

Boratmineralet Ludwigitt i høymetamorf marmor i Vesterålen

Per Bøe

GENERELT

Berggrunnsgeologisk skiller Lofoten-Vesterålen seg fra naboområdene i Ofoten og Sør-Troms som en egen geologisk provins, og betegnelsen Lofoteneruptiver har vært brukt om bergartene her. Eruptivene er i sin helhet dyperuptiver. Geologiske undersøkelser gjennom den siste mannsalder har endret det geologiske kartbildet en del ved at et betydelig innslag av migmatitter og høymetamorfe gneisser er påvist, ofte i granulitt facies. Den høye metamorfosegraden kan gi gneissene et eruptivt utseende, noe som lett fører til petrografiske feiltolkninger i felt. Det er for øvrig i dag vanlig å trekke grensen for provinsen lenger øst enn tidligere, det er også klart at grensen mot naboområder ikke er skarp, (Tveten 1978).

Mangeritt er navnet på den mest utbredte dyperuptiven, med stor utbredelse på Austvågøy og den sørvestlige delen av Hinnøya - på begge sider av Raftsundet. I dette området kalles derfor bergarten Raftsundmangeritt. Mangeritt er en kjemisk intermedier dyperuptiv (monsonitt) med monoklin og rombisk pyroksen. Raftsundmangeritten intruderte i tidsrommet 1700 til 1950 millioner år siden, det vil si i eldre Proterozoikum. Andre eruptiver er granitt, gabbro og anorthositt. Gneissene utgjør den eldste delen av berggrunnen i Lofoten-Vesterålen, dannelsesalder for de opprinnelige bergartene er mer enn 2500 millioner år. Protolittene til gneissene er trolig vanlige epiklastiske sedimenter og vulkanitter.

MARMORFOREKOMSTER

Innesluttet i gneissene og i eruptiver, opptrer linseformede forekomster av kalkspatmarmor og dolomittmarmor (1910), de største er et par kilometer lange (oversiktskartet). Noen marmor er nært knyttet til jernforekomster med hematitt og magnetitt, grafittskifer og andre metasedimenter.

Marmorene er spredt over hele Lofoten-Vesterålen området, og på det geologiske oversiktskartet er det tatt med 20 kjente forekomster. Det totale antallet er sikkert større enn dette. Et spesielt forhold knyttet til marmorene er kontakten til forskjellige typer høymetamorfe gneisser, og forskjellige typer dyperuptiver med muligheter for ulike typer stoffutveksling (metasomatose) mellom marmor og omgivende bergarter. Det ligger dermed til rette for interessante metamorfe petrologiske forhold, med muligheter for uvanlige mineraldannelser. Det er publisert få arbe-

der som spesielt tar for seg mineralogien både i marmorene og de andre bergartene.

TIDLIGERE UNDERSØKELSER

- Vestpolltindforekomsten (forekomst 15, geologisk oversiktskart) ble beskrevet av Sjøgren (1908) fra en malmgeologisk synsvinkel.

- Vogt (1912) beskrev utførlig klinohumitt fra dolomittmarmor i lokalitetene 1 - 4. Andre mineraler her er forsteritt, serpent, grønn spinel og magnetitt.

- Krogh (1975 a) undersøkte forekomstene 11, 15, 16, 18, 18 og 20 (Fig 1) og påviste i disse forsteritt (Fo > 95), gul og grønn spinel, magnesioferitt, magnetitt og ilmenitt. I forekomst 18 opptrer i tillegg chondroditt og stor, fin wollastonitt. I alle undersøkte marmor er forsteritt i varierende grad serpentinisert.

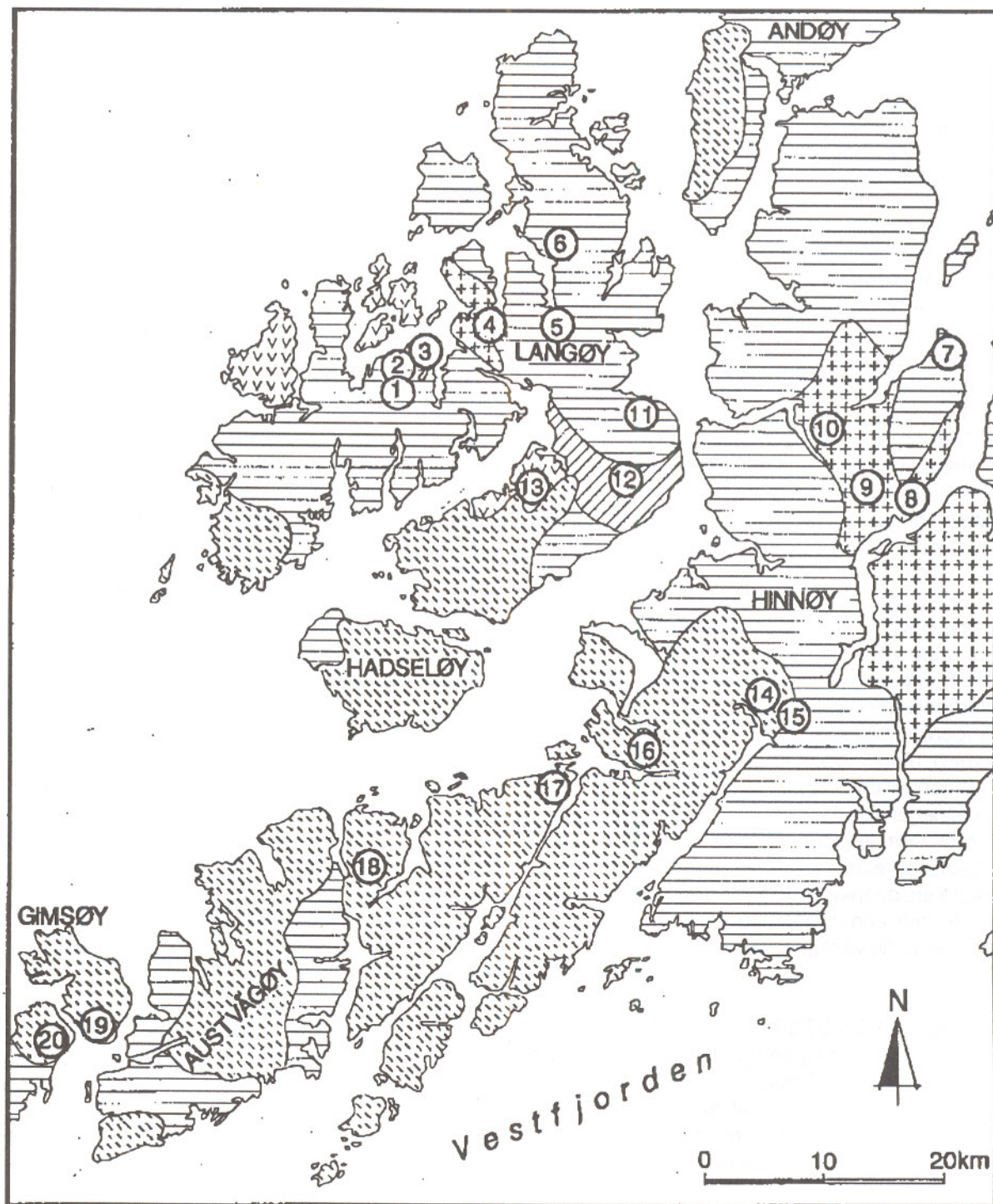
- Krogh har videre ved tre anledninger (1975 a), (1975 b), (1977) tatt for seg Vestpolltindforekomsten (15) langt øst i Lofoten-Vesterålen provinsen. Denne skiller seg ut fra de andre kjente forekomstene ved at jernformasjonen i tilknytning til marmoren er manganholdig. Grunnlaget for mineralvariasjon er dermed større, og hittil er det påvist 41 forskjellige mineraler her i alle tilstedeværende bergarter.

- Glassley (1975) foretok en metamorf petrologisk studie av en del av marmorene uten å påvise nye mineraler i forhold til det som da var kjent.

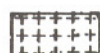
MEHUS MARMORFOREKOMST

På neset mellom Godfjorden i vest og Gullesfjorden i øst, nordligst på Hinnøya, finner vi en av Lofoten-Vesterålens marmor i den lille bygda Mehus. Den nordlige delen av marmoren ytterst på neset er blottet, det finnes også blotninger øst for bygda. Mehusgårdene derimot ligger på typisk strandflate med til dels store overdekkende løsmassemektheter, uten blotninger. Marmorens sørlige og sørøstlige grense er ikke blottet, men det er sannsynlig at størstedelen av Mehus ligger innenfor marmorområdet. Marmoren utgjør dermed underlaget for innmarka med tilstøtende kulturbeiteområder, og størrelsen på marmorforekomsten kan godt være 2-3 km. I så fall er dette en av de største marmorene i Lofoten-Vesterålen. Mehusmarmoren ligger i et område med gamle, høymetamorfe gneisser og nordligst på neset er marmoren i synlig kontakt med en gabbrolignende bergart med en reaksjonssone av pyroksenitt på 2-3 meters mektighet mellom marmor og sidebergart.

Øvereng (1972) utførte en råstofforientert undersøk



TEGNFORKLARING



Granitt



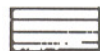
Mangeritt



Amfibolitt



Gabbro



Gneiss

Berggrunnsgeologisk oversiktskart over Lofoten og Vesterålen. Ringer med tall angir marmorforekomster.

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1. Ryggedalen | 11. Kovvatn |
| 2. Skålebødalen | 12. Storkvantoheia |
| 3. Sigerland | 13. Skata |
| 4. Kavåsen | 14. Vestpollen |
| 5. Tuvenelva | 15. Vestpolltind |
| 6. Steinland | 16. Lonkan |
| 7. Mehus | 17. Hangøy |
| 8. Trollkjerka | 18. Matmora |
| 9. Gombogdalen | 19. Jørendalen |
| 10. Sørfjorden | 20. Smorten |

else av Mehus marmoren med kjemisk delanalyser av 7 marmorprøver fra fast fjell. I disse varierer prosent CaO fra 47,67 til 53,56, MgO fra 0,14 til 1,61, mens mengden uoppløste materiale varierte fra 2,91 til 11,16. Går vi ut fra at i hvert fall noe av magnesiuminnholdet i den oppløste del av prøvene stammer fra andre mineraler enn karbonater (brucitt og forsteritt), har vi en temmelig rein kalkspatmarmor på Mehus.

Interessen for Mehusmarmoren oppstod for alvor da Tromsø Museum fikk innsendt en lysfarget jordprøve som var tatt i bunnen av en åpnet vannledningsgrøft inne på en av gårdene. Grøfta ble like etterpå kastet igjen. Prøven besto i sin helhet av glimmermineralet paragonitt. Sammenhengen mellom dette mineralet og geologien i området er foreløpig uklar. Fra samme grøft ble det seinere sendt inn en liten prøve av urein lys kalkspatmarmor hvor det i tynnslip ble identifisert flere mer eller mindre uvanlige mineraler: ludwigitt, klinohumitt, perovskitt, brucitt, klinoklor, spinel, hematitt, diopsid og forsteritt. Alle mineraler i denne prøven er mikroskopiske og ligger i en kalkspatmatriks.

Ved eget besøk i 1996 ble det på innmark i Mehus funnet flere løsblokker av kvit marmor med svarte ludwigitt-nåler i lengder opp til 2 cm. Foreliggende materiale er til nå undersøkt med tynnslip, og det er utført orienterende mineralkjemiske analyser på mikrosonde samt utført røntgendiffraktometeropptak. En del av prøvematerialet er behandlet med konsentrert saltsyre for å få konsentrater av de mest interessante mineraler. Under dette forsvant brucitt og sannsynligvis et lite innhold av forsteritt i tillegg til kalkspat.

MINERALOMTALE

Ludwigitt (Mg,Fe^{2+}) $_2\text{Fe}^{3+}(\text{O}_2/\text{BO}_3)$

Ludwigitt tilhører en undergruppe av sjeldne borater med ensidig opptreden i marmor og skarn, dannet under harde metamorfe betingelser og spesielle metasomatiske forhold. Dette i motsetning til de vanligste boratmineralene (borax, ulexitt, kernitt) som har sin opprinnelse på jordas overflate i kontinentale evaporitter, gjerne assosiert med vulkanisme.

Ludwigitt danner en kontinuerlig isomorf blandingsrekke fra rein Mg-ludwigitt uten Fe^{2+} til vonsenitt hvor $\text{Fe}^{2+} \gg \text{Mg}$. I rein, eller nesten rein ludwigitt kan det gå inn en del Al^{3+} i stedet for Fe^{3+} . Ludwigitt er visstnok ikke funnet tidligere i Norge. I Sverige finnes mineralet i noen av de mellomsvenske jernmalmene av skarntype, som oftest i fibrige masser assosiert med magnetitt.

I Mehusmarmoren opptrer ludwigitt som individuelle nåleformede krystaller opp til et par centimeter lange, de største krystallene har tverrsnitt på godt og vel 1 mm. Av og til opptrer bunter på 4-5 nåler. Fargen er i handstykke svart med god glans. Nålene kan være svakt bøyde, og de har en tendens til å innrette seg

parallelt med en svakt tektonisk utviklet planstruktur i marmoren. Utpreparert ludwigitt går meget lett i stykker ved berøring med for eksempel pinsett, kanskje en indikasjon på indre spenninger i mineralet.

I mikroskopet fremtrer ludwigitt som idiomorfe krystaller med til dels perfekt orthorombisk tverrsnitt. Krystallene er oftest sterkt poikiloblastiske med innesluttede matriksmineraler, mest kalkspat, mer sjelden klinohumitt. Mineralet, som er sterkt og uregelmessig oppsprukket, er i tynnslip noe lysere enn det som oppgis som vanlig for ludwigitt. Absorbsjonsfargene er grønn i krystallografisk X-retning, mørk grønn i Y-retningen og brun i Z-retningen. Ludwigitten er et av de sist dannede mineraler i bergarten og bærer preg av hurtig vekst. Orienterende analyser på mikrosonde viser at ludwigitten er Mg-rik i forhold til Fe^{2+} , og den fører 3-4 % Al_2O_3 .

ANDRE MINERALER

Klinohumitt

Mineralet opptrer som små avrundete korn med størrelse 0,1 mm, nokså jevnt fordelt i marmoren. Det er fargeløst og viser ingen tegn til omvandling. Tvillinger er vanlig, og selv om kornene er små sees også polysyntetiske tvillinger (tvillinglameller). Tvillingfri klinohumitt er til forveksling lik forsteritt i mikroskopet, men klinohumitt mangler alltid serpentinisering.

Perovskitt er et annet overraskende mineral i Mehusmarmoren. I mikroskopet er mineralet halvopakt med en lillabrun egenfarge, relieffet er meget høyt. Mineralet er anisotropt, og pleokroismen er omtrent fraværende. Kornene opptrer delvis med tydelig terningform, kornstørrelsen ligger rundt 0,2 mm. Kornene har gjerne en ytre opak sone. Med parallelt lys i mikroskopet kommer det til syne områder innen enkeltkorn med meget tynne lameller som trolig er polysyntetiske tvillingdannelser. En semikvantitativ analyse ga følgende sammensetning: TiO_2 : 60 %, CaO : 38 %, FeO : 2 %.

Brucitt er hittil bare funnet i en prøve som enkeltindivider med tavleform, omlag 1 mm store. Mineralet er fargeløst og har en karakteristisk lys anomal rødlig-brun interferensfarge.

Klinoklor danner flakformede korn som er glassklare og fargeløse, og kjemisk er dette en temmelig rein Mg-Al kloritt. Interferensfargen er lys grå. Flakene har ingen retningsbestemt orientering. Når kloritten i deler av Mehusmarmoren opptrer som en stabil mineralfase kan det ha sammenheng med manglende kalium. Når kalium er til stede dannes flogopitt i stedet.

Spinel er i Mehusmarmoren en hercynitt-rik variant og gulfarget. Kornene er 1 til 2 mm store og alltid godt rundet. Mineralet viser av og til svake tegn til avblanding.

Hematitt er den eneste opake fasen som er påvist hittil. Den har et skjelettaktig utseende og har åpenbart begynt sin vekst på korngrensene til kalkspat. Den inneholder ca. 5 % TiO_2 , men er likevel homogen. Det er rimelig å anta at dette titan-innholdet er for lite til å få dannet avblandingslameller av ilmenitt.

Diopsid. Mineraliet er til stede som små (0,1 mm) runde korn, til forveksling lik klinohumitt. Denne diopsiden er praktisk talt jernfri.

Forsteritt er så vidt observert i tynnslip som runde korn med begynnende serpentinisering.

Skapolitt er hittil ikke påvist i tynnslip. Derimot er det funnet en løsblokk på 22 kg som nesten i sin helhet består av grove lyseblå skapolittkrystaller med lengder opp til 6-7 cm. Skapolitten er meionitt-rik.

I den nordlige, godt blottede delen av Mehusmarmoren ser det ut til at de uvanlige mineralene i den sørlige delen av marmoren mangler. I stedet foreligger mineral-selskap med aktinolit/tremolit, epidot, flogopitt og spinel.

DISKUSJON

Ludwigittmarmor er hittil bare funnet som løsblokker på Mehus. Det er imidlertid ingen tvil om at disse blokker er stedegne med en helt lokal opprinnelse. Tilsynelatende ligger den ludwigitt-førende marmoren på innmark, god tildekket av løsmasser. Ute på neset ser det ut til at marmoren mangler ludwigitt, i stedet finner vi andre mineralselskap enn i løsblokkene fra innmarka. De fleste marmorene i Lofoten-Vesterålen er innleiret i de gamle gneissene og har gjennomgått samme metamorfose som disse, den siste metamorfosen skjedde for 1900 millioner år siden (Tveten 1978). Det betyr at i hvert fall disse marmorene er regionalt metamorfiserte. Sannsynligvis kan også de øvrige marmorert som ligger som xenolitter i eruptivene, betraktes som regionallmetamorfiserte. For alle gjelder det at metamorfosegraden enten er i amfibolitfacies eller granulitfacies.

I Mehusmarmoren er opprinnelige metamorfe teksturer og mineraler meget godt bevart. Retrograde mineralreaksjoner og reaksjonsteksturer kan nesten ikke påvises i de undersøkte prøver. Ludwigitt, klinohumitt og hematitt er dannet seint under metamorfosen, klinohumitt kan være innesluttet i ludwigitt og omvendt.

Glassley 1975 foretok en metamorf petrologisk studie av 10 marmorert i Lofoten - Vesterålen. Selv om Mehus var utelatt, er det ingen tvil om at denne marmoren har store likhetstrekk med de øvrige i området og faller i samme kategori. Glassley fant at marmorene har en mineralogisk og konsentrisk tre-deling fra sentrum og utover, med forskjellige karakteristiske stabile mineralselskap i hver sone. Mindre variasjoner i

marmorenes opprinnelige totalsammensetning spiller en større rolle for mineralselskapene i sonene enn variasjoner i trykk og temperatur. Glassley hevder også at marmorene under metamorfosen var lukkede systemer for alle kjemiske komponenter unntatt de mest volatile. For Mehusmarmorens vedkommende er det klart at det har vært en betydelig tilførsel av bor og fluor.

Litteratur

- Glassley, W. E. (1975). High grade regional metamorphism of some carbonate bodies: Significance for the orthopyroxene isograd. *American Journal of Science*, 275, 1133-1163.
- Krogh, E. (1975a). Petrografi og petrologi av høymetamorfe båndete jernmalmer i Lofoten-Vesterålen. Upublisert Cand. real.oppgave, Universitetet i Oslo. 1-165.
- Krogh, E. (1975b). The first occurrence of grandidierite in Norway. Contribution to the mineralogy of Norway, No. 59. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 55, 77-80.
- Krogh, E. (1977). Origin and metamorphism of iron formations and associated rocks, Lofoten-Vesterålen, N. Norway. I. The Vestpolltind Fe-Mn deposit. *Lithos*, 10, 243-255.
- Sjögren, Hj. (1908). Om jernmalmerne i granit på Lofoten och om parallellstrukturen hos de randiga torrstenarna. *Geologiska Föreningens Föreläsningar*, 30, 352-385.
- Tveten, E. (1978) Berggrunnskart SVOLVÆR. 1:250000. *Norges Geologiske Undersøkelse*.
- Vogt, Th. (1910). Om eruptivbergartene paa Langøen i Vesterålen. *Norges Geologiske Undersøkelse*, 53, 1-32.
- Vogt, Th. (1912). Studien Über die Humitgruppe. *Skrifter Videnskapselskapet i Kristiania. Mat.-Nat. Kl. I.* 1-27.
- Øvereng, O. (1972). Kalkstein ved Mehus, Kvæfjord kommune, Troms. *Norges Geologiske Undersøkelse. Rapport No. 1118/10A.* 7-9.

Røntgendiffraksjonsdata for mineraler fra Mehus

Ludwigitt			Klinohumitt		
d Å	I/I ₀	hkl	d Å	I/I ₀	hkl
6,13	4	020	5,02	40	$\bar{1}02$ 002
5,11	100	120	4,44	30	102 $\bar{2}02$
4,62	4	200	3,86	30	210
3,06	8	040 230	3,70	75	202 $\bar{3}02$
2,99	23	310	3,48	35	211
2,91	7	140	3,44	25	012 $\bar{1}12$
2,75	11	320	3,35	20	400
2,69	6		3,22	25	112 $\bar{2}12$
2,55	81	240 201	2,91	15	212 $\bar{3}12$
2,51	65	211	2,76	70	$\bar{1}13$ $\bar{4}11$
2,46	2	330	2,74	25	410 013
2,33	6	400	2,68	15	$\bar{2}13$ 500
2,16	32	250 340	2,60	30	113
2,14	15	311	2,54	75	$\bar{2}04$ 411
2,11	17	141	2,51	85	313
2,02	48	321 060	2,40	20	104 $\bar{3}04$
1,99	19	160	2,36	50	020
1,94	10	241	2,30	20	$\bar{5}11$
1,92	5	350 331	2,26	100	$\bar{4}13$ 021
1,90	15		2,15	10	$\bar{1}14$ 121
1,87	5	151	1,74	75	221 $\bar{1}22$
1,77	8	520 341	1,68	15	
1,75	7	421	1,62	10	
1,72	3	170	1,61	20	
1,70	4		1,53	35	
1,66	8	161	1,48	80	
1,58	3		1,47	30	
1,52	11		1,39	25	
1,51	3		1,34	10	
1,48	6				
1,47	10				
1,43	6				
1,37	8				