

Evolusjon av Berylliummineraler

Av Edward S. Grew og Robert M. Hazen, fritt oversatt fra engelsk av Roy Kristiansen. Oppdatert og endret Juni 2014.

Introduksjon

Grunnstoffene beryllium (Be) og scandium (Sc) er Roy Kristiansen's favoritter, og han har egnet mye av sine mineralogiske aktiviteter til å studere mineralene som inneholder Be og Sc som essensielle hovedbestandeler. Roy har også bidratt til oppdagelsen av flere nye Be og Sc mineraler og nye lokaliteter for allerede eksisterende mineraler. For å markere/feire Roy's 70 års dag (6.10.2013) har vi skrevet denne oversikten over 113 mineraler som inneholder beryllium som hovedbestanddel, - fra et minerevolusjonistisk perspektiv, - en utvidelse av tidligere publiserte arbeider (Grew & Hazen 2009, 2010).

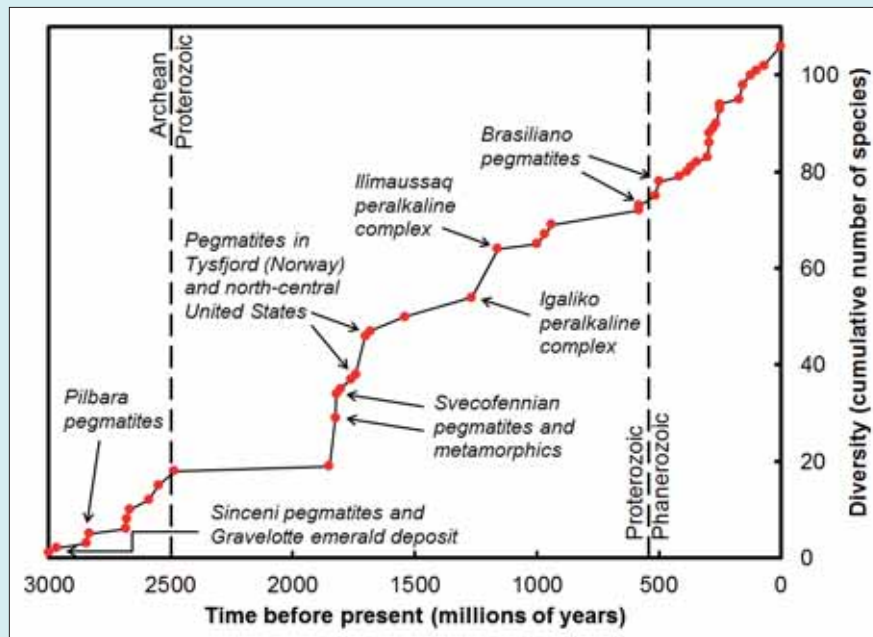
Dette perspektivet der en danner seg et bilde av den kritiske rolle selve tiden spiller, er relativt nytt innenfor mineralogisk forskning (Zhabin 1979, Hazen et al. 2008); nemlig at "minerevolusjon setter mineralogien inn i en historisk sammenheng" (Hazen & Ferry 2010). Minerevolusjon reiser slike spørsmål

som: var mineralene vi finner i dag til stede på den tidlige Jorden, for over 3400 millioner år siden? Er noen av de mineraler som ble dannet på den tidlige Jorden ikke lenger til stede? Og hva avslører endringene i Jordens overflate-mineralogi om utviklingen av vår planets geosfære og biosfære?

Berylliummineraler er relativt sen-dannere på Jorden - den eldste rapporterte forekomst i den geologiske registreringen er 3000 millioner år for beryll og smaragd (figur 1 og 2), altså over 1500 millioner etter dannelsen av Jorden, - en markert kontrast til flere mineraler med scandium: thortveittitt ($\text{Sc}_2\text{Si}_2\text{O}_7$), davisitt (CaScAlSiO_6) og eringaitt ($\text{Ca}_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$), som ble dannet i Solsystemet før Jorden (Ma et al. 2011, Ma 2012).

Berylliummineralene

Tabell 1 viser i alfabetisk rekkefølge alle de 113 mineralene som inneholder Beryllium



Figur 1. Plotting av 106 Beryllium-mineraler for hvilke geo-kronologiske data er tilgjengelig (Grew & Hazen, upubliserte data).

som hovedelement, og som er akseptert av kommisjonen for nye mineraler, nomenklatur og klassifisering (CNMNC IMA), samt deres formler. Disse er i hovedtrekk tatt fra CNMNC IMA fra 2012 (listen kan lastes ned fra CNMNC IMA web-side eller fra RRUFF web-siden). Vi stiller spørsmål ved gyldigheten av to av de godkjente mineralene og de er ikke tatt med i tellingen. Bohseitt er kan hende ikke forskjellig fra bavenitt når vi tar i betraktning resultatene som er rapportert av Lussier & Hawthorne (2011). Krivovichev et al. (2004) fant ut at clinobaryllitt kan betraktes som en 1O-polytype av $\text{BaBe}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, hvor baryllitt er 2O-polytypen, hvilket betyr at disse ikke er to forskjellige, men polytyper av samme mineral.

Vinogradovitt er også listet av CNMNC IMA som eget Be-mineral $(\text{Na,Ca,K})_5(\text{Ti,Nb})_4(\text{Si}_6\text{BeAl})$



Figur 2. Smaragd i glimmerskifer matriks fra Murchison greenstone-belte, 90 x 75 mm. A. Foto av et maleri av til John Sinkankas, som også ble publisert som figur 5 i fargeseksjonen i Sinkankas (1981). B. Foto av selve stoffen i nesten samme posisjon. Begge foto er © Peter Lyckberg og er publisert her med tillatelse av Peter Lyckberg. Både maleriet og stoffen befinner seg i Peter Lyckberg's samling.

$\text{O}_{26} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Vi betrakter imidlertid ikke Be som en essensiell komponent i vinogradovitt, fordi det ikke foreligger bevis for at Be er en betydelig komponent i type-materialet (Semenov et al. 1956). Betydelig mengder Be substituerer for Si og Al i Si(2) plassen i flere prøver fra Ilimaussaq komplekset (Grønland), men er ikke dominerende på denne plassen, nemlig $\text{Si} \approx 6$, $\text{Al} \approx 1.2$, og $\text{Be} \approx 0.8$ av 8 atomer totalt på Si(2) plassen (Kalsbeek & Rønbo 1992), og derfor vil Ilimaussaq vinogradovitt ikke være kvalifisert som et eget mineral distinkt fra vinogradovitt-typen.

Ingen av de gyldige ikke-navngitte mineralene (Smith & Nickel 2007) i listen som er oppdatert 2011, som også er tilgjengelig på CNMNC IMA web-siden, synes å være distinkte fra et godkjent mineral. Imidlertid har vi tatt med tre andre mineral, som etter vårt syn er gyldige i tabell 1, f.eks. IMA 2012-039 (Grice et al 2013). (... og som fikk navnet ferrochiavenitt, RK bemerk.). Pršek et al. (2010) rapporterte en hingganitt hvor neodymium (Nd) dominerer blant de sjeldne jordartene + yttrium, som kan være et potensielt nytt mineral, hingganite-(Nd). Hawthorne (2002) foreslo at en yttriumholdig milaritt som var nær ende-leddet $\text{K}(\text{CaY})\text{Be}_3\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$ i sammensetning kan være et distinkt species.

(Senere er dette mineralet funnet i Heftejernpegmatitten i Tørdal og godkjent som eget mineral: agakhanovitt-(Y), se Hawthorne et al. 2014, RK bemerk.).



Figur 3. Bertranditt, $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})$, i pseudoheksagonale prismer fra Golconda mine, Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil. Foto av prøve R060800, reproduisert med tillatelse av RRUFF prosjektet (Downs 2006).

Gruppeinndelingen i tabellen er i hovedsak basert på Back & Mandarino (2008) og Mills et al. (2009).

Berylliummineralene omfatter 66 silikater (f.eks. figurene 3-4), 27 fosfater (f.eks. figurene 5-6), 2 arsenater, 11 oksyder og hydroksyder (f.eks. figur 7), 1 karbonat (figur 8), og 4 borater (f.eks. figur 9).

Litt fakta om mineralevolusjonen

Zhabin (1979) var den første som reiste mulighetene for en mulig mineralisk evolusjon, og forslaget var en mulig parallell med biologisk evolusjon. Han anga tre stadier for mineraldannelse: 1) meteorittisk 2) basaltisk og 3) i jordskorpen, og noterte at suksesjonen av mineralene i en gitt forekomst gjentok suksesjonen totalt over planeten. Zhabin (1979) introduserte konseptene "pankroniske" mineraler, det vil si mineraler som hadde blitt dannet fra den tidligste era inntil nåtid, "monokroniske" mineraler, som er blitt dannet bare en gang i Jordens historie, og "polykroniske" mineraler som er blitt dannet mer enn en gang.

Hazen og hans kolleger (f.eks. Hazen et al. 2008, 2009, 2011, 2012; Hazen & Ferry 2010) har brukt denne begrepsvurderingen om mineral-evolusjon mye lenger; De har vektlagt co-evolusjon av mineraler og livsformer og slektskapet mellom økende mineral diversitet og "den store oksidasjonen", og



Figur 4. Chiavennitt, $\text{CaMn}^{2+}(\text{BeOH})_2\text{Si}_5\text{O}_{13} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, i aggregater av matt gule til oransje spydhodeformete blader assosiert med orthoklas og analcim fra Tvedalen, Larvik, Vestfold, Norge. Foto av prøve R070349 reproduisert med tillatelse av RRUFF prosjektet (Downs 2006).

dannelse av superkontinenter fra tektoniske platebevegelser. Mineralriket kan betraktes som et eksempel på et ikke-levende system som stadig blir mer mangfoldig med tiden grunnet tre mekanismer: 1) progressiv separasjon og konsentrasjon av elementer (grunnstoffer) ved hjelp av fysiokjemiske prosesser; 2) en økning i rekken av intensive variabler, slik som trykk, temperatur og aktiviteter (effektive konsentrasjoner) av H_2O , CO_2 og O_2 ; og 3) biologisk aktivitet (Hazen og Eldredge 2010). Det er tre epoker som fulgte dannelsen av prenebular (interstellar gas og støv) "ur-mineraler" for mer enn 4600 millioner år siden: 1) Planetarisk akkresjon, forlenget opp til 4550 millioner år, 2) Bearbeidelse av jordskorpen og mantelen, fra 4550 til 2500 millioner år og 3) Biologisk formidlet mineralogi, fra 2500 millioner år til nåtid. Disse epokene er videre delt i 10, delvis overlappende stadier, for eksempel to stadier av meteorittdannelse ved begynnelsen av Jordens historie 4500 - 4560



Figur 5. Beryllonitt, $\text{NaBe}(\text{PO}_4)$, i søyleformet aggregat fra Kunar provins, Afghanistan, og i glassaktige fragmenter fra type-lokaliteten i Stoneham, Maine, USA. myntdiameter er ~1 cm. E.S. Grew foto og samling.

millioner år før nåtid, hvoretter andre stadier, slik som granitt- og pegmatitt-dannelser og plate-tektonikk trolig begynte på den unge Jorden for 4000 millioner år siden og fortsatte frem til i dag.

Bakgrunnstoff om Beryllium

Beryllium er et vesentlig grunnstoff i jordskorpen. Sammenliknet med andre reservoarer, er det høyt anrikt i den øvre kontinental-skorpen, f.eks. , 2.1 ppm (parts per million) versus 1.4 ppm i det lavere skorpelaget og bare 70 ppb (parts per billion) i den primitive mantelen (Rudnick & Gao 2005; Palme & O'Neill 2004). Mindre enn 10 ppm er imidlertid neppe tilstrekkelig for å stabilisere et mineral hvor Be er en essensiell komponent (f.eks. Grew 2002). Normalt vil ytterligere anrikning av minst en størrelsesorden være nødvendig for at de mer vanlige Be-mineralene skal forekomme, særlig beryll, f.eks. 70 ppm i granitt pegmatitter (Evensen & London 2002; London & Evensen 2002). Følgelig, viktige faktorer i dannelsen av Be-mineraler og analysene av deres forekomster i geologisk tid er:

1) Med noen få sjeldne unntak, må Be i materiale fra jordskorpen konsentreres gjennom prosesser som fraksjonering og hydrotermal aktivitet for at Be-mineraler skal dannes.

2) Dannelsen av diverse grupper av nye Be-mineraler har blitt virkelig gjort ved



Figur 6. Väryrynenitt, $\text{MnBe}^{2+}\text{PO}_4(\text{OH})$, danner rosa masser med definert kløvplan fra Viitaniemi pegmatitten, Eräjärvi, Orivesi, Finland. Foto av prøve R050243 reproduisert med tillatelse av RRUFF prosjektet (Downs 2006).

prosesser som hydrotermal bearbeidning og metamorfisme av allerede eksisterende Be-mineraler, i noen tilfeller etter et betydelig tidsintervall.

3) Analyser av Be-mineralforekomster i geologisk tid må ta i betraktning spørsmål som bevaring, feil i prøvetaking, og det faktum at Be-mineraler kan dannes i visse miljøer som ikke kan observeres i dag.

Noen forklaringer om tolkingen av geologiske registreringer

Når vi søker å plote inn de første forekomster av Be mineraler i den geologiske historien, møter vi ved prøvetaking liknende problem som paleontologene. Viktigst er det å være klar over at mange geologiske registreringer er ufullstendige. Som påpekt av Barton & Young (2002): forekomster med Be-mineraler dannet på eller nær Jordens overflate vil gå tapt ved erosjon; det betyr at Be-mineraler kan ha vært dannet i disse miljøene i Proterozoisk tid eller tidligere, men har ikke "overlevd".

Geologiske og mineralogiske undersøkelser er heller ikke jevnt spredt over kloden. Dette utgjør en kilde til skjevheter i de rapporterte utbredelsene. For eksempel tilstedeværelsen av et større antall sentre med mineralogisk forskning og gruvevirksomhet i Skandinavia utvilsomt spilt en rolle som stimulert til de mange oppdagelsene av Be-mineraler i den Svekofenniske provinsen, i Oslo-feltet og i Neoproterozoiske pegmatitter i Norge.



Figur 7. Magnesiotaaffeitt $6\text{N}'3\text{S}$, $\text{BeMg}_3\text{AlO}_{12}$, som en grålig lilla avflatet tavleformet heksagonål krystall fra Ratnapura distrikt, Sri Lanka. Foto av prøve R090019 reproduisert med tillatelse av RRUFF prosjektet (Downs 2006).

Berylliummineraler i Archeozoisk tid (4000 til 2500 millioner år)

Pegmatitter er den primære kilden til Be-mineraler funnet i Archeozoiske bergarter.

De to eldste rapporterte Be-mineralene er beryll og fenakitt fra sydlige Afrika. Beryll er rapportert fra pegmatitter samtidig med Sinceni plutonen i Swaziland og datert til 3000 ± 100 millioner år ved bruk av Rb-Sr isotoper (Trumbull 1993). En eldre datering av Sinceni pluton er foreslått til 3074 ± 4 millioner år med $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ "zircon evaporation age" (Maphala & Kroner 1993) men trenger bekreftelse (Trumbull 1993). Smaragd og fenakitt forekommer i biotitt-skifer assosiert med en "albititt pegmatoid" og fenakitt i en pegmatoid i Gravelotte smaragdforekomst (figur 1; 2), Murchison greenstone-belte, Syd-Afrika (Robb & Robb 1986; Grundmann & Morteani 1989) hvilket gir en zirkon-alder på $2969 \pm$ millioner på Discovery granitten (Poujol 2001) som sikkert gir den beste datering på krystalliseringen av denne "pegmatoiden". Granittiske pegmatitter spenner i alder fra 2850 til 2550 millioner år assosiert med greenstone-belter i Pilbara (figur 1) og Yilgarn Cratons, Vest-Australia (f.eks. Sweetapple & Collins 2002; Jacobson et al. 2007) og Superior provins, Ontario og Manitoba (f.eks. Breaks et al. 2005, Černý 2005) inneholder



Figur 8. Niveolanitt, $\text{NaBeCO}_3(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, som fiberaktige aggregater 1.5 cm tversover, del av type-materiale fra Mont Saint-Hilaire, Rouville, Montérégie; Québec, Kanada. Horváth samling HC 11128. Foto © László Horváth. Gjengitt her med tillatelse av László Horváth.

7 silikat- og 3 fosfat-mineraler; beviser på at differensieringen i granittsmelten var mer enn tilstrekkelig til anrikning som resulterte i pegmatitter med en diversitet av Be-mineraler i de Archeozoiske fjellkjede-belter.

Peralkaline bergarter er meget sjeldne i Archeozoiske komplekser og det er bare to rapporterte Be-mineraler i peralkaline bergarter i denne epoken - meliphanitt og behoitt som metasomatiske mineraler assosiert med nefelin-syenitt i Sakharjok komplekset, Keivy alkalinfelt, Kola-halvøya i Russland (Bel'kov & Denisov 1968; Batiyeva & Bel'kov 1984; Lyalina et al. 2009) som ble datert til 2682 ± 10 millioner år (Zozulya et al. 2005).

Metamorfiske Be-mineraler er også rapportert fra bare en lokalitet i en strikt Archeozoisk bergart: chrysoberyll i en granulitt-fase med plagioklas-biotitt-kvarts gneis 2640 til 2549 millioner år i Yilgarn Craton i Australia (Downes & Bevan 2002).

Det er imidlertid to Be-silikater og et Be-oksyd som er funnet i granulitt-fasen i anatektiske årer av tidligste Paleoproterozoisk alder (2485 millioner år) i det Archeozoiske Napier komplekset: khmaralitt (og beryllium-holdig saffirin, figur 10), surinamitt (figur 11) og magnesiotaaffeitt-6N'3S (Grew et al. 2000, 2006). Basert på rapporterte forekomster



Figur 9. Rhodizitt, $\text{KBe}_2\text{Al}_4(\text{B}_{11}\text{Be})\text{O}_{28}$, matt gul krystall med rosa turmalin (rubellitt) fra Manjaka (TL), Sahatany pegmatittfelt, Antananarivo provins, Madagaskar. Myntdiameter ~1 cm. E.S. Grew samling og foto (gave fra François Fontan).

i den tidligste Paleoproterozoiske, var det 18 Be-mineraler (figur 1), 16% av det totalt kjente. Femten av disse har blitt rapportert i bergarter så unge som 0.15-33 millioner år; mesteparten i det Alpine-Himalayiske belte, og kunne bli dannet i dag (se nedenfor).

Berylliummineraler i den Proterozoiske tiden (2500 til 542 millioner år)

Rapporter om de første forekomstene av geologiske registreringer av Be-mineraler indikerer fire perioder med markerte økninger i speciesdiversitet, vanligvis atskilt med flere lengre perioder med beskjedne økninger (figur 1):

1) Metamorfiske og metasomatiske bergarter og granittpegmatitter, begge mellom ~1800 og ~1850 millioner år i alder i den Svecofenniske provins i Sverige og Finland (f.eks. Holtstam & Langhof 1999; Jonsson 2004; Holtstam & Andersson 2007); Nysten & Gustafsson 1993; Lahti 1989; Lindroos et al. 1996).

2) Pegmatitter assosiert med Tysfjord granitten, 1742 millioner år, Nordland, Norge (Husdal 2008, 2011) og Harneygranitten, Black Hills, Syd-Dakota, USA, 1700 millioner (f.eks. Campbell & Roberts 1986; Norton & Redden 1990; Dahl & Foland 2008), pluss Animikie Red Ace pegmatitten, Penokean Orogen, Wisconsin, USA, 1760 millioner (f.eks. Falster



Figur 10. Beryllium-holdig saffirin (mørk blå Spr) skilt fra kvarts (grå, Qtz) med striper av sillimanitt (hvitt) og granat (rosa, Grt). Med stigende Be-innhold antar beryllium-holdig saffirin en superstruktur karakteristisk for khmaralitt $\text{Mg}_4(\text{Mg}_3\text{Al}_9)\text{O}_4(\text{Si}_3\text{Be}_3\text{Al}_3\text{O}_{36})$. Fra pegmatitt i Casey Bay, Enderby Land, Antarktis. Myntdiameter ~1 cm, E.S. Grew foto og samling.

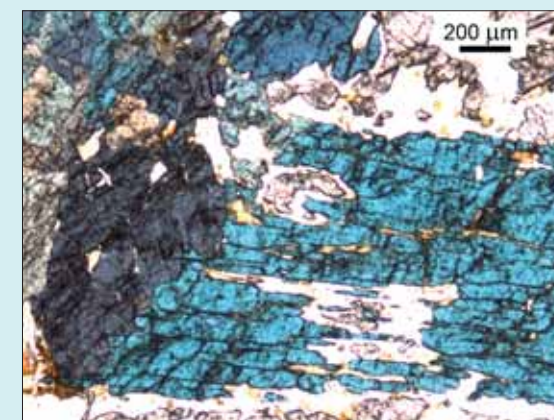
et al. 2001; Sirbescu et al. 2008).

3) Ilimaussaq og Igaliko peralkaline kompleksene, Gardar provinsen, sydvest Grønland, respektiv 1160 millioner og 1273 millioner (f.eks. Petersen & Secher 1993; Krumrei et al. 2006; McCreath et al. 2012).

4) Pegmatitter assosiert med den sen Neoproterozoiske-Kambriske-Brasilianske fjellkjede, Minas Gerais, Brasil, 585-500 millioner (f.eks. Atencio 2000; Morteani et al. 2000; Pedro-Soares et al. 2011).

Den Svecofenniske provinsen er uovertruffen i dens diversitet av rapporterte Be-mineraler: 17 er først rapportert i geologiske registreringer i denne provinsen og en total på 30 species er rapportert alt i alt (f.eks. värynenitt, figur 6). En viktig bidragsyter til denne diversiteten er Långban og liknende forekomster i Bergslagen gruve-distrikt i sentral-Sverige.

Deres historie begynte med submarine vulkanske-hydrotermale ekshalasjoner og utfelling bak en øybue på 1890 millioner først etterfulgt av regionale amfibolitt-faser, metamorfisme og åre-dannelser gjennom remobilisering ved ca 1850-1800 millioner (Svecofennisk hendelse), og deretter skjør deformasjon, muligens ved ca 1000 millioner år. Deretter fulgte flere bearbeidelser av en uvanlig blanding av komponenter i



Figur 11. Surinamitt, $\text{Mg}_3\text{Al}_3\text{O}(\text{Si}_3\text{BeAlO}_{15})$, viser lilla, blå og grønlig pleokroisme i plan-polarisert lys under mikroskopet. Surinamitt ble dannet ved nedbryting av beryllium-holdig saffirin og khmaralitt under høy grad av metamorfisme av pegmatitten. Fra Casey Bay, Enderby Land, Antarktis. E.S. Grew foto og samling.

et oksyderende miljø hvor de chalcophile elementene Pb, Sb, As og Sn kombineres med Be til oksyder og silikater som resulterer i flere mineraler som er endemiske ("monokroniske" i følge Zhabin 1979), - det vil si ikke rapportert fra andre steder (f.eks. welshitt, figur 12).

Pegmatittene i Nordland, Syd-Dakota og Wisconsin er slått sammen i disse analysene fordi disse uvanlige Be-mineralene og deres alder på 1700-1760 millioner år er nærstående. Mange av de nye mineralene er sekundære, og stammer fra omvandling av primære Be-mineraler, i de fleste tilfeller fra beryll.

Pegmatittene assosiert med den sene Proterozoiske-Kambriske-Brasilianske fjellkjededannelsen fører også diverse Be-mineralansamlinger, f.eks. moraesitt (figur 13), dels av ytterligere 7 rapporterte nye mineraler, hvorav 4 er sekundære fosfater i roscheritt gruppen.

De peralkaline Ilimaussaqa og Igaliko intrusjonene utgjør en annen ledende lokalitet for Be-mineraler, både for opphavet til nye mineraler og generell diversitet.

I motsetning til Långban imidlertid er få av mineralene "monokroniske" (Zhabin 1979) eller endemiske, slike som sørensennitt (figur 14). I stedet er mange av de mest uvanlige mineralene (f.eks. tugtupitt, figur 15) rapportert i yngre peralkaline komplekse forekomster, slik som Khibina og Lovozero på Kola-halvøya (362-370 millioner) og Mont Saint-Hilaire, Quebec (124 millioner), - eksempler på "polykroniske" mineraler (Zhabin 1979).



Figur 12. Welshitt, $\text{Ca}_4[\text{Mg}_3(\text{Sb}^{5+})_3]\text{O}_4[\text{Si}_2\text{Be}_3\text{Al}(\text{Fe}^{3+})_2\text{O}_6]$, krystall $3.5 \times 2 \text{ mm}$ fra Långban, Sverige. Foto av Erik Jonsson. Reproduert og gjengitt med tillatelse av Riksmuseet, Stockholm, Sverige.

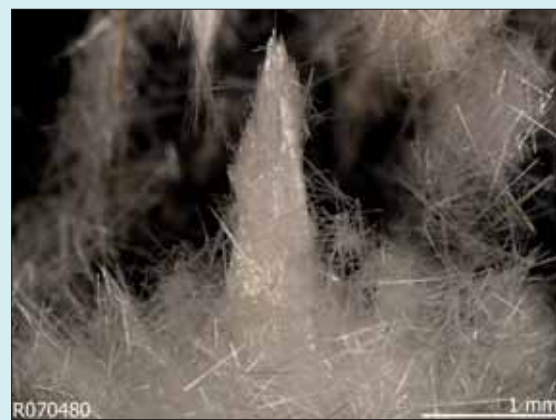
Berylliummineraler i den Phanerozoiske tiden (542 millioner år til nåtid).

Det rapporterte antall Be-mineraler øker jevnt og relativt bratt i Phanerozoisk tid (figur 1). Granitt-pegmatitter, metasomatiske forekomster og peralkaline intrusjoner

bidro til jevn økning i antall. Imidlertid vil andelen av nye mineraler i forhold til det totale antall av Be-mineraler som er rapportert være betydelig lavere i lokaliteter rike på Be-mineraler, f.eks. Mont Saint-Hilaire (2 nye, f.eks. niveolanitt, figur 8, 19 totalt) i motsetning til Ilimaussaqa og Igaliko peralkaline intrusjonene (14 nye, 19 totalt).

I tillegg øker 1) bearbeidelse av gamle Be-forekomster f.eks. høgtuvaitt dannet ved Kaledonsk metamorfisme (414 millioner) av en Be-rik forløper av Proterozoisk alder (1800 millioner, Grauch et al. 1994; Skår 2002) og 2) et geologisk miljø ikke tidligere rapportert, vulkanske bergarter i Eifel distriktet i Tyskland (f.eks. Schminke 2007, Lengauer et al. 2009) og den Romanske vulkanske provinsen (f.eks. Della Ventura et al. 1992).

Bearsitt, glucin og jeffreyitt er de eneste av de 113 i 2012 CNMNC IMA's liste hvor data ikke kan oppdrives, ikke engang omtrentlig. De to første er supergene mineraler. Bearsitt ble dannet i en oksydasjonsone i Bota-Burum uranforekomst (Kazakhstan) hvor verten er Devonske vulkanske bergarter (Kopchenko & Sidorenko 1962; Pekov 1998), men det er neppe sannsynlig at supergene mineraler i



Figur 13. Moraesitt, $\text{Be}_2(\text{PO}_4)(\text{OH}) \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, nåler, fra Itinga, Minas Gerais, Brasil. Foto av prøve R070480 reproduert med tillatelse av RRUFF prosjektet (Downs 2006).

denne forekomsten er Devonske. Glucin ble dannet hvor forvitringen hadde gjennomsyret en svært oppsprukket og breksjert beryll-flusspat forekomst i Boevskoye malmfelt, sentral-Ural i Russland (Ginzberg et al. 1966, Pekov 1998), og som for bearsitt, vil være mye yngre enn den Paleozoiske bergart-verten.

Når det gjelder jeffreyitt, ble den dannet i et rodingitisert granitt-brudd som gjennomsetter en Ordovinsk ophiolitt (Wares & Martin 1980), - en unik forekomst for et Be-mineral, som Grice & Robinson (1984) rapporterte? Eller kunne innføringen av Be til den rodingitiserte granitten være relatert til senere alkaline intrusiver (R.F.Martin, personlig meddelelse 2009)?

Kunne noen berylliummineraler vært dannet nå?

Berylliummineraler som blir dannet ved geologiske prosesser som er i fremgang i nåværende tid blir trolig dannet nå, for eksempel, i kontinentale kollisjonssoner og vulkanske provinser assosiert med avkjølede dypere liggende bergarter og magma-kammere.

Dette omfatter, om ikke alle, av de 20 Be-mineralene rapportert fra granitt-pegmatitter i de Alpiske og Himalayiske fjellkjedebelter (f.eks., beryllonitt, figur 5), hvor noen ble dannet ganske nylig, 7 millioner (Pakistan, Himalaya, Laurs et al. 1998).

Kollisjoner foregår nå i den Himalayiske



Figur 14. Sørensennitt, $\text{Na}_2\text{Be}_2\text{Sn}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, rosa, søyleformete masser, fra Kvanefjeld, Ilimaussaqa, Vest Grønland. Myntdiameter er ~ 1 cm, E.S. Grew foto og samling (gave fra Ted Johnson).

fjellkjeden, slik at pegmatitter med Be-mineraler kan bli dannet i dypet. Skjønt "sovende" i dag, den Romanske vulkanske provinsen var aktiv inntil for 40000 år siden (f.eks. Dealla Ventura et al. 1992), så de 5 mineralene fra denne provinsen kan også betraktes som kandidater for mineraler som kunne dannes nå.

Blant de mindre opplagte kandidatene er surinamitt (figur 11), et metamorfisk mineral begrenset til relativt dypt-liggende bergarter (> 8 kbar, f.eks. Grew 2002).

Det er rapportert i fra bergarter ikke yngre enn 1050 millioner år (Chimwala, Chipata distrikt, Zambia, de Roever & Vrána 1985; Johnson et al. 2006). Dersom surinamitt ble dannet i dag, er det lite sannsynlig at det ville eksponeres i nærmeste framtid. De minst opplagte kandidater som potensielle nye oppdagelser ville være en undergruppe av de 37 Be-mineralene som har blitt rapportert fra bare en lokalitet, for eksempel, Långban-forekomsten. Selv om liknende forekomster med mineraler som inneholder Be, Sb, As, Pb er kjent andre steder, f.eks. Franklin og Sterling, New Jersey; Kombat mine, Namibia; og Starlera, Val Ferrera, Sveits (Brügger & Gieré 1999), har ingen "produsert" den diversiteten av Be-mineraler som Långban er så berømt for. Tip Top mine i Black Hills, Syd-Dakota, er en annen slik lokalitet.

Godt studerte granittiske pegmatitter med sekundære Be-mineraler er for mange til å liste opp, men det er fem Be-mineraler i Tip Top



Figur 15. Tugtupitt, $\text{Na}_2\text{BeAlSi}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$, fra Kvanefjeld, Ilimaussaqa, Grønland. Foto av prøve R050562 reproduert med tillatelse av RRUFF prosjektet (Downs 2006).

mine (USA) som ikke er rapportert fra andre i det hele tatt. For å oppsummere, - dette er Be-mineraler hvor sjansene er relativt små for at de skal kunne dannes nå, selv i dypet.

Konklusjon

Berylliummineraler oppstår av variasjoner av prosesser som konsentrerer Be og kombinerer det med andre bestanddeler under favoriserende betingelser. Diversiteten av Be-mineral ansamlinger ser ut til å kreve spesielle omstendigheter.

For eksempel, diversiteten i granittiske pegmatitter avhenger ikke bare av graden av fraksjonering, men også av forandringer og bearbeidelse av pre-eksisterende Be-mineraler, vanligvis beryll, for å skape en vert for sekundære mineraler. Diversiteten i forekomster slik som Långban avhenger ikke bare av kombinasjonen av elementer slik som Be med Sn, As, Sb og Pb, men også om et relativt oksyderende miljø hvor de fire sistnevnte danner oksyder og silikater i stedet for sulfider og sulfosalter. Currie et al. (1986) foreslo at diversiteten av sjeldne mineraler i Mont Saint-Hilaire intrusiven kanskje skyldes interaksjon av magma med Cl oppløsninger; - igjen en appell til spesielle omstendigheter for å forklare mineralogisk diversitet.

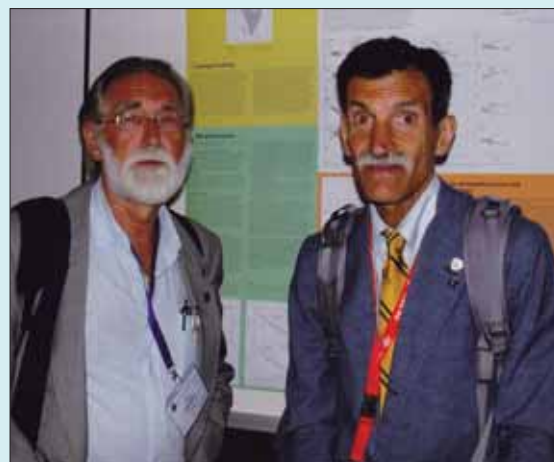
De første rapporterte forekomster av Be-mineraler med geologiske registreringer viser en episodisk utbredelse. Denne funksjonen er spesielt merkbar i den Proterozoiske tiden, med topper på 1800-1850 millioner, 1715-1760 millioner, 1160 millioner og 560 millioner år, men det stegvise aspekt av den kumulative kurven er også opplagt i Phanerozoisk og Archozoisk tid (figur 1). Mange av toppene skyldes Be-mineraler funnet i assosiasjon med fjellkjede-hendelser, særlig den Svekofenniske, Penokean, Brasiliano og Appalachian, mens andre er assosiert med store peralkaline intrusiver, særlig Ilimaussaqa.

Imidlertid må det understrekes at det er betydelig diversitet av Be-mineraler i yngre fjellkjede-belter (Alpine-Himalayiske, -allermest i Kenozoisk tid) og peralkaline komplekser, (Khibina og Lovozero i Devonsk tid; Chilwa og Mont Saint-Hilaire i Kritt-tiden), selv om relativt få nye mineraler har

blitt rapportert fra de yngre forekomstene. Dette kan oppfattes som at mulighetene for å danne nye Be-mineraler i geologiske systemer var ganske mye uttømt på slutten av Kritt-tiden, og økningen i nyere tid simpelthen skyldes tilførselen av Pleistocene vulkansk forekomst i bergarten, som var tilgjengelig for prøvetaking. Men sett i et større perspektiv kan Kenozoisk simpelthen ha vært for kort tidsperiode for den sjeldne kombinasjon av spesielle omstendigheter som trengs for å produsere en annen Långban, Ilimaussaqa eller TipTop mine: et tidsintervall fra 65.5 millioner for Kenozoiske versus nesten 2000 millioner.

Takk

Vi takker Roy Kristiansen for hans kontinuerlige interesse i våre studier om Be-mineral evolusjon og for å sende oss referanser om disse mineralene, samt å holde oss oppdaterte med de aller siste informasjonen. ESG takker respektiv Francois Fontan og Ted Johnson for stuffer av rhodizitt og sørensenitt. Robert Downs, Ulf Hålenius; Laszlo Horvath og Peter Lyckberg takkes for tillatelse til å reprodusere fotografiene av beryllium mineraler i RRUFF prosjektet, Swedish museum of Natural history (Riksmuseet) og person-samlinger, respektiv. ESG ble støttet av U.S. National Science Foundation stipend EAR 0837980 til University of Maine. RMH takker NASA Astrobiology Institute, the Deep Carbon Observatory og Carnegie Institution of Washington for støtte til forskning på mineral evolusjon.



Roy Kristiansen og Edward S. Grew.

Referanser

ATENCIO, D. (2000): Type Mineralogy of Brazil. Universidade de Sao Paulo, Instituto de Geociencias: Sao Paulo, Brazil.

BACK, M.E. & MANDARINO, J.A. (2008): Fleischer's Glossary of Mineral Species 2008. The Mineralogical Record Inc., Tucson, Arizona.

BARTON, M.D. & YOUNG, S. (2002): Non-pegmatitic deposits of beryllium: mineralogy, geology, phase equilibria and origin. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **50**, 591-691.

BATIYEVA, I.D. & BEL'KOV, I.V. (1984) Sakharyok Alkalic Massif and its Rocks and Minerals. Kola Filial of the USSR Academy of Sciences, Apatity, Russia [in Russian].

BEL'KOV, I.V. & DENISOV, A.P. (1968) Meliphane of the Sakharyok alkalic massif. *Materialy po Mineralogii Kol'skogo Poluostrova* **6**, 221-224 [in Russian].

BREAKS, F.W., SELWAY, J.B. & TINDLE A.C. (2005) Fertile peraluminous granites and related rare-element pegmatites, Superior Province of Ontario. *Short Course Notes – Geological Association of Canada* **17**, 87-125.

BRUGGER, J. & GIERÉ, R. (1999): As, Sb, Be and Ce enrichment in minerals from a metamorphosed Fe-Mn deposit, Val Ferrera, eastern Swiss Alps. *Canadian Mineralogist* **37**, 37-52.

CAMPBELL, T.J. & ROBERTS, W.L. (1986): Phosphate minerals from the Tip Top Mine, Black Hills, South Dakota. *Mineralogical Record* **17**, 237-254.

ČERNÝ, P. (2005) The Tanco rare-element pegmatite deposit, Manitoba; regional context, internal anatomy, and global comparisons. *Short Course Notes – Geological Association of Canada* **17**, 127-158.

CURRIE, K.L., EBY, G.N. & GITTINS, J. (1986): The petrology of the Mont Saint Hilaire Complex, southern Quebec: an alkaline gabbro-peralkaline syenite association. *Lithos* **19**, 65-81.

DAHL, P.S. & FOLAND, K.A. (2008): Concentric slow cooling of a low-P-high-T terrane: Evidence from 1600–1300 Ma mica dates in the 1780–1700 Ma Black Hills Orogen, South Dakota, U.S.A. *American Mineralogist* **93**, 1215-1229.

DELLA VENTURA, G., DI LISA, G.A., MARCELLI, M., MOTTANA, A. & PARIS, E. (1992): Composition and structural state of alkali feldspars from ejecta in the Roman potassic province, Italy; petrological implications. *European Journal of Mineralogy* **4**, 411-424.

DE ROEVER, E.W.F. & VRÁNA, S. (1985): Surinamite in pseudomorphs after cordierite in polymetamorphic granulites from Zambia. *American Mineralogist* **70**, 710-713.

DOWNES, P.J. & BEVAN, A.W.R. (2002): Chrysoberyl, beryl and zircon spinel mineralization in granulite-facies Archaean rocks at Dowerin, Western Australia. *Mineralogical Magazine* **66**, 985-1002.

DOWNS, R. T. (2006) The RRUFF Project: an integrated study of the chemistry, crystallography, Raman and infrared spectroscopy of minerals. Program and Abstracts of the 19th General Meeting of the International Mineralogical Association in Kobe, Japan. O03-13.

EVENSEN, J.M. & LONDON, D. (2002): Experimental silicate mineral/melt partition coefficients for beryllium, and the beryllium cycle from migmatite to pegmatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **66**, 2239-2265.

FALSTER, A.U., SIMMONS, W.B. and WEBBER, K.L. (2001): Unorthodox compositional trends in columbite-group minerals from the Animikie Red Ace pegmatite, Wisconsin, USA. *Journal of the Czech Geological Society* **46**, 69-79.

GINZBERG, A.I. et al. (1966) Hypergene beryllium phosphates and conditions of their formation. In *Geology of Rare-Element Deposits*, 30, 101-117. Nedra, Moscow (in Russian).

GRAUCH, R.I.; LINDAHL, I., EVANS, H.T., JR., BURT, D.M., FITZPATRICK, J.J., FOORD, E.E., GRAFF, P.R. & HYSINGJORD, J. (1994): Høgtuvaite, a new beryllium member of the aenigmatite group from Norway, with new X-ray data on aenigmatite. *Canadian Mineralogist* **32**, 439-448.

GREW, E. S. (2002): Beryllium in metamorphic environments (emphasis on aluminous compositions). *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **50**, 487-549.

GREW, E., & HAZEN, R. M. (2009): Evolution of the minerals of beryllium, a quintessential crustal element [Abstract]. Geological Society of America Abstracts with Programs **41**(7), 99.

GREW, E., & HAZEN, R. M. (2010): Evolution of the minerals of beryllium, and comparison with boron mineral evolution [Abstract]. Geological Society of America Abstracts with Programs **42**(5), 199.

GREW, E.S., YATES, M.G., BARBIER, J., SHEARER, C.K., SHERATON, J.W., SHIRAIISHI, K. & MOTOYOSHI, Y. (2000): Granulite-facies beryllium pegmatites in the Napier Complex in Khmara and Amundsen Bays, western Enderby Land, East Antarctica. Polar Geoscience **13**, 1-40.

GREW, E.S., YATES, M.G., SHEARER, C.K., HAGERTY, J.J., SHERATON, J.W., & SANDIFORD, M. (2006): Beryllium and other trace elements in paragneisses and anatectic veins of the ultrahigh-temperature Napier Complex, Enderby Land, East Antarctica: The role of sapphirine. Journal of Petrology **47**, 859-882.

GRICE, J.D. & ROBINSON, G.W. (1984): Jeffreyite, $(Ca,Na)_2(Be,Al)Si_2(O,OH)_7$, a new mineral species and its relation to the melilite group. Canadian Mineralogist **22**, 443-446.

GRICE, J.D., KRISTIANSEN, R., FRIIS, H., ROWE, R., SELBEKK, R.S., COOPER, M. LARSEN, A.O. and POIRER, G. (2013) IMA 2012-039. CNMNC Newsletter No. 15, February 2013, page 2; Mineralogical Magazine **77**, 1-12.

GRUNDMANN, G., & MORTEANI, G. (1989) Emerald mineralization during regional metamorphism: the Habachtal (Austria) and Leydsdorp (Transvaal, South Africa) deposits. Economic Geology **84**, 1835-1849.

HAWTHORNE, F.C. (2002): The use of end-member charge-arrangements in defining a new mineral species and heterovalent substitutions in complex minerals. Canadian Mineralogist **40**, 699-710.

HAZEN, R. M., & ELDREDGE, N. (2010): Themes and variations in complex systems. Elements **6**, 43-46.

HAZEN, R. M., & FERRY, J. M. (2010): Mineral evolution: Mineralogy in the fourth dimension. Elements **6**, 9-12.

HAZEN, R. M., PAPINEAU, D., BLEEKER, W., DOWNS, R. T., FERRY, J. M., MCCOY, T. J., SVERJENSKY, D. A., & YANG, H. (2008): Mineral evolution: American Mineralogist **93**, 1693-1720.

HAZEN, R. M., EWING, R. C., & SVERJENSKY, D. A. (2009): Evolution of uranium and thorium minerals: American Mineralogist **94**, 1293-1311.

HAZEN, R. M., BEKKER, A., BISH, D. L., BLEEKER, W., DOWNS, R. T., FARQUHAR, J., FERRY, J. M., GREW, E. S., KNOLL, A. H., PAPINEAU, D. F., RALPH, J. P., SVERJENSKY, D. A., & VALLEY, J. W. (2011): Needs and opportunities in mineral evolution research: American Mineralogist, **96**, 953-963.

HAZEN, R. M., GOLDEN, J., DOWNS, R. T., HYSTAD, G., GREW, E. S., AZZOLINI, D., & SVERJENSKY, D. A. (2012) Mercury (Hg) mineral evolution: A mineralogical record of supercontinent assembly, changing ocean geochemistry, and the emerging terrestrial biosphere: American Mineralogist **97**, 1013-1042.

HOLTSTAM, D. & ANDERSSON, U.B. (2007): The REE minerals of the Bastnäs-type deposits, south-central Sweden. Canadian Mineralogist **45**, 1073-1114.

HOLTSTAM, D. & LANGHOF, J., eds. (2007): Långban The Mines, their Minerals, Geology and Explorers. Swedish Museum of Natural History, Raster Förlag.

HUSDAL, T. (2008): The minerals of the pegmatites within the Tysfjord granite, northern Norway. Norsk Bergverksmuseum, Skrift **38**, 5-28.

HUSDAL, T. (2011): Tysfjordgranittens pegmatitter. Stein **38**(4), 4-35.

JACOBSON, M.I., CALDERWOOD, M.A. & GRGURIC, B.A. (2007) Guidebook to the Pegmatites of Western Australia. Hesperian Press, Carlisle, Western Australia.

JOHNSON, S.P., DE WAELE, B. & LIYUNGU, K.A. (2006): U/Pb sensitive high-resolution ion microprobe (SHRIMP) zircon geochronology of granitoid rocks in eastern Zambia; terrane subdivision of the Mesoproterozoic southern Irumide Belt. Tectonics **25**, TC6004, DOI:10.1029/2006TC001977.

JONSSON, E. (2004): Fissure-hosted mineral formation and metallogenesis in the Långban Fe-Mn-(Ba-As-Pb-Sb...) deposit, Bergslagen, Sweden. Meddelanden från Stockholms Universitets Institution för Geologi och Geokemi **318**.

KALSBECK, N. & RØNSBO, J.G. (1992) Refinement of the vinogradovite structure, positioning of Be and excess Na. Zeitschrift für Kristallographie **200**, 237-245.

KOPCHENOVA, YE.V. and SIDORENKO, G.A. (1962) Bearsite—the arsenic analogue of moraesite. Zapiski Vsesoyuznogo Mineralogicheskogo Obshchestva, **91**, 442-446 (in Russian).

KRIVOVICHEV, S.V., YAKOVENCHUK, V.N., ARMBRUSTER, T., MIKHAILOVA, YU. & PAKHOMOVSKY, YA.A. (2004) Clinobarylite, $BaBe_2Si_2O_{12}$: structure refinement, and revision of symmetry and physical properties. Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte **2004**, 373-384.

KRUMREI, T.V., VILLA, I.M., MARKS, M.A.W. & MARKL, G. (2006): A $^{40}Ar/^{39}Ar$ and U/Pb isotopic study of the Ilímaussaq complex, South Greenland: Implications for the ^{40}K decay constant and for the duration of magmatic activity in a peralkaline complex. Chemical Geology **227**, 258-273.

LAHTI, S.I. (1989): The granitoids and pegmatites of the Eräjärvi area. In, Lahti, S.I., ed. Excursion C1, Late orogenic and synorogenic Svecofennian granitoids and associated pegmatites of southern Finland. Opas – Geologian Tutkimuskeskus **26**, 26-36.

LAURS, B.M., DILLES, J.H., WAIRACH, Y., KAUSAR, A.B. & SNEE, L.W. (1998): Geological setting and petrogenesis of symmetrically zoned, miarolitic granitic pegmatites at Stak Nala, Nanga Parbat-Haramosh Massif, northern Pakistan. Canadian Mineralogist **36**, 1-47.

LENGAUER, C.L., HRAUDA, N., KOLITSCH, U., KRICKL, R. & TILLMANN, E. (2009): Friedrichbeckeite, $K(\square_{0.5}Na_{0.5})_2(Mg_{0.8}Mn_{0.1}Fe_{0.1})_2(Be_{0.6}Mg_{0.4})_3[Si_{12}O_{30}]$, a new milarite-type mineral from the Bellerberg volcano, Eifel area, Germany. Mineralogy and Petrology **96**, 221-232.

LINDROOS, A., ROMER, R.L. EHLERS, C. & ALVIOLA, R. (1996): Late-orogenic Svecofennian deformation in SW Finland constrained by pegmatite emplacement ages. Terra Nova **8**, 567-574.

LONDON, D. & EVENSEN, J.M. (2002): Beryllium in silicic magmas and the origin of beryl-bearing pegmatites. Reviews in Mineralogy and Geochemistry **50**, 445-486.

LUSSIER, A.J. & HAWTHORNE, F.C. (2011) Short-range constraints on chemical and structural variations in bavenite. Mineralogical Magazine **75**, 213-239.

LYALINA, L.M., SAVCHENKO, YE. E., SELIVANOVA, E.A. & ZOZULYA, D.R. (2009) Behoite and mimetite from the Sakharyok alkaline massif (Kola Peninsula). Zapiski Rossiyskogo Mineralogicheskogo Obshchestvo **138**, 118-126 [in Russian; English abstract].

MA, C. (2012): Discovery of meteoritic eringaite, $Ca_3(Sc,Y,Ti)_2Si_3O_{12}$, the first solar garnet? Meteoritics & Planetary Science, **47**, Special Issue, Supplement 1, page A256.

MA, C., BECKETT, J.R., TSCHAUNER, O., & ROSSMAN, G.R. (2011): Thortveitite ($Sc_2Si_2O_7$), the first solar silicate? Meteoritics & Planetary Science, **46**, Special Issue, Supplement 1, page A144.

MAPHALALA, R.M. & KRÖNER, A. (1993). Pb-Pb single zircon ages for the younger Archaean granitoids of Swaziland, Southern Africa. In: MAPHALALA, R.M. & MABUZA, M. (Eds.), Extended Abstracts, Volume 2, 16th Colloquium of African Geology, Mbabane, Swaziland, p. 201-206.

MCCREATH, J.A., FINCH, A.A., SIMONSEN, DONALDSON, C.H. AND ARMOUR-BROWN, A. (2012): Independent ages of magmatic and hydrothermal activity in alkaline igneous rocks: The Motzfeldt Centre, Gardar Province, South Greenland. Contributions to Mineralogy and Petrology **163**, 967-982.

MILLS, S.J., HATERT, F., NICKEL, E.H., & FERRARIS, G. (2009) The standardization of mineral group hierarchies: application to recent nomenclature proposals. European Journal of Mineralogy **21**, 1073-1080.

MORTEANI, G., PREINFALK, C. & HORN, A.H. (2000): Classification and mineralization potential of the pegmatites of the eastern Brazilian pegmatite province. Mineralium Deposita **35**, 638-655.

NORTON, J.J. & REDDEN, J.A. (1990): Relations of zoned pegmatites to other pegmatites, granite, and metamorphic rocks in the southern Black Hills, South Dakota. American Mineralogist **75**, 631-655.

NYSTEN, P. & GUSTAFSSON, L. (1993): Beryllium phosphates from the Proterozoic granitic pegmatite at Norro, southern Stockholm Archipelago, Sweden. Source: *Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar* **115**, 159-164.

PALME, H & O'NEILL, H. St. C. (2004): Cosmochemical estimates of mantle composition. In: CARLSON, R.W., ed., *The Mantle and Core*, Vol. 2, HOLLAND, H.D. & TUREKIAN, K.K., eds., *Treatise on Geochemistry*, p. 1-38. Elsevier-Pergamon, Oxford.

PEKOV, I.V. (1998) Minerals First Discovered on the Territory of the Former Soviet Union. Ocean Pictures, Moscow.

PEDROSA-SOARES, A.C., DE CAMPOS, C.P., NOCE, C., SILVA, L.C., NOVO, T., RONCATO, J., MEDEIROS, S., CASTAÑEDA, C., QUEIROGA, G., DANTAS, E., DUSSIN, I., and ALKMIM, F. (2011): Late Neoproterozoic-Cambrian granitic magmatism in the Aracuai Orogen (Brazil), the Eastern Brazilian pegmatite province and related mineral resources. In SIAL, A.N., BETTENCOURT, J.S., DE CAMPOS, C.P. and FERREIRA, V.P. (editors) *Granite-related ore deposits. Geological Society Special Publications* **350**, 25-51.

PETERSEN, O.V. & SECHER, K. (1993): The minerals of Greenland. *Mineralogical Record* **24**, 1-88.

POUJOL, M. (2001): U-Pb isotopic evidence for episodic granitoid emplacement in the Murchison greenstone belt, South Africa. *Journal of African Earth Sciences* **33**, 155-163.

PRŠEK, J., ONDREJKA, M., BAČÍK, P., BUDZYŃ, B. & UHER, P. (2010): Metamorphic-hydrothermal REE minerals in the Bacúch magnetite deposit, Western Carpathians, Slovakia: (Sr, S)-rich monazite-(Ce) and Nd-dominant hingganite. *Canadian Mineralogist* **48**, 81-94.

ROBB, L. J., & ROBB, V. M. (1986) Archean pegmatite deposits in the northeastern Transvaal. In C. R. ANHAEUSSER & S. MASKE, editors, *Mineral Deposits of Southern Africa*, Geological Society of South Africa, v. 1, p. 437-450.

RUDNICK, R.L. & GAO, S. (2005): Composition of the continental crust. In: RUDNICK, R.L., ed., *The Crust*, Vol. 3, HOLLAND, H.D. & TUREKIAN, K.K., eds., *Treatise on Geochemistry*, p. 1-64. Elsevier-Pergamon, Oxford.

SCHMINCKE, H.-U. (2007): The Quaternary volcanic fields of the east and west Eifel (Germany). In: RITTER, J. R. R. & CHRISTENSEN, U.R. (eds) *Mantle Plumes. A Multidisciplinary Approach*. Berlin: Springer, pp. 241-322.

SEMENOV, E. I., BOHNSHTEDT-KUPLETSKAYA, E. M., MOLEVA, V.A. & SLUDSKAYA, N.N. (1956) Vinogradovite - a new mineral, *Doklady Akademii Nauk SSSR* **109**, 617-620 (in Russian).

SINKANKAS, J. (1981) Emerald and other Beryls. Chilton Book Company, Radnor, Pennsylvania.

SIRBESCU, M.-L. C., HARTWICK, E.E. & STUDENT, J.J. (2008): Rapid crystallization of the Animikie Red Ace Pegmatite, Florence county, northeastern Wisconsin: inclusion microthermometry and conductive-cooling modeling. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **156**, 289-305.

SKÅR, Ø. (2002): U-Pb geochronology and geochemistry of early Proterozoic rocks of the tectonic basement windows in central Nordland, Caledonides of north-central Norway. *Precambrian Research* **116**, 265-283.

SMITH, D.G.W. & NICKEL, E.H. (2007): A system of codification for unnamed minerals: Report of the SubCommittee for Unnamed Minerals of the IMA Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification. *Canadian Mineralogist* **45**, 983-1055.

SWEETAPPLE, M.T. & COLLINS, P.L.F. (2002): Genetic framework for the classification and distribution of Archean rare metal pegmatites in the North Pilbara Craton, Western Australia. *Economic Geology* **97**, 873-895.

TRUMBULL, R.B. (1993): A petrological and Rb-Sr isotopic study of an early Archean fertile granite-pegmatite system: the Sinceni Pluton in Swaziland. *Precambrian Research* **61**, 89-116.

WARES, R.P. & MARTIN, R.F. (1980): Rodingitization of granite and serpentinite in the Jeffrey Mine, Asbestos, Quebec. *Canadian Mineralogist* **18**, 231-240.

ZHABIN, A.G. (1979): Is there evolution of mineral speciation on Earth? *Doklady Earth Science Sections* **247**, 142-144.

ZOZULYA, D.R., BAYANOVA, T.B. & EBY, G.N. (2005): Geology and Age of the Late Archean Keivy Alkaline Province, Northeastern Baltic Shield. *Journal of Geology* **113**, 601-608.

Tabell 1. Liste over alle beryllium mineraler (pr. juni 2014)

Nummer	Mineral navn	Formel	Supergruppe eller gruppe
Be1	Agakhanovite-(Y)	(YCa) \square ₂ KBe ₃ Si ₁₂ O ₃₀	Milarite
Be2	Alflarsenite	NaCa ₂ Be ₃ Si ₄ O ₁₃ (OH)·2H ₂ O	
Be3	Almarudite	K(\square ,Na) ₂ (Mn,Fe,Mg) ₂ [(Be,Al) ₃ Si ₁₂]O ₃₀	Milarite
Be4	Aminoffite	Ca ₃ (BeOH) ₂ Si ₃ O ₁₀	
Be5	Asbecasite	Ca ₃ TiAs ₆ Be ₂ Si ₂ O ₂₀	
Be6	Atencioite	Ca ₂ (Fe ²⁺) ₃ Mg ₂ Be ₄ (PO ₄) ₆ (OH) ₄ ·6H ₂ O	Roscherite
Be7	Babefphite	BaBePO ₄ F	
Be8	Barylite	BaBe ₂ Si ₂ O ₇ = polytype barylite 2O	
Be9	Bavenite	Ca ₄ Be ₂ Al ₂ Si ₉ O ₂₆ (OH) ₂	
Be10	Bazzite	Be ₃ (Sc,Fe ³⁺ ,Mg) ₂ Si ₆ O ₁₈ ·Na _x ·nH ₂ O	Beryl
Be11	Bearsite	Be ₂ (AsO ₄)(OH)·4H ₂ O	
Be12	Behoite	Be(OH) ₂	
Be13	Berberite	Be ₂ (BO ₃)(OH)·H ₂ O	
Be14	Bergslagite	CaBeAsO ₄ (OH)	Herderite
Be15	Bertrandite	Be ₄ Si ₂ O ₇ (OH) ₂	
Be16	Beryl	Be ₃ Al ₂ Si ₆ O ₁₈	Beryl
Be17	Beryllite	Be ₃ (SiO ₄)(OH) ₂ ·H ₂ O	
Be18	Beryllonite	NaBe(PO ₄)	
Be19	Bityite	CaLiAl ₂ (Si ₂ BeAl)O ₁₀ (OH) ₂	Glimmer
	Bohseite	Ca ₄ Be ₃ AlSi ₉ O ₂₅ (OH) ₃	Cf. bavenite
Be20	Bromellite	BeO	
Be21	Bussite-(Ce)	(Ce,REE) ₃ (Na,H ₂ O) ₆ MnSi ₉ Be ₅ (O,OH) ₃₀ F ₄	
Be22*	Byrudite	(Be, \square)(V ³⁺ ,Ti) ₃ O ₈	
Be23	Chiavennite	CaMn ²⁺ (BeOH) ₂ Si ₅ O ₁₃ ·2H ₂ O	Zeolitt
Be24	Chkalovite	Na ₂ BeSi ₂ O ₆	
Be25	Chrysoberyl	BeAl ₂ O ₄	
diskreditert	Clinobarylite	BaBe ₂ Si ₂ O ₇ = polytype barylite 1O	
Be26	Clinobehoite	Be(OH) ₂	
Be27	Danalite	Be ₃ (Fe ²⁺) ₄ (SiO ₄) ₃ S	Cancrinite-Sodalite
Be28	Ehrleite	Ca ₂ ZnBe(PO ₄) ₂ (PO ₃ OH)·4H ₂ O	
Be29	Eirikite	Kna ₆ Be ₂ (Si ₁₅ Al ₃)O ₃₉ F ₂	Leifite
Be30	Epididymite	Na ₂ Be ₃ Si ₆ O ₁₅ ·H ₂ O	
Be31	Euclase	BeAlSiO ₄ (OH)	
Be32	Eudidymite	Na ₂ Be ₃ Si ₆ O ₁₅ ·H ₂ O	
Be33	Faheyite	Be ₂ Mn ²⁺ (Fe ³⁺) ₂ (PO ₄) ₄ ·6H ₂ O	

Be34	Ferrochiavennite	$\text{Ca}_{1-2}\text{Fe}[(\text{Si},\text{Al},\text{Be})_5\text{Be}_2\text{O}_{13}(\text{OH})_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Zeolitt
Be35	Ferrotaaffeite-2N'2S	$\text{Be}(\text{Fe}^{2+},\text{Mg},\text{Zn})_3\text{Al}_8\text{O}_{16}$	Högbomite
Be36	Ferrotaaffeite-6N'3S	$\text{Be}(\text{Fe}^{2+})_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$	Högbomite
Be37	Footemineite	$\text{Ca}_2(\text{Mn}^{2+})_5\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Roscherite
Be38	Fransoletite	$\text{Ca}_3\text{Be}_2(\text{PO}_4)_2(\text{PO}_3\text{OH})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Be39	Friedrichbeckeite	$\text{K}(\square\text{Na})\text{Mg}_2(\text{Be}_2\text{Al})\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$	Milarite
Be40	Gadolinite-(Ce)	$\text{Ce}_2\text{Fe}^{2+}\text{Be}_2\text{O}_2(\text{SiO}_4)_2$	Gadolinite-Datolite
Be41	Gadolinite-(Y)	$\text{Y}_2\text{Fe}^{2+}\text{Be}_2\text{O}_2(\text{SiO}_4)_2$	Gadolinite-Datolite
Be42	Gainesite	$\text{Na}_2(\text{Be},\text{Li})(\text{Zr},\text{Zn})_2(\text{PO}_4)_4\cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$	Gainesite
Be43	Genthelvite	$\text{Be}_3\text{Zn}_4(\text{SiO}_4)_3\text{S}$	Cancrinite-Sodalite
Be44	Glucine	$\text{CaBe}_4(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4\cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$	
Be45	Greifensteinite	$\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+})_5\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Roscherite
Be46	Gugiaite	$\text{Ca}_2\text{BeSi}_2\text{O}_7$	Melilite
Be47	Guimarãesite	$\text{Ca}_2\text{Zn}_5\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Roscherite
Be48	Hamborgite	$\text{Be}_2\text{BO}_3(\text{OH})$	
Be49	Harstigitite	$\text{Ca}_6\text{Be}_4\text{Mn}^{2+}(\text{SiO}_4)_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_2$	
Be50	Helvite	$\text{Be}_3(\text{Mn}^{2+})_4(\text{SiO}_4)_3\text{S}$	Cancrinite-Sodalite
Be51	Herderite	$\text{CaBePO}_4(\text{F},\text{OH})$	Herderite
Be52	Hingganite-(Ce)	$\text{BeCe}(\text{SiO}_4)\text{OH}$	Gadolinite-Datolite
Be53	“Hingganite-(Nd)”	$\text{BeNd}(\text{SiO}_4)\text{OH}$	Gadolinite-Datolite
Be54	Hingganite-(Y)	$\text{BeY}(\text{SiO}_4)\text{OH}$	Gadolinite-Datolite
Be55	Hingganite-(Yb)	$\text{BeYb}(\text{SiO}_4)\text{OH}$	Gadolinite-Datolite
Be56	Høgtuvaite	$\text{Ca}_4[(\text{Fe}^{2+})_6(\text{Fe}^{3+})_6]\text{O}_4[\text{Si}_8\text{Be}_2\text{Al}_2\text{O}_{36}]$	Saffirin
Be57	Hsianghualite	$\text{Li}_2\text{Ca}_3\text{Be}_3(\text{SiO}_4)_3\text{F}_2$	Zeolitt
Be58	Hurlbutite	$\text{CaBe}_2(\text{PO}_4)_2$	
Be59	Hyalotekite	$(\text{Pb},\text{Ba},\text{K})_4(\text{Ca},\text{Y})_2(\text{B},\text{Be})_2(\text{Si},\text{B})_2\text{Si}_8\text{O}_{28}\text{F}$	
Be60	Hydroxylherderite	$\text{CaBePO}_4(\text{OH})$	Herderite
Be61	Jeffreyite	$(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Be},\text{Al})\text{Si}_2(\text{O},\text{OH})_7$	
Be62	Joersmithite	$\text{Pb}^{2+}\text{Ca}_2(\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+})_2(\text{Si}_6\text{Be}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$	Amfibol
Be63	Khmaralite	$\text{Mg}_4(\text{Mg}_3\text{Al})\text{O}_4[\text{Si}_5\text{Be}_2\text{Al}_5\text{O}_{36}]$	Saffirin
Be64	Leifite	$\text{Na}_7\text{Be}_2(\text{Si}_{15}\text{Al}_3)\text{O}_{39}(\text{F},\text{OH})_2$	Leifite
Be65	Leucophanite	$\text{NaCaBeSi}_2\text{O}_6\text{F}$	
Be66	Liberite	$\text{Li}_2\text{BeSiO}_4$	

Be67	Londonite	$\text{CsBe}_4\text{Al}_4(\text{B}_{11}\text{Be})\text{O}_{28}$	
Be68	Lovdarite	$\text{K}_2\text{Na}_6\text{Be}_4\text{Si}_{14}\text{O}_{36}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$	
Be69	Mg-taaffeite-2N'2S	$\text{BeMg}_3\text{Al}_8\text{O}_{16}$	Högbomite
Be70	Mg-taaffeite-6N'3S	$\text{BeMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$	Högbomite
Be71	Makarochkinite	$\text{Ca}_4[(\text{Fe}^{2+})_8(\text{Fe}^{3+})_2\text{Ti}_2]\text{O}_4[\text{Si}_8\text{Be}_2\text{Al}_2\text{O}_{36}]$	Saffirin
Be72	Mariinskite	BeCr_2O_4	
Be73	Mccrillsite	$\text{NaCs}(\text{Be},\text{Li})\text{Zr}_2(\text{PO}_4)_4\cdot 1\text{-}2\text{H}_2\text{O}$	Gainesite
Be74	Meliphanite	$\text{Ca}_4(\text{Na},\text{Ca})_4\text{Be}_4\text{AlSi}_7\text{O}_{24}(\text{F},\text{O})_4$	
Be75	Milarite	$\text{KCa}_2(\text{Be}_2\text{AlSi}_{12})\text{O}_{30}\cdot \text{H}_2\text{O}$	Milarite
Be76	Minasgeraisite-(Y)	$\text{CaBe}_2\text{Y}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$	Gadolinite-datolite
Be77	Minjiangite	$\text{Ba}(\text{Be}_2\text{P}_2\text{O}_8)$	
Be78	Moraesite	$\text{Be}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Be79	Mottanaite-(Ce)	$\text{Ca}_4(\text{CeCa})\text{AlBe}_2(\text{Si}_4\text{B}_4\text{O}_{22})\text{O}_2$	Hellandite
Be80	Nabesite	$\text{Na}_2\text{BeSi}_4\text{O}_{10}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Zeolitt
Be81	Niveolanite	$\text{NaBeCO}_3(\text{OH})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
Be82	Odintsovite	$\text{K}_2\text{Na}_4\text{Ca}_3\text{Ti}_2\text{Be}_4\text{Si}_{12}\text{O}_{38}$	
Be83	Oftedalite	$\text{ScCa}\square_2\text{KBe}_3\text{Si}_{12}\text{O}_{30}$	Milarite
Be84	Okruschite	$\text{Ca}_2\text{Mn}^{2+}_5\text{Be}_4(\text{AsO}_4)_6(\text{OH})\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Roscherite
Be85	Pahasapaite	$\text{Li}_8(\text{Ca},\text{Li},\text{K})_{10}\text{Be}_{24}(\text{PO}_4)_{24}\cdot 38\text{H}_2\text{O}$	Zeolitt
Be86	Parafransoletite	$\text{Ca}_3\text{Be}_2(\text{PO}_4)_2(\text{PO}_3\text{OH})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Be87	Pezzottaite	$\text{CsLiBe}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	Beryl
Be88	Phenakite	Be_2SiO_4	Willemite
Be89	Rhodizite	$\text{KBe}_4\text{Al}_4(\text{B}_{11}\text{Be})\text{O}_{28}$	
Be90	Roggianite	$\text{Ca}_2\text{BeAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{13}(\text{OH})_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n < 2.5$)	Zeolitt
Be91	Roscherite	$\text{Ca}_2(\text{Mn}^{2+})_5\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Roscherite
Be92	Ruifrancoite	$\text{Ca}_2(\square,\text{Mn}^{2+})_2(\text{Fe}^{3+},\text{Mn}^{2+},\text{Mg})_4\text{-Be}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Roscherite
Be93	Samfowlerite	$\text{Ca}_{14}(\text{Mn}^{3+})_3\text{Zn}_3\text{Be}_2\text{Be}_6\text{Si}_{14}\text{O}_{52}(\text{OH})_6$	
Be94	Selwynite	$\text{NaKBeZr}_2(\text{PO}_4)_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Gainesite
Be95	Semenovite-(Ce)	$(\text{Na},\text{Ca})_9\text{Fe}^{2+}\text{Ce}_2(\text{Si},\text{Be})_{20}(\text{O},\text{OH},\text{F})_{48}$	
Be96	Sørensenite	$\text{Na}_4\text{Be}_2\text{Sn}(\text{Si}_3\text{O}_9)_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
Be97	Sphaerobrandite	$\text{Be}_3\text{SiO}_4(\text{OH})_2$	
Be98	Stoppaniite	$(\text{Fe}^{2+})_2\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	Beryl
Be99	Strontiohurlbutite	$\text{SrBe}_2(\text{PO}_4)_2$	
Be100	Surinamite	$\text{Mg}_3\text{Al}_3\text{O}(\text{Si}_3\text{BeAlO}_{15})$	Saffirin
Be101	Sverigeite	$\text{NaBe}_2(\text{Mn}^{2+})_2\text{SnSi}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$	
Be102	Swedenborgite	$\text{NaBe}_4\text{Sb}^{5+}\text{O}_7$	
Be103	Telyushenkoite	$\text{CsNa}_6\text{Be}_2(\text{Si}_{15}\text{Al}_3)\text{O}_{39}\text{F}_2$	Leifite

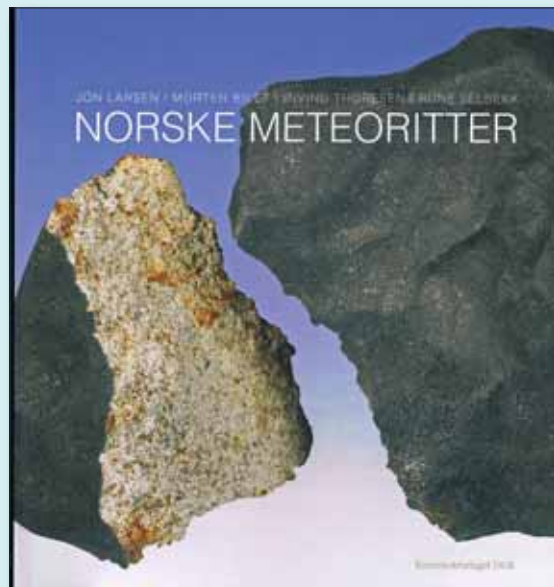
Be104	Tiptopite	$K_2(Li,Na,Ca)_6(Be_6P_6)O_{24}(OH)_2 \cdot 1.3H_2O$	Cancrinite-Sodalite
Be105	Trimerite	$CaBe_3(Mn^{2+})_2(SiO_4)_3$	
Be106	Tugtupite	$Na_4BeAlSi_4O_{12}Cl$	Cancrinite-Sodalite
Be107	Tvedalite	$Ca_4Be_3Si_6O_{17}(OH)_4 \cdot 3H_2O$	
Be108	Uralolite	$Ca_2Be_4(PO_4)_3(OH)_3 \cdot 5H_2O$	
Be109	Väyrynenite	$BeMn^{2+}PO_4(OH)$	
Be110	Wawayandaite	$Ca_6Be_9(Mn^{2+})_2Bsi_6O_{23}(OH,Cl)_{15}$	
Be111	Weinebeneite	$CaBe_3(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 4H_2O$	Zeolitt
Be112	Welshite	$Ca_4[Mg_9(Sb^{5+})_3]O_4[Si_6Be_3Al(Fe^{3+})_2O_{36}]$	Saffirin
Be113	Zanazziite	$Ca_2Mg_5Be_4(PO_4)_6(OH)_4 \cdot 6H_2O$	Roscherite

* IMA 2013-045 = byruditt med tilatelse fra forfatteren Gunnar Raade.

Bokanmeldelse

Norske meteoritter

Anmeldt av Knut Edvard Larsen



Jon Larsen, Morten Bilet, Øyvind Thoresen og Rune Selbekk: *Norske Meteoritter*. Kunstbokforlaget, 2014, 128 s. kr 399,-

Så er boka endelig her. Flere av oss har via annonse i STEIN (1-2014, s 13) eller facebook forhåndsbestilt boka, som ble omtalt som "norsk praktbok om de norske meteorittene". La det være sagt med en gang: Boka skuffer ikke, den svarer absolutt til forventningene. Dette er en praktbok! Gjennom tidene har ulike bøker om meteoritter blitt utgitt på norsk. Men denne er annerledes: Den er en bok om norske meteoritter. De 16 norske meteorittene presenteres med god layout og flotte bilder; både av selve meteorittene, av tynnslip av disse og ulike bilder som illustrerer historien rundt funnet av dem. De fleste bildene er tatt av Thoresen eller Selbekk og er av "praktbok"-kvalitet og er en fryd å se på. Det er dog et minus at ikke størrelse på objektet eller bildebredde oppgis for en del av de avbilde meteorittene. Kanskje er dette med hensikt - boka kan tross gode bilder ikke erstatte det å selv se meteorittene der de hører hjemme - på Naturhistorisk Museum.



Fra boklanseringen på Naturhistorisk museum 14. juni. Forfatterne sammen med noen av de som har funnet meteorittene i boka. Foto: Trond Lindseth.

Bokas hovedfokus er presentasjon av de norske meteorittene. Her legges det vekt på selve historiene omkring funnene av dem. Ledsaget av de gode informative tekstene finnes det også faksimiler av gamle avisklipp og liknende. Boka gjør at jeg blir godt kjent med dem - de blir på en måte mine- det er jo våre, norske meteoritter! Et lite minus ved boka er at navnene på noen av meteorittene ikke er de samme som er brukt i tidligere litteratur. *Finmarken* omtales i eldre faglitteratur også som *Altameteoritten* og *Svartekari* som *Jardalen*. Forfatterene følger det som er gjeldende navngivningsregler for meteoritter, men dette med ulike navn burde ha vært nevnt.

Boka inneholder også mye mer en bare om norske meteoritter: Vi får en grundig innføring i hva meteoritter er, historikk, om ulike typer ol.l. Du får også svar på spørsmål som "hvordan kan vi vite at meteoritter er fra Mars eller månen?" Det gis god veiledning med enkel sjekkliste til å få svar på: "Er det en meteoritt jeg har funnet?" Et eget kapittel om mikrometeoritter er også med. Tekstene er velskrevne i en populær form. Den er lett å lese- også for dem som ikke vet så mye om meteoritter fra før av. Faguttrykk er forklart på en forbilliglig måte. Det er også en egen ordliste med forklaringer til noen fag uttrykk. Dette er populærvitenskap på sitt beste. Dette er altså en bok du trygt kan gi som julegave til onkel, kusine, far og barn (og til deg selv).

Boka er for alle naturinteresserte i alle aldre.

Takk for en god bok ! Vi håper at vi kan få se flere bøker av denne typen fremover.

NORSKE METEORITTER I STEIN

STEIN har også publisert flere artikler om norske meteoritter:

Alf Olav Larsen, *Nytt meteorittfunn i Norge*, nr 1/1976, s 19.

Ole Nashaug, *Meteoritter på Hedmark*, nr 1/1977, s. 7-8- [Om Grefsheim-meteoritten]

Dagfinn M. Pedersen, *Leikanger-meteoritten*, nr 3/1978, s.9-10.[Om Leikanger-meteoritten]

Nok et meteorittfall over Norge?, nr 1/1976, s. 17-18.[Om Grefsheim-meteoritten]

Inge Bryhni, *Norske Meteoritter*, nr 4/2002, s.20-24

Morten Bilet, *Historien om Mosse-meteoritten*, nr 2 /2007, s 3-7

Morten Bilet, *Litt mer om Norges 14. meteoritt*, nr 3/2007, s.12-13

Morten Bilet, *Oslo-meteoritten*, nr 2/2013, s.8-9

Morten Bilet og Rune S. Selbekk, *Klassifisering av Oslo-meteoritten*, nr 2/2013, s. 1