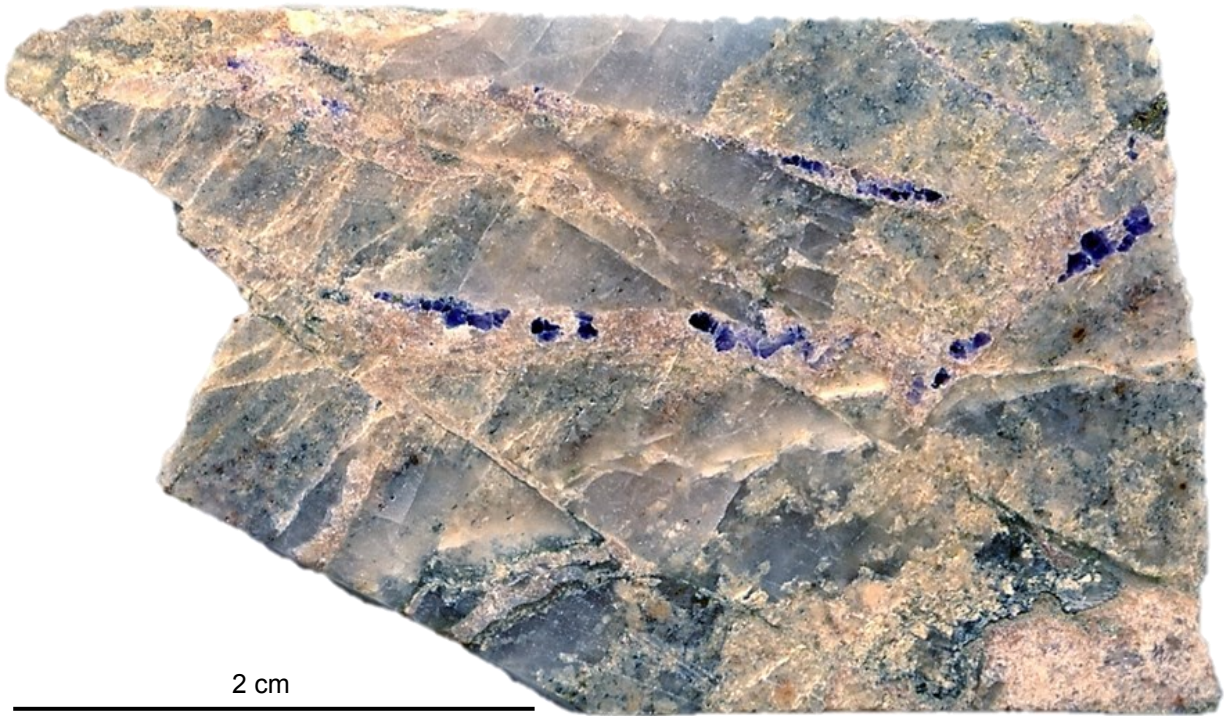


D-19

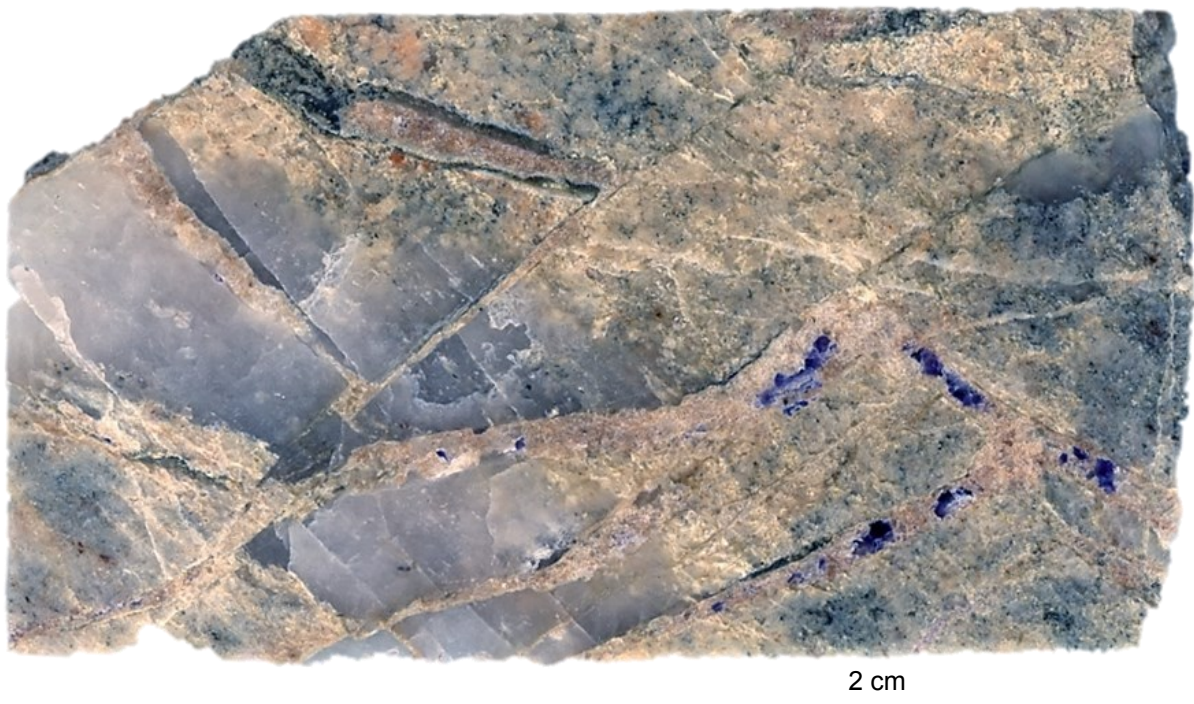


Dessa prover består av en ljus gråaktig fragmenterad bergart med grovkornig kvarts. Sprickorna är fyllda med karbonat och fluorit.

D-20

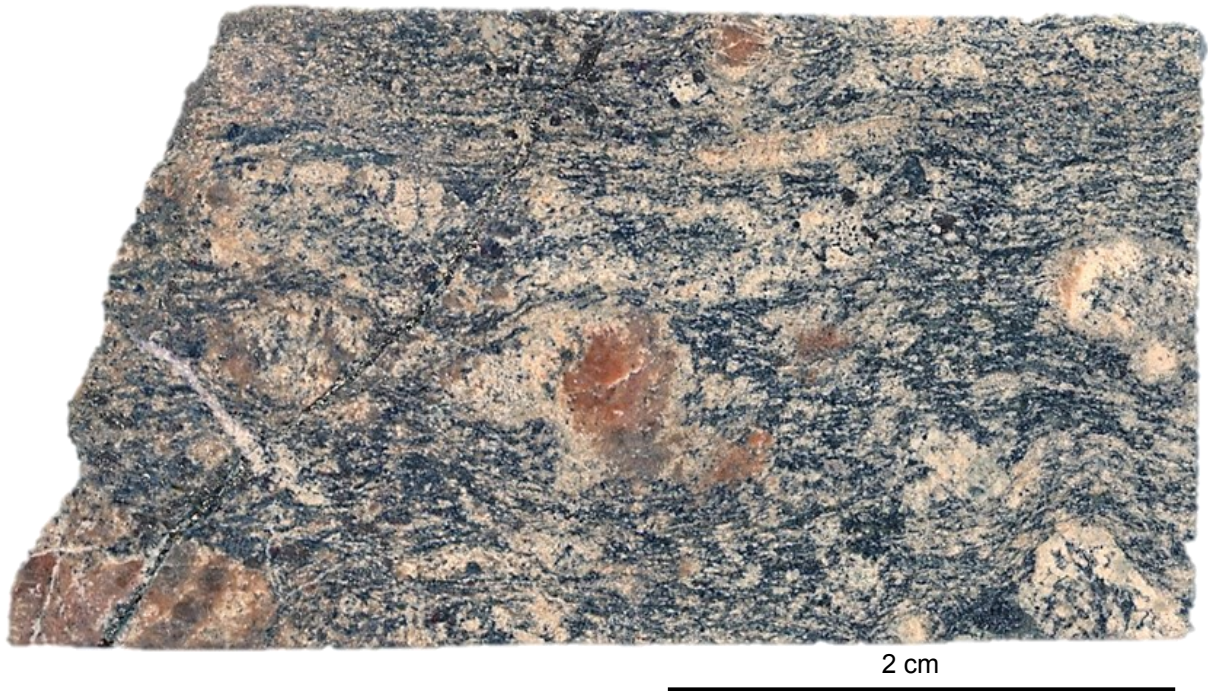


D-21

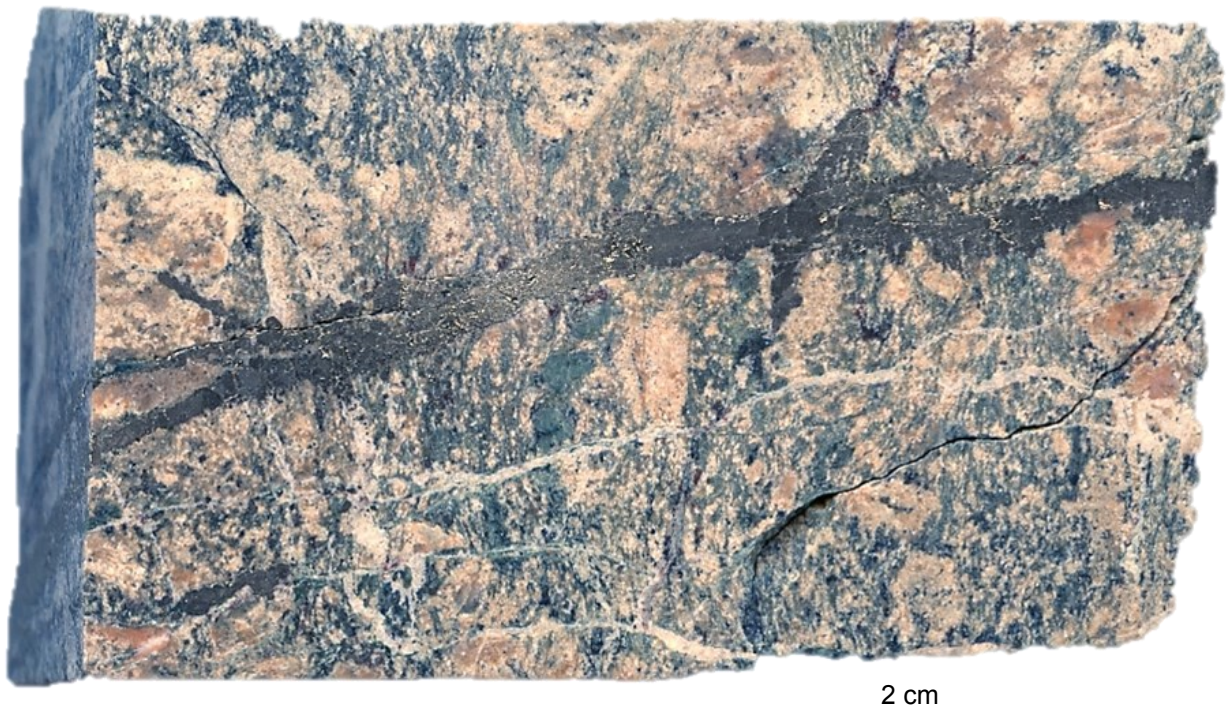


Proverna D-22 och D-23 utgörs av en bandad bergart. Likt D-15, innehåller dessa fragment av gnejs eller granit. Kanske har det varit en porfyr eller en breccia, men det är svårt att avgöra. I denna förekommer sprickor fyllda av karbonat och pyrit.

D-22

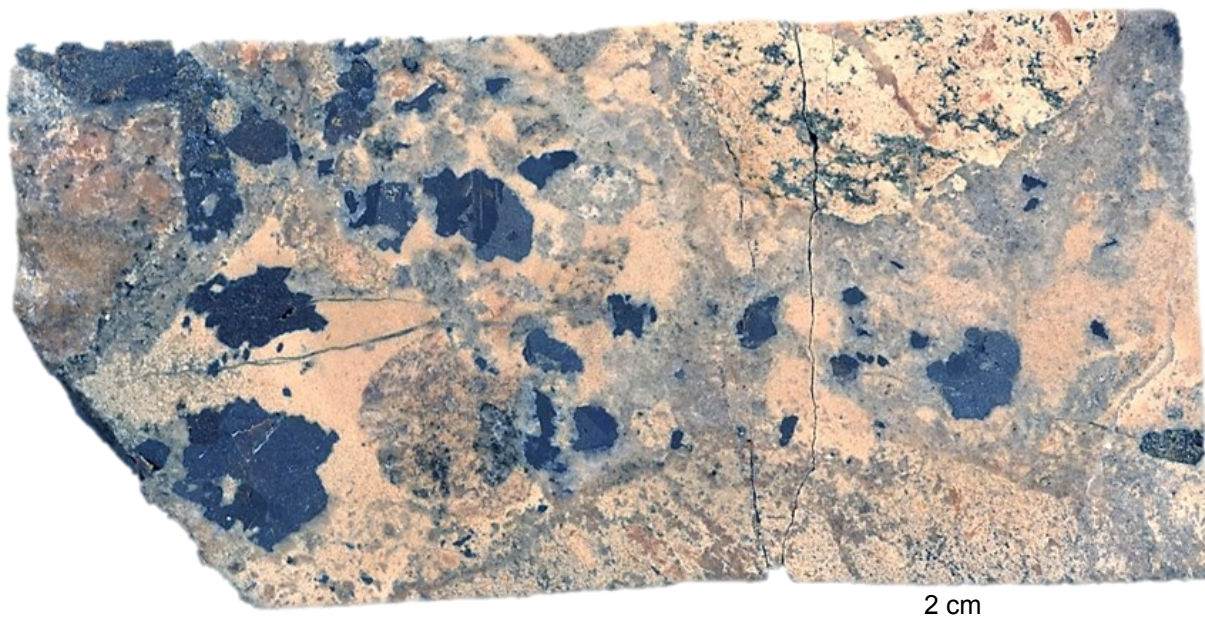


D-23



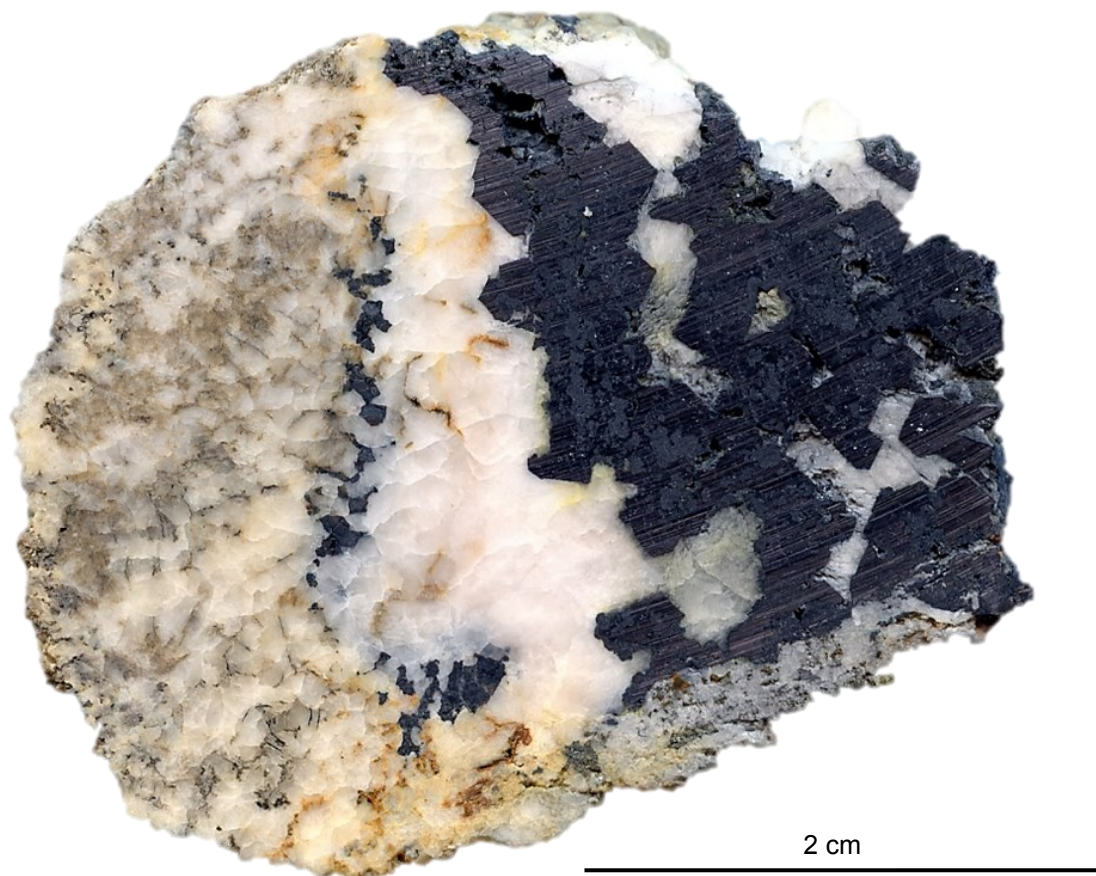
Även denna bergart (prov D-25) kan vara en breccia. I det karbonatrika matrixet förekommer korn av huvudsakligen zinkblände men även pyrit.

D-25



Prov H-1 tillhör en breccia med relativt bred kalcitfylld gång. Det grå partiet till vänster innehåller gips eller anhydrit vilket verkar ha vuxit mellan kalcitkristallerna. I blyglansen går det även att urskilja ljusare partier vilka visade sig vara zinkblände.

H-1



Tidigare skrifter i serien

”Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet”:

400. Nilsson Brunlid, Anette, 2014: Paleoeologisk och kemisk-fysikalisk undersökning av ett avvikande sedimentlager i Barsebäcks mosse, sydvästra Skåne, bil dat för ca 13 000 år sedan. (15 hp)
401. Falkenhaus, Jorunn, 2014: Vattnets kretslopp i området vid Lilla Klåveröd: ett kunskapsprojekt med vatten i fokus. (15 hp)
402. Heingård, Miriam, 2014: Long bone and vertebral microanatomy and osteohistology of 'Platecarpus' ptychodon (Reptilia, Mosasauridae) – implications for marine adaptations. (15 hp)
403. Kall, Christoffer, 2014: Microscopic echinoderm remains from the Darriwilian (Middle Ordovician) of Västergötland, Sweden – faunal composition and applicability as environmental proxies. (15 hp)
404. Preis Bergdahl, Daniel, 2014: Geoenergi för växthusjordbruk – Möjlig anläggning av värme och kyla i Västskåne. (15 hp)
405. Jakobsson, Mikael, 2014: Geophysical characterization and petrographic analysis of cap and reservoir rocks within the Lund Sandstone in Kyrkheddinge. (15 hp)
406. Björnfors, Oliver, 2014: A comparison of size fractions in faunal assemblages of deep-water benthic foraminifera—A case study from the coast of SW-Africa.. (15 hp)
407. Rådman, Johan, 2014: U-Pb baddeleyite geochronology and geochemistry of the White Mfolozi Dyke Swarm: unravelling the complexities of 2.70-2.66 Ga dyke swarms on the eastern Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
408. Andersson, Monica, 2014: Drumliner vid moderna glaciärer — hur vanliga är de? (15 hp)
409. Olsenius, Björn, 2014: Vinderosion, sanddrift och markanvändning på Kristianstadsslätten. (15 hp)
410. Bokhari Friberg, Yasmin, 2014: Oxygen isotopes in corals and their use as proxies for El Niño. (15 hp)
411. Fullerton, Wayne, 2014: REE mineralisation and metasomatic alteration in the Olserum metasediments. (45 hp)
412. Mekhaldi, Florian, 2014: The cosmic-ray events around AD 775 and AD 993 - Assessing their causes and possible effects on climate. (45 hp)
413. Timms Eliasson, Isabelle, 2014: Is it possible to reconstruct local presence of pine on bogs during the Holocene based on pollen data? A study based on surface and stratigraphical samples from three bogs in southern Sweden. (45 hp)
414. Hjulström, Joakim, 2014: Bortforsling av kaxblandat vatten från borrhinar via dagvattenledningar: Riskanalys, karaktärisering av kaxvatten och reningsmetoder. (45 hp)
415. Fredrich, Birgit, 2014: Metadolerites as quantitative P-T markers for Sveconorwegian metamorphism, SW Sweden. (45 hp)
416. Alebouyeh Semami, Farnaz, 2014: U-Pb geochronology of the Tsineng dyke swarm and paleomagnetism of the Hartley Basalt, South Africa – evidence for two separate magmatic events at 1.93-1.92 and 1.88-1.84 Ga in the Kalahari craton. (45 hp)
417. Reiche, Sophie, 2014: Ascertaining the lithological boundaries of the Yoldia Sea of the Baltic Sea – a geochemical approach. (45 hp)
418. Mroczek, Robert, 2014: Microscopic shock-metamorphic features in crystalline bedrock: A comparison between shocked and unshocked granite from the Siljan impact structure. (15 hp)
419. Balija, Fisnik, 2014: Radon ett samhällsproblem - En litteraturstudie om geologiskt sammanhang, hälsoeffekter och möjliga lösningar. (15 hp)
420. Andersson, Sandra, 2014: Undersökning av kalciumkarbonatförekomsten i infiltrationsområdet i Sydvattnens vattenverk, Vombverket. (15 hp)
421. Martin, Ellinor, 2014: Chrome spinel grains from the Komstad Limestone Formation, Killeröd, southern Sweden: A high-resolution study of an increased meteorite flux in the Middle Ordovician. (45 hp)
422. Gabrielsson, Johan, 2014: A study over Mg/Ca in benthic foraminifera sampled across a large salinity gradient. (45 hp)
423. Ingvaldson, Ola, 2015: Ansvarsutredningar av tre potentiellt förorenade fastigheter i Helsingborgs stad. (15 hp)
424. Robygd, Joakim, 2015: Geochemical and palaeomagnetic characteristics of a Swedish Holocene sediment sequence from

- Lake Storsjön, Jämtland. (45 hp)
425. Larsson, Måns, 2015: Geofysiska undersökningsmetoder för geoenergisystem. (15 hp)
426. Hertzman, Hanna, 2015: Pharmaceuticals in groundwater - a literature review. (15 hp)
427. Thulin Olander, Henric, 2015: A contribution to the knowledge of Fårö's hydrogeology. (45 hp)
428. Peterffy, Olof, 2015: Sedimentology and carbon isotope stratigraphy of Lower-Middle Ordovician successions of Slemmestad (Oslo-Asker, Norway) and Brunflo (Jämtland, Sweden). (45 hp)
429. Sjunnesson, Alexandra, 2015: Spårämnesförsök med nitrat för bedömning av spridning och uppehållstid vid återinfiltration av grundvatten. (15 hp)
430. Henao, Victor, 2015: A palaeoenvironmental study of a peat sequence from Iles Kerguelen (49° S, Indian Ocean) for the Last Deglaciation based on pollen analysis. (45 hp)
431. Landgren, Susanne, 2015: Using calcein-filled osmotic pumps to study the calcification response of benthic foraminifera to induced hypoxia under *in situ* conditions: An experimental approach. (45 hp)
432. von Knorring, Robert, 2015: Undersökning av karstvittring inom Kristianstadsslättens NV randområde och bedömning av dess betydelse för grundvattnets sårbarhet. (30 hp)
433. Rezvani, Azadeh, 2015: Spectral Time Domain Induced Polarization - Factors Affecting Spectral Data Information Content and Applicability to Geological Characterization. (45 hp)
434. Vasilica, Alexander, 2015: Geofysisk karaktärisering av de ordoviciska kalkstensenheter på södra Gotland. (15 hp)
435. Olsson, Sofia, 2015: Naturlig nedbrytning av klorerade lösningsmedel: en modellering i Biochlor baserat på en fallstudie. (15 hp)
436. Huitema, Moa, 2015: Inventering av föroreningar vid en brandövningsplats i Linköpings kommun. (15 hp)
437. Nordlander, Lina, 2015: Borrningsteknikens påverkan vid provtagning inför dimensionering av formationsfilter. (15 hp)
438. Fennvik, Erik, 2015: Resistivitet och IP-mätningar vid Äspö Hard Rock Laboratory. (15 hp)
439. Pettersson, Johan, 2015: Paleoeologisk undersökning av Triberga mosse, sydöstra Öland. (15 hp)
440. Larsson, Alfred, 2015: Mantelplymer - realitet eller *ad hoc*? (15 hp)
441. Holm, Julia, 2015: Markskador inom skogsbruket - jordartens betydelse (15 hp)
442. Åkesson, Sofia, 2015: The application of resistivity and IP-measurements as investigation tools at contaminated sites - A case study from Kv Renen 13, Varberg, SW Sweden. (45 hp)
443. Lönsjö, Emma, 2015: Utbredningen av PFOS i Sverige och världen med fokus på grundvattnet – en litteraturstudie. (15 hp)
444. Asani, Besnik, 2015: A geophysical study of a drumlin in the Åsnen area, Småland, south Sweden. (15 hp)
445. Ohlin, Jeanette, 2015: Riskanalys över pesticidförekomst i enskilda brunnar i Sjöbo kommun. (15 hp)
446. Stevic, Marijana, 2015: Identification and environmental interpretation of microtextures on quartz grains from aeolian sediments - Brattforsheden and Vittskövle, Sweden. (15 hp)
447. Johansson, Ida, 2015: Is there an influence of solar activity on the North Atlantic Oscillation? A literature study of the forcing factors behind the North Atlantic Oscillation. (15 hp)
448. Halling, Jenny, 2015: Inventering av sprickmineraliseringar i en del av Sorgenfrei-Tornquistzonen, Dalby stenbrott, Skåne. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund