

55(481)

N/290

NGU



Norges geologiske
undersøkelse

Nr. 290

Skrifter 4

M. Mortenson: Talk-serpentinforekomster
i Sparbu, Nord-Trøndelag

Universitetsforlaget 1973

Trondheim · Oslo · Bergen · Tromsø



NGU

Norges geologiske undersøkelse

Geological Survey of Norway

Norges geologiske undersøkelse, Leiv Eirikssons vei 39, Trondheim. Telefon (075) 20166.
Postadresse: Postboks 3006, 7001 Trondheim.

Administrerende direktør: *Karl Ingvaldsen*

Geologisk avdeling: Direktør dr. philos. *Peter Padget*

Geofysisk avdeling: Direktør *Inge Aalstad*

Kjemisk avdeling: Direktør *Aslak Kvalheim*

Publikasjoner fra *Norges geologiske undersøkelse* utgis som bind med fortløpende hovednummerering, og deles inn i to serier, *Bulletins* og *Skrifter*.

Bulletins omfatter vitenskapelige arbeider over regionale, generelle eller spesialiserte emner av faglig interesse.

Skrifter omfatter beskrivende artikler og rapporter over regionale, tekniske, økonomiske, naturfaglige og andre geologiske emner av spesialisert eller allmen interesse. *Skrifter* utgis på norsk, med resymé på engelsk (Abstract).

REDAKTØR

Statsgeolog Tore Torske, Norges geologiske undersøkelse, postboks 3006, 7001, Trondheim.

UTGIVER

Universitetsforlaget, Postboks 307, Blindern, Oslo 3

MANUSKRIPTER — SÆRTRYKK

Alle henvendelser vedrørende godtatte manuskripter, bestilling av særtrykk, osv. sendes til Universitetsforlaget, Kontoret: Trondheim, Munkegt. 8, 7000 Trondheim.

FORRETNINGSADRESSE

Henvendelser angående abonnement sendes til Universitetsforlaget, Postboks 307, Blindern, Oslo 3.

35(481)
N/290
14941

32243
NE Flane
Depotbiblioteket

Talk-serpentinforekomster i Sparbu, Nord-Trøndelag

M. MORTENSON

Mortenson, M. 1973: Talc - serpentine deposits at Sparbu, Nord-Trøndelag. *Norges geol. Unders.* 290, 1-16.

The report presents a technical description of certain talc-serpentine deposits occurring within the Gula Schist Group (Cambrian) of the Trondheim region. No form of contact metamorphism of the schists can be observed along the serpentinite contacts. Some of the serpentinites are strongly brecciated, and cemented by secondary magnesite. Border zones consisting of talc, magnesite, and chlorite occur in this type. Non-brecciated serpentinite bodies show no, or very narrow, secondary border zones. The talc-magnesite zones are considered to have formed from antigorite by reaction with CO₂-rich hydrothermal fluids. Antigorite was attacked by these solutions along the breccia fissures, with the resultant formation of magnesite, which fills the cracks and replaces the massive serpentinite. This alteration caused a considerable increase in volume, so that newly-formed talc and magnesite were squeezed out of the serpentinite body to form the border zones. In addition to CO₂, the hydrothermal solutions carried K, together with traces of B, F and Rb. Aggregates of coarsely crystalline smaragdite, and some Cr-free secondary magnetite are found in the talc zone. The serpentinite body contains Cr-bearing magnetite as well as some Ni, partly as sulphides, but mostly contained in Mg-silicates. This Ni reappears in the newly-formed talc-magnesite, and in pentlandite. Talc from serpentinite occurrences can easily be distinguished from talc formed by the alteration of dolomite, e.g., in Upper New York State, on the basis of its content of Ni.

M. Mortenson, *Oppredningslaboratoriet, Norges tekniske høgskole, N-7034 Trondheim-NTH, Norway.*

Gjennom en årrekke har A/S Lilleberg Verk drevet undersøkelser av talk-serpentinforekomster i Sparbu. Fig. 1 viser beliggenheten av de større serpentinforekomster øst for Borgenfjorden, ca. 15 km syd for Steinkjer, og hovedtrekkene av berggrunnsgeologien i området. Den serpentinførende formasjon er oppbygd vesentlig av glimmerskifre og bituminøse skifre, omdannet sandsten, amfibolitt og gabbro. Bedømt etter stratigrafisk beliggenhet, sammensetning og oppbygning synes Sparbusonen helt å motsvare Gula-skifergruppen og de tilsvarende serpentinførende horisonter i Nord-Østerdal og Gudbrandsdalen. I tilknytning til serpentinmassivene finner en ofte, hvis massivene er brekksjert, kleberstein eller talkforekomster som enten er utviklet som randsoner om et større serpentinmassiv, eller som leier dannet ved omdannelse av mindre serpentinlegemer. Den førstnevnte type av talkforekomster er typisk utviklet i Slipsteinsberget, og den andre typen ved Smulstuen. En ikke talkførende serpentin finner en ved Bakaunberget.

A. Slipsteinsberget

Det hittil største kjente serpentinmassiv i Sparbu med tilhørende talk- og kleberforekomst er Slipsteinsberget (Fig. 2), som rager ca. 20-30 m over

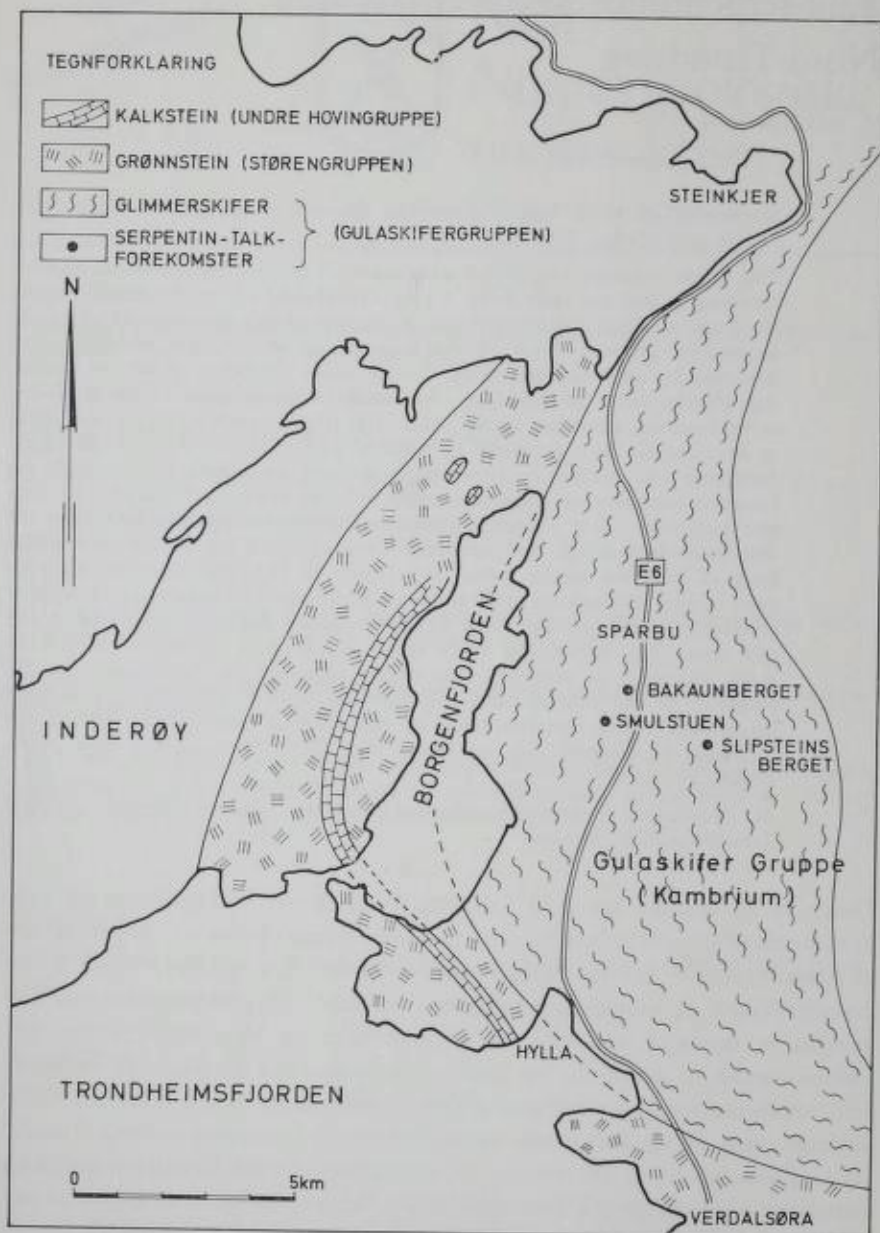


Fig. 1. Geologisk kartskisse over Sparbuområdet. (Etter Wolff 1964).

de omgivende skifre og er begrenset av bratte styrtninger rundt kuppen, som har et areal på over 20 000 m². Langs grensen mot skifer er serpentinkuppen omgitt av en randzone av talkskifer og kleberstein.

Enkelte steder er der drevet orter inn under serpentinkuppen etter godt grytemateriale (Fig. 3). Ved den gamle gryteproduksjon ble grytene hugget i fjellveggen i form av boller motsvarende utvendig gryte, og derpå kilt

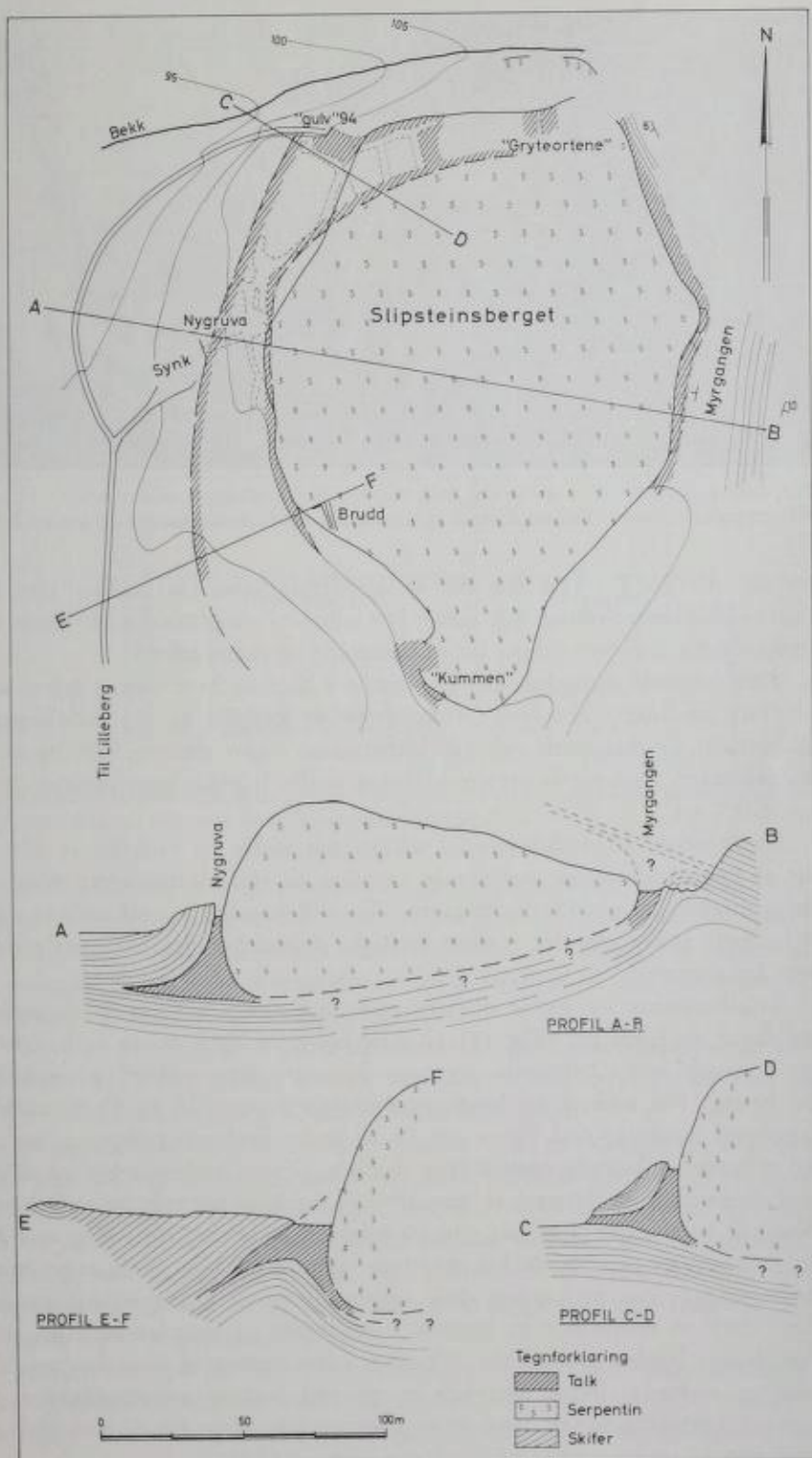


Fig. 2. Geologisk kartskisse og profiler over Slipsteinsberget.



Fig. 3. Grytsteinsbrudd i talksonens utgående ved Slipsteinberget: «Grit»-sonen til høyre, skifer-sonen til venstre; mellom disse er den avbygde talk-klebersteinssone dekket av avfall.

løs og uthulet. En vesentlig del av klebermaterialet ble ødelagt som flis og bruddstykker. Avfallet ble delvis fylt tilbake i nabobruddet når dette var oppgitt p.g.a. for store dybder for vannlensning og videre arbeid.

Etter følgende antagelser kan en forsøke å beregne hvor mange gryter som er blitt produsert: For hver ferdig gryte er medgått ca. $\frac{1}{3}$ kubikkmeter kleberstein, og den totale avbygde klebermasse utgjør mellom 3000 og 6000 kubikkmeter. Den totale gryteproduksjon skulle følgelig ligge mellom 9000 og 18 000 stk.

Antas videre at produksjonen i vikingtiden hadde en varighet av 200 år og at produksjonen var noenlunde konstant pr. år, så motsvarer dette en årlig produksjon av 45 til 90 gryter. En slik produksjon må videre antas å ha vært større enn det stedlige forbruk, så endel gryter har vært produsert for eksport.

Avfallsmassene og gamle drifter rundt berget er så store at da undersøkelsene av feltet ble påbegynt av A/S Lilleberg Verk måtte verket drive en skråsynk ned i talksonen, gjennom den steiltstående skifer på sydsiden av berget. Fra synken er drevet oppfaringsortet mot V og Ø etter talksonen på etasje 1, som ligger ca. 15 m under synkens dagåpning, og ca. 24 m under talksonens opprinnelige dagflate. Senere undersøkelser er utført ved diamantboring. Herved er vestsiden av forekomsten relativt godt kjent. Noen få borehull er også satt ned på østsiden av berget. Vestsiden av Slipsteinsberget er partivis dekket av store serpentinblokker, som etter frostsprengning er rast ut fra den steile serpentinkuppen. Frostsprengningen har vært sterk på denne side av kuppen, i det bratte og «gamle» hengfjell som har dannet lesiden under siste isskuring, i motsetning til støtsiden mot Ø, som er avskuret. Dette medfører at en ved bryting av steinblokker på vestsiden må arbeide seg noen meter i serpentinmassivet for å ta ut blokker uten riss.

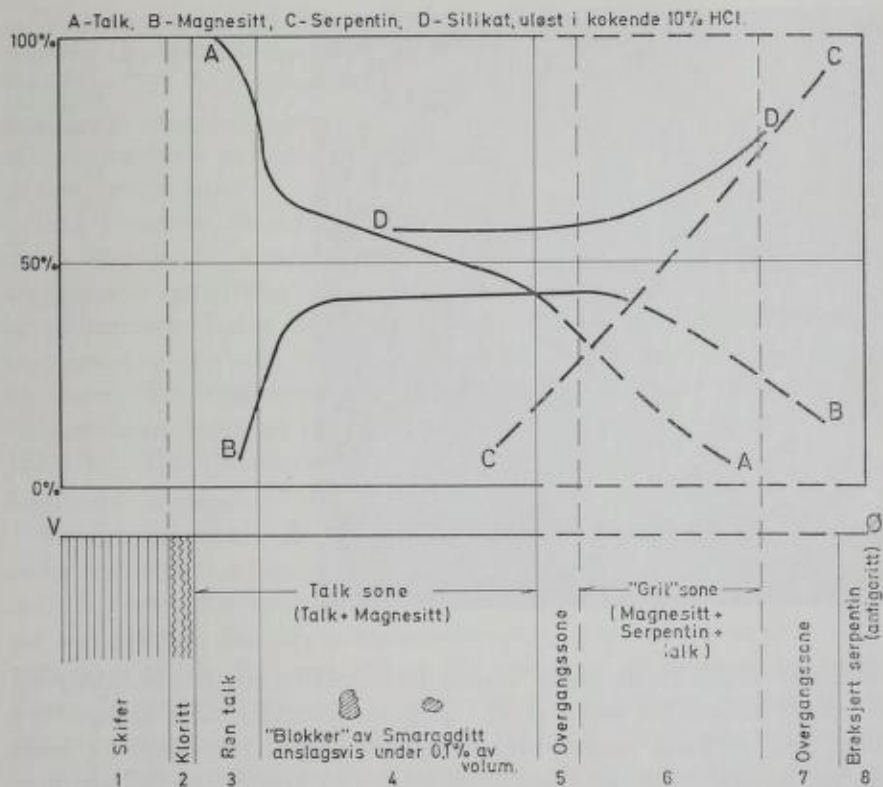


Fig. 4. Idealisert profil gjennom synken i Nygruva fra omgivende skifer til serpentinmassivet, med diagram som viser fordelingen av hovedmineralene.

For å gi inntrykk av forekomstens art, med fordeling av kloritt, talk, magnesitt og antigoritt, er det tegnet et profil fra V til Ø gjennom synken fra omgivende skifer til serpentinmassivet (Fig. 4). Profilet er tegnet på grunnlag av 22 analyseprøver tatt ved oppfaringsdrift på talk, og tilsvarende analyser av grit og serpentinit i dagflaten.

«Grit» er et amerikansk navn på en relativt grovkornet blanding av talk og magnesitt. Kurve A, fig. 4, viser sum talkinnhold, kurve B magnesitt og kurve C serpentinit (antigoritt). Kurve D viser sum silikat.

Omliggende skifer (1) grenser vanligvis mot en klorittsone (2) med mektighet fra 0,1 til 1,0 m. Innenfor denne påtreffes normalt en ren talk-sone (3), med skjellformede talkflak. Mektigheten av denne sonen kan variere fra noen cm til 1 m. Derpå følger en sone (4) med talk og magnesitt, med mere talk enn magnesitt (fig. 5). Mektigheten av denne sone kan variere fra et par m opp til 15-20 m. Innenfor følger en «grit»-sone (6) med overgang (7) til serpentinmassivet (8).

Innleiret i sone 4 finnes avrundede blokker av aktinolit i form av smaragditt. Smaragdittkrystallene kan være velutviklede, med opptil 70 mm prismelengde. Krystallene er sammenkittet med finkrystallinsk talk av steatitttype, uten magnesitt. Blokkene kan enkelte ganger være opptil en halv ku-



Fig. 5: Mikrofotografi av råtalk, 60 x, kryssete nicols. Talk: Lys grå — Magnesitt: Mørk grå (nederst til høyre).

bikkmeter store. Totalt utgjør smaragdittinnholdet bare en ubetydelig del av sonens volum. En meget sjelden gang kan påtreffes store kalkspatkrystaller med avrundet romboederform og vekt opptil ca. 1 kg. Et annet sjeldent mineral er en honning-gul, gjennomsiktig hydroxyl-apatitt som forekommer i drøy form; uten krystallbegrensning. Den hittil største kjente «bolle» av apatitt veide ca. 100 g. Innenfor talk- og grit-sonen finnes et magnesitt-belte, som er rikt på magnesitt og serpentin, med minkende talkinnhold inn mot serpentinmassivet. Inne i dette finnes ikke talk, bortsett fra «gangfylling» langs bruddsoner. Mektigheten av grit-sonen er sterkt variabel. Etterhvert avtar magnesittinnholdet i forhold til serpentin, inntil en kommer inn i serpentinmassivet, som i grensesonen viser en sterkt breksjert struktur, med mikrokrySTALLinsk magnesitt som grunnmasse, samt endel grovkrySTALLinsk magnesitt inne i bruddstykkene. Østsiden av serpentinmassivet er omgitt av en tilsvarende omdannelsessone med et lignende profil.

Ved omdannelse av olivin til serpentin vil det bli et overskudd av MgO , som sammen med karbondioksyd danner magnesitt, som vesentlig gjenfinnes i grovkrySTALLinsk form. Endel av olivins jerninnhold vil samtidig utskilles som magnetitt. Ved denne omdannelse vil en få betydelig volumøkning – opptil 20 %, med tilsvarende lineær ekspansjon. Det er rimelig at denne ekspansjon vil føre til breksjering av den nydannede serpentin, spesielt i grensesonen mot omgivende bergart.

Etter serpentindannelsen har den breksjerte masse vært angrepet av karbondioksydholdig vann med nydannelse av magnesitt og talk som har foreligget i gel-form. Denne plastiske gel-masse er for en vesentlig del presset ut av serpentinmassivet mot skifergrensen, og har delvis spaltet opp skifrene som vist i profilene på Fig. 2.

Gel-massen har derpå vært underkastet en meget selektiv krystallisasjon, med samling av mikromengder av ioner som bor, fluor og kalsium i de respektive mineraler turmalin, hydroxyl-apatitt og kalkspat. Kalkspat kan foreligge i krystallaggregater med vekt opp til vel ett kg. Endel Al og Ca vil være samlet i smaragditt (aktinolit) med aggregatvekt som kan gå opp til flere hundre kilo.

Inne i magnesitt-antigorittsonen (7) mangler talk, og det forekommer meget sparsomt i serpentinmassivet, bortsett fra enkelte gjennomgående slepper med gangfylling av storbladede talkkrystaller. Mellom talksonen og skifer grensen finnes vanligvis et klorittlag. Ved klorittdannelse blir det et magnesiumoverskudd, som rimeligvis har medført utskilling av et lag av relativt rent «glimmer»-talk i kontakt med klorittlaget. Den hydrotermale omdannelsesprosess fra serpentin til talk og magnesitt antas (Betekhtin 1953) forenklet å kunne beskrives ved følgende reaksjon: serpentin + carbondioxyd \rightarrow magnesitt + talk + vann + hematitt (eller magnetitt)

Foregår prosessen i oksyderende miljø dannes hematitt. Skjer prosessen under reduserende miljø, dannes magnetitt og jernholdig magnesitt (breunneritt). Det siste har vært tilfelle ved Slipsteinsberget. Ved lavere temperatur enn påkrevet for den ovennevnte prosess, antas talk å være ustabil i nærvær av CO₂-holdig vann, slik at talk omdannes til magnesitt og kvarts. Kvarts finnes imidlertid ikke i forekomsten. I skiferheng derimot er det funnet store «kuler», opptil 20 kg, av røkkvarts. I talksonen finnes litt silikat i form av grovkrystallinsk smaragditt, samlet i aggregater. Fri kisel-syre i mindre mengder kan ha reagert selektivt med kalsium, aluminium og magnesium for dannelse av dette mineral.

I talk- og gritsonen finnes ujevnt fordelt en mindre mengde magnetitt med dårlig krystallbegrensning. Denne nydannede magnetitt er meget kromfattig i motsetning til primær magnetitt i serpentinmassivet. En prøve ut-separert fra borkjerne, hull 10, viste en kromgehalt på 0,003 % (analyse ved atomabsorpsjon, utført ved NGU). Magnetittfordelingen er undersøkt i en rekke kjerneprover fra diamantboring nr. 10 og 15 i et profil ca. 70 m Ø for Nysjakten. Profil gjennom disse borhull tvers over talksonen er vist på Fig. 6, og mineralfordelingen langs borhullene på fig. 7.

Som det fremgår av Fig 7 a og b synes der å være en viss korrelasjon mellom magnesitt og magnetitt, slik at en magnesittrik prøve også er relativt magnetittrik. Tallmaterialet er for lite til statistisk behandling. Endel av det oppløste silikat-jern fra antigoritten som ikke er utskilt som magnetitt, er bundet i Mg-karbonatmineralet, som følgerig er av breunneritt-type. Glødes karbonatet får det en rosa brunfarge. Endel av det oppløste jern er også bundet i talk. I serpentin (og talk) er endel nikkell bundet som silikat, hvor det erstatter magnesium, som har tilnærmet samme ioneradius. Ved omdannelse av serpentin løses også nikkellinnholdet, og gjenfinnes i såvel talk som karbonat. Det totale nikkellinnhold i talksonen synes å være av størrelsesorden 0,18 til 0,22 %.

Nikkel- og jerninnhold i talk er et særpreg for talk dannet ved metamor-

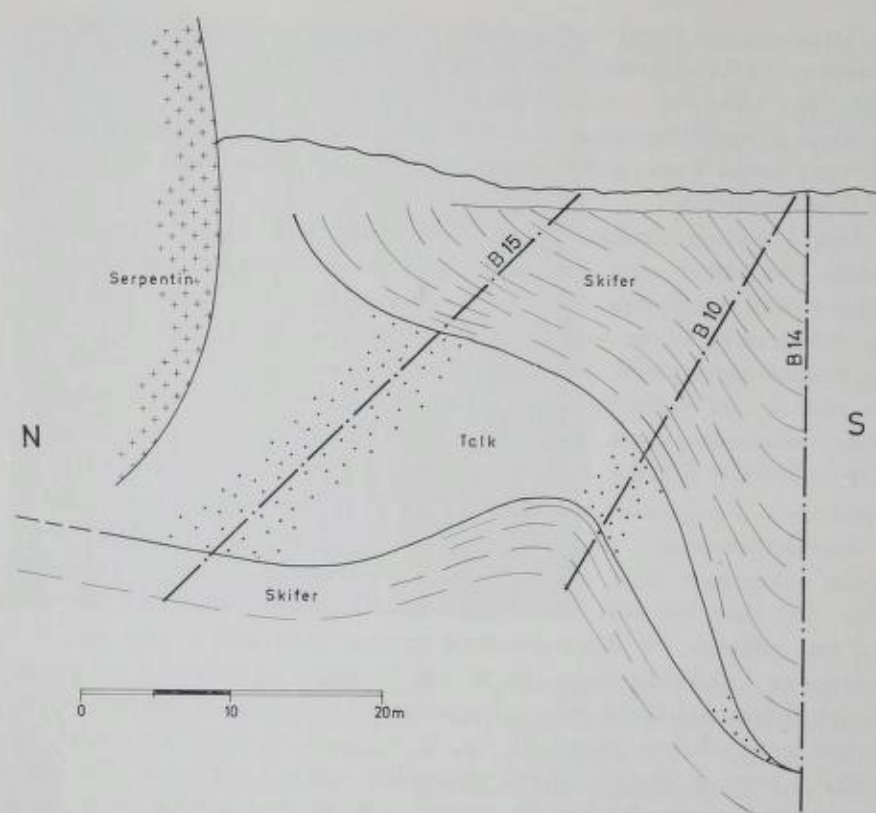


Fig. 6. Profil gjennom talksonen med borhull 10, 14 og 15; ca. 70 m Ø for Nysynken.

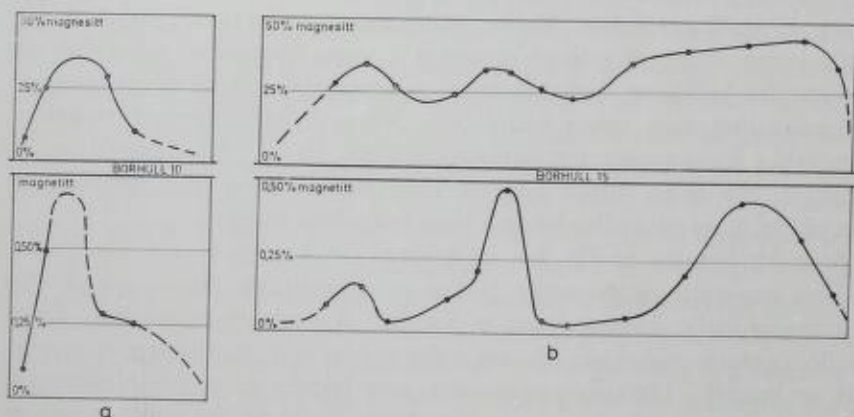


Fig. 7. Fordeling av magnesitt og magnetitt i talksonen langs borhull 10. b) Fordeling av magnesitt og magnetitt i talksonen langs borhull 15.

fose av serpentin. Det samme gjelder et vekslende innhold av breunneritt i talksonen. Talk dannet ved metamorfose av dolomitt (Upper New York State) er derimot fri for disse elementer og har derfor vanlig større lysrefleksjon (hvithet) enn «serpentin»-talk.

I forekomster av «serpentin»-talk vil en som alminnelig regel finne smaragditt (aktinolitt) innleiret i sonen. Smaragdittkrystallene kan være av forskjellig størrelse; krystallaggregater kan variere fra tonnsvekt til gramvekt i de forskjellige forekomster. I talksonen finnes spor av sulfidmineraler. En prøve av slike mineraler, utvunnet ved flotasjon, besto av magnetkis og pentlanditt. En stor del av konsentratet var halvkorn av magnetkis og pentlanditt. Det inneholdt 0,7 % Co og 9,5 % Ni. Da magnetkisen er relativt sterkt magnetisk, lar den seg utvinne ved magnetseparasjon sammen med magnetitt. Magnetseparasjonen av samme prøve som den floterte ga et konsentrat med 0,3 % Co, 3,8 % Ni. Forhold mellom Ni- og Co-gehalt i konsentratene synes følgelig å være tolv-tretten deler Ni til én del Co. Etter det foreliggende analysemateriale kan en muligens anta at sulfid-nikkelinnholdet motsvarer ca. $\frac{1}{3}$ av magnetittinnholdet. Antas magnetittinnhold i gjennomsnitt å være ca. 0,33 % skulle sulfidbundet nikkel utgjøre 0.1 %. Dette er rimeligvis noe høyt, og det foreliggende undersøkelsesarbeide er for svakt for endelig bestemmelse.

Kleberstein eller talk oppblandet med magnesitt forvitrer lett på en avfallshaug med oksydasjon og utluting av karbonat. Avfallshauger fra gamle gryteproduksjoner består derfor for en stor del av talkskjell i en brun jordmasse.

Som nevnt holder talk, magnesitt og antigoritt noe jern. For fremstilling av jernfritt magnesium-silikat bygget A/S Lilleberg Verk i 1938 et forsøksanlegg med en elektrisk smelteovn på 75 kW for reduserende smelting av talk og serpentin. Resultatene var teknisk sett bra, med fremstilling av en slagg bestående av jernfritt magnesiasilikat og et produkt av metallisk jern som holdt chargens Ni, Co og Cr. Dessverre brente smelteverkstransformatoren, og p.g.a. krigen 1940-45 ble videre forsøk oppgitt.

Det ble samtidig bygget et flotasjonsverk for skille av talk, kloritt og magnesitt, med etterfølgende magnetseparasjon av magnetitt fra magnesitt-konsentratet. I første trinn ble talk og kloritt flotert vekk fra magnesitt. Derpå ble talk og kloritt separert i egen flotasjonskrets. Den utskilte kloritt har en smaragdgrønn farge og utpreget flak-struktur. Ved forsiktig gløding får den en gylden bronsefarge. Det ble derfor forsøkt fremstilling av «gylden-talkum» med gløding av konsentrat og utskidet kloritt fra grubedriften. Alle produktene fra flotasjonsforsøkene ble av høyt kvalitet. Dessverre ble anlegget ødelagt uten å være fullt innkjørt da krigen begynte.

Kloritt danner ofte et grenselag mot sideberg, men kan også være utviklet som egne bånd inne i talksonen. Enkelte klorittbånd holder bor bundet i turmalin, samt analytisk påvisbart rubidium. Slike klorittbånd viser stort kaliuminnhold.

I talksonen finnes som en sjeldenhet hydroxyl-apatitt, mer alminnelig litt diopsid, og generelt alltid mer eller mindre smaragditt. Den CO₂-holdige vannløsning som bevirker metamorfose av antigorittmassivet, må ha tilført ioner for dannelselse av de nevnte hydrotermale mineraler. Det må også ha vært tilstede spor av sulfid for dannelselse av jern-nikkelsulfider.

En kan forutsette at serpentin, talk, magnesitt og kloritt har omtrent følgende sammensetning:

	Serpentin	Talk	Magnesitt	Kloritt
SiO ₂	42 %	62 %	0	31 %
MgO	42 %	32 %	46 %	33 %
Al ₂ O ₃	2,2 %	0	0	12 %
H ₂ O	13 %	5 %	0	12 %

Ved metamorfose som skyldes tilførsel av carbondioksyd, vil 100 kg serpentin omdannet til talk-magnesitt, bortsett fra jerninnhold, gi:

67,5 kg Mg silikat + 3,5 kg vann	71 kg talk
og	41,5 kg magnesitt
Sum reaksjonsprodukt	112,5 kg
Hertil kommer	9,5 kg frigjort vann
Totalproduksjon	122,0 kg

Dette motsvarer 63 % talk og 37 % magnesitt. Imidlertid forbrukes endel MgO og SiO₂ ved klorittdannelse. Serpentinmassivet holder ca. 2,2 % Al₂O₃, og antas alt Al₂O₃ ekstrahert og forbrukt for dannelse av kloritt, vil det være tilstrekkelig Al₂O₃ i 100 kg serpentin for dannelse av 25 kg kloritt. For dannelse av denne klorittmengde medgår ca. 5,7 kg MgO samt tilsvarende mengder kiselsyre og vann. Dette medfører en tilsvarende reduksjon av talk i forhold til magnesitt i «kleberonen».

Forutsettes den dannede kloritt utskilt som et eget lag så vil talkmagnesittsonen holde ca. 54 % talk og 46 % magnesitt.

Analysen av kommersielt produsert talk fra fire forekomster viste en gjennomsnittsgjehalt av 54,4 % talk, bestemt som uløselig i 10 % saltsyre.

Ved metamorfose av et serpentinmassiv må reaksjonsproduktene primært ha foreligget som en gel-masse. Ved etterfølgende krystallisering har det skjedd en selektiv utskilling av talk, magnesitt, kloritt og andre mineraler i form av relativt grovkornede krystaller. Selv ubetydelige mengder av foreurenninger, som f.eks. kalsiumkarbonat, ble samlet i egne krystaller med vekt opp til 1 kg. Mikromengder av fluor, bor og fosfor førte til dannelse av store krystaller av turmalin (opptil 4 cm prismelengde × 1 cm² tverrsnitt) og «boller» av hydroksylapatitt opp til 50 g vekt. Under krystalliseringen må det følgelig ha vært spesielle forhold, som har tillatt en selektiv ionevandring så sporstoffene kunne samles i egne store krystaller.

Som det vil fremgå av profiler gjennom talksonen (Fig 2 og 4) synes talk ved metamorfosen å være presset ut av serpentinmassivet, og har derved spaltet opp den omgivende skifer på grunn av en betydelig volumøkning med derav følgende trykkøkning ved omdannelse av serpentin til talk, magnesitt og kloritt. Talksonen viser derfor overalt et system av velutviklede foldningsakser med lineasjon som i store trekk er parallell den



Fig. 8. Polert plate av brekksjert serpentin fra Slipsteinsberget. Mørk grå: Serpentin - Hvit: Magnesitt.

motstøtende skifervegg. Lineasjonen på vestsiden av Slipsteinsberget har hovedretning fra nord til syd med fall mot syd. Talkmektheten tiltar sydover i lineasjonsretningen. Det synes derfor nærliggende å slutte at trykket under dannelse av forekomsten har vært lavere mot syd så den blote gelmasse har hatt en sekundær strømming i denne retning.

Serpentin

Slipsteinsberget består av et brekksjert og senere sammenkittet massiv av serpentinit (antigoritt). Serpentinmassivet er utviklet som «edel-serpentin» med farvespill fra oliven- til gressgrønt. Skåret til plater og polert (Fig. 8) gir den brekksjerte bergart et produkt som etter mineralogi (Fig. 9) og brekksjestructur er identisk med den italienske «Verde antico», som også er en brekksjert serpentinitbergart. Den italienske steinen har vært brukt som gulv- og veggfliser i praktbygg, men forekomstene er praktisk talt uttømt.

Fasthetsegenskaper

Institutt for Gruvedrift, NTH, professor Ivar Berge, har undersøkt serpentinitens fasthetsegenskaper, med flg. resultater: E-modul $0,21 \times 10^6$ Kp/cm²; trykkfasthet 2200 Kp/cm²; trykkfasthet 120 Kp/cm².

Bergingeniør B. Li har gitt følgende utredning om bergartens egenskaper:

«Holdfastheten for såvel trykk, strekk og skjær er over middels, og bergarten kan med hensyn på mekanisk styrke sammenlignes med solide kvartsitter. Elastisitetsmodulen er lav til middels, men bergarten har den egenskapen at stivheten øker med belastningen. Dette kan tyde på at krypnings-tendensen er neglisjerbar. Uheldige deformasjoner som utvikler seg med tiden

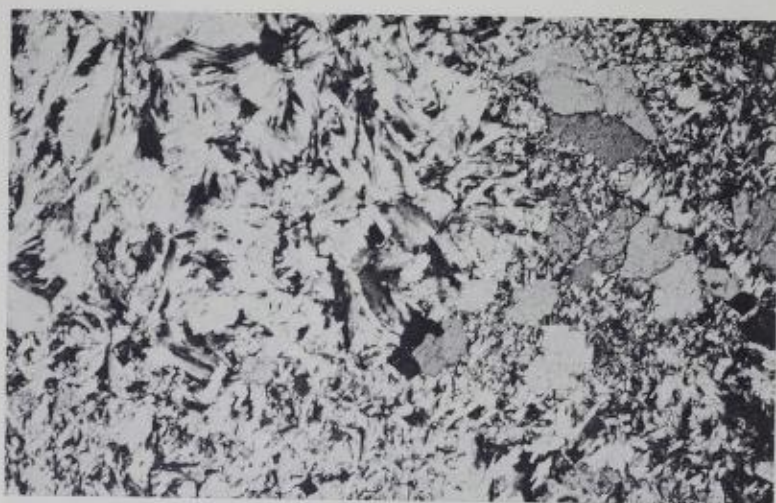


Fig. 9. Mikrofotografi av serpentin. 12 x, kryssede nicols. Serpentinkrystaller (antigoritt) danner uordnede nål- og blad-formede aggregater. Til høyre spredte korn av magnesitt.

vil derfor neppe finne sted. Spredningen i måleresultatene ligger på ca. 10 %. Dette er erfaringsmessig lavt for bergarter. De mekaniske data er videre uavhengig av provestykkedimensjonen. Begge disse ting peker på at denne serpentinen er en ualminnelig homogen og sprekkefri bergart.»

Abrasjonsmotstand

Forsøk ved Oppredningslaboratoriet, NTH, med autogenmaling av grovknust serpentin viste at etter maling i passe tid med kantavrunding av chargen opphører videre nedmaling, og de avrundede serpentinstykker slipes uten særlig abrasjon. Dette skyldes bergartens homogenitet, med mikrokrystallinsk struktur og stor fugefasthet mellom de enkelte krystaller. En bergart med slike egenskaper vil ikke være egnet for autogenmaling. Derimot vil bergarten være brukbar som malelegemer ved kulemollemaling av bløte mineraler.

Plater skåret av serpentinblokk viser stor slitasjemotstand brukt som gulvbelegg. Abrasjonsmotstand for slike plater er undersøkt ved Institutt for Byggeforskning, som etter sammenlignede forsøk finner platenes likeverdige med Oppdal-stein til gulvbelegg.

Porositet — vannsugningsevne

3 prøver av serpentin viste en vannsugningsevne på 0,028 %, bestemt som differanse i vekt mellom prøver med oppsuget vann og etter en måneds tork ved vanlig romtemperatur. Serpentin har følgelig liten vannsugningsevne; den er omtrent motsvarende de beste marmortyper. Bergart med stor vannsugningsevne er ikke egnet som utvendig monumentstein, da den i vårt klima lett forvitrer ved frostsprengning.



Fig. 10. Polert flate av brekksjert serpentin med slirer av kromitt. Kromitt: Svart - Serpentin: Grått - Magnesitt: Hvitt.

Serpentinmassivets krominnhold

I serpentinmassivet finnes slirer av kromitt (Fig. 10). Totalt sett er kromittgehalten ubetydelig. Utpreparert kromitt er undersøkt av amanuensis S. Bergstøl ved Geologisk Institutt, NTH. Han fant etter røntgendiffraksjonsundersøkelse at «kromitt»-mineralet består av to spinellmineraler med litt forskjellig cellestørrelse. En omtrentlig beregning av enhetscellen viser at det kunne være magnesiakromitt og vanlig kromitt eller magnetitt, men med mest av det førstnevnte mineral. Et røntgenspektrogram viste at mineralene som tunge hovedelementer inneholder Cr og Fe. En våkjemisk analyse viste ca 14 vekts-% MgO. Ved mikroskopering av polerpreparat viser de utseparerte korn to faser av spinell. De fleste korn har meget lav reflektivitet, tilsvarende magnesiakromitt, mens noen få korn viser reflektivitet som magnetitt.

Etter disse undersøkelser kan en gå ut fra at kromittmineralet består av magnesiakromitt og mindre mengder magnetitt. Magnesiarike kromitter egner seg dårlig som råmateriale for ferro-krom. Derimot er de godt egnet som råstoff for ildfaststein.

Serpentinmassivets farge

Antigoritt viser en fargevariasjon fra lys til en dyp grønn med fargetoner fra oliven til gressgrønt, og gir ved polering en perlemoraktig, gjennomskinnelig glinsende overflate. «Edel» serpentin kan derfor anvendes til prydgjenstander etter passe polering. Antigorittkrystallenes grønne farge skyldes jerninnholdet. Som nevnt vil en omdannelse av olivin til serpentin medføre at endel av olivinenes jerninnhold utskilles i form av magnetitt. Samles den utskilte magnetitt i større krystallaggregater i serpentinmassen, som f. eks. i Slipsteinsberget og i særlig grad i Bakauneberget, så forstyrrer ikke disse spredte sorte partikler serpentinens grønne egenfarge og glans. Blir derimot magnetitt utskilt i mikrokrytaller vil disse virke som et pigment og medføre at serpentinen viser en mørk til praktisk talt sort farge selv om

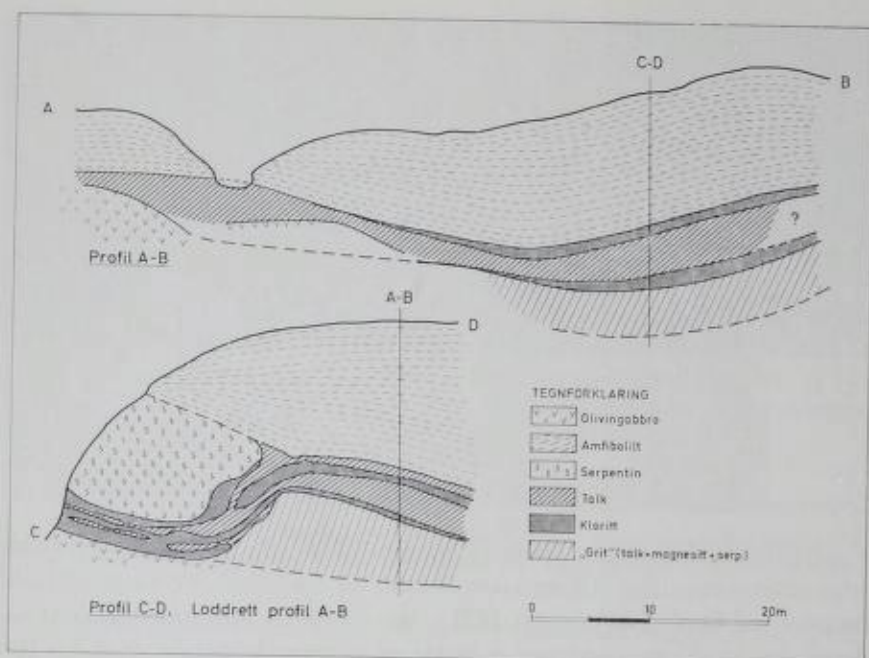


Fig. 11. Profiler gjennom Smulstuen talkforekomst.

jerninnholdet ikke er større enn i en grønn serpentin. Som eksempel på en «svart» serpentin kan nevnes Rauhameren ved Røros.

B. Smulstuen talkforekomst

Et betydelig talkfelt finnes ved Smulberget, som ligger V for Slipsteinsberget og ca. 300 m V for Nordlandsbanen. Talksonen er her knyttet til en flattliggende serpentin som i heng har kontakt med en meget massiv amfibolitt (Fig. 11). Dette har muliggjort en avbygning med store strosser uten gjensatte pilarer. Amfibolitten består av hornblende, labrador-feltspat, epidot, biotitt, kvarts, magnetitt og granat.

I ligg synes talksonen delvis å grense mot en olivin-gabbro. Serpentinmassivet, som har relativt liten mektighet, er for en stor del helt omdannet til talk-magnesitt.

Talkforekomsten, som er flattliggende, viser et meget vel utviklet foldningssystem med akseretning fra øst til vest, eller nøyaktigere, etter gammel bergmannsterminologi, klokken 4.30 (kl. 12 motsvarer S).

Klorittsonen vist ved C (Fig. 11) er rik på svart turmalin i velutviklede krystaller. Analyse av turmalin viser 7,8 % B_2O_3 .

Mineralsammensetning og struktur i talksonen er identisk med den i Slipsteinsbergets talksoner.

C. Bakaunberget

Bakunberget, som ligger ca. 1 km SV for Smulberget består av en frittliggende kuppe av olivin-serpentin. Denne forekomst er, i motsetning til forekomstene i Slipsteinsberget og Smulstuen, ikke breksjert med dannelse av talk og magnesitt. Et særpreg ved Bakunbergets forekomst er at en vesentlig del av magnesiasilikatenes jerninnhold foreligger som relativt grovkornet magnetitt. Ved passe knusing og magnetseparasjon kan det derfor fremstilles en relativt jernfattig silikatmineralblanding. Glødes pulverisert serpentin fra Slipsteinsberget som holder 5 % Fe, får prøven en typisk rødbrun farge. Behandles en tilsvarende prøve (ikke magnetseparert) fra Bakunberget, som holder 5,3 % Fe, blir prøven relativt uendret i farge. Det samme forhold gir seg tilkjenne ved forvitring. Serpentin i Slipsteinsberget får brun forvittringshud, mens Bakaunberget viser en hvitlig forvitring.

Ved Bakaunbergforekomsten kan en flere steder observere direkte kontakt mellom serpentin og sidestein. Det har ikke foregått noen metamorfose langs kontaktflaten. Serpentinmassivets dannelse eller nåværende plassering i skiferpakken må følgelig ha skjedd ved lav temperatur.

D. Generelt om serpentin-talkforekomster (klebersten)

Serpentin forekommer som masseformede, ofte linseformede innleiringer i bestemte horisonter. Skal serpentin omvandles til talk, synes betingelsene å være:

- 1) Tilførsel av CO₂-holdig vann under passe trykk og temperatur langs grensen av serpentinmassivet. Ved syntese av talk ved behandling av magnesiumsilikater med «surt» vann er påvist at talk dannes ved temperatur mellom 2-300° ved trykk inntil 140 at. (Pask & Warner 1954). Hydrotermaløsningen som har bevirket metamorfosen har i Sparbu bestått av CO₂-holdig vann som har holdt spor av fosfor, bor, rubidium etc. Dette har ført til dannelse av talk, magnesitt og kloritt og spormineraler som hydroxylapatitt, turmalin osv.
- 2) For omdannelse av et serpentinmassiv må dette være breksjert og oppsprukket så hydrotermale løsninger kan trenge inn og omdanne magnesiumsilikatene, i første omgang til magnesitt, som danner en randsone av talk, magnesitt og kloritt om serpentinmassivet. Mindre massiver kan delvis ha undergått en totalomdannelse av denne art. Mellom talksoner og sidestein, delvis også inne i talk-magnesittsonen, vil en ofte finne klorittlag. Ved glødning vil denne kloritt få en gylden, messingbrun farge.

Ubreksjert serpentin er vanligvis ikke omdannet, eller er bare omgitt av en ubetydelig talksoner langs grensen mot sidebergart.

Serpentinkupper som er omgitt av større omdannelsessoner av talk synes

å ha relativt lavt krominnhold sammenlignet med andre, mer kromittrike, ofte meget store serpentinnmassiver. Det er mulig at dette forhold kan skyldes differensiering og samling av den totale, større krommengde i de store serpentinforkomster i egne konsentrasjoner som kan avbygges (Feragen).

En spesiell type av sekundære talkforekomster er dannet ved metamorfose av serpentinkonglomerat. Slike forekomster vil ofte være preget av relativt høyt klorittinnhold i forhold til talk. Som type kan nevnes talkforekomster i Vågå og i Alvdal.

Sammenlignes prøver av talk fra primære serpentintalkforekomster; fra Kvam i Gudbrandsdalen, Nord-Østerdal, Sparbu, Sørli, Altermarken i Mo i Rana og Vermont (USA), så viser disse forekomster stor likhet – de er alle dannet på samme måte. En vil finne samme struktur og mineralskapsforholdene mellom talk, magnesitt og jerninnhold i produkter vunnet fra bergmessig avbygde forekomster av denne art er av tilnærmet samme størrelsesorden. Den tilstedeværende talk vil alltid holde jern og spor av nikkel, og ha en grønnlig farve. Ved analyse på nikkel vil serpentintalk lett skilles fra talk dannet ved metamorfose av dolomitt som i Upper New York State.

I primærforkomster vil en finne smaragditt (aktinolitt) innleiret i talksonen. Smaragdittkrystallene kan være av forskjellig størrelse, og krystallaggregater kan variere fra gram til tonnsvikt. Smaragdittkrystallene forvitrer meget lett ved frostsprengning når blokker av mineralet blir liggende noen år på en avfallsbaug.

Ved dagforvitring får serpentinnmassivene en brun overflatehud. Er en vesentlig del av serpentinnens jerninnhold utkrystallisert som magnetitt får massivet en hvitaktig forvitringshud, spesielt når serpentinen ikke inneholder breunneritt.

Etterskrift

Forfatteren vil fremføre sin takk for hjelp og støtte ved utarbeidelsen av foreliggende avhandling. I første rekke til preparant Anker Iversen, NTH, som har laget preparater og fotografier, samt direktør Thor Amdahl, Fosdalen Bergverk, og administrerende direktør Karl Ingvaldsen, NGU, som begge har stilt seg meget imøtekommende ved diamantboring av Slipsteinsberget. Avdøde direktør, dr. philos. Harald Bjørlykke, NGU, viste stor interesse og ga uvurderlig veiledning ved undersøkelsene i Sparbu. Det bør videre nevnes at amanuensis Sveinung Bergstøl, NTH, velvilligst har undersøkt kromitmineral, og at bergingeniør Bjørn Li, NTH, har gitt en utredning om serpentinnbergartens fasthetsegenskaper etter undersøkelser ved professor Ivar Berge's bergtrykkslaboratorium. En spesiell takk rettes til professor, dr. philos. Frank M. Vokes for all hjelp ved utarbeidelsen av den foreliggende avhandling og for oversettelsen av 'Abstract' til engelsk.

LITTERATUR

- Betekhtin, A., 1953: *A course in mineralogy*. Peace Publishers, Moskva.
 Pask, J. A. & Warner, M. F. 1954: Fundamental studies of talc. *J. Am. Ceram. Soc.* 37 (3).
 Wolff, F. C. 1964: Stratigraphical position of the Gudå conglomerate zone. *Norges geol. Unders.* 227, 85-91.