

# Byrud gruver; mer enn smaragder

Lars O. Kvamsdal, Henrik Friis og Axel Müller

Naturhistorisk Museum, Universitetet i Oslo, Postboks 1172 Blindern, 0318 Oslo  
(l.o.kvamsdal@nhm.uio.no)

## Introduksjon

Byrud gruver må være en av de mest besøkte gruvene i Norge. Årlig kommer 5000 personer for å lete i løsmassene utenfor gruveåpningene (pers. medd. Anne Grete Røyse 07.06.2020). Det er snakk om skoleklasser, geologiforeninger og familier fra inn- og utland. De aller fleste kommer for å finne beryllvarianten smaragd. Siden besøkstallet har vært høyt i mange år har det stadig blitt vanskeligere å finne gode prøver med smaragd. Imidlertid opptrer også andre aksessoriske mineraler i denne spesielle forekomsten. Det er til nå påvist 58 forskjellige mineraler i byrudgruvene (se tabell etter artikkelen).

Forekomsten utmerker seg blant annet ved å være usedvanlig rik på sulfider. Hele 9 forskjellige sulfider er påvist på Byrud. Denne artikkelen tar for seg de to siste sulfidene som er funnet der, nemlig chalkopyritt og arsenopyritt, samt flere mineraler som er identifisert fra forekomsten de senere årene.

## Geologi

Goldschmidt (1911, s. 56) antok at pegmatitten stammer fra en nordmarkittpluton. Pegmatitten ligger i en flattliggende, ca. 4 meter mektig mænaittgang. Mænaitt er en finkornet syenitt som består av hovedmineralene albitt og ortoklas. Bergarten ble først navngitt og beskrevet av Brøgger (1898, s. 206-207). Navnet kommer fra sjøen Mæna ved Brandbu, men han nevner i beskrivelsen at bergarten også finnes på Byrud. I regionalgeologisk sammenheng representerer mænaitt de første magmatiske fasene som kommer opp langs åpne sprekker fra jordens mantel. Sprekkene ble dannet under åpningen av Osloriften for ca. 300 millioner år siden, da de kontinentale skorpene drev fra hverandre. Mænaittgangene har trengt inn i omkringliggende sedimenter, som på Byrud er alunskifer. Mænaittganger er vanlige i Oslofeltet, men at det er dannet pegmatitt i forbindelse med mænaittganger, er ikke kjent fra andre steder i dette området.

Mænaittgangen med pegmatitt på Byrud er nesten flattliggende med svakt fall mot nord. Gangen er blitt fulgt i ca. 200 m lengde. Der mænaitten og pegmatitten er nærmest alunskiferen er antakelig de beste smaragdene blitt dannet. Det finnes også fragmenter av alunskiferen inne i mænaitten. Her er alunskiferen sterkt omvandlet og danner en hard, grå hornfels.

Vanligvis er det grunnstoffet krom som gir smaragd grønnfarge. På Byrud er det imidlertid vanadium som gir den vakre grønne fargen og det antas at det er alunskiferen som er kilden til dette grunnstoffet (Neumann 1985, s. 174). Dannelsen og årsaken til fargevariasjonen i smaragd i byrudforekomsten er undersøkt av Loughrey (2013).

## Mineralogi

Den hittil fylldigste oversikten over mineralene som er funnet på Byrud ble gitt av Kvamsdal & Eldjarn (2006). Nordrum & Raade (2006) publiserte en artikkel der de beskriver noen av mineralene på Byrud samt en til da oppdatert mineralliste. Her følger en oppdatering på nye mineraler identifisert siden disse artiklene ble publisert.

### Følgende forkortelse er brukt i denne artikkelen:

EDS = Energy dispersive spectrometry

IMA = International Mineralogical Association

NHM = Naturhistorisk museum i Oslo

PXRD = Powder X-ray diffraction (pulver-røntgendiffraksjonsanalyse)

SXRD = Single-crystal X-ray diffraction (en-krystall røntgendiffraksjonsanalyse, Gandolfi-metoden)

XRD = X-ray diffraction (røntgendiffraksjon, fortrinnsvis med Debye-Scherrer-kamera)

## Analyser

Semikvantitative, kjemiske analyser ble utført ved hjelp av et Hitachi 3600-S elektronmikroskop (SEM) utstyrt med Bruker XFlash 5030 energi-dispersivt spektrometer (EDS). Analysene ble typisk utført i lavt vakuum direkte på prøvene uten coating. PXRD ble utført på et Siemens D5005 diffraktometer med  $\text{CuK}\alpha$ -stråling. Mange prøver er analysert med SXRD ved hjelp av Rigaku Synergy-S enkrystalldiffraktometer med en HyPix-6000HE-detektor, med enten  $\text{CuK}\alpha$ - eller  $\text{MoK}\alpha$ -stråling. Alle analyser ble utført ved NHM bortsett fra mikrosondeanalysen av fluor-schorl som er foretatt ved Naturhistorisk museum i London.

## Nye mineraler for Byrudforekomsten beskrevet i litteraturen mellom 2006 og 2020

### *Byruditt, $(\text{Be}, \square)(\text{V}^{3+}, \text{Ti}, \text{Cr})_3\text{O}_6$*

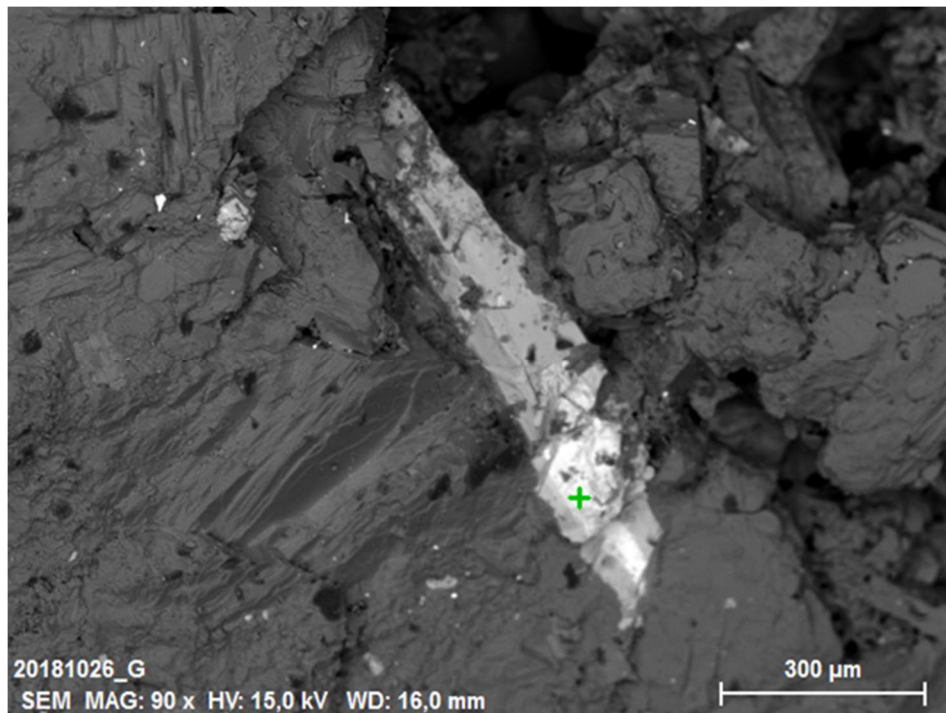
Selbekk (2010, s. 137) omtalt et kyzylkymittliknende mineral fra Byrud. Det var dette mineralet som til slutt ble ferdig beskrevet og fikk navnet byruditt. Mineralet ble godkjent av IMA i 2013 (2013-045) og dataene ble publisert i Raade et al. (2015). Hele historien om det kyzylkymittliknende mineralet fra Byrud som ble til byruditt er fortalt i Kvamsdal (2016).

Pegmatitten på Byrud inneholder mange ulike mineraler som opptrer som små, sorte individer. Størrelsen kan variere fra noen tusendels millimeter til 1-2 millimeter. Noen individer er rundaktige, mens andre er mer eller mindre prismatiske. Veldig mange av disse sorte individene er undersøkt med EDS på jakt etter byruditt.

Det er imidlertid svært vanskelig å bestemme byruditt visuelt da det er meget likt rutil (Fig. 1). Hver enkelt krystall må undersøkes ved hjelp av EDS. Nå er det imidlertid slik at rutilen på Byrud inneholder litt V i tillegg til Nb og Ta. Den niobholdige rutilen ble i sin tid kalt ilmenorutil, mens den tantalholdige ble kalt strüveritt. Det er undersøkt svært mange ”sorte prikker” i håp om at det skulle være byruditt, men i de aller fleste tilfellene viser undersøkelsene at det er rutil.

Den empiriske formelen for byruditt er  $(\text{Be}_{0,84}\square_{0,16})(\text{V}^{3+}_{1,32}\text{Ti}_{1,25}\text{Cr}_{0,29}\text{Fe}_{0,09}\text{Al}_{0,07})_{\Sigma 3,02}\text{O}_{6,00}$ .  $\square$  betyr tomplasser i krystallstrukturen. Det er ikke påvist Nb eller Ta i mineralet, og dessuten er  $\text{V} > \text{Ti}$ . I tillegg kan byruditt inneholde litt Cr.

Et mulig forslag for lettere å kunne finne byruditt kan være å lete på steder hvor det er «mye grønt». På baksiden av originalprøven sitter det mye smaragd. Også krystaller med uvanlig utseende kan være lurt å få sjekket.



*Figur 1. SEM-bilde av rutil fra Byrud.*

### ***Halitt, NaCl***

Halitt er vanlig i væskeinneslutninger i mineraler. Ikke uventet ble halitt funnet da væskeinneslutninger i smaragder fra Byrud ble undersøkt av Rondeau *et al.* (2008).

### ***Kassiteritt, SnO<sub>2</sub>***

Kassiteritt (tinnstein) er påvist i væskeinneslutninger i beryll fra Byrud. Mineralet opptrer sammen med halitt og sylvn (Rondeau *et al.* 2008). Som en kuriositet kan nevnes at Beyschlag *et al.* (1910, s. 446) omtalte at Byrud-forekomsten, i utvidet betydning, genetisk sett tilhører tinnstein-ganggruppen, siden topas forekommer her. Han skrev: «*Auch das mineralogisch interessante Vorkommen von Smaragd bei Minne in Eidsvold in Norwegen, wo Topas nachgewiesen ist, gehört genetisch zu der Zinnstein-gruppe im erweiterten Sinne des Begriffes*».

### ***Pretulitt, Sc(PO<sub>4</sub>)***

Scandiuminnholdet i en rekke norske beryller, også beryllene fra Byrud, ble undersøkt av Neumann (1961). Han fant at beryllene fra Byrud var blant de mest Sc-rike beryllene i Norge. To analyser viste et innhold av Sc på henholdsvis 300 ppm og 500 ppm. Dette var på nivå med beryller fra Sc-rike pegmatitter i Iveland, Agder. Han skrev derfor følgende: «The high scandium content, especially of the Byrud berylls, is rather surprising and would seem to warrant further investigations».

«Further investigations» ble fortatt av Rondeau *et al.* (2008). De undersøkte væskeinneslutninger i beryll fra Byrud og fant det meget sjeldne scandiumfosfatet pretulitt. Mineralet opptrer sammen med halitt, kassiteritt og sylvin. Dette er nok forklaringen på det høye Sc-innholdet som Neumann fant i sine undersøkelser av beryll fra Byrud. Pretulitt er bare funnet noen få steder i verden. Vi må anta at det er alunskiferen som er kilden for scandium.

### **Nye mineraler for Byrudforekomsten identifisert ved NHM i Oslo etter 2006**

#### ***Allanitt-(Ce), (CaCe)(Al<sub>2</sub>Fe<sup>2+</sup>)(Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)(SiO<sub>4</sub>)O(OH)***

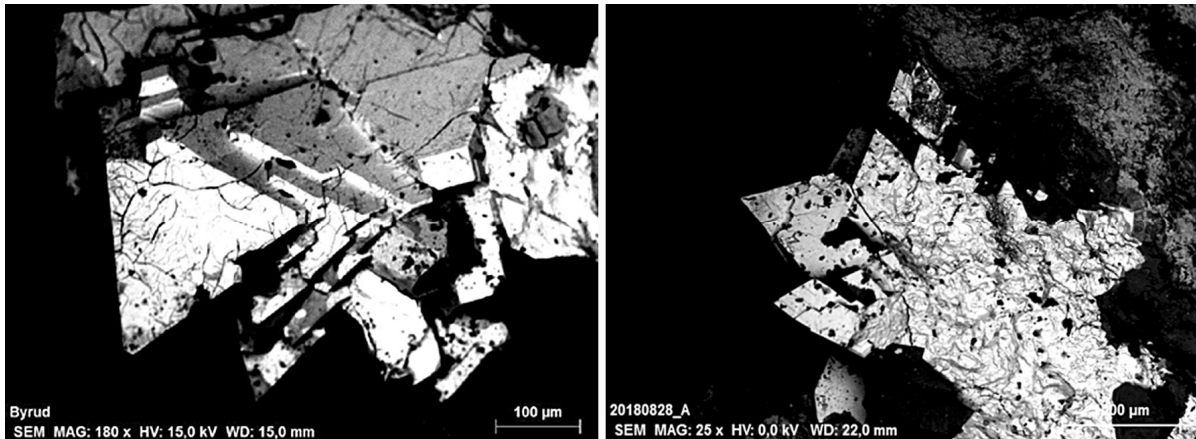
Allanitt-(Ce) ble i 2019 påvist i materiale Jan Haug i sin tid hadde levert inn til NHM for identifisering. Mineralet opptrer som prismatiske, klare, lysebrune, frittstående krystaller (Fig. 2) i en druse i fluoritt sammen med velutviklede smaragdkrystaller. Lengden på allanittkrystallene er ca. 0,3 mm. Krystallene kan ha et trekantet tverrsnitt og ser da ut som en turmalin. Mineralet er identifisert med EDS og SXRD (exp\_404\_Mo). Prøven er nå i samlingene til NHM med katalognummer 44158.



**Fig. 2.** Allanitt-(Ce) fra Byrud, Minnesund. Lengste krystall 0,3 mm. Foto: OT. Ljøstad.

### ***Arsenopyritt, FeAsS og gersdorffitt, NiAsS***

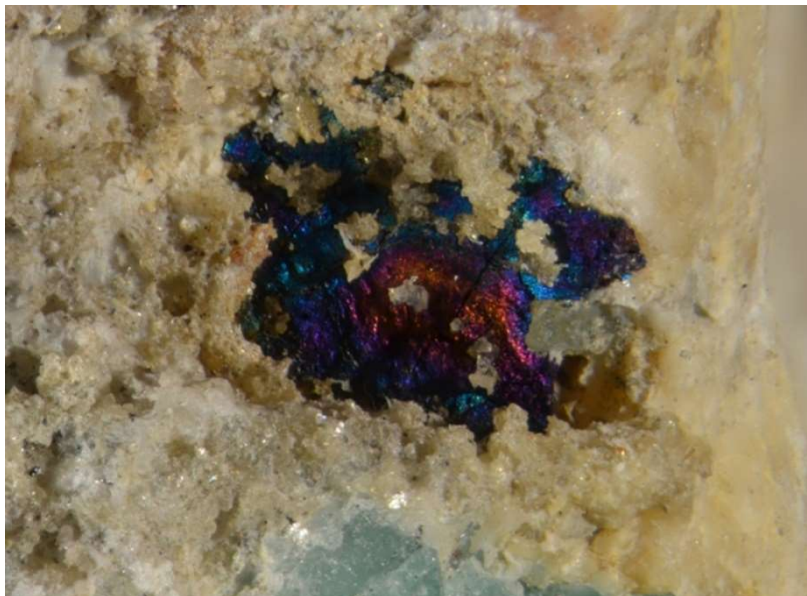
Fram til 2015 ble alle sølvblanke, metalliske, små krystaller i Byrud-forekomsten tatt for å være gersdorffitt. En EDS-analyse utført i 2015 av en prøve innsamlet i 2014 viste seg å være arsenopyritt (Kvamsdal 2015). Siden har flere prøver merket gersdorffitt fra Byrud vist seg å være arsenopyritt. Antakelig er arsenopyritt mer utbredt i forekomsten enn gersdorffitt. Som masser er mineralene vanskelig å skille visuelt. Imidlertid danner gersdorffitt kubiske krystaller, mens arsenopyritt danner monokline krystaller (Fig. 3).



**Fig. 3.** SEM-bilde av gersdorffitt (venstre) og arsenopyritt (høyre) fra Byrud.

### ***Chalkopyritt, CuFeS<sub>2</sub>***

Til tross for et stort antall sulfider i forekomsten ble chalkopyritt først påvist med EDS ved NHM i 2019. Da leverte Astrid Haugen en eske med materiale fra forekomsten og som var samlet for mange år siden. På en stoff i dette materialet ble det funnet et lite område med iriserende chalkopyritt (Fig. 4). Minerallet satt i et lite hulrom i en porøs feltspat.



**Fig. 4.** Iriserende aggregat av chalkopyritt, ca. 2 mm bredt.



### ***Cheralitt, CaTh(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>***

Et gult, opakt mineralkorn uten krystallavgrensninger ble undersøkt med SXR i 2020 (Pow\_1432). Mineralet ga et diffraksjonsopptak i god overensstemmelse med thorianitt, men det var noen ekstra linjer der som viser at dette kornet var en blanding av flere mineraler. De aktuelle mineralene ut fra de resterende diffraksjonslinjene viste at det kunne dreie seg om monazitt eller cheralitt. En EDS-analyse viste lite Ce og mye Ca. Det er derfor grunn til å tro at det inngår cheralitt i mineralkornet med thorianitt. Størrelsen på kornet er 1,2 mm



**Figur. 5** Aggregat av cheralitt og thorianitt. Diameter på aggregatet ca. 1 mm.

Et annet gulbrunt mineralkorn på ca. 1 mm ble undersøkt med SXR i 2020 (Pow\_1506) (Fig. 5). Diffraksjonsopptaket som framkom viser at aggregatet også denne gangen består av minst to faser, en kubisk og en monoklin. Den kubiske fasen var enten thorianitt eller cerianitt. Den monokline fasen var enten cheralitt eller monazitt. En EDS-analyse viste at det var svært lite Ce til stede. Dette utelukket cerianitt og monazitt. Resultatet denne gangen er derfor igjen thorianitt og cheralitt. Prøven er nå i samlingene til NHM i Oslo med katalognummer NHM 44315.

Mineralet kan ha vært funnet allerede i 1983. I beskrivelsen av thorianitt fra Byrud i MGMs «Interne notater» på s. 118 nevner forfatterne at thorianittmaterialet består av flere faser. En av fasene, i tillegg til thorianitt, er et kalsiumfosfat med flere prosent ThO<sub>2</sub>. Raade *et al.* (1983) opplyste at «Probeanalyse av den ytterste delen [av thorianittmassen] viser to faser: et kalsiumfosfat (apatitt?) med flere prosent ThO<sub>2</sub> og et silikat med kompleks og varierende sammensetning».

### ***Fluorapatitt, Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F***

Apatitt har lenge vært kjent i Byrud-forekomsten. For å få bekreftet hvilket mineral i apatittgruppen som opptrer på Byrud ble fire tilfeldig valgte apatitter undersøkt med EDS i 2021 og alle prøvene var fluorapatitt.

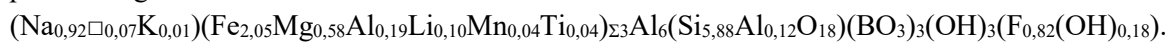
***Fluor-schorl,  $Na(Fe^{2+}_3)Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_3F$***

En prøve med et sort, prismatisk mineral fra Byrud ble sendt til Gunnar Raade ved NHM rundt 1990 (Fig. 6). Prøven var funnet av O.T. Ljøstad. Raade undersøkte mineralet med XRD og fant at det var turmalin uten nærmere spesifisering (film nr. 28696). Turmalin er et ekstremt sjeldent mineral på Byrud, og fremdeles er kun én prøve kjent. Det ble først antatt at mineralet var schorl ut fra utseendet.



**Figur 6.** Fluor-schörl fra Byrud. Den prismatiske krystallen er ca. 2 mm lang. Selve stoffen er kun 10 x 8 x 3 mm.

Siden pegmatitten er fluorrik, kunne det tenkes at det var en fluor-schörl som var dannet på Byrud. I 2019 fikk Axel Müller analysert denne turmalinen ved Naturhistorisk museum i London. Tabell 1 viser den gjennomsnittlige sammensetningen basert på 6 punktanalyser, og formelen er beregnet på basis av 31 anioner. Grunnstoffene Li, B og H kan ikke analyseres med mikrosonden. Derfor er verdiene beregnet for å få en ladningsbevart formel og støkiometri ifølge Henry *et al.* (2011). Basert på disse reglene blir formelen for denne turmalinen:



Da det er en spesifikk plass i strukturen hvor F må plasseres, betyr det at denne plassen er dominert av F og ikke OH. Derfor er turmalinen fra Byrud av typen fluor-schorl.

Ljøstad har donert prøven til NHM, og den ble registrert inn i samlingene i 2019, nesten 30 år etter at prøven kom til museet. Prøven har katalognummer NHM 44188.

**Tabell 1. Kjemisk sammensetning av fluor-schörl fra Byrud.**

	vekt- %	apfu
SiO <sub>2</sub>	34,21	5,88
TiO <sub>2</sub>	0,34	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,11	6,30
FeO	14,26	2,05
MnO	0,31	0,04
MgO	2,27	0,58
Na <sub>2</sub> O	2,75	0,92
K <sub>2</sub> O	0,05	0,01
Li <sub>2</sub> O*	0,14	0,10
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	10,11	3,00
H <sub>2</sub> O*	2,78	3,18
F	1,50	0,82
-O=F	0,63	
Sum	99,21	

\* bestemt ved støkiometri.

### ***Klinoklor, Mg<sub>5</sub>Al(AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>)(OH)<sub>8</sub>***

Klinoklor danner gulgrønne, kuleformede aggregater opptil 2 mm store. Mineralen er bestemt med EDS og med PXRD i 2020. Et mineral i klorittgruppen er også funnet i et grågrønt aggregat sammen med muskovitt (illitt) og kalsitt. Her er mineralen bestemt med SXRD (Pow\_615) og EDS i 2016.

### ***Klinozoisitt, Ca<sub>2</sub>Al<sub>3</sub>(Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)(SiO<sub>4</sub>)O(OH)***

Blant museets gamle materiale fra Byrud er det en prøve innsendt av Jan Haug og undersøkt med XRD i 1993 (film nr. 29129). Haug trodde at prøven kunne inneholde turmalin, men mineralen ble identifisert som epidot/klinozoisitt. Materialet ble undersøkt på nytt ved NHM i 2020. SXRD bekrefter resultatet fra 1993 (Pow\_1684). Røntgendiffraksjonsopptaket til de to mineralene er imidlertid svært like. Det er kjemien som skiller dem. Ved at en del av Al i klinozoisitt erstattes av Fe<sup>3+</sup> får vi epidot. Materialet ble derfor også undersøkt med EDS. Beregningene her viste at det var for lite jern til stede til å være epidot. Klinozoisitt ligger i et aggregat sammen med muskovitt som svakt gulgrønne, prismetiske krystaller med størrelse opptil 0,3 mm.

### ***Malakitt, Cu<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)(OH)<sub>2</sub>***

På en tur med Steinklubben til Byrud den 07.06.2009 fant Rune Fjellvang en prøve med malakitt. Mineralen danner små, grønne kuler og sitter i ytterkant av et totalt forvitret mineral. Malakitten sitter i albitt (PXRD) som igjen sitter i et stort stykke pyritt. Det var inntil da ikke funnet andre Cu-mineraler i forekomsten. Malakitt ble den gangen identifisert med EDS. Mineralen ble også identifisert med SXRD i 2019 (Pow\_1169). Det er mulig, men ikke bekreftet, at det mineralen som har forvitret bort har vært chalkopyritt.



### **Sellaitt, $MgF_2$**

På en liten stoff innsamlet på grunn av at den inneholdt smaragd, satt det et 5 mm stort aggregat av et mineral som skilte seg ut fra andre mineraler i pegmatitten. Mineralen hadde god spaltbarhet. Fargen er hvit til grå og kunne se ut som en kalsitt (Fig. 7). Det ble derfor kjørt en EDS-analyse av mineralen i 2020. Resultatet var at mineralen i hovedsak besto av Mg og F. Det var derfor naturlig å tro at dette kunne være sellaitt. For å få bekreftet dette, ble mineralen samme dag også undersøkt med SXRD (Pow\_1435). Diffraksjonsopptaket som framkom stemmer perfekt med sellaitt. Stoffen ligger nå i samlingene til NHM med katalognummer NHM 44237.

Pegmatitten på Byrud er i enkelte soner rik på de fluorholdige mineralene fluoritt og topas. Det forekommer også fluorapatitt i forekomsten. Selv vesuvian fra Byrud er F-rik og ble i sin tid analysert for å se om det kunne være fluorvesuvian (Eldjarn *et al.* 2005). I Norge er sellaitt tidligere kun funnet i forekomsten ved Gjerdingselva, Nordmarka, Lunner, tidl. Oppland (Raade *et al.* 1981).



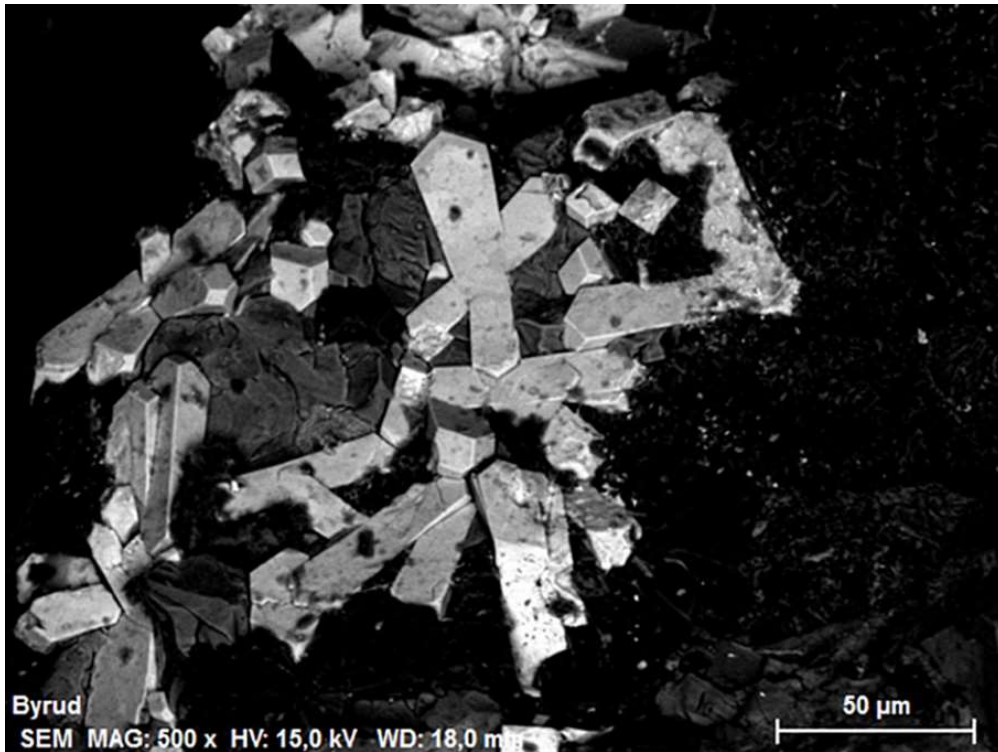
**Figur 7.** Sellaitt, Byrud, Minnesund. Bredden på aggregatet er 5 mm.  
Samling: NHM 44237.

### **Vermikulitt, $Mg_{0.7}(Mg,Fe,Al)_6(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot 8H_2O$**

Et gult leirmineral er identifisert som vermiculitt. Mineralen er bestemt med SXRD i 2020 (Pow\_1529). Vermiculitt danner uregelmessige masser på sprekker i feltspat og er tydeligvis et forvittringsprodukt.

### **Zirkon, $Zr(SiO_4)$**

Zirkon ble første gang funnet i materiale fra Byrud i 2019. Mineralen opptrer mikroskopisk som korn eller som prismatiske krystaller på 50  $\mu$  (Fig. 8). Zirkon er identifisert med SEM/EDS.



*Figur 8. SEM-bilde av langprismatiske zirkonkrystaller, Byrud.*

### *Analoger til byruditt*

Byruditt har formelen  $(\text{Be}, \square)(\text{V}^{3+}, \text{Ti}, \text{Cr})_3\text{O}_6$ . Den empiriske formelen oppgitt i beskrivelsen er  $(\text{Be}_{0,84}\square_{0,16})(\text{V}^{3+}_{1,32}\text{Ti}_{1,25}\text{Cr}_{0,29}\text{Fe}_{0,09}\text{Al}_{0,07})_{\Sigma 3,02}\text{O}_6$ . I 2016 godkjente IMA et mineral med formelen  $\text{BeCr}^{3+}_2\text{TiO}_6$ . Minerallet fikk navnet verbieritt etter typelokaliteten Verbier, Bagnes, Wallis (Valais), Sveits. Minerallet er Cr-analogen til byruditt. Tabell 2 viser en EDS-analyse av tre punkter av en byrudittkrystall (angitt i atomprosent) utført den 12.02.2020. Minerallet har  $\text{V} > \text{Cr}$  som stemmer med byruditt, men analysen viser et betydelig Fe-innhold og indikerer at det kan finnes en Fe-analog til byruditt.

*Tabell 2. EDS-analyse (atomprosent) av en analog til byruditt*

	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Gjennomsnitt
O	53,5	54,4	52,2	53,4
V	12,5	12,4	10,5	11,8
Si	5,1	4,6	9,6	6,4
Fe	11,8	10,2	8,8	10,3
Cr	9,4	9,2	8,2	8,9
Al	2,6	2,2	4,4	3,1
Na	1,7	1,7	1,9	1,8
Ca	0,8	0,9	1,2	1,0
Ti	0,5	2,1	0,7	1,1
Mn	2,1	1,7	1,4	1,7
K	0,7	0,6	1,2	0,8
Sum	100,7	100,0	100,1	100,3

### ***Uranmineraler i forekomsten ved Byrud***

Pegmatitten på Byrud har trengt gjennom alunskifer og absorbert bl.a. vanadium fra den. Vanligvis er alunskifer uranholdig, men det er lite U å finne i de forskjellige mineralene i forekomsten. Det eneste U-holdige mineralet som er rapportert fra Byrud er branneritt ( $UTi_2O_6$ ). (Nordrum *et al.* 2006). Mineralet er funnet som ett mikroskopisk korn og er identifisert med SEM/EDS. Tabell 3 viser en EDS-analyse fra 2019 av et sort, metallisk korn. Branneritt kan ofte inneholde andre elementer som Fe, Si, Th, Ba, Pb, REE, Sr og Zr. Det er derfor mulig at mineralet er branneritt selv om uraninnholdet er litt lavt.

**Tabell 3.** EDS-analyse (atomprosent) av uranmineral (branneritt?) fra Byrud.

	<b>Punkt 1</b>	<b>Punkt 2</b>	<b>Punkt 3</b>	<b>Punkt 4</b>	<b>Gjennomsnitt</b>
O	65,6	61,1	65,0	61,6	63,3
Ti	11,9	14,7	10,8	11,8	12,3
Si	7,0	8,9	6,7	8,0	7,7
F	3,5	2,9	5,2	5,2	4,2
Ca	4,3	3,0	3,9	5,2	4,1
U	4,7	4,2	3,8	4,1	4,2
Al	1,9	2,4	1,9	2,5	2,2
Th	0,5	1,5	0,8	0,9	0,9
Fe	0,4	1,2	1,6	0,7	1,0
Sum	99,8	99,9	99,7	100,0	99,9

Tabell 4 viser analyseresultatet av et annet sort korn. Mineralkornet satt i en sverm av flere små, sorte korn i nærheten av et uidentifisert Ni-As-mineral (se nedenfor). Det finnes mange mineraler som inneholder U og As. Hvorvidt As inngår i strukturen til mineralet eller bare er et overtrekk på kornet må eventuelt undersøkes med SXR. D.

**Tabell 4.** EDS-analyse (atomprosent) av et ukjent uranmineral fra Byrud.

	<b>Punkt 1</b>	<b>Punkt 2</b>	<b>Gjennomsnitt</b>
O	38,7	38,3	38,5
U	36,8	37,1	37,0
As	11,0	10,2	10,6
Si	4,9	8,2	6,6
Al	3,3	4,2	3,8
Ca	3,2	0,0	1,6
Fe	2,2	1,9	2,1
Sum	100,1	99,9	100,2

### *Uidentifisert Ni-As-O-mineral*

I materialet Jan Haug leverte til NHM i 1985, var det en stoff merket «Gersdorffitt?». En EDS-analyse utført i 2021 bekreftet dette. Gersdorffittaggregatet var ca. 1,2 mm langt. I dette aggregatet var det imidlertid en sone med et annet utseende. Det ble foretatt to EDS-analyser av mineralet (Tabell 5).

*Tabell 5. EDS-analyse (atomprosent) av uidentifisert Ni-As-O-mineral.*

	Punkt 1	Punkt 2	Gjennomsnitt
O	65,6	67,3	66,5
As	12,9	13,4	13,2
Ni	10,0	13,7	11,9
Si	7,7	4,3	6,0
Fe	1,7	0,1	0,9
K	1,3	0,8	1,1
S	0,8	0,4	0,6
<b>Sum</b>	100,0	100,0	100,2

Basert på EDS-analysen og måten mineralet forekom på ble det antatt at dette var annabergitt,  $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Størrelsen på mineralkornet var kun 0,3 mm, noe som gjorde det vanskelig å få undersøkt prøven med SXRD. Senere har det dukket opp en ny prøve (Fig. 9). Denne gangen med så mye materiale at det var mulig å undersøke mineralet med SXRD i 2021 (Pow\_1836 og Pow\_1837). Overraskelsen var stor da mineralet helt klart ikke var annabergitt (Tabell 6) og flere undersøkelser er nødvendig for å stadfeste en nærmere identitet. Mineralet er tydeligvis dannet ved omvandling av gersdorffitt. Fargen er svak grønn.



**Figur 9.** Uidentifisert Ni-As-O-mineral som porøse masser i gersdorffitt.

**Tabell 6.** Røntgendiffraksjonsdata av uidentifisert Ni-As-O-mineral fra Byrud (Pow\_1837).

<i>d</i> -verdier (Å)	I/I <sub>0</sub>	<i>d</i> -verdier (Å)	I/I <sub>0</sub>
4,98	3	2,38	3
<b>4,72</b>	<b>100</b>	2,37	2
4,35	5	2,08	2
4,26	4	2,07	6
4,21	3	2,06	7
3,95	5	1,96	2
<b>3,90</b>	<b>20</b>	1,94	
3,77	4	1,93	2
2,97	13	1,91	4
<b>2,96</b>	<b>16</b>	1,86	8
2,52	9		

## Diskusjon

Forekomsten på Byrud er spesiell på mange måter, ikke minst på grunn av sitt høye innhold av V. Alunskiferen har utvilsomt vært kilde til elementene som har dannet mange av de sjeldne mineralene og til det høye V-innholdet i smaragd, rutil og byruditt. At det er en del Mg-holdige mineraler (sellaitt, tremolitt, vermiculitt o.a.) i denne forekomsten er kanskje vanskeligere å forklare. Funn av byruditt, pretulitt og sellaitt gjør denne forekomsten unik i norsk sammenheng og bør motivere til grundigere undersøkelser. Det er grunn til å tro at minerallista vil bli enda fyldigere i tiden framover.

Det er fortsatt et åpent spørsmål hvordan forekomsten på Byrud ble dannet. Nordrum & Raade (2006) skrev: «*It is remarkable that no modern, scientific investigation of the geology and geochemistry of the Byrud occurrence have been undertaken*». Raade *et al.* (2015) antyder at en permisk granitt vest for Byrud kan være kilden, men som de skriver: verken pegmatitten eller granitten er datert. Det er også mulig at kilden til pegmatitten kan ha ligget øst for forekomsten. Bergartene som lå der ble erodert bort under istiden. Forekomsten vil alltid kunne være gjenstand for videre undersøkelser.

Det ville være interessant om forekomsten kunne blitt undersøkt videre, både for å få en grundigere beskrivelse av dannelsen, men også for å få satt de mineralogiske forholdene inn i en større sammenheng.

## Takk

Takk til Astrid Haugen, Ole T. Ljøstad og Rune Fjellvang for donasjoner av prøver. Samtidig takkes Ljøstad for bildet av allanittstuppen. Takk til grunneier Anne Grete Røyse for mange hyggelige besøk på Byrud. Takk til Fabrice Dal Bo for hjelp til identifisering av mineraler ved hjelp av SXRD. Han har utvist stor tålmodighet når jeg har kommet med små prikker på prøver, og har vært til stor faglig hjelp.



## Litteratur

- Beyschlag, F., Krusch, P. & Vogt, J.H.L. (1910): *Die Lagerstätten der Nutzbaren Mineralien und Gesteine nach Form, Inhalt und Entstehung. I. Band.* Ferdinand Enke, Stuttgart. 446 s.
- Brøgger, W.C. (1898): Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes III Das Gangfolge des Laurdalits. *Videnskapsselskapets Skrifter. 1.Mat.-Naturv. Klasse 1897 nr. 6.*
- Eldjarn, K., Kvamsdal, L.O., Selbekk, R. & Muller-Sigmünd, H. (2005): Norske vesuvianer og vesuvianforekomster. *Bergverksmuseets skrifter* **30**, 30-40.
- Goldschmidt, V.M. (1911): Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet. *Videnskapsselskapets Skrifter. 1.Mat.-Naturv. Klasse 1911. No 1.* 483 s.
- Henry, D.L., Novák, M., Hawthorne, F.C., Ertl, A., Dutrow, B.L., Uher, P. & Pezzotta, F. (2011): Nomenclature of the tourmaline-supergrupp minerals. *American Mineralogist* **96**, 895-913.
- Kvamsdal, L.O. (2015): Arsenkis (arsenopyritt) – nytt mineral for smaragdgruvene på Byrud, Minnesund, Eidsvoll, Akershus. *Stein* **42 (3)**, 22-23.
- Kvamsdal, L.O. (2016): Byruditt, et nytt mineral for verden. *Stein* **43 (1)**, 20-23.
- Kvamsdal, L.O., Eldjarn, K. (2006): Mineralene i smaragdgruvene ved Byrud gård, Minnesund, Norge. *Stein* **33 (4)**, 4-20.
- Loughrey, L.E. (2013): *Boiling as a mechanism for colour zonations observed at the Byrud emerald deposit, Eidsvoll, Norway.* Doctoral dissertation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada. 131 s.
- Meisser, N., Widmer, R., Armbruster, I.T., May, B.E., Busy, F., Ulianov, A. & Michellod, P.M. (2016): Verbierite, IMA 2015-089. CNMNC Newsletter No. 30, April 2016, s. 408; *Mineralogical Magazine* **80**, 407-413.
- Neumann, H. (1961): The scandium content of some Norwegian minerals and the formation of thortveitite, a reconnaissance survey. *Norsk Geologisk Tidsskrift* **41**, 197-210.
- Neumann, H. (1985): Norges mineraler. *Norges Geologiske Undersøkelse, Skrifter* **68**. 278 s.
- Nordrum, F.S. & Raade, G. (2006): The emerald deposit at Byrud, Eidsvoll, South Norway. *Bergverksmuseets skrifter* **33**, 9-16.
- Raade, G. & Haug, J. (1981): Morphology and twinning of sellaite from Gjerdingen, Norway. *Mineralogical Record*, **12**, 231-232.
- Raade, G. & Haug, J. (1983): Thorianitt og gersdorffitt, to nye mineraler fra Byrud, Minnesund. *Interne notater, Mineralogisk-Geologisk Museum 1961-1993*, 118.
- Raade, G., Balić-Žunić, T. & Stanley, C.J. (2015): Byruditt,  $(\text{Be}, \square)(\text{V}^{3+}, \text{Ti})_3\text{O}_6$ , a new mineral from the Byrud emerald mine, South Norway. *Mineralogical Magazine* **79**, 261-268.
- Rondeau, B., Fritsch, E., Peucat, J.-J., Nordrum, F.S. & Groat, L. (2008): Characterization of emeralds from a historical deposit: Byrud (Eidsvoll), Norway. *Gem & Gemology* **44**, 108-122.
- Selbekk, R. (2010): *Norges mineraler.* Tapir akademisk forlag, Trondheim. 552 s.

## Alfabetisk liste over mineraler som er kjent fra Byrud gruver

- \* = Mineraliet er bestemt med røntgendiffraksjon (XRD).  
 \*\* = Mineraliet er bestemt med SEM/EDS.  
 \*\*\* = Mineraliet er bestemt med gandolfimetoden.  
 \*\*\*\* = Mineraliet er bestemt med mikrosonde.

Mineral	Farge	Kommentar
Albitt***	Hvit	Vanlig
Allanitt-(Ce)***	Lys brun	Meget sjelden
Andalusitt		Sjelden
Arsenopyritt**	Metallisk, hvit	Meget sjelden
Bavenitt*	Vannklar til grå	Meget sjelden
Beryll	Gul-hvit	Ganske vanlig
Beryll* variant smaragd	Grønn	Ganske vanlig
Branneritt**	Sort	Meget sjelden
Byruditt****	Sort	Meget sjelden
Chalcopyritt**	Gul, metallisk	Meget sjelden
Cheralitt***	Gul, ikke metallisk	Meget sjelden
Diopsid*		Meget sjelden
Epidot*	Grønn	Meget sjelden
Flogopitt*	Brun	Meget sjelden
Fluorapatitt**	Blå	Sjelden
Fluoritt*	Fiolett, grønn	Vanlig
Fluor-schorl****	Sort	Ett funn
Galenitt	Grå, metallisk	Meget sjelden
Gersdorffitt*	Hvit, metallisk	Meget sjelden
Gips*	Hvit	Vanlig
Goethitt*-limonitt	Brun	Vanlig
Grafitt	Sort	Sjelden
Grossular*	Lys grågrønn	Sjelden
Halitt**		Meget sjelden. Væskeinneslutning
Jarositt	Gul	Meget vanlig
Kalsitt***	Hvit	Sjelden
Kassiteritt**		Meget sjelden. Væskeinneslutning
Klinozoisitt***		Meget sjelden
Kloritt***		Meget sjelden
Kvarts*	Grå, hvit	Meget vanlig
Laumontitt*	Hvit	Ganske vanlig
Lepidolitt*	Rosa	Meget sjelden

Malakitt***	Grønn	Meget sjelden
Markasitt*	Metallisk	Meget sjelden
Mikroklin	Hvit-gul	Meget vanlig
Molybdenitt	Gråblå	Sjelden
Monazitt-(Ce)*		Sjelden
Montmorillonitt*		Meget sjelden
Muskovitt*		Meget vanlig
Opal	Hvit	Ganske vanlig
Ortoklas*		Vanlig. I mænaitt
Pretulitt**		Meget sjelden. Væskeinneslutning
Pyritt	Gul-hvit	Ganske vanlig
Pyrrhotitt*	Gul-hvit	Ganske vanlig
Rutil*	Sort	Vanlig
Sellaitt***	Hvit	Ett funn
Sfaleritt	Brun	Meget sjelden
Sideritt	Grå	Meget sjelden
Svovel*		Meget sjelden. I sort masse
Sylvin**		Meget sjelden, Væskeinneslutning
Thorianitt***	Brun	Meget sjelden
Thoritt*	Brun	Sjelden
Titanitt***	Brun - rosa	Sjelden
Topas*	Gul-hvit	Ganske vanlig
Tremolitt*	Grågrønn	Sjelden. Fibre
Vermikulitt***	Gul	Sjelden
Vesuvian*	Gul – klar	Sjelden
Wollastonitt*	Hvit – grå	Sjelden
Zirkon**		Meget sjelden. Mikroskopisk