

På jakt etter nye mineraler

Tomas Husdal

Innledning

En viktig del av naturvitenskap består av å karakterisere og dokumentere mangfoldet. Her tenker vi i første rekke på biologien, hvor et stort antall nye arter beskrives daglig. Vi kjenner allerede nærmere 1,5 millioner forskjellige arter, og de mest optimistiske anslår et totalt antall på nærmere 100 millioner. Astronomene har også mye å henge fingrene i: bare i vår galakse, Melkeveien, finnes mellom 200 og 400 milliarder stjerner, og antall galakser i universet er i samme størrelsesorden. Vi kjenner så langt til et titalls millioner organiske stoffer. Antall godkjente mineraler, 4511 per 29. april 2011 (www.mindat.org), blir lavt i sammenligning, men gleden over å oppdage et nytt mineral er kanskje desto større.

Siden naturvitenskap kan anses som en internasjonal dugnad på tvers av språk og verdensdeler er det fordelaktig at nyoppdagete objekter karakteriseres grundig og navnesetter entydig. Uansett hvor i verden du holder til bør det ikke være tvil om hva navnene *Bathypantes similis*, 1,4-dimetylbenzene eller sveinbergeitt representerer. Innenfor mineralogi kontrollerer CNMNC (Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification) at beskrivelser og navnesetting av nye mineraler blir utført etter gjeldende retningslinjer. Grovt regnet godkjennes og beskrives rundt 100 nye mineraler hvert år.

Selve prosessen med å karakterisere et nytt mineral er tidkrevende og komplisert, og krever betydelig ekspertise. Å finne et nytt mineral, derimot, er ikke så krevende. Mineraloger har sjeldent tid til å drive med innsamling og bearbeiding av materiale, og en viss andel av mineralene som beskrives, spesielt fra norske forekomster, oppdages av amatørmineraloger (personer som ulønnet holder på med mineralogi på fritida).

Jeg tar i denne teksten for meg noen av tankene jeg har gjort meg under min jakt på nye mineraler.

Hvor bør du lete etter nye mineraler?

Det aller meste av jordskorpen består av "kjedelig" terreng sett gjennom en amatørmineralogs øyne. En god handfull bergartsdannende mineraler (for eksempel kvarts, feltspater, glimmere, oliviner, amfiboler, pyroksener og kalsitt) dominerer fullstendig, og det er stort sett disse man finner i en tilfeldig prøve. Det er med andre ord lite sannsynlig å finne nye mineraler hvor som helst. Dette henger sammen med at bergartene som bygger jordskorpen domineres av et forholdsvis lite antall grunnstoffer (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K og Mg utgjør 98,5 volum%), og at dannelsesforholdene til disse bergartene i grove trekk er like. Hvis man ønsker å finne noe nytt bør man derfor fokusere på forekomstene som:

- Inneholder uvanlig høye konsentrasjoner av spesielle grunnstoffer.
- Inneholder uvanlige kombinasjoner av grunnstoffer.
- Er dannet under spesielle trykk- og temperaturforhold.
- Er dannet under spesielle kjemiske forhold, som unormale surhetsgrader eller redoksforhold.

- Har en kompleks dannelseshistorie, for eksempel at fluider med varierende sammensetninger har avsatt mineraler i flere stadier

På grunn av sitt uvanlige innhold av mineraler eller grunnstoffer er slike forekomster ofte eksponert gjennom gruvedrift.

Noen eksempler på slike forekomster:

Pegmatitter representerer som oftest restsmelten som er igjen i de siste stadier i krystalliseringen av magmatiske bergarter, og inneholder gjerne uvanlig høye konsentrasjoner av en rekke grunnstoffer som ikke passer inn i de bergartsdannende mineralene. Høye konsentrasjoner og uvanlige kombinasjoner av grunnstoffer gjør mange pegmatitter til storprodusenter av nye mineraler. Av kjente forekomster kan spesielt pegmatitter i alkaline bergartskomplekser som Lovozero og Khibiny på Kolahalvøya, Mont Saint-Hilaire i Canada, Darai-Pioz i Tajikistan, Narssarssuk og Ilimaussaq på Grønland og ikke minst pegmatittene i området rundt Langesundsfjorden nevnes. Granittpegmatitter bør også regnes med; av de 21 mineralene beskrevet fra norske forekomster de siste 20 år stammer 7 fra granittpegmatitter.

Den metamorfe jern-/manganmalmen ved Långban i Sverige er typelokalitet for 70 mineraler. Mye av denne rikdommen skyldes spesielle redoksforhold i sprekker i malmen, hvor arsen opptrer som treverdige ioner og danner en rekke arsenitter som ikke er funnet andre steder i verden. Forekomsten kjennetegnes også av uvanlige kombinasjoner av grunnstoffer, godt illustrert av sverigeitt – et Na-Mn-Mg-Sn-Be-silikat.

Spesielle redoksforhold har også dannet nye mineraler i yttrofluoritt fra granittpegmatitten ved Stetind. Oksiderende forhold gjør at cerium i enkelte hulrom opptrer som Ce^{4+} og danner stetinditt. Dette gjør at fluidet blir fattigere på cerium sammenlignet med de andre sjeldne jordartselementene (REE), og neodmium som normalt sett er det nest mest utbredte REE blir nå dominerende. Minst to nye Nd-mineraler opptrer assosiert med stetinditt i disse hulrommene.

Oksidasjonssoner i malmforekomster gir ofte pene krystaller av fargerike mineraler. Den mest kjente er Tsumeb i Namibia, hvor en multimetallisk malm har gjennomgått omfattende oksidasjon og dannet en hel rekke mineraler, hvorav 62 er førstegangsbeskrevet derfra. Spesielt kan en rekke galliummineraler nevnes.

Hvordan lete etter nye mineraler?

- Velg ut forekomster som er dårlig undersøkt. En grov regel her er at jo mer avsidesliggende forekomsten ligger, jo dårligere undersøkt er den og jo større sjanse er det for å finne noe som ikke er funnet før.
- Besøk forekomsten mange ganger. Tegn skisser av forekomsten, nummerer innsamlet materiale og ha kontroll på hvor du finner de forskjellige prøvene. Spesielt gjelder dette i fast fjell, men ikke glem at tipphauger ofte er sonerte slik at en type materiale kun finnes på et veldig begrenset område i tippen.
- Samle mye materiale og bruk mye tid på å studere det under stereolupa (en god stereolupe kombinert med godt lys er nødvendig). Etter hvert vil du kjenne igjen typen materiale med lovende mineraler og kan lete mer målrettet i forekomsten. Allikevel: se etter alt som skiller seg fra det du har funnet tidligere.

- Lær deg å kjenne igjen mineralene i forekomsten, både de du har identifisert og spesielt de ukjente. Lag en referansesamling over de ukjente.
- Fokuser spesielt på de små krystallene/kornene. Dagens teknologi gjør det mulig å karakterisere velkrystalliserte korn mindre enn 10 mikrometer (en hundredels millimeter), og sjansene for å finne nye faser øker blant de "små" mineralene.
- Analyser dine ukjente! Skaff deg samarbeidspartnere med analysemuligheter, eller skaff deg tilgang til instrumenter selv. Den mest fruktbare metoden er standardløs SEM-EDS av upolerte prøver; hvis arbeidet med innsetting av prøver og bearbeiding av resultater effektiviseres trenger du neppe mer enn noen minutter per korn. På mitt mest effektive analyserer jeg over 200 korn i løpet av en arbeidsdag.
- Lær deg grunnleggende mineralogi. Å tolke slike SEM-EDS-analyser krever innsikt og erfaring, og fallgruvene er mange. Metoden er unøyaktig, så resultatene gir bare en pekepinn om den kjemiske sammensetningen. For en sikker identifisering må man i de fleste tilfeller kombinere med strukturdata, og her er røntgendiffraksjon av pulver (PXRD) lettest tilgjengelig. Ulempen med denne metoden er at den er lite følsom og krever mye materiale – helst i størrelsesorden kubikkmillimeter. Dette ekskluderer majoriteten av mine ukjente.
- Hvis dine analyser gir en kjemisk sammensetning som ikke stemmer med kjente mineraler (www.mindat.org har en fin søkemulighet) kan det være lurt å analysere flere prøver av samme mineral, og flere punkter innenfor hvert mineral. Får du konsistente data tyder det på at resultatene dine er reelle og ikke skyldes blandinger eller belegg på prøven..

Hvis du har mistanke om noe nytt bør du kontakte en mineralog. Disse er det dessverre langt mellom i Norge, så det er nødvendig å ta kontakt med noen i andre land – gode tips her er Canada, USA, Russland, Tyskland og Italia. Det er lurt å sjekke hva som er beskrevet av mineraler de siste år, og se om noen har beskrevet noe som er beslektet med ditt ukjente. Da vil de lettere fatte interesse. Nye mineraler er ikke uvanlige, så disse mineralogene som har spesialisert seg på nybeskrivelser har nok å gjøre. Derfor er det viktig at du er rimelig sikker på at mineralet ditt er noe nytt, og at du sannsynliggjør dette for personen du spør. Presenter det du har av data og beskriv materialet nøye. Hvis mineralogen på grunnlag av dette fatter interesse bør du sende rikelig med materiale, og selvfølgelig de prøvene som inneholder de beste krystallene. Det er fristende å beholde de beste prøvene til egen samling, men da risikerer man at det som sendes avgårde kanskje ikke egner seg til analyser, og mineralet forblir ubeskrevet.

Viser det seg at mineralet virkelig er nytt vil prosessen med å samle inn relevante data starte. Dette innebærer bl.a. løsning av strukturen, nøyaktig bestemming den kjemiske sammensetningen og måling av optiske og fysiske egenskaper. Her er det viktig å være tålmodig, for denne prosessen kan ta flere år. Det kan hende du blir spurt om forslag til navn for mineralet. Å få et mineral oppkalt etter seg er en stor ære for både mineraloger og steinsamlere, men å foreslå dette selv blir ansett som upassende. Aktuelle navn kan være basert på for eksempel funnstedet, kjemisk sammensetning eller en person som kan relateres til mineralet på et vis (for eksempel en mineralog som har jobbet med lignende mineraler). Opplysninger og prøver av mineralet bør ikke distribueres før mineralet og navnet er godkjent og offisielt publisert. Da unngår man at i verste fall uriktige opplysninger tas i bruk og fører til misforståelser.

Noen nye mineraler

Stetinditt

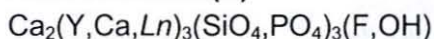


I 2000 kjørte jeg et XRD-opptak av noen fargeløse, nåleformete krystaller i yttrofluoritt fra Stetind. Filmen viste god match med xenotim-(Y), noe jeg slo meg til ro med siden det er et sannsynlig mineral å finne i denne paragenesen, og som er funnet i andre yttrofluorittforekomster i området. Allikevel stusset jeg litt over den nåleformete habitusen.

Noen år senere, nærmere bestemt 13. september 2002, analyserte jeg en slik krystall av "xenotim" vha. SEM-EDS for å fastslå REE-sammensetningen, men fant til min store overraskelse og glede cerium og silisium i stedet for forventet yttrium og fosfor (Fig. 1).

På grunnlag av den xenotimlignende strukturen gikk mistanken i retning av et nytt endeledd i zirkongruppen, men noe stemte ikke: zirkongruppen består av enkle silikater av fireverdige ioner, som for eksempel Th^{4+} (thoritt, ThSiO_4) og Zr^{4+} (zirkon, ZrSiO_4). Cerium opptrer stort sett som treverdige ioner, Ce^{3+} , men kan under oksiderende forhold oksideres til Ce^{4+} , noe som ladningsmessig stemmer med zirkongruppen. Yttrium, derimot, vil ikke oksideres på denne måten, og vil ikke kunne danne fireverdige ioner. Hvordan kunne jeg da forklare det tydelige yttriuminnholdet i mineralet? Fluorinnholdet var også vanskelig å få inn i denne strukturen. Først 4. februar 2008 sendte jeg prøver av mineralet til Prof. Dr. Jochen Schlüter i Hamburg, og allerede 14. april forelå både mikrosondeanalyser og løst struktur! Mineralet er isostrukturelt med zirkon, og inneholder Ce^{4+} . Ladningsbalansen for yttriuminnholdet oppstår ved at fluor erstatter noe oksygen (koblet substitusjon: Y^{3+} og F^- inn for Ce^{4+} og O^{2-}). 26. juni samme år ble relevante data sendt inn til IMA-CNMNC for godkjenning, og 6. oktober forelå godkjenningen av stetinditt som et gyldig mineral. Og til slutt: i august 2009 ble selve beskrivelsen av mineralet trykt (Schlüter et al. 2009). Dette viser med tydelighet at det er en tidkrevende prosess å få et nytt mineral beskrevet.

Fluorbritholitt-(Y)



"Britholitt" har lenge vært kjent fra flere pegmatitter i Tysfjordområdet, alltid i forbindelse med yttrofluoritt hvor det danner små rosa korn langs grensene av yttrofluorittmasser – se Husdal (2008) for detaljer. En EDS-analyse av et slikt korn fra pegmatitten ved Lagmannsvik (Fig. 3) viste ikke uventet at yttrium var dominerende REE, men også at mineralet inneholdt en betydelig mengde fluor. Med tanke på at mineralet opptrer i yttrofluoritt var heller ikke dette noen overraskelse.

Den kjente russiske mineralogen Igor Pekov påtok seg velvillig oppdraget å beskrive dette nye endeleddet i britholittgruppen. Det var naturlig å spørre ham da han er en svært produktiv mineralog og hadde nylig beskrevet et annet mineral i gruppa: fluorcalciobricholitt. Strukturen ble løst gjennom enkrystallmetoder, men ønsket om et høykvalitets pulverdiagram gjorde at jeg satt en hel dag og plukket hundrevis av under en millimeter store korn av rent mineral – en utfordring da kornene ofte er fulle av inneslutninger av andre mineraler.

Mineralet er godkjent av IMA CNMNC (IMA 2009-005), og navnet er publisert i forbindelse med ny nomenklatur for apatittgruppen (Pasero et al 2010). Den offisielle beskrivelsen av mineralet er nettopp trykket (Pekov et al. 2011).

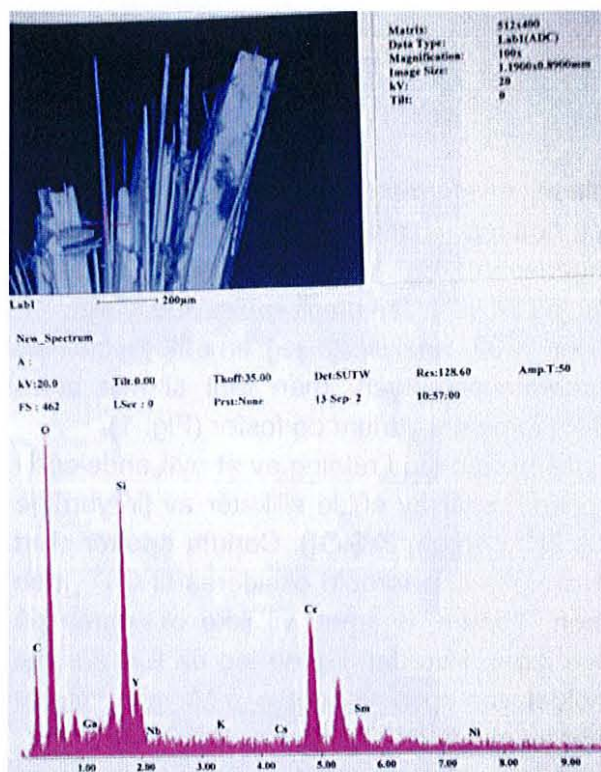


Fig. 1: Den første EDS-analysen av stetitinditt fra Stetind, 13. september 2002. De fleste av de foreslåtte elementene er ikke reelle (Ga, Nb, K, Cs, Sm og Ni). Den lille toppen like til høyre for O-toppen er fluor. Den lille toppen like til venstre for Si er ytterbium og/eller aluminium (i så fall fra annet mineral på overflaten). Toppene til høyre for den som er merket Ce, samt den til høyre for fluor, er også ceriumtopper: innholdet av andre lette REE er svært lavt. Legg forøvrig merke til den betydelige yttriumtoppen.



Fig. 2: Svakt avsmalnende prismer av stetitinditt i hulrom i yttrifluoritt, Stetind. De plateformete krystallene som sitter epitaksisk sammenvokst med stetitinditt er vyuntspakhkitt- (Y). Billedbredde 0,35 mm. SEM-bilde: Harald Folvik, NHM, Oslo.

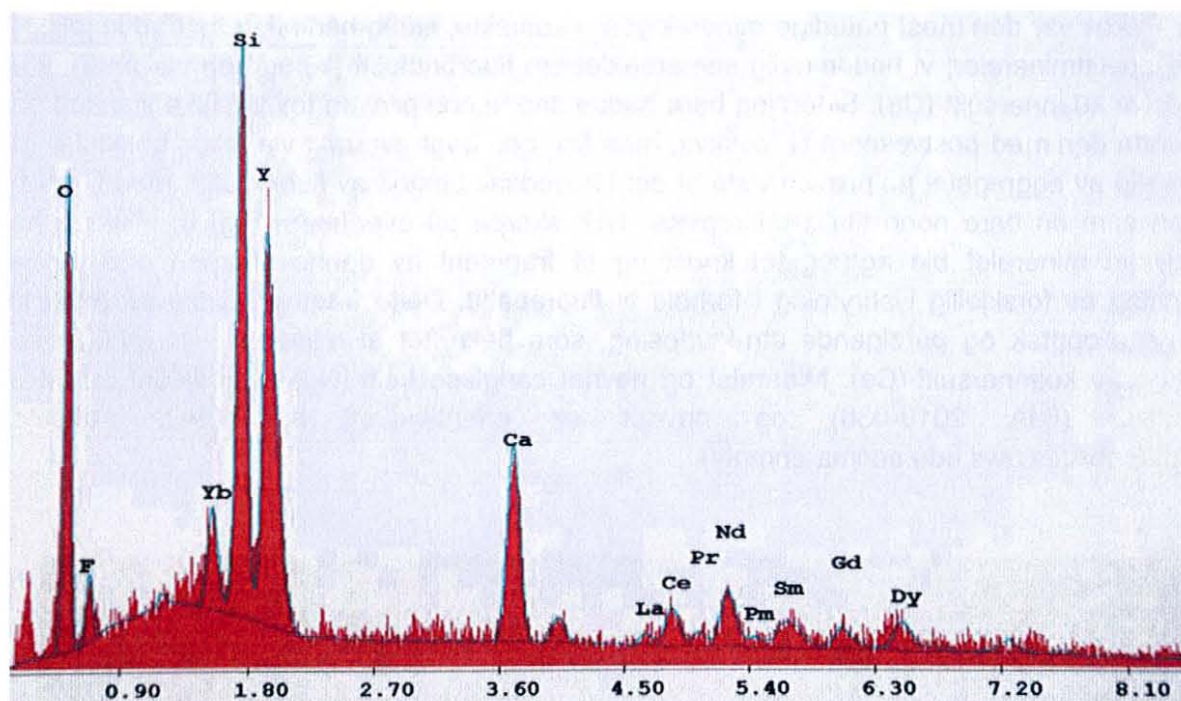
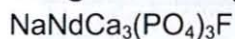


Fig. 3: Det første EDS-spekteret av fluorbritholitt-(Y) fra Lagmannsvik, Hamarøy. Legg merke til den tydelige F-toppen.

Carlgieseckeitt-(Nd)



Under en tur til Grønland sommeren 2001 samlet jeg noen prøver fra lokaliteten som kalles Kvanefjeldplataået eller nå Kuannersuitplataået. Et par år senere ble det nye mineralet kuannersiutt-(Ce) – et Na-Ce-Ba-fosfat med apatitt-lignende struktur - beskrevet fra denne lokaliteten (Friis et al 2004). Ved gjennomgang av mitt materiale fant jeg tre prøver med apatitt-lignende krystaller, og alle tre ble sjekket vha. SEM-EDS i Tromsø. To av prøvene hadde en kjemisk sammensetning som passet bra med kuannersiutt-(Ce), men den tredje (Fig. 4) inneholdt mye Ca i stedet for Ba. I tillegg syntes Nd å være det dominerende REE (Fig. 5).

Apatittstrukturen inneholder to forskjellige kationposisjoner, en 7 -koordinert (3 per formelenhet) og en 9-koordinert (2 per formelenhet). I for eksempel fluorapatitt er begge disse dominert av Ca, og de slås sammen i mineralets formler. I noen mineraler med samme struktur splittes kationposisjoner gjennom ordning av kationer opp i underposisjoner, som hver for seg vil definere et nytt mineral med dominans av et gitt element. Så avhengig av graden av ordning av kationer kunne det analyserte mineralet representere alt fra en Na- og REE-rik fluorapatitt, innom fluorcaphitt og deloneitt til en analog av belovitt og kuannersiutt-(Ce) (grad av ordning i mineraler henger sammen med dannelsesforhold: lav dannelses temperatur øker typisk graden av ordning).

Igor Pekov var den mest naturlige mineralogen å kontakte, siden han allerede hadde jobbet med apatittmineraler; vi hadde nylig samarbeidet om fluorbritholitt-(Y) og han var med på å beskrive kuannersuitt-(Ce). Siden jeg bare hadde denne ene prøven tok jeg ikke sjansen på å sende den med postvesenet til Moskva, men fikk den trygt overrakt via felles bekjente. Et polerslip av aggregatet på prøven viste at det i hovedsak bestod av fluorapatitt, med Ca-Nd-fasen som en bare noen titalls mikrometer tykk skorpe på overflaten (Fig. 6). Etter å ha analysert mineralet ble aggregatet knust og et fragment av denne skorpen plukket på grunnlag av forskjellig lysbrytning i forhold til fluorapatitt. Dette fragmentet ble så brukt til enkrystalloptak og påfølgende strukturløsning, som bekreftet at mineralet var en Ca-Nd-analog av kuannersuitt-(Ce). Mineralet og navnet carlgieseckeitt-(Nd) er godkjent av IMA-CNMNC (IMA 2010-036) og navnet er offentliggjort på IMA's nettsted (<http://pubsites.uws.edu.au/ima-cnmnc/>).



Fig. 4: Aggregat av rosa krystaller av carlgieseckeitt-(Nd) epitaksisk påvokst fluorapatitt (knappt synlig på bildet). Det hvite globulære mineralet til høyre i bildet er beryllitt. Kvanefjeldplatået, Grønland. Bildebredde 2 mm.

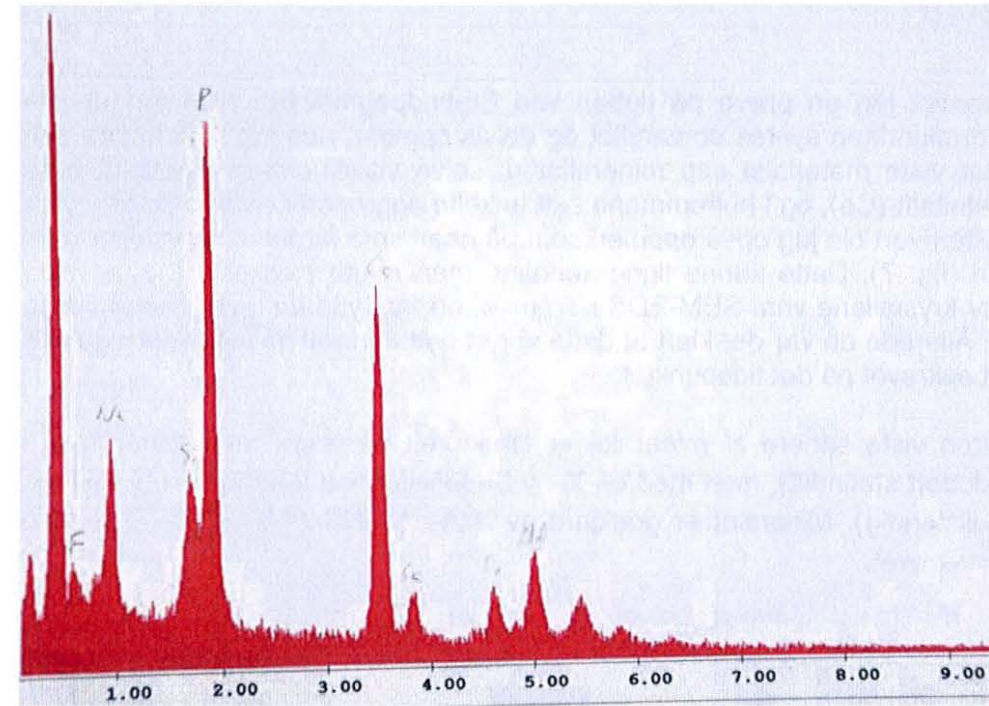


Fig. 5: EDS-analyse av carlgieseckeitt-(Nd) fra Kvanefjeldplatået, Grønland. Legg merke til den relativt høye Nd-toppen. Analyseprogrammet var delvis ute av drift, så toppene i diagrammet måtte identifiseres manuelt.

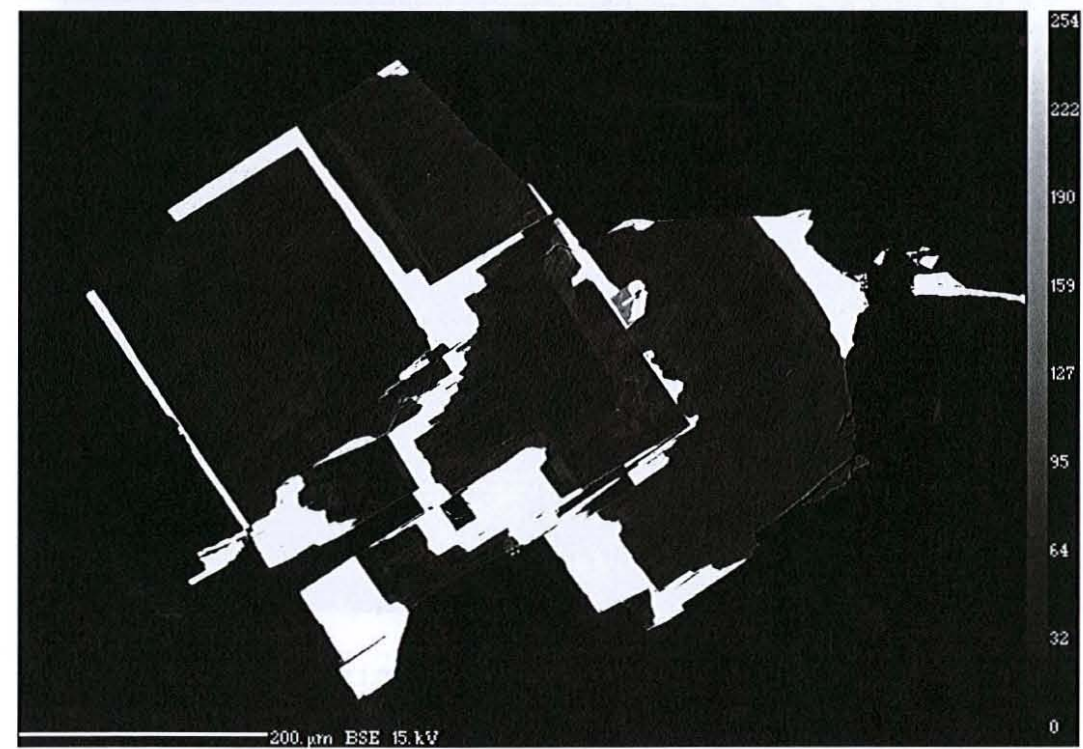


Fig. 6: Aggregat av fluorapatitt (mørkt grått) og tynn sone av epitaksisk påvokst carlgieseckeitt-(Nd) (hvitt), Kvanefjeldplatået, Grønland. Backscatterbilde: Igor Pekov.

Atelisitt-(Y)



Sommeren 2008 samlet jeg en prøve på tippen ved Stetindpegmatitten som fanget min oppmerksomhet. Yttrofluoritten syntes omvandlet og delvis oppløst, noe jeg ikke hadde sett tidligere. Under lupa viste materialet seg minnerfattig: selve yttrofluoritten inneholdt bare spredte korn av bastnäsitt-(Ce), og i hulrommene satt enkelte aggregater av et calcioancylitt-lignende mineral. Etterhvert ble jeg også oppmerksom på noen små fargeløse krystaller med tetragonal symmetri (fig. 7). Dette kunne ligne xenotim, men måtte sjekkes. Høsten 2008 analyserte jeg en av krystallene vha. SEM-EDS i Tromsø, og fant yttrium og silisium i tillegg til oksygen (Fig. 8). Allerede da var det klart at dette var et nytt mineral da ingen tetragonale yttriumsilikater var beskrevet på det tidspunktet.

Løsning av strukturen viste senere at mineralet er strukturelt beslektet med mineralene i zirkon-gruppen (inkludert stetinditt), men med ca ¼ av Si-posisjonene tomme (derav navnet: gresk Ατελής = ufullstendig). Mineralet er godkjent av IMA-CNMNC (IMA 2010-065), men ennå ikke offisielt beskrevet.

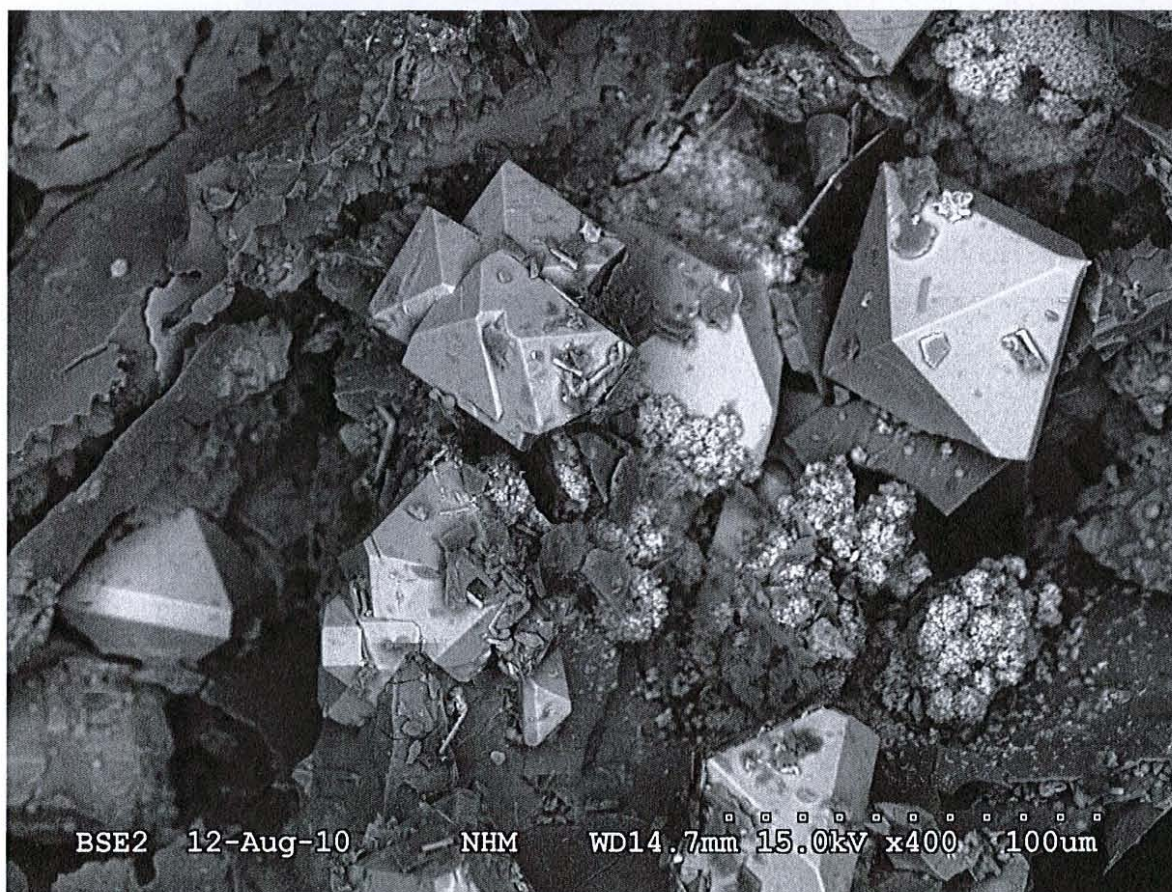


Fig. 7: SEM-bilde av krystaller av atelisitt-(Y) i oppløsningshulrom i yttrofluoritt, Stetind. SEM-bilde: Harald Folvik, NHM, Oslo.

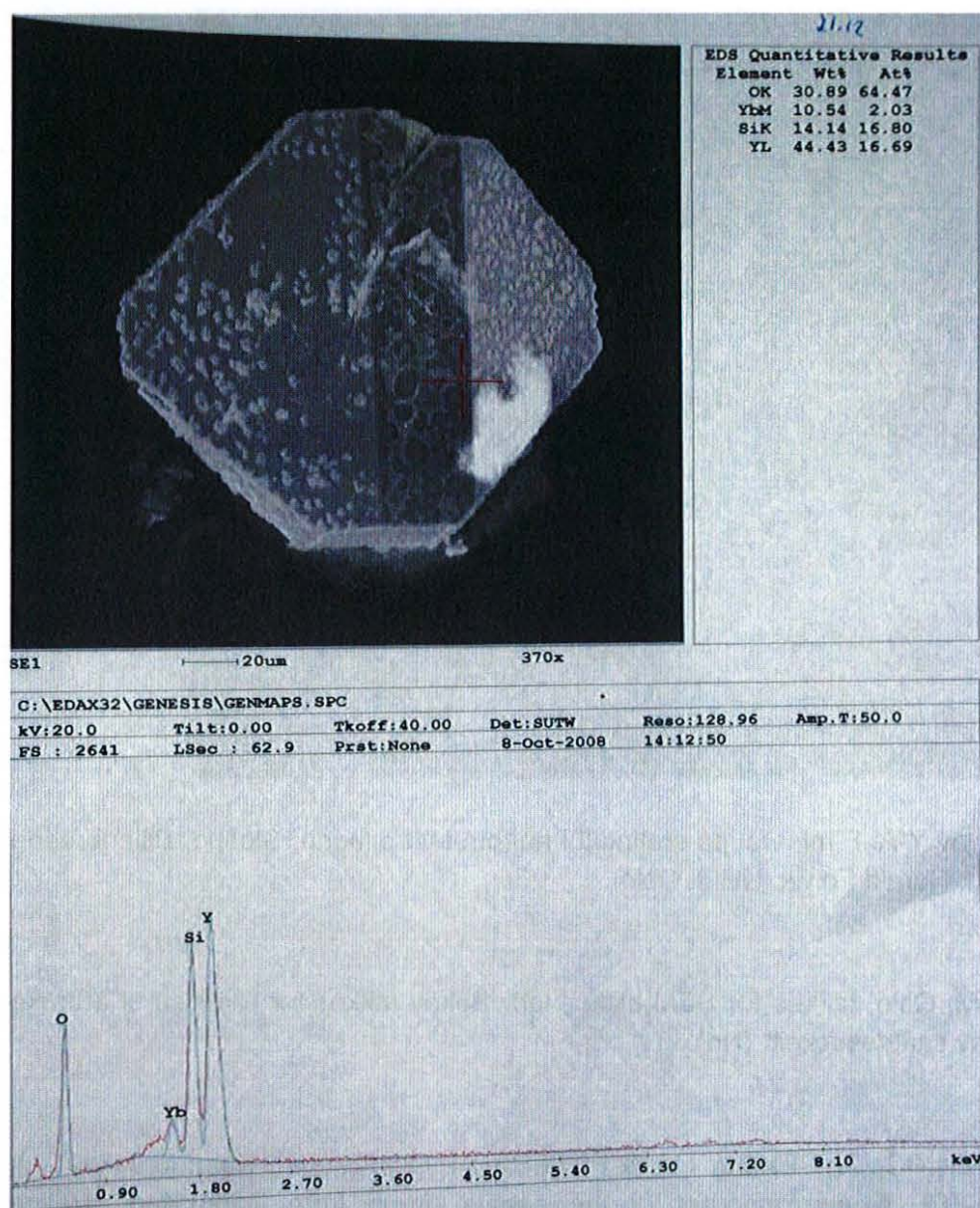


Fig. 8: Den første EDS-analysen av atelisitt-(Y), 8. oktober 2008. Legg merke til hvor elektronstrålen er plassert: på en plan flate i mest mulig horisontal orientering, på et punkt tilsynelatende uten påvokste mineraler. Legg også merke til at REE:Si-forholdet er noe større enn 1:1 (de fleste tunge REE, som alltid følger Y, er ikke kvantifisert).

Y-Al-F-mineral

I sprekker i yttriofluoritt fra Hundholmen og i hulrom i yttriofluoritt fra Stetind er det ikke uvanlig å finne små hvite kuler på de andre mineralene. SEM-EDS av slike kuler gir en kjemi som ikke synes å passe med hittil kjente mineraler: yttrium, noe aluminium og fluor samt oksygen. I tillegg er karbon mulig men vanskelig å avgjøre siden preparatet pådampes et tynt lag karbon i forbindelse med analysene. Analyser av flere aggregater fra begge forekomstene gir de samme elementene i samme forhold. Dette er sannsynligvis et ukjent mineral. Høy forstørrelse av aggregatene viser at de består av en slags uregelmessig sammenvoksning av tynne plater (Fig. 9), så å separere brukbare fragmenter til enkrystalloptak blir vanskelig. Med mindre det dukker opp bedre krystallisert materiale vil dette mineralet forbli ubeskrevet.

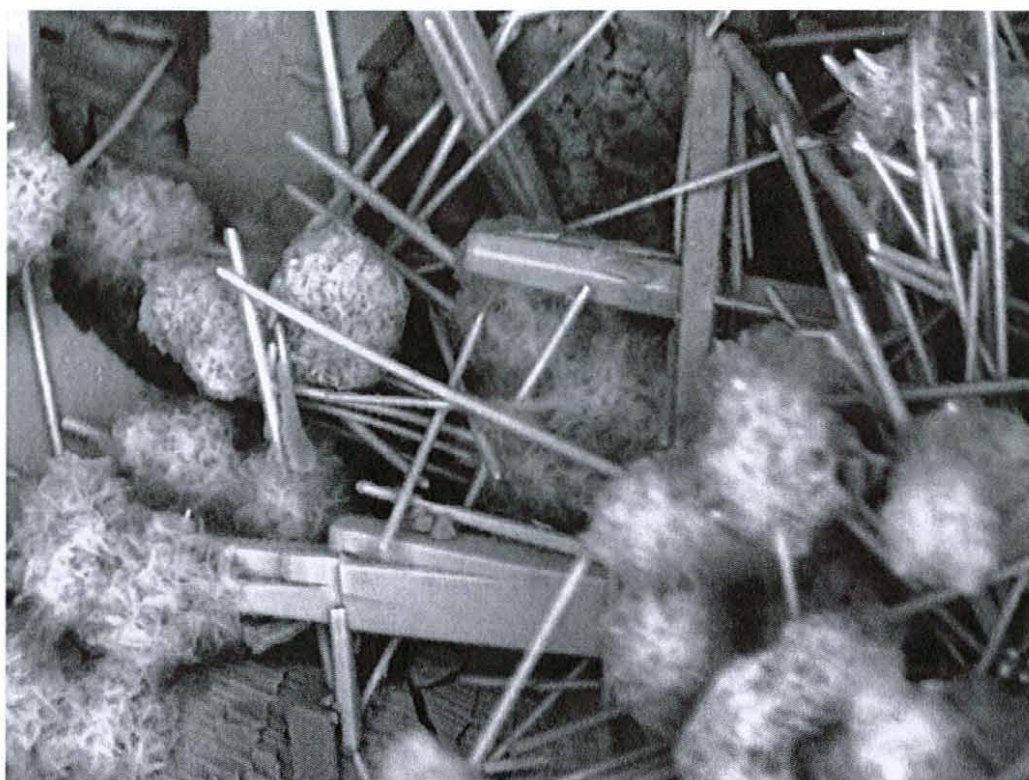


Fig. 9: Aggregater av Y-Al-F-mineral på stetinditt i hulrom i yttrifluoritt, Stetind. Billedbredde 0,1 mm. SEM-bilde. Harald Folvik, NHM, Oslo.

Takk

Harald Folvik, NHM, Oslo, takkes for SEM-bilder. Igor Pekov takkes for tillatelse til å bruke backscatterbildet av carlgieseckeitt-(Nd).

Litteratur

- FRIIS, H., BALIĆ-ZUNIĆ, T., PEKOV, I.V. & PETERSEN, O.V. (2004): Kuannersuite-(Ce), $\text{Ba}_6\text{Na}_2\text{REE}_2(\text{PO}_4)_6\text{FCl}$, a new member of the apatite group from Ilimaussaq alkaline complex, South Greenland, and its crystal structure. *Canadian Mineralogist* **42**, 95-106.
- HUSDAL, T. (2008): The minerals of the pegmatites within the Tysfjord granite, northern Norway. *Norsk Bergverksmuseum, skrift* **38**, 5-28.
- MALCHEREK, T., SCHLÜTER, J., MIHAILOVA, B. & HUSDAL, T.A. (2010): $\text{Y}_4\text{H}_8\text{Si}_3\text{O}_{16}$: A naturally occurring defect silicate of the KDP-structure type. *26th European Crystallographic Meeting 29 August- 2 September 2010, Darmstadt, Germany, Abstract, 2010, MS16-P38*.
- PASERO, M., KAMPF, A.R., FERRARIS, C., PEKOV, I.V., RAKOVAN, J. & WHITE, T.J. (2010): Nomenclature of the apatite supergroup minerals. *European Journal of Mineralogy* **22**, 163-179.
- PEKOV, I.V., ZUBKOVA, N.V., CHUKANOV, N.V., HUSDAL, T.A., ZADOV, A.E. & PUSHCHAROVSKY, D.YU. (2011): Fluorbritholite-(Y), $(\text{Y,Ca,Ln})_5[(\text{Si,P})\text{O}_4]_3\text{F}$, a new mineral of the britholite group. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* **188**, 191-197.
- SCHLÜTER, J., MALCHEREK, T. & HUSDAL, T.A. (2009): The new mineral stetindite, CeSiO_4 , a cerium end-member of the zircon group. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* **186(2)**, 195-200.