

SCANDIUM-MINERALER I

NORGE

Roy Kristiansen

ABSTRACT: The year 2003 marks the centennial of the first discovery of a true scandium-mineral in nature, viz. thortveitite,

found in Evje-Iveland in Norway. In 100 years only 9 scandium-minerals are described as such. In the last two decades there has been an increasing interest world-wide in scandium minerals and their formation, and in the utilization of scandium in alloys.

Recent investigation of several areas in Norway have disclosed additional findings of scandium-minerals, like bazzite, scandiobabingtonite, cascandite, the new kristiansenite, and a scandian milarite (another new mineral), besides some potential new or so far insufficiently characterized scandium-bearing minerals. Most of the scandium-species in Norway are provided with photos.

HISTORIKK.

Elementet Scandium (atom nr.21) ble forutsagt å eksistere - allerede 1869, - ti år før dets oppdagelse av den russiske kjemikeren og oppfinneren av det periodiske systemet,- Dmitri I.Mendelejeff (1834-1907), som han kalte "ekabor", og beregnet atomvekten til 45 (Vickery 1960). Den korrekte i dag er 44.95591!

1879 isolerer den svenske kjemikeren Lars F.Nilson (1840-1899) et stoff han kaller scandium (etter Skandinavia), som han finner ved anrikning av sjeldne jordarter fra euxenitt (Arendal) og gadolinit (Ytterby, Sverige).

Lenge var scandium innlemmet i de sjeldne jordartene, men dets egenskaper hører ikke hjemme der.

Scandium er et mykt, sølvhvitt metall, som oksyderer lett i luft.

INNLEDNING.

Scandium er tydeligvis mer vanlig på Solen og i visse stjerner, - det 23ende mest utbredte, - enn på Jorda: det 50ende mest utbredte.

Det er relativt utbredt i naturen i små mengder i ca 800 mineraler (Eberhardt 1908), men danner veldig få egne mineraler, totalt 9, gjennom alle tider, fordelt på 3 fosfater og 6 silikater., hvorav 2/3 er funnet og beskrevet de siste 20 årene!

Den russiske Scandium -eksperten L.F.Borisenko

sier 1983:

"The widespread distribution of scandium in rocks and minerals was established at the beginning of the 20th Century. Subsequently, Goldschmidt and Peters (1931) and a number of other investigators significantly broadened the scope of our ideas about scandium occurrences in natural formations. Vernadskiy (1927) assigned scandium to the typical dispersed elements. Later on, true scandium minerals were discovered. However, the discovery of these minerals could not change the ideas about scandium as a typical dispersed element. In fact, true scandium minerals are very rarely found and do not form large deposits."

Elementet scandium har tidligere hatt liten anvendelse i moderne teknologi, men i de to siste decennier har interessen og etterspørselen vært stadig økende internasjonalt etter som elementet får mer og mer aktualitet i Scandium-Aluminium legeringer i f.eks. produksjon av sykkelrammer, teltplugg, golfkøller, Smith & Wesson revolvere romfart m.m. Dette p.g.a. legeringenes egenskaper,- som styrke, vekt-reduksjon, smidighet, o.likn. Dessuten har oppdagelsen av nye scandium-mineraler og scandium-førende forekomster økt betydelig i samme tidsrom.

I 2003 er det 100 år siden det første Scandium-mineral i verden ble oppdaget i Landsverkbruddet i Evje, den 27.juni 1903 av den unge lovende geologen Per Schei (1875-1905).

Originalbeskrevet av Professor Jacob Schetelig 1911, og oppkalt etter Olaus Thortveit (1872-1917) fra Iveland under navnet THORTVEITITT, et scandium-silikat med 40-45 % scandium-oksyd.

For mindre enn 15 år siden kjente vi bare et scandium-mineral i Norge, nemlig thortveititt (Schetelig 1911, Kristiansen 1997).

På slutten av 1980-tallet oppdaget imidlertid Bergstøl & Juve (1988) en meget interessant forekomst av bazzitt (Juve & Bergstøl 1990), scandium-holdig ixiolitt og flere scandium-førende mineraler i pyroklor-gruppen, - i en granittpegmatitt i Tørdal i Telemark.

Sentralt i disse oppdagelsene må vi ikke glemme





Sveinung Bergstøl & Gunnar Juve, - sentrale personer i oppdagelsene av Scandium-mineralisering i Tørdal .

grunneieren Kaj Peder Tveit, som har vært imøtekommende og sørget for tilgang, sprengning m.m.

Godt inspirert av artiklene til Bergstøl og Juve om scandium- og tin mineraliseringen i Tørdal-området besøkte jeg forekomsten på Heftetjern første gang 6.mai 1998, i godt selskap med Thor Sørli fra Halden geologiforening.

Allerede ved førstegangsbesøk fant jeg TO helt nye scandium-mineraler, samt flere andre mineraler med et mer beskjedent innhold av scandium (Raade & Kristiansen 2000a & b). Ytterligere to andre kjente scandium-mineraler ble funnet ved videre aktivitet, scandiobabingtonitt og cascanditt (Raade & Erambert 1999, Eldjarn 2002) Disse var tidligere bare kjent fra original-lokaliteten i Baveno, Italia..

Det ene nye mineralet er et Calcium-Scandium-Tin-silikat med en unik struktur, Ferraris et al.(2001), og beskrevet av Raade et al.(2002) under mineralnavnet : Kristiansenitt (13.nordmann)

Det andre nye i milaritt-gruppen er fortsatt under arbeid av et kanadisk team, og mineralet forventes å bli godkjent i løpet av året.

Men det er ikke bare i Tørdal det gjøres oppdagelser av scandium-førende mineraler. Fra Iveland beskriver Cerny et al (2000) og Cerny & Chapman (2001) Scandium-rike faser som mikroskopiske inneslutninger eller eksolverte faser i ilmenorutil (= niobholdig rutil).

Status er således av vi nå har 6 av 10 eksisterende Scandium-mineraler i verden, noe ingen andre land kan skilte med !

Så basis av den senere tids oppdagelser i inn- og utland kom ideen til å arrangere et symposium om scandium basert på følgende kriterier, - sitat I.sirkulære:

” 1. An increasing interest world-wide in scandium

minerals and their formation.

2. An increasing interest in the utilization of scandium in alloys.

3. Norway seems to be a leading nation with respect to diversity of scandium minerals and occurrences.

4. The name of the element scandium is derived from the Latin Scandia (= Scandinavia).

5. The year 2003 marks the centennial of the initial discovery of the mineral that was to be named thortveitite in 1911, the first scandium mineral. It was found in a granite pegmatite in Evje, Norway. « Se: <http://www.nhm.uio.no/geomus/scsymp/>



Kjell Peder Tveit

Noen av de fremste forskere i verden på dette felt har meldt sin interesse for symposiet, og deltagerne vil danne en tverrfaglig gruppe av mineraloger, geokjemikere, geobotanikere og metallurger.

Symposiet arrangeres i August av Geologisk Museum, Universitetet i Oslo under ledelse av første-konservator Gunnar Raade. Symposiet er bare åpent for profesjonelle.

SCANDIUM-FØRENDE OMRÅDER I NORGE

To områder i Syd-Norge med scandium-mineralisering må sies å skille seg klart ut, nemlig:

* Iveland –Evje, med bortimot 30 thortveititt-førende *granitt-pegmatitter*, samt prøver av ilmenorutil med inneslutninger av nye ukjente Sc-faser.

*Tørdal i Telemark , med 6 ”ekte” Scandium-mineraler og en rekke andre Scandium-førende mineraler i *granitt-pegmatitt*.

Ellers i Syd-Norge er det påvist både thortveititt og scandium-holdig ferrokolumbitt i det peralkaline komplekset i Fenfeltet, ved Ulefos, - en av de få kjente forekomster med scandium-mineralisering i *karbonatitt* (Åmli 1977).

Bazzitt er påvist i to prøver fra *nordmarkitt* på Midtmoen i Lunner (Oslofeltet) , og beskrevet av Kvamsdal (1993,1998).

Bazzitt er og påvist fra en *granitisk gneiss* i Sande i Gaular (G.Juve i manus 2001).

I Nord-Norge er det påvist betydelige mengder Sc i de kopper-gull-førende massive sulfid-forekomstene i Bidjovagge og Biggejavri i Finnmark fylke



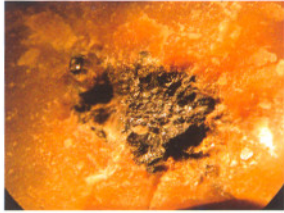
Massive partier av bazzitt sammenvokst med klare partier av kristiansenitt
Bildebredde ca 7-8 cm.



Sammenvokste kristiansenitt-xls
Tørdal, bildebredde 5 mm



Scandioababingtonitt med klare partier av kristiansenitt til høyre.
Tørdal. Bildebredde 1 cm



Scandium-holdig daviditt-mineral,
Bidjovagge, Finnmark.



Massiv kristiansenitt ,Tørdal 10 mm



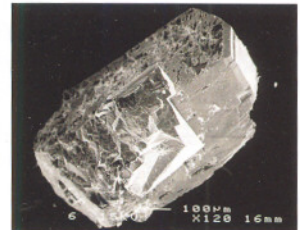
Scandium-holdig ixiolitt, Tørdal. 3 mm



Scandium-holdig ixiolitt krystaller, Tørdal
Bildebredde 5 mm.



Kristiansenitt-xls in druserom, ca.1 cm billed-bredde. Tørdal.



Scandiumbabingtonitt xl påvokst en kristiansenitt xl. Tørdal.

(Mathiesen 1969, Olerud 1988, Sandstad 1989), i form av thortveititt (av mikron-størrelse!) og komplekse metamikte oksyder med Ti, V, Cr, U, og Sc.

MINERALBESKRIVELSER.

I det følgende gis en omtale og oppsummering av scandium-mineraler og scandium-førende mineraler i Norge. Kjemiske formler etter Strunz & Nickel (2001).

THORTVEITITT $Sc_2Si_2O_7$ Monoklin

Den første thortveititten i Norge (og verden) ble opprinnelig funnet av den unge geologen Per Schei i Landsverk-bruddet på Evje 27.juni 1903, men foreløpig ble prøven merket " Epidot ?", (se bilde i Kristiansen 1997 p.112), - inntil det flere år senere viste seg å være thortveititt.

Først 1910 ble det samme mineralet funnet av bonde og feltspatekspertør Olaus Thortveit (1872-1917) i

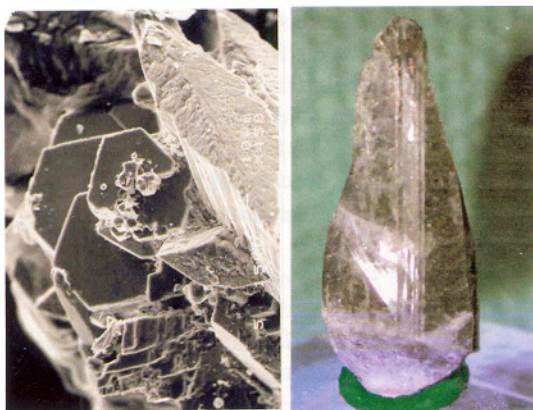
Iveland, og typelokaliteten er på Ljoslandknipan i Iveland (Schetelig 1911).

I Iveland og Evje er det registrert bortimot 30 thortveititt-førende lokaliteter (Neumann 1961 o.fl.), hvor man har den største anrikningen av thortveititt i verden.

Den største krystallen man kjenner er nærmere 35 cm. En mer detaljert historikk og beskrivelse med bilder av de største krystallene og stoffene finner man i Schetelig (1922).

Fortsatt i dag kan man være heldig å finne fragmenter eller krystallbiter av mineralet i enkelte brudd. Mineralet er typisk i lange uttrukne søyleformete krystaller av dyp grønn til blek grønn farge, eller også grågrønn til nærmest grå, og fra halvgjennomsiktige til opake og matte.

Lenge var thortveititt bare kjent fra granittpegmatitter, men Mathiesen (1969) beskriver en fore-



Til venstre: Scandium-holdig milaritt, nytt mineral
0.1 mm heksagonale xls, Tordal. Holotype.

Til høyre: Thortveititt, 3 cm
Ljosland, Iveland. Fra Olaf
Landsverk Juli 1931



Thortveititt-nåler, 3 mm,
Tordal

komst av ørsmå rimede soner, noen hundredels mm tykke, forekommende på et kompleks titan-mineral fra Bidjovagge kopper-forekomst, nær Kautokeino i Finnmark, - i en såkalt albitt-felsitt, en veldig hard finkornet, flintliknende lys grå til rødlig felsitt.

Noen kilometer nord for Bidjovagge har man i senere tid funnet tilsvarende i Biggejavri, (Olerud 1988, Sandstad 1989). Forekomsten er omfattende, og kan være en potensial fremtidskilde for Scandium.

Karbonatitter inneholder vanligvis ikke Sc av betydning. Men fra karbonatitten i Fen-feltet ved Ulefos derimot beskriver Åmli (1977) opptreden av thortveititt som bitte små 2–3 mikron store spredte korn i rauhaugitt og rødberg.

Juve & Bergstøl (1997) nevner thortveititt fra Tordal, men den franske mineralogen Francois Fontan, som var der tidligere, dementerer dette (pers.medd.

SEM-bilde:
Cesium-frie
bazzitt-xls på
cascanditt-
matrix .Bildebredde 0.5 mm



TABELL 1 Analyser av norske Scandium-mineraler

	THORTVEITITT		BÄZZITT	SCANDIO- BÄBINGITONITT	CASCANDITT	KRISTIANSENITT	HÖSDI Sc-holdig MILARITT	Sc-holdig XICOLLITT	Sc-holdig MİKROLITT	Sc-holdig foss Hå	Sc-holdig foss E2
Referanse	Blanché et al. 1988	(pers medd F Bernhardt)	Juve & Bergstøl 1990	Raade & Erambert 1999	Raade & Erambert 1999	Raade et al. 2002 og pers medd F Bernhardt	(pers medd F Bernhardt)	Bergstøl & Juve 1988	Bergstøl & Juve 1988	Cerry et al. 2000	Cerry & Chapman 2001
Lokalitet	Iveland	Tordal	Tordal	Tordal	Tordal	Tordal	Tordal	Tordal	Tordal	Håverstad	Estevann
W/O								18.60	15.2	1.67	0.52
Nb ₂ O ₅								48.00	56.0	50.21	40.21
Ta ₂ O ₅						0.08		0.40	2.0	9.97	21.28
TiO ₂						27.33 / 25.05		7.30	1.5	12.42	11.30
SnO ₂	25.01	3.84	14.50	11.05	16.92	8.11 / 11.77	7.19	18.80	3.4	1.10	1.57
Sc ₂ O ₃	0.61	<0.2	0.80			<0.21	0.35			10.05	12.73
Al ₂ O ₃	17.73	1.19				<0.32		0.10	3.6	0.17	0.08
Y ₂ O ₃											
REE ₂ O ₃	12.26										
Fe ₂ O ₃	2.06		5.70	0.64		1.98				6.08	7.59
FeO	0.81		9.20	3.90		0.40		3.20	1.5	6.03	1.37
MnO	0.67	2.09	1.43	2.83	0.91	<0.11	1.08	2.40	0.3	1.19	2.80
CaO	0.15	<0.10	18.74	16.88	18.45 / 17.88	4.64				0.25	0.15
MgO	0.26	<0.26	0.10	0.19	0.07	<0.26				0.07	
ZnO	2.28+Hf					0.43				0.78	0.17
Li ₂ O									9.5	0.20	
BeO			14.50								
K ₂ O	<0.09					0.06 / <0.09	4.72				
Cs ₂ O			2.93								
Na ₂ O	<0.27		1.60			0.41 / <0.27					
Li ₂ O			0.24								
Rb ₂ O			0.25								
Andre											0.03
SiO ₂	37.59	44.71	58.00	52.27	54.94	40.78 / 40.20	74.16				
F											
H ₂ O			1.10	1.55	2.72	2.04			1.5		

Juli 1998).

Imidlertid ble det funnet thortveititt i noen få stuffer der av undertegnede i 2001. Opptre som lysgrønne nåleformete krystaller opp mot 5 mm, eller som ørsmå irregulære masser intimt sammenvokst med bl.a. kristiansenitt og bazzitt. Det mest interessante med denne thortveititten er det høye innholdet av tin, - henimot 5% SnO₂ ! Oftedal (1969) har allerede nevnt mindre mengder tin i thortveititter fra Iveland, og tidligere (Oftedal 1939) analysert på tin i andre norske mineraler.

Foruten funn av thortveititt på Madagaskar allerede i 1920-årene, - er thortveititt i nyere tid funnet sporadisk mange steder i verden (Kristiansen 1997), også i våre naboland Sverige (Langhof 1996) og Finland, og nå aller senest i Tyskland og Frankrike (pers.medd., resp. Thomas Witzke og Pierre Gatel).

BAZZITT $(\text{Sc,Al,Fe})_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ **Heksagonal**
Scandium-analogen til beryll, hvor $\text{Sc} > \text{Al}$ (Fe).

En cesium-rik bazzitt er beskrevet av Juve & Bergstøl (1990) fra Hefsetjern, Tørdal, i Telemark, som klare himmelblå heksagonale krystaller opp til 5 mm, ofte sammenvokst med vanlig beryll av gul farge. Innholdet på ca. 3 % Cs_2O er det høyeste som noen gang er registrert i en bazzitt. Analyse av en annen krystall, funnet av undertegnede, viser faktisk enda høyere (Demartin et al. 2000). En bazzitt fra Baveno (type-lokaliteten) viste 2.3% (loc.cit.). Ikke alle bazzitter inneholder cesium av betydning. Fargen vil og variere, -helt over i det lyse blå (Kristiansen 1999, p.17)

Forekomsten har etter hvert blitt velkjent, og spesielt p.g.a. de store krystallene som er funnet (Werner 1993), den største hele 3 cm. Irregulære blå masser antar ennå større dimensjoner. Sistnevnte kan være sammenvokst med bl.a. kristiansenitt.

Kvamsdal (1993,1998) beskriver en bitte liten bazzitt-krystall i feltspat i nordmarkitt fra Midtmoen i Lunner, like ved fylkesvei 23. Senere ble det funnet en krystall til som er avbildet i Stein, nr.4, 1993, side 227.

Bazzitt ble funnet 1995 som enkeltkrystaller med kvarts, kalkspat, flusspat o.fl. i en granitisk gneiss i Sande i Gaular, Sogn & Fjordane (G.Juve i manus 2001).

SCANDIOBABINGTONITT $(\text{Ca,Na})_2(\text{Fe}^{2+},\text{Mn})(\text{Sc,Fe}^{3+})[\text{Si}_5\text{O}_{14}\text{OH}]$ **Triklin**

Scandiobabingtonitt ble funnet på Hefsetjern etter sprengningen i regi av Geologisk Museum's venner høsten 1998. Dette var like etter at mineralet ble original-beskrevet fra Baveno i Italia (Orlandi et al. 1998). Det norske funnet var adskillig rikere enn det italienske. Det norske funnet ble karakterisert av Raade & Erambert (1999), og viste seg som en sammenvoksning av scandiobabingtonitt og ytterligere et nytt scandium-mineral for Norge: cascanditt. Bilder finnes i Eldjarn (2002),

Mineralet forekommer som flaskegrønne til lysgrønne irregulære partier eller sjeldnere som krystaller, og ikke alltid sammenvokst med cascanditt.

Mineralet er ellers bare kjent fra originalforekomsten i Baveno, Italia.

(Gramaccioli et al.1998, Orlandi et al.1998)

CASCANDITT $\text{CaSc}[\text{Si}_3\text{O}_8\text{OH}]$ **Triklin**

Cascanditt ble først observert som en tynn "film"

intimt sammenvokst med scandiobabingtonitt (Raade & Erambert 1999), fra Hefsetjern-forekomsten, Tørdal.

Det opptrer også som blekgrønne bitte små korn med bazzitt, som en sjeldenhet.

Mineralet var bare kjent fra originalforekomsten i Baveno, Italia. Mineralet er et triklin

pyroxenoid mineral beslektet med pectolitt og seranditt.

(Mellini et al.1982, Gramaccioli et al.1998)

KRISTIANSENITT $\text{Ca}_2\text{ScSn}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{Si}_2\text{O}_6\text{OH})$
IMA no. 2000-051 **Triklin**

TYPELOKALITET: Hefsetjern, Tørdal, Telemark

Mineralet ble første gang funnet på en stoff av undertegnede 6.mai 1998 på Hefsetjern i Tørdal, og allerede på et tidlig stadium fastslo jeg at mineralet hadde en unik kjemisk sammensetning, samt at røntgendiffraktometer-opptaket ikke "matchet" noe kjent mineral.

Mineralet er oftest fargeløst og lite iøyenfallende, og krystaller kan lett forveksles med albitt-krystaller, som det er mye av i druserom. Mineralet opptrer vanligvis som avlange uttrukne kystaller med en skrå toppflate, transparente fargeløse eller gulaktige, eller som mer grågule til grå og matte. Tydelig stripet overflate, og høy refleksivitet. Krystallene opptrer enkeltvis eller som sammenvokste individer, av størrelse 1 – 5 mm i utstrekning. Unntaksvis finnes massive partier av gulig farge opp til 1 cm.

Kristiansenitt forekommer sammen med scandiobabingtonitt, bazzitt, milaritt, plumbomikrolitt, en kalsiumrik hingganite-(Y), scandium-rik ixiolitt, et rynersonitt-liknende mineral, og diverse titanitter med forskjellig habitus og farger. Og ofte i druserom i feltspat eller innleiret i en gyldebrun sterkt omvandlet glimmer.

Allerede på et tidlig stadium, ved de innledende struktur-bestemmelsene, ble det konstatert en kompleks tvillingdannelse, som fra tidligere var ukjent i naturen, men postulert av Nespolo & Ferraris (2000). Og det viste seg da at kristiansenitten bekreftet deres antagelse, og som de kalte "twinning by metric merohedry", det første eksempelet i naturen. Resultatene ble allerede presentert på en poster av Ferraris (2000) ved en krystallografisk kongress i Nancy, og senere i Japan (Nespolo et al. 2001). P.g.a. disse spesielle egenskapene ble krystallstrukturen beskrevet separat (Ferraris et al. 2001), for selve mineralbeskrivelsen, som først kom i 2002 av Raade et al. (2002), og Ellingsen & Haugen (2002).

Kristiansenitt kan ikke sies å være vanlig, men nok

vanligere enn for eksempel scandiobabingtonitt. Sistnevnte er jo mer iøyenfallende med sin grønne farge, mens kristiansenitten oftest er fargeløs og vanskelig å skille visuelt fra albitt-krystaller.

Hvorvidt mineralet er mer utbredt i de mange pegmatittgangene som finnes i området i Tørdal er fremdeles ukjent.

I Høydalen-bruddene, like nedenfor (Ofteidal 1942, Kristiansen 1998), og som har vært i drift i over 60 år, er det ikke påvist egne scandium-mineraler. De eneste indikasjoner på scandium (ppm nivå) er Ofteidal's (1943) undersøkelser i diverse mineraler fra forekomsten, samt et innhold på ca 1.5% Sc_2O_3 i et wodginitt-liknende mineral som en eksolvert fase i kassiteritt (Raade & Kristiansen 1983)

Scandium-holdig "MILARITT" $\text{K}(\text{CaSc})\text{Be}_3[(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})]$ Heksagonal

TYPELOKALITET: Hefsetjern, Tørdal, Telemark
Holotype: H04/98 (Department of Geological Sciences, University of Manitoba)

Dette er en scandium-holdig milaritt funnet 6. mai 1998, som i utgangspunktet kun ble funnet på EN stoff, hvor mineralet forekommer som 0.1 mm stutte grålige heksagonale krystaller i et hullrom i kjøttfarget kalifeltspat sammen med litt bazzitt, grønne nåler av turmalin og litt fargeløs yttriumholdig milaritt.

Allerede på et tidlig stadium ble det fastslått betydelige mengder Scandium (5–7% Sc_2O_3 , pers.medd. F. Bernhard 29.03.99), og de øvrige elementene tilsa at det måtte være et milaritt-liknende mineral, men hvor en stor del av aluminium var erstattet/fortrengt av scandium, samtidig som Ca-innholdet var halvert. En beregnet formel viste forholdet Ca:Sc ~1:1. Mineralet er nevnt av Raade & Kristiansen (2000 a,b).

Senere har Hawthorne (2002) bekreftet at mineralet er Scandium-ekvivalenten til nok et nytt mineral i milaritt-gruppen = $\text{K}(\text{CaY})\text{Be}_3[(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})]$, også kjent fra Hefsetjern.

I 2001 fant jeg ytterligere en stoff med en kompleks sammenvoksning av hele FIRE scandium-mineraler, hvorav også den scandium-holdige "milaritten". Analysene viser god overensstemmelse med den første prøven. Prøven er unik, og er gjenstand for detaljert undersøkelse (Raade et al. in prep.)

Historien er ikke fullstendig uten å gå litt tilbake i tid. Yttrium-rike milaritter fra Brazil, Kanada og Sve-

rige er tidligere omtalt av Cerny et al. (1991) og Nysten (1996). På basis av kjemiske analyser av disse funnene vil substitusjonen med yttrium indikere en trend fra milaritt, $\text{KCa}_2(\text{Be}_2\text{Al})\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$, henimot en "end-member" med formel

$\text{K}(\text{CaY})\text{Be}_3[(\text{Si}_{12}\text{O}_{30})]$, med Ca:Y ~1:1, hvilket Hawthorne (2002) bekrefter i sin artikkel.

I juli 1998 kontaktet jeg min gamle kjenning, - pegmatitologen Petr Cerny (Univ. of Manitoba), som bl.a. hadde vært på Hefsetjern i 1989, og spurte ham om man kunne tenke seg opptreden av en "milaritt med scandium, som substituerer for aluminium. Hvor etter han sier I mail : "you may have some scandium surprises there, and quite possible a milarite with some Sc in". Og våren etter fikk vi altså bekrefnelsen !

Både de scandium-rike og yttrium-rike "milarittene" er nevnt av Grew (2002).

Scandiumholdig ixiolitt Rombisk

$(\text{Sc}_{1.46}\text{Ta}_{1.16}\text{Nb}_{0.76}\text{Sn}_{0.26}\text{Fe}_{0.24}\text{Mn}_{0.18}\text{Ti}_{0.03})\text{Sö}_{4.09}\text{O}_8$

TYPELOKALITET: Hefsetjern, Tørdal, Telemark.

En scandiumholdig ixiolitt ble funnet og beskrevet av Bergstøl & Juve (1988) fra pegmatitten på Hefsetjern i Tørdal, og opptrer som skinnende sorte velutviklede krystaller på 1-5 mm, og er ikke uvanlig å finne. De analyserte prøvene (loc.cit.) viser ca 14-19% Sc_2O_3 , - altså langt høyere innhold enn de beskrevne ixiolittene fra Mozambik og Madagaskar (von Knorring & Sahama 1969).

Uregelmessige fargenyanser indikerer en noe heterogen sammensetning, og omvandling til pyroklor-gruppens mineraler, og på basis av diverse omvandlinger gir analyser opphavet til flere varianter:

tin-uranholdig mikrolitt

yttrium-scandium-holdig mikrolitt

scandium-yttrium-holdig mikrolitt

scandium-holdig ytropyroklor og uran-holdig SCANDIUM mikrolitt (se nedenfor).

Fordi scandium-innholdet i formelen for ixiolitten langt overskrider de andre elementene, er dette et nytt species, eller for å sitere Raade & Kristiansen (2000b):

"With Sc exceeding the other elements in the cation-disorder ixiolite structure, this is in fact a new species".

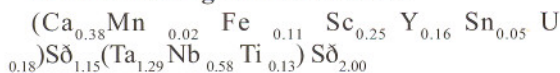
Undersøkelser og diskusjoner om scandium-substitusjoner i kolumbitt-gruppens mineraler og ixiolitt er omtalt av Wise (1998). Her nevnes også

Heftetjern–ixiolitten.

Ellers nevnt av Raade & Kristiansen(2000 a) og Raade et al. (2002).

Semenov (2001) forenkler formelen til Sc_2TaNbO_8 .

Scandiumholdig mikrolitt Kubisk



(etter Bergstøl & Juve 1988)

TYPELOKALITET: Heftetjern, Tørdal, Telemark.

Som nevnt ovenfor under scandium-holdig ixiolitt omvandles denne til mineraler i pyroklor-gruppen med ganske variabel sammensetning. Og de synes alle å være metamikte, og brune, brunlig grønne til grønne av farge med en glassaktig glans og et muslig brudd.

En av disse omvandlede ixiolittene viser en kjemisk sammensetning, som i formelen gir et scandium-innhold som overskrider 20% av totalen av Atomene og er det mest fremtredende element i A-posisjon andre enn Ca. Dette tilsier et nytt mineral i pyroklor-mikrolitt gruppen, som gjør at Bergstøl & Juve (1988) kaller mineralet **scandium mikrolitt**, - hvilket da er et nytt mineralnavn i motsetning til **scandian** mikrolitt (scandium-holdig..). Enkelt er det ikke, fordi alle nye mineraler må som kjent godkjennes av CNMMN/IMA, og dessverre ble ingen data fremsendt til kommisjonen. Kjemisk sammensetning alene er allikevel ikke tilstrekkelig for å få godkjent et nytt mineral. Internasjonale krav til dokumentasjon foreligger.

Og som Jambor (1991) ganske riktig sier: "An unapproved name for an incompletely described mineral." Men at mineralets sammensetning er unik er det ingen tvil om!

Semenov (2001) angir formelen som $FeYScNb_2Ta_2O_{14}$.

Selv har jeg en metamikt mikrolitt fra Heftetjern, som kjemisk er en uran-scandium-wolfram-holdig yttromikrolitt-pyroklor, som nå er gjenstand for krystall-struktur undersøkelse ved universitetet i Firenze.

Scandiumholdig kolumbitt $(Fe,Mn)(Nb,Ti)_2O_6$
Rombisk

Scandium-holdige kolumbitter er beskrevet av Åmli (1977) fra karbonatitten i Fen-feltet og forekommer som velutviklede til uregelmessige korn fra 1 – 160 mikron i størrelse, - både i rauhaugitt og rødberg.

Analyser viser fra 0.64 – 2.74 % Sc_2O_3 , men det antydes at det er funnet kolumbitter med opp til 6% Sc_2O_3 .

Scandiumholdig daviditt-loveringitt

Mathiesen (1969) beskriver et komplekst titan-mineral fra Biddjovagge kopper-forekomsten i Finnmark.

Titan-mineralet forekommer som kullsvarte glinsende uregelmessige korn opp mot 1 cm diameter i en såkalt albitt-felsitt, en veldig hard finkornet, flintliknende lys grå til rødlig felsitt. Mineralet består kjemisk av overveiende titan (~50%), og betydelige mengder vanadium, crom, jern og noe cerium, samt ca 3% Sc_2O_3 .

Noen kilometer nord for Bidjovagge har man i senere tid funnet tilsvarende i Biggejavri, som Olerud (1988) og Sandstad (1989) beskriver som daviditt-loveringitt. Deres funn /analyser viser imidlertid bare ca 0.5% Sc_2O_3 .

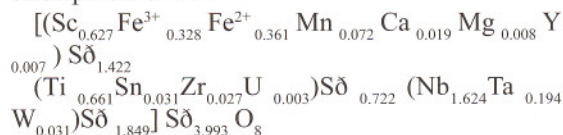
I begge forekomstene finner man likeledes thortveititt, men bare i mikron-størrelse!

Scandium-faser som inneslutninger i ilmenorutil fra Iveland.

Cerny et al.(2000) og Cerny & Chapman (2001) har undersøkt prøver av ilmenorutil fra resp. Håverstad og Eptevann i Iveland, og finner flere eksolverte faser som er scandium-rike.

Håverstad, eksolverte faser i ilmenorutil, fase E H4 Cerny et al. (2000).

Her er det flere faser, både scandium-rike og -fattige. Den scandium-rikeste, med 10% Sc_2O_3 , forekommer som nesten runde granulære aggregater, opp til 30 x 100 mikron, innesluttet i ilmenorutil, - gir en empirisk formel:



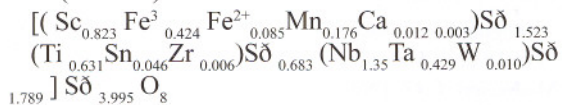
eller forenklet $(Sc,Fe^{3+})(Nb,Ta)O_4$ (nytt mineral).

Et røntgen-opptak gir tilnærmet identitet med en monoklin $Fe^{3+}NbO_4$ forbindelse.

Eptevann, scandium-fase E2A. Cerny & Chapman (2001)

Her beskriver Cerny & Chapman (2001) både

eksolverte faser i ilmenorutil og nedbrytningsprodukter av disse, både scandium-rike og fattige. Den scandium-rikeste inneholder 12.8% Sc₂O₃, og den gir en empirisk formel omtrent som den fra Håverstad (ovenfor):



Med tiden håper vi man lykkes å karakterisere denne fasen fra Epte vann og Håverstad som eget mineral.

Ilmenorutil fra andre thortveittitt-forekomster i Iveland kan godt tenkes å inneholde de samme fasene.

EPILOG.

Uten tvil har forekomstene og oppdagelsen av nye scandium-mineraler og scandium-førende mineraler i Norge i de senere årene økt vår kunnskap om scandiums utbredelse og geokjemiske adferdsmønstre. Også i flere andre mineraler fra Tørdal-området er det funnet betydelige mengder scandium (Raade & Kristiansen 2000 a) Og det bekrefter de postulater som allerede ble antydning av Goldschmidt & Peters (1931), Frondel (1968) og Borisenko (1983). Og som Foord et al. (1993) sier:

«Discoveries of new Scandium-minerals may be expected in the years to come, as we know that Sc may substitute for Fe³⁺ - Al³⁺ in pyroxenes and amphiboles in Sc-rich environment».

Også Frondel (1968) sier at : « Scandium in the ferromagnesian minerals apparently substitutes for iron in sites occupied by either (Fe³⁺,Al) or (Fe³⁺,Mg). Scandium can also form limited solid solution with Y³⁺,Al, the heavy lanthanides, Ti⁴⁺, Sn⁴⁺, Zr⁴⁺ and W⁶⁺ in certain geochemical environments. «

Gramaccioli et al. (2000) diskuterer dannelsen av scandium-mineraler, og gir eksempler fra bl.a. norske forhold

Det forestående Scandium-symposium : « SCANDIDIUM 2003 » i Oslo i august vil forhåpentlig bidra til økt kunnskap og interesse for scandium og dets egenskaper til bruk i framtidens teknologi, og det er hyggelig at Norge kan være det første land i verden til å arrangere et sådan symposium. Men så har jo det første scandium-mineral i verden sine røtter i Norge!

Som en kuriositet kan det nevnes at oppdagelsen

av det første og siste scandium-mineral i verden i det 20-århundre er begge gjort av norske amatør-mineraloger, - nemlig thortveittitt og kristiansenitt.

TAKK.

En takk til Gunnar Raade og Franz Bernhard for samarbeid og kommunikasjon gjennom flere år. Takk også til Franz Bernhard for scanning-bilder.

Likeledes er jeg grunneieren Kaj Peder Tveit stor takk skyldig for utvist interesse og imøtekommenhet.

Og ikke minst vil jeg takke inspiratorene Gunnar Juve og Sveinung Bergstøl som har gjort omverden oppmerksom på den unike scandium-forekomsten på Heftetjern.

REFERANSER:

- Bergstøl, S. & Juve, G. 1988. Scandian ixiolite, pyrochlore and bazzite in granite pegmatite in Tørdal, Telemark, Norway. *Contr. Miner. Petrol.*, 38:229-243
- Bianchi, R. et al. 1988. A re-examination of thortveittite. *Amer. Miner.*, 73:601-607
- Borisenko, L.F. 1983. Raw-material resources of scandium. *Inter. Geol. Rev.*, 25:942-946 Oversatt til engelsk fra "Geologiya i razvedka", nr.9: 51-56, 1981
- Cerny, P., Hawthorne, F., Jambor, J.J., & Grice, J.D. 1991. Yttrian milarite. *Can. Min.* 29 : 533-541
- Cerny, P. et al. 2000. Two-stage exsolution of a titanian (Sc,Fe³⁺) (Nb,Ta)O₄ phase in niobian rutile from Southern Norway. *Can. Min.*, 38:907-913
- Cerny, P. & Chapman, R. 2001. Exsolution and breakdown of Scandian and Tungstenian Nb-Ta-Ti-Fe-Mn phases in niobian rutile. *Can. Mineral.*, 39:93-101
- Demartin, F., Gramaccioli, C.M. & Pilati, T. 2000. Structure refinement of bazzite from pegmatitic and miarolitic occurrences. *Can. Min.*, 38:1419-1424
- Eberhardt, G. 1908. Über die weite Verbreitung des Skandium auf der Erde. *bs.*, 851
- Eldjarn, K. 2002. Seltene Scandium-mineralien von Tørdal, Telemark, Norwegen *Mineralien-Welt*, 2:14-22
- Ellingsen, H.V. & Haugen, A. 2002. Kristiansenitt – et nytt mineral fra Tørdal. *STEIN* 29 (1):32-34.
- Ferraris, G. et al. 2000. Solving the structure of a new Ca-Sc-Sn disilicate twinned by metric merohedry. *International Union of*

- Crystallography Congress, Nancy.
- Ferraris, Giovanni; Gula, Angela; Ivaldi, Gabriella; Nespolo, Massimo; Raade, Gunnar. 2001. Crystal structure of kristiansenite: a case of class IIB twinning by metric merohedry. *Z. Kristallogr.*, 216: 442-448
- Foord, E.E., Birmingham, S.D., Demartin, F., Pilati, T., Gramaccioli, C.M., & Lichte, F.E. 1993. Thortveitite and associated Sc-bearing minerals from Ravalli county, Montana. *Can. Min.* 31: 337-346
- Frondel, C. 1968. Crystal chemistry of scandium as a trace element in mineral. *Zeitschr. Kristall.*, 127: 121-138
- Goldschmidt, V.M. & Peters, Cl. 1931. Zur Geochemie des Scandiums. *Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften Göttingen, Math.-Phys. Kl.*, 257-279
- Gramaccioli, C.M., Orlandi, P & Campostrini, I. 1998. Baveno in Oberitalien: Ein aussgewöhnlicher Fundort seltener Scandium-mineralien. *LAPIS*, 23: 27-34
- Gramaccioli, C.M., Diella, V. & Demartin, F. 2000. The formation of scandium minerals as an example of the role of complexes in the geochemistry of rare earths and HFS elements. *Eur. J. Miner.*, 12: 795-808
- Grew, E.S. 2002. Mineralogy, petrology and geochemistry of Beryllium: an introduction and list of Beryllium minerals. I "Beryllium: mineralogy, petrology and geochemistry" Editor: Edward S. Grew. *Miner. Soc. Amer. Reviews in mineralogy and geochemistry*, vol. 50: 1-76
- Hawthorne, F. 2002. The use of end-member charge-arrangements in defining new mineral species and heterovalent substitutions in complex minerals. *Can. Miner.*, 40: 699-710
- Jambor, J. 1991. Scandium microlite. *Amer. Min.* 76: 668
- Juve, G. & Bergstøl, S. 1990. Caesian bazzite in granite pegmatite in Tørdal, Telemark, Norway. *Miner. & Petrol.*, 43: 131-136
- Juve, G. & Bergstøl, S. 1997. Granittpegmatittene i Tørdal, Telemark. Norsk Bergverkmuseum Skrift. no. 12: 56-57
- Knorring, O. von & Sahama, Th. G. 1969. Scandian ixiolite from Mozambique and Madagascar. *Bull. Geol. Soc. Finland*, 41: 75-77
- Kristiansen, R. 1978. On thortveitite. *Interne notater, Min.-Geol. Museum, Oslo*, p.
- Kristiansen, R. 1997. Thortveititt $Sc_2Si_2O_7$ - et historisk tilbakeblikk og dagens status *STEIN*, 24: 111-115
- Kristiansen, R. 1998. Høydalen litium-pegmatitt, Tørdal i Telemark. *STEIN*, 25: 21-30
- Kristiansen, R. 1999. Beryllium-mineraler i Norge. *STEIN*, 26 (2): 8 - 23
- Kvamsdal, L.O. 1998. Mineralene fra nordmarkitt og grefsensyenitt i Oslofeltet. Skjetten. Eget forlag.
- Langhof, J. 1996. Thortveitite from granitic NYF pegmatites in Sweden. *Geol. Fören. Stkh. Förhandl.*, 118: A54
- Mathiesen, C.O. 1969. An occurrence of unusual minerals at Bidjovagge, Northern Norway. *Norg. Geol. Unders.*, 266: 86 - 104
- Mellini, M., Merlini, S., Orlandi, P. & Rinaldi, R. 1982. Cascandite and jervisite, two new scandium silicates from Baveno, Italy. *Amer. Miner.* 67: 599-603
- Nespolo, M. & Ferraris, G. 2000. Twinning by syngonic and metric merohedry. Analysis, classification and effects on the diffraction pattern. *Z. Kristallogr.*, 215: 77-81
- Nespolo, M., Ferraris, G., Gula, A., Ivaldi, G., Raade, G. 2001. Unusual merohedric twinning in kristiansenite. *Progr. and Abstr., Ann. meeting, Miner. Soc. Japan, Akita*, p. 154 (in Japanese with English abstr.).
- Neumann, H. 1961. The Scandium content of some Norwegian minerals and the formation of thortveitite: a reconnaissance survey. *Norsk Geol. Tidsskr.*, 41: 197-210
- Nysten, P. 1996. Paragenetic setting and crystal chemistry of milarite from Proterozoic granitic pegmatites in Sweden. *N. Jb. Miner. Mh.*, H. 12: 564-576
- Oftedal, I. 1939. On the occurrence of tin in Norwegian minerals. *Norsk Geol. Tidsskr.*, 19: 314-325
- Oftedal, I. 1942. Lepidolit- og tinnsteinførende pegmatitt i Tørdal, Telemark. *Norsk Geol. Tidsskr.*, 22: 1-14
- Oftedal, I. 1943. Scandium as a geologic thermometer. *Norsk Geol. Tidsskr.*, 23: 202-213
- Oftedal, I. 1969. On minor elements in thortveitite. *Norsk Geol. Tidsskr.*, 49: 77-79
- Olerud, S. 1988. Davidite-loveringite in early Proterozoic albite felsite in Finnmark, North Norway. *Miner. Mag.*, 52: 400-402
- Orlandi, P., Pasero, M. & Vezzalini, G. 1998. Scandiobabingtonite, a new mineral from Baveno pegmatite, Piemont, Italy. *Amer. Min.* 83: 1330-1334
- Raade, G. & Erambert, M. 1999. An intergrowth of scandiobabingtonite and cascandite from the Hefsetjern granite pegmatite, Norway. *N. Jb. Miner. Mh.* 1999 (12): 545-550
- Raade, G. & Kristiansen, R. 1983. Inneslutninger av wodginitt i kassiteritt fra Høydalen,

- Tørdal. Interne Notater, MGM : 119-123
- Raade,G. & Kristiansen, R.2000a.Mineralogy and geochemistry of the Heftetjern granite pegmatite, Tørdal: a progress report. Skrifter Norsk Bergverkmuseum,17: 19-25
- Raade,G. & Kristiansen, R.2000b. Scandium enrichment in the Heftetjern granite pegmatite, Telemark, Norway. 4th Intern. Miner. in Museums Conference, Melbourne, Australia, p.83
- Raade,G., Ferraris,G, Gula,A.,Ivaldi,G. & Bernhard, F.2002. Kristiansenite, a new calcium-scandium-tin sorosilicate from granite pegmatite in Tørdal, Telemark, Norway. Min.Petrol.,75: 89-99
- Sandstad, J.S.1989.Geology of the Biggejavri Sc-REE occurrence in Finnmark, North Norway. Proc.Ann.Meeting Geol.Ass.Canada & Miner.Ass.Canada,1989, vol.14: A2
- Schetelig,J.1911.Ueber Thortveitit, ein neues mineral. Zentralb. für Miner.,1911: 721-726
- Schetelig,J.1922.Thortveitite – a silicate of scandium (Sc,Y)₂Si₂O₇. Norsk Geol. Tidsskr. , 6: 233-244 + 2 pl.
- Semenov,E.I.2001. Ores and minerals of rare earths, uranium and thorium. Moscow. (på Russ.).
- Strunz, H. & Nickel, E.2001. Strunz Mineralogical tables. 9.utgave, Stuttgart, 870 p.
- Vickery, R.C.1960. The chemistry of Yttrium and Scandium. Pergamon Press. 123 sider.
- Werner, R.1993. Bazzitt fra pegmatitt nær Tørdal. STEIN 20: 184-187
- Wise,M.A., Cerny,P. & Falster,A.U.1998.Scandium substitution in columbite-group minerals and ixiolite. Can.Min.36: 673-680
- Åmli, R.1977.Carbonatites, a possible source of Scandium as indicated by Sc-mineralization in the Fen peralkaline complex, Southern Norway. Econ.Geol., 72:855-859