

# CORDIERITT — BAMBLE-SEKTORENS GÅTEFULLE BLÅ MINERAL

Jan Kihle, Institutt for Energiteknikk, PB. 40, N-2007 Kjeller

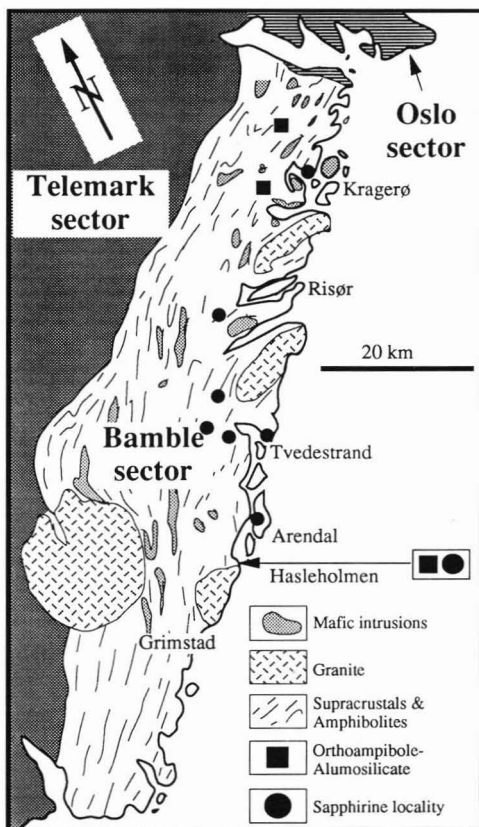


“Bamble-sektoren” er den geologiske betegnelsen på bergarter i det sydøstlige området av Norge, begrenset mot nord av Oslo-feltet (spektakulær forkastnings-grense kan sees i den sydlige vegg ved Høgenhei-tunellen ved Brevik) og mot vest av en stor forkastningssone som strekker seg fra Kristiansand i syd til Porsgrunn i nord (Fig. 1). De fleste bergarter som opptrer her er mer enn en milliard år gamle. Cordieritt, oppkalt etter den franske geolog og fjellklatrer Louis Cordier, opptrer innenfor Bamble-sektoren som et regional-metamorft mineral, dvs. et mineral som har blitt dannet over et stort område utsatt for de samme store dyp og høye temperaturer en eller flere ganger før forskjellige geologiske prosesser har ført disse spennende og unike bergartene opp i dagen.

## OPPRINNELSE

Cordieritt kan dannes fra forskjellige kilde- eller moderbergarter. Den vanligste moderbergarten er imidlertid aluminium- og magnesium-rike leirsteiner — leirsteiner som har blitt dannet fra erosjon og kjemisk nedbryting av enda tidligere eksisterende bergarter. Den dag i dag kan vi observere svært godt bevarte rester av opp-

rinnelige sedimentære strukturer i Bamble-sektoren, så som konglomeratboller og kryssjiktninger — til tross for et tidligere dyp ned mot 30 km og en alder av mer enn en milliard år(!) (Kihle, 1989). Tro kopi av disse sedimentære strukturene kan vi idag observere i sandlag i sandtak avsatt under siste istid eller i sand og leire langs elveleier av enda yngre alder. Cordieritt opptrer i



Slovakia.) Dette mineralet viser ofte meget kompleks kjemisk sammensetning, og for å få kvantifisert alle variasjonene som opptrer i cordierittene fra Bamble-sektoren brukes følgende (stygge) formeluttrykk:

$$(Na, K, Fe^{2+}, Fe^{3+})_r (Mg, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Li)_v [(Si, Al, B e, Fe^{3+})^{IV} O_{18}]_2 (nH_2O, mCO_2)_{(1-n-m-p)} K$$

(Bare for spesielt interesserte: K, p, n og m er tallverdier; VI og IV betegner hvordan elementet sitter i krystallgitteret; □ betegner hulrom i cordierittens krystallgitter som kan være fylt av vann, karbondioksyd og/eller andre komponenter.)

Natrium, beryllium og karbondioksyd er viktige komponenter i Bamble-sektorens cordieritter. Flere lokaliteter i nærheten av Kragerø har cordieritter med betydlige mengder beryllium. Mange av cordierittene i Bamble-sektoren er mettet med treverdige jern hvilket ofte gir utslag i utfelling av mikroskopske\* kobberfargete sekssidige lameller av hematitt parallelt orientert med et unikt krystallplan (100) langs lengdeaksen hos cordieritt (se Fig. 2). Med unntak av cordieritter fra Madras; India og Franklin, North Carolina, USA (Themesis, 1988) er dette fenomenet sjeldent observert i cordieritter fra andre steder. Denne formen av hematitt er dannet samtidig med vekst av cordieritten og må ikke forveksles med rødlig hydrøse jernoksyder dannet fra cordieritt. Se forøvrig under Bruksområder.

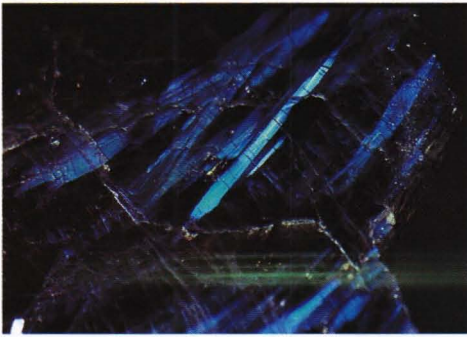
## FARGE

Fargen på frisk (uomvandlet) cordieritt i håndstykke fra Bamble-sektoren varierer fra fargeløs via lys blålig, gråblå, koboltblå til blålig violett. Mindre vanlig er ren grå og helt sorte cordieritter. I et enkelt tilfelle er også en purpurfarget cordieritt observert. De svakere blålig fargete cordierittene opptrer hyppig nord for Sønedeled, mens mer intens fargete cordieritter er mer vanlig sydover mot Arendal (det er imidlertid mange unntak fra denne regelen). Fargen i de blålige cordierittene skyldes innhold av vekslende mengder to- og treverdige jern.

noen av bergartene som framviser sedimentære strukturer i form av diskrete millimeter store korn sammen med kvarts og mindre mengder biotitt. Sporadisk opptrer her opphopninger av tungmineraller som zirkon, monazitt, ilmenitt, turmalin og rutil, tilsvarende det man kan finne i bakevjer i dagens elver. Kan hende mange av dagens cordieritt-lokaliteter en gang var skjønne tropiske sandstrender? Store deler av cordierittens metamorfe livsyklus i Bamble-sektoren er illustrert i Fig. 2.

## SAMMENSETNING

Cordieritt er empirisk sett et magnesium-aluminium-silikat med vekslende utbytting av toverdige jern for magnesium:  $(Mg, Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$  (Cordieritt med mer toverdige jern enn magnesium heter sekaninitt og er bare påvist fra et fåtall lokaliteter utenom originallokaliteten Dolní Bory i



Fargen til to ren grå cordieritter har ved analytiske metoder vist seg å stamme fra finfordelt grafitt. En intens sort cordieritt fra Barland ved Kragerø hadde imidlertid ikke spor av grafitt. Årsaken til den sorte fargen er fremdeles ukjent. Ukjent er også årsaken til den purpurfargede cordieritten fra yttre Søndeled, forøvrigt svært lik i farge den osumilitt som opptrer ved Vikesjø i Rogaland (sammen med bla. cordieritt). Mikrosondeanalyser viser imidlertid at det dreier seg om cordieritt og ikke osumilitt.

En kuriositet med sterkt fargede stykker av cordieritter er at de fremviser forskjellig farge avhengig av hvilken retning lyset faller inn. Dette optiske fenomenet kalles "pleokroisme" og er opphav til pseudonymet "dikroitt" som henspeler på at mineralet bryter lyset i to farger (egentlig er det tre forskjellige farger, men de to svakeste er ofte vanskelig å skille i håndstykke). Den mest intense blåfargen observeres når lyset faller inn Y-aksen (se Fig. 3). Parallelt med Z- og X-aksen observeres henholdsvis blek gulhvitt og blek blålig farge.

### FORM, STØRRELSE OG OPPTREDEN

Grovkrystallin cordieritt i Bamble-sektoren opptrer ofte som noder eller knuter med dårlig utviklet krystallform i smale linser vanligvis sammen med ortoamfibol (gedritt og/eller anthofyllitt), kvarts og flogopitt som hovedminerale. Unntaksvis observeres større ensartede kroppene med cordieritt-rike gneisser på mer enn 100 x 100 m i utstrekning. Disse linsene og kroppene

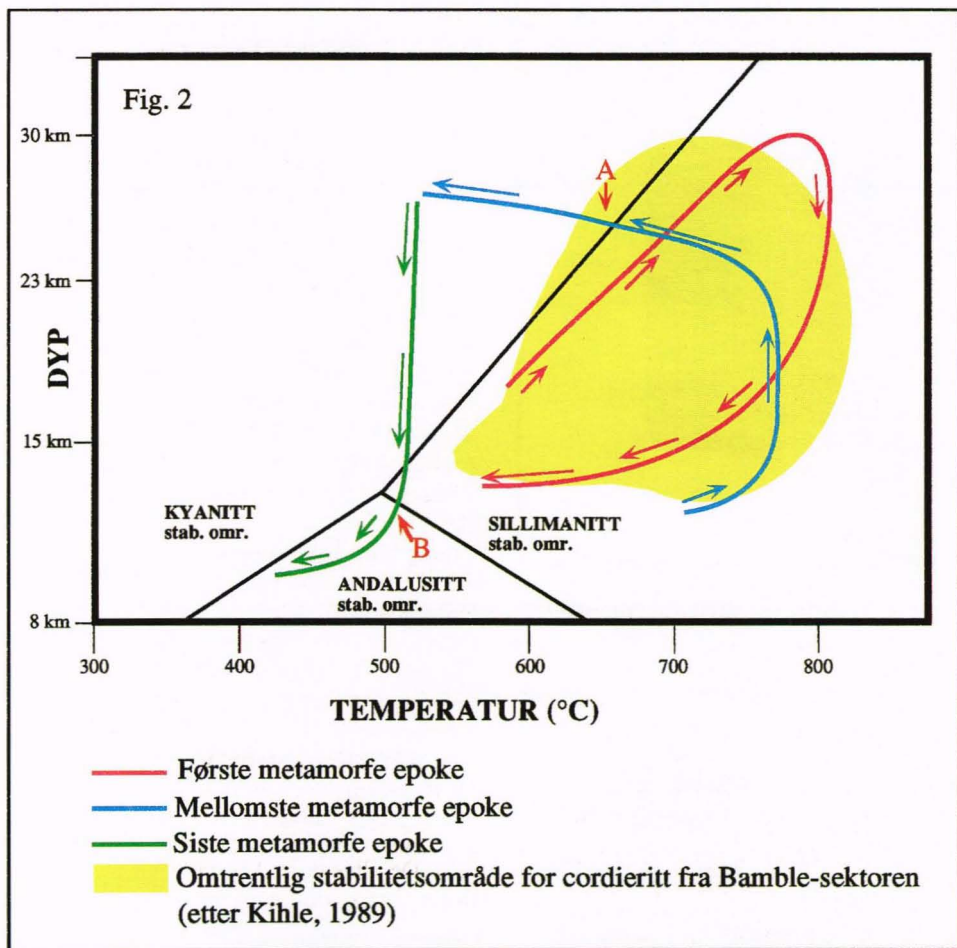
grenser ofte mot amfibolitter og urene kvartsitter. Det er ikke uvanlig å påtreffe grovkornete hornblende-cordieritt sammenvoksninger nær slike kontakter mot amfibolitter.

De største nodulene med enkrystaller av cordieritt (uten velutviklet krystallform) som, meg bekjent, er funnet i den senere tid stammer i fra et lite funn nær Kragerø hvor den største nodulen veiet over 20 kg (fiskevekten som ble brukt gikk bare til 20 kg). Se bilde 1. Den avbildete cordierittprøven er donnert til Mineralogisk Museum ved Universitat Basel i Sveits, hvor den i dag er utstilt (saget og polert). Bugge (1943) fant i sin tid cordierittknuter store som "knyttede never" flere steder i Bamble-sektoren.

Veldefinerte krystaller av cordieritt er en geologisk kuriositet. Få funnsteder av cordieritt kan måle seg med Bamble-sektoren hva krystall-størrelse angår. En av de største enkeltkrystaller som er funnet målte ca. 25 x 10 cm og kom fra nær Søndeled. Den er idag i privat eie. En imponerende krystallgruppe ispedd melkehvit kvarts og mindre mengder aktinolitisk hornblende kan imidlertid beskues under "nyanskaffelser" ved Mineralogisk-Geologisk Museum i Oslo. De aller fleste krystaller av cordieritt fra Bamble-sektoren er grønnlige i farge og mer eller mindre nedbrutt til andre mineralselskaper (retrogradert) uten at dette går ut over selve krystallformen (se under Nedbryting). Bare unntaksvis er det påtruffet friske blå krystaller på opptil 3 cm sitende i en are av plagioklas (oligoklas) fra nær Risør.

### NEDBRYTING

(eller; et metamorft måltid med cordieritt?) Ofte opptrer cordieritt frisk blå og "syk" grønn i et og samme håndstykke. Hvordan kan dette ha seg? – Når et metamorft mineral kommer utenfor sitt stabilitetsområde (avhengig av trykk, temperatur, sammensetning på mineralet og sammensetning på koeksisterende væskefase) vil dette brytes

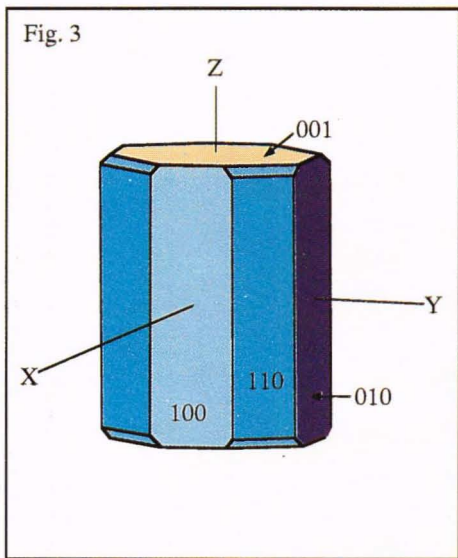


ned til et eller flere andre metamorfe mineraler som stortrives i det nye stabilitetsområdet. Ved å studere (i 30 mikron tykke tynnslip) de metamorfe mineralene som "spiser opp" cordieritt, kan vi få god informasjon om hvilken vei (i et trykk-temperatur-felt; se Fig. 2) cordieritt-bergarten har vandret etter cordieritten kom ut av sitt stabilitetsfelt.

Hva er nå alt det "grønne guffet" som ofte opptrer sammen med cordieritt i fra Bamble-sektoren? — Grønnfargen skyldes to metamorft dannede mineraler som har spist seg mett på cordieritt; nemlig kloritt og talk. Da cordieritt begynte å bli spist opp var den fremdeles på mangfoldige kilome-

ters dyp. Vannrike væsker sammen med cordieritt ga næring til dannelse og vekst av kloritt + kvarts + kyanitt + talk etter følgende reaksjonsligning (jfr. punkt "A" på Fig. 2):  $\text{Cordieritt} + \text{H}_2\text{O} = \text{Kloritt} + \text{Kvarts} + \text{Kyanitt} + \text{Talk}$ . Vannet som gikk med under måltidet ble bundet i strukturen til kloritt og talk. Vanligvis kan vi ikke adskille disse mineralene i håndstykke, selv med lupe, men vi kan føle at overflaten noen ganger kjennes glatt på de grønne partiene i cordieritten. Når fingrene berører overflaten vil små flak av talk (talkum) slippe og bli sittende fast på huden! Det hender at kyanitten dannet fra cordieritt blir stor nok til å kunne sees med det blåtte

Fig. 3



øyet, og i ekstreme tilfeller hvor reaksjonen som vist ovenfor har løpt helt ut, kan kyanittkrystaller på 7-8 cm observeres. De vakreste prøvene med kyanitt og cordieritt stammer fra området mellom Kragerø og Søndeled.

I noen av de større grønne flekkene i cordieritt kan vi med lupe sporadisk observere bitte små hvite til klare firkanter. Disse små krystallittene er andalusitt, også dannet fra cordieritt men mye senere i cordierittens livsløp (jfr. punkt "B" på Fig. 2):

$\text{Cordieritt} + \text{H}_2\text{O} = \text{Kloritt} + \text{Kvarts} + \text{Andalusitt}$   
Kyanitt og talk har i dette stadiet selv blitt oppspist og dannet mer kloritt + kvarts. Andalusitt trives under de nye stabilitetsbetingelsene, mens kyanitt (som har identisk sammensetning med andalusitt (og sillimanitt)) mistrives.

Egentlig skulle all cordieritt i Bamble-sektoren vært oppspist og dannet "kloritt-graps" for lenge siden, men det er nå ikke tilfellet: I de partiene av cordieritt-holdige bergarter som har unnspluppet gjennomtrengning av vanndige væsker, opptrer cordieritt like blå, edel, frisk og vakker som den gangen den ble dannet for mer enn en milliard år siden 20-30 km ned i jordskorpa — cordieritt som selv spiste seg stor,

blå og feit på kloritt og andre metamorfe mineraler som ikke klarte å stå i mot trykket!

## MINERALER SOM OPPTRER SAMMEN MED CORDIERITT

Her følger en liste over de fleste av de metamorft dannede mineraler som er funnet (i likevekt) med cordieritt i Bamble-sektoren (ikke mineraler dannet fra cordieritt) Noen lokalitetsangivelser er gitt for de mindre vanlig forekommende mineralene):

- "Gedrophyllitt" (avblandet gedritt og anthrophyllitt med blått fargespill)
- Aktinolit
- Anthrophyllitt
- Flogopitt
- Gedritt
- Granat (almandin-pyrop)
- Hercynitt (gressgrønn spinell)
- Hornblende
- Högbomitt (Tvedestrand og Sundsdalen)
- Ilmenitt (også andre opake mineraler; magnetitt, pyritt, chalkopyritt og molybdenitt)
- Kornerupin (6 lok., bla. akvamarinblå sammen med blå sapphirin + rosa korund NV for Kragerø)
- Korund (var. rubin, rosa: NV for Kragerø; var. saffir, blå og hvit: Hisøya og Tvedestrand)
- Monazitt (Fossingfjord, Kragerø)
- Ortopyrosken (enstatitt)
- Rutil
- Sapphirin (Tvedestrand, Kragerø, Hisøya og Fevik)
- Sillimanitt
- Staurolitt (vest for Tvedestrand)
- Tremolit (nær Akland og Støa, Kragerø)
- Turmalin (var. indigolit, schörl, dravitt og Ferri-dravitt)
- Zirkon

## BRUKSOMRÅDER

Oldtidens navigasjonsstein  
Cordieritt fra Bamble er kjent blant samlere verden over, mest i form av krystaller, men i de siste 10 årene også som edel variant. Vi vet at cordieritt fra Bamble har vært

samlet helt fra Vikingetiden ifølge Snorres saga. Vikingene skal vistnok ha benyttet en "blå solstein" som hjelp til navigering i overskyet(?) vær. Eksakt hvordan den ble brukt forblir usikkert, men vi kan anta at vikingene brukte fenomenet med de parallelt orienterte, sterkt reflekterende, hematitt-lamellene som ligger i samme plan som spalteplanet i cordieritt (010) (se Fig. 3) slik som vi kan bruke et speil i dag; solens posisjon ble bestemt ved å måle sollysets refleksjon (innfalsvinkel = utfallsvinkel) i forhold til et fast punkt eller merke. Den mer kjente "solsteinen" fra Bamble, som er en plagioklas med hematitt-lameller, har ikke lamellene orientert parallelt til noen av feltspatens spalteplan, mao. ved å spalte steinen fikk vi "speilet" skjevt i steinen. Ved å spalte den "blå solsteinen" kom speilet fram blankt å fint i plan med spalteoverflaten. Det har også vært foreslått at den ofte sterke pleokroismen hos edel cordieritt var brukt til å navigere etter av vikingene. Dette er lite trolig da denne effekten ikke kan tilknyttes solens posisjon. Dessuten er edel cordieritt langt midre utbredt i Bamble en sin kobberskimrende (derav navnet "solstein"?) hematittholdige analog. Et greskderivert navn på cordieritt som tidligere var i bruk er "iolitt" som nettopp betyr solstein.

## EDEL CORDIERITT

Edel cordieritt av ypperste kvalitet har de senere årene dukket opp på markedet. I mange hundre år var edel cordieritt kjent som "vann-saffir" da man trodde det dreiet seg om en variant av saffir, helt til Cordié i 1809 fremla data som viste at dette ikke var tilfellet.

Fra tidligere er cordieritt i gemmologisk sammenheng bedre kjent fra sydlige deler av India, Sri Lanka og Madagaskar som produserer store partier med god blåfarge og pleokroisme, men de er ganske små. Prisen per carat har vært stabil lav i mange år, men nå og da dukker større fasetterte stener på 5 til 10 g, og deres pris per carat

er høy og har ingen relasjoner med prisen for småstener. De fleste store slepne cordieritter omsettes på internasjonale edelstenauskjører og havner hos private samlere. Edel cordieritt fra Norge er fremdeles relativt ukjent hos internasjonale (og nasjonale!) gemmologer. Hva markedet er villig til å betale for mindre norske edle cordieritter står ikke i relasjon til det arbeid som nedlegges i prepareringen og fasetteringen. Allikevel slipes både små (og noen større!) cordieritter fra Bamble (og noen få andre norske lokaliteter) av/for norske samlere. Gleden over selv ha funnet edle stener og fått disse slepet er nær alltid større en markedsverdien. (I parantes må det påpekes at en del fasettslipere ikke legger kronen parallelt med (eller nær) Y-aksen (010) og således får maksimal fargemetning, men heller prøver å få maksimal størrelse på stenen. Om dette alltid er bevist er usikkert. Blasse gråfiolette slepne cordieritter som blir koboltblå når de sees fra siden er alltid trist å skue!)

## Cordieritt som smykkestein

Følgende varianter av cordieritt og cordieritt-holdige bergarter har et godt potensiale som smykkestein:

"Aventurin-cordieritt": Cordieritt med parallelle hematitt-lameller som omtalt over. Meget vakre prøver finnes i området mellom Søndele og Kragerø. Lett å polere, men "undercutting" oppstår lett i de omdannede, grønne partiene av materialet.

"Gedrophyllitt": Intimt avblandet gedritt og anthrophyllitt med intenst blått fargespill eller Schiller (Kihle & Bucher-Nurminen 1992) nesten alltid assosiert med cordieritt av god farge. Se bilde 2. Forekommer i mange lokaliteter, men de vakreste prøvene skriver seg fra nord for Tvedestrand. Krever erfaring for å unngå "undercutting" ved polering. Vakre, slepne prøver (carbochoner) er utstilt ved Bergverksmuseet, Kongsberg. Mineralogisk Museum besitter en polert plate med en kongeblå "gedrophyllitt"-vifte med et korslignende krystallagregat av blåviolett cordieritt.



**Granat-cordieritt:** Danner vakre sammenvoksninger med pene kontraster, ofte med spett av hvit grovfibrig sillimanitt og kvarts. Opptre mest i området mellom Hisøya og Tvedestrand.

**Hornblende-cordieritt:** Som omtalt ovenfor; Disse hornblendene har ofte høyt innhold av Mg og Al og er fattige på Fe, hvilket gir en tiltrekkende mellomgrønn farge. Den grønne, ofte velkrystalline, hornblendene står i skarp, estetisk kontrast til den blå cordieritten som vanligvis fyller inn mellom hornblendekrystallene. Vakkert material og lett å polere!

#### **Cordieritt til industrielt bruk**

En av byggeklossene i dagens "high-tech" keramikk er ren Mg-cordieritt. Denne cordieritten blir syntetisk fremstilt i mange land, spesielt i Japan og USA. På grunn av at den naturlig forekommende cordieritten nesten alltid er noe jernholdig, samt at den opptre spredt og i for små mengder, har kommersiell bruk av naturlig cordieritt ennå ikke kommet igang. Det finnes imidlertid jernfri cordieritt i et større parti innen Bamble-sektoren, og norske firmaer med internasjonale forgreninger har vært involvert i en mulig oppredning av denne cordieritten.

#### **SAMMENDRAG**

Cordieritt skulle egentlig ikke finnes på jordas overflate. At den allikevel sporadisk opptre bla. her i Bamble-sektoren som glassklare knuter er en kuriositet, et paradoks, et geologisk fenomen med få sidestykker. All cordieritt er forskjellig — er den ikke det, er det ikke cordieritt!

#### **Referanser:**

Bugge, J.A.W., 1943: Geological and petrographical investigations of the Kongsberg-Bamble-Formation. Norges Geologiske Undersøkelse, 160, 150 pp.

Kihle, J., 1989: Polymetamorphic evolution of Cordierite-bearing metapelites from the Bamble-sector, southern Norway. Thesis, University of Oslo, 3 volumes, 360 pp.

Kihle, J. & Bucher-Nurminen, 1992. Orthopyroxene-sillimanite-sapphirine granulites from the Bamble granulite terrane, southern Norway. *Journal of Metamorphic Geology*, 10, 671-683.

Themesis, T., 1988: Hematite in iolite (cordierite). *Lapidary Journal*, v.Nov., p. 3.

\*Unntaksvis har enkelte slike hematittlameller i cordieritt nådd størrelser på 12 mm.