

# Bastnäsiittiesiintymä Oulun Ylikiimingin Isokankaalla: esimerkki metasomaattisesta fluidiperäisestä mineralisaatiosta

PEKKA TUISKU JA MARKO MOILANEN

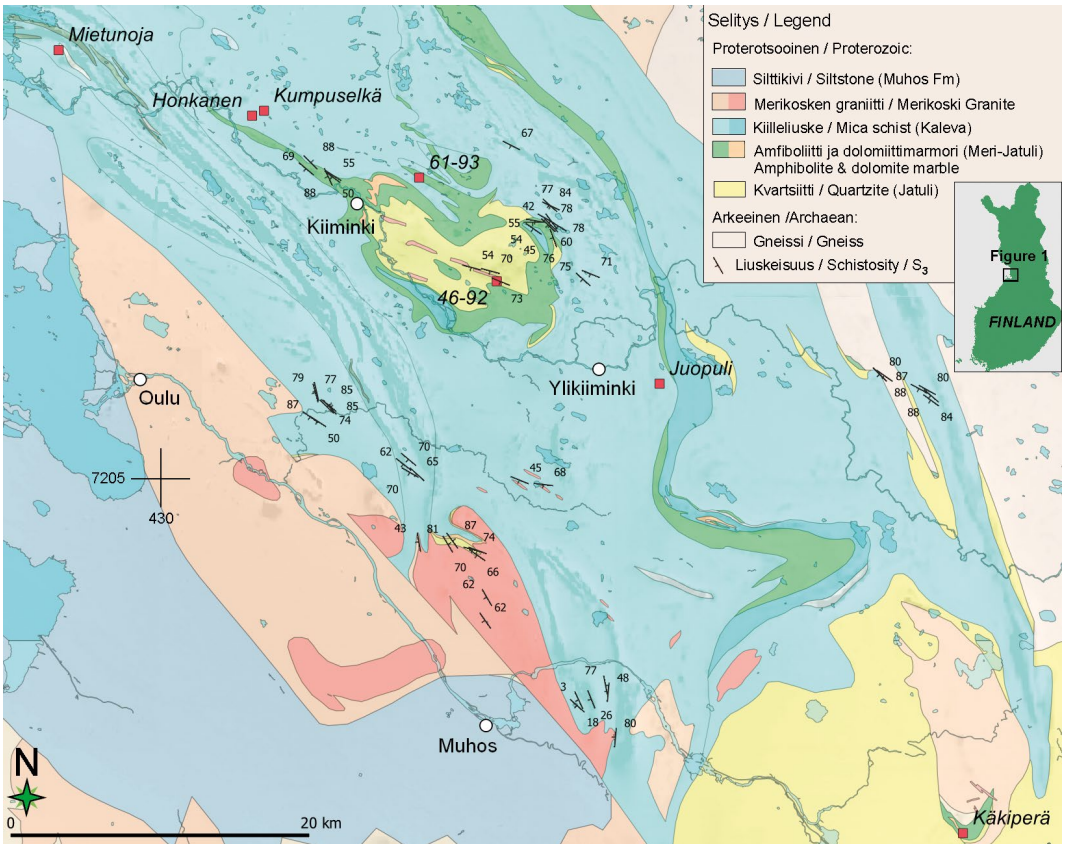
**K**riittisellä pisteellä tarkoitetaan sitä lämpötilaa ja painetta, jonka yläpuolella nesteellä ja kaasulla ei ole fysikaalista eroa ja tällainen ns. ylikriittinen fluidi ei voi kiehua. Muinaisten fluidien virtauksen merkkejä on kaikkialla, mikä ilmenee mm. pieninä fluidin jäänteinä eli fluidisulkeumina tavallisissa mineraaleissa kuten kvartsissa. Kallioperän syntyessä, deformatiivissa ja metamorfoituessa kiven läpi virranneen fluidin kokonaistilavuus on ollut usein moninkertainen kiven kokonaistilavuuteen verrattuna. Fluidiin on aina ollut liuenneena ympäröivälle kallioperälle vieraita aineita ja fluidin lämpötila on voinut olla ympäröivän kallioperän lämpötilasta poikkeava. Näistä johtuen fluidit voivat muuttaa huomattavasti kiven kemiallista ja mineraalikoostumusta sekä synnyttää sopivissa olosuhteissa hyvinkin rikkaita malmiesiintymiä. Tätä tapahtuu niin magmaattisten, sedimenttisten kuin metamorfisten geologisten prosessien ja kivilajinmuodostuksen aikana. Fluidin pääkomponenttina on useimmiten vesi, mutta myös esim. hiilidioksidi tai metaanirikkaat fluidit ovat yleisiä.

Tässä työssä kuvataan Kiimingin liuskejaksolla metamorfisen fluidin synnyttämä bastnäsiittirikastuma. Kuvaus perustuu ohuthieistä tehtyyn elektronimikroskooppitutkimukseen.

Bastnäsiitti on harvinainen fluorikarbonaattimineraali ja kuuluu tärkeimpiin harvinaisten maametallien malmimineraaleihin. Harvinaiset maametallit ovat välttämättömiä niin tietokoneiden, matkapuhelinten, sähköautojen kuin tuulivoimaloidenkin valmistuksessa. Koska niitä tuotetaan pääosin vain Kiinassa ja Euroopan Unionin tuontiriippuvuus niistä on 98–99 %, on Euroopan Unioni määritellyt ne tärkeimmiksi kohteiksi Euroopan alueella tehtävässä raaka-aineiden etsinnässä eli ns. kriittisiksi raaka-aineiksi, jotta unionin teollinen omavaraisuus ja riippumattomuus vahvistuisi (Euroopan Komissio 2020).

## Kiimingin liuskejakso

Honkamo (1988) ja Kesola (1985) ovat kartoittaneet Kiimingin liuskajakson ja sen välitönnän ympäristön (kuva 1). Jakso koostuu pääosin Jatuliin ja Meri-Jatuliin kuuluvista kvartsiiteista, marmoreista ja metavulkaanisista kivistä sekä Ala-Kalevaan kuuluvista metaturbidiittisistä kivistä: kiille- ja mustaliuskeista ja kvartsiiteista. Jaksoa reunustaa koillisessa arkeinen pohjagneissi, jonka pinnassa olleen Sumin tai Sariolan paleorapauman päälle on paikoin kerrostunut suoraan Ala-Kalevan tur-



Kuva 1. Kiimingin liuskejakson geologinen kartta. Kiimingin kaakkoispuolella oleva Meri-Jatulin amfiboliiteista ja dolomiiteista ja Jatulin kvartsiiteista koostuva kolmannen deformaatiovaiheen antikliini erottuu kartalla selkeästi. Tämän poimurakenteen akselitasoliuskeisuus S<sub>3</sub> näkyy kallioalajastumissa lähes aina, etenkin antikliinia ympäröivissä kiilleliuskeissa. Akselitasoliuskeisuuden kontrolloimat mineralisaation on merkitty punaisilla neliöillä (Mietunoja, Honkanen, Kumpuselkä ja Käkipärä = kulta, Juopuli = volframi, 46-92 = bastnäsiittipaljastuma, 61-93 = silisifoitunut dolomiittimarmori).

Figure 1. Geological map of the Kiimingi Schist Belt. Mica schist are metaturbidites of the Kaleva Group. They overlay metabasalts, marbles and quartzites of the Merijatuli ja Jatuli Groups which outcrop mostly in the Kiimingi F3 Antiform. Symbols with dip values show axial plane schistosity of F3 folds and red squares are structurally controlled mineralizations (Mietunoja, Honkanen, Kumpuselkä and Käkipärä = Au, Juopuli = W, 46-92 = bastnäsite outcrop, 61-93 = silicified dolomite marble).

biditteja. Liuskejaksoa rajaa lounaassa jaksoa leikkaava peralumiininen Merikosken graniitti sekä iältään meso- ja neoproterotsooiseksi tullut mantereinen Muhoksen muodostuman metamorfoitumaton sedimenttikivisarja.

Jakson silmiinpistävin rakennepiirre on Kiimingin ja Ylikkiimingin kirkonkylien väliin jäävä Jatulin ja Meri-Jatulin kvartsiiteista ja metavulkaanisista kivistä koostuva kolmannen poimutusvaiheen synnyttämä antikliiniharjan-

ne (kuva 1). Tämän poimutusvaiheen akselitasoliuskeisuuksia on merkitty kartalle väkäsanoilla. Liuskeisuus on paikoin hyvin voimakas peittäen näkyvistä aiempia rakennepiirteitä.

Liuskejaksolla olevat metamorfisen fluidin synnyttämiksi tulkitut malmimineralisaatiot on merkitty karttaan punaisilla neliöillä (Geologian tutkimuskeskus 2021). Näitä ovat Mietunojan, Honkasen, Kumpuselän ja Käkipärän orogeenisiksi luokitellut kultamine-

ralisaatiot sekä Juopulin volframiesiintymä, joka on em. lähteessä kuitenkin virheellisesti tulkittu magmaattiseksi karsimineralisaatioksi. Virheellinen tulkinta johtunee siitä, että löytöaikanaan tieto metamorfisten fluidien merkityksestä geologisissa prosesseissa ei ollut kovin laajalle levinnyttä. Tässä olemme kuitenkin tulkinneet kyseisen silikaattitunneen marmorin muuttumisen samantapaiseksi, kuin mitä tavataan mm. metamorfisen fluidivirtauksen muuttamassa Kiimingin Lamminselän marmoriesiintymässä (kuva 2). Lisäksi karttaan on merkitty tämän kirjoituksen aiheena oleva Isokankaan bastnäsiittiesiintymä.

## Isokankaan bastnäsiittimineralisaatio

Isokankaan bastnäsiittimineralisaation isäntäkivi on granaatti- ja kordieriittipitoinen kiilleliuske. Paljastumat sijaitsevat Isokankaan Saunakaistan eteläisellä reunalla suon laidassa ja niissä esiintyy staurolitti-, kordieriitti-, andalusiitti- ja granaattipitoisia kiilleliuskeita. Koostumuksensa ja rakenteellisen asemansa

perusteella ne kuuluvat Ala-Kalevan alimpiin osiin, joita on runsaasti paljastuneena mm. Varessuolla Ala-Vuotossa. Saunakaistaa reunustava suo noudattaa kolmannen poimutusvaiheen akselitasoliuskeisuuden kulkua, kuten monet maastonmuodot alueella, ja on hyvin mahdollista, että tämän suuntaiset ruhjeet ovat toimineet liuskejaksoa mineralisoivien fluidien kanavina. Etenkin kompetenttien kilvilajityksiköiden akselitasoliuskeisuus on erittäin suotuisa siirrostien ja ruhjeiden syntyimiselle (Mitra 2002). Ylikiimingin-Kiimingin antikliiniharjanne on juuri tällainen yksikkö.

Tässä esitetyt mineraalianalyysit on tehty Oulun yliopiston JEOL JXA-8530FPlus mikroanalysaattorin (FE-EPMA) energiadispersiivisellä analysaattorilla (EDS) ja kuvat otettu saman laitteen pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM). Bastnäsiitti esiintyy kiilleliuskeessa mm. granaattia halkovissa murto-raoissa ja etenkin ilmeniittä syrjäyttävissä mineraaliryppäissä (kuva 3). Kidekemiallisesti bastnäsiitti on Ce-bastnäsiittiä, hydroksyyli-Ce-bastnäsiittiä tai toriumpitoista Ce-bastnäsiittiä (taulukko 1). Mineraaliryppäistä on tunnistettu mm. seuraavat mineraalit: zirkoni,



Kuva 2. Lamminselän silisifioitunut (silikaateiksi muuttunut) dolomiittimarmori (61-93 kuvassa 1). Samanlainen muuttuminen on voimakasta myös Juopulin volframimineralisaatioissa.

Figure 2. Silicified dolomite marble from Lamminselkä (61-93 in Fig. 1). Similar alteration is found at the Juopuli scheelite mineralization.

Taulukko 1. Bastnäsiittirakeiden alustavia energiadiispersiivisellä spektrometrilla analysoituja koostumuksia. Analyysit laskettu ionisuhteiksi olettaen analysoitujen alkuaineiden ionien kokonaismääräksi viisi mineraalin kemiallisessa kaavassa. Koska tuloksiin tuli rakeiden pienestä koosta johtuen analyttistä kontaminaatiota ympäristöstä, on kontaminanttien (Al, Si jne) määrää vastaava happipitoisuus vähennetty analyysistä ennen rakennekaavan laskua. Lihavoitu happimäärä tarkoittaa huomattavaa hydroksyylibastnäsiitin osuutta, fluori-määrä vallitsevaa fluoribastnäsiitin osuutta ja toriummäärä havaittavaa toriumbastnäsiitin osuutta rakeessa. Tarkemmat analyysitiedot saa kirjoittajilta.

Table 1. Preliminary bastnäsite EDS analyses given on the basis of five ions of analysed elements in the chemical formula. Because of the small grain size of bastnäsite, some analytical contamination by Al, Si etc. from surrounding minerals appeared, and this and corresponding amount of oxygen was reduced from the analyses before the calculation of the structural formula. Bold values of O, F and Th indicate notable amount of hydroxyl bastnäsite, prevailing amount of fluorbastnäsite and detectable amount of thorian bastnäsite in the grain, respectively. More detailed analytical information is available from the authors.

Outcrop. No	Image	point	Ca	P	O	La	Cl	F	Zr	Ce	Nd	U	Th	Ca+La+Ce+Nd+Th+U	O+F	mineral
46C_PT92	2,00	1,00	0,11	0,00	3,20	0,26	0,00	<b>0,91</b>	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,89	4,11	B
46C_PT92	2,00	2,00	0,08	0,00	3,21	0,25	0,00	<b>0,98</b>	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,81	4,19	B
46C_PT92	1,00	0,00	0,11	0,00	3,17	0,31	0,00	<b>0,88</b>	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,95	4,05	B
46C_PT92	3,00	3,00	0,07	0,00	3,12	0,24	0,00	<b>1,08</b>	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,80	4,20	B
46C_PT92	3,00	4,00	0,07	0,00	3,20	0,23	0,00	<b>1,06</b>	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,74	4,26	B
46C_PT92	4,00	2,00	0,10	0,00	3,02	0,26	0,00	<b>1,11</b>	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,88	4,12	B
46C_PT92	7,00	1,00	0,16	0,00	3,17	0,30	0,00	<b>0,86</b>	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,97	4,03	B
46C_PT92	7,00	2,00	0,14	0,00	<b>4,09</b>	0,32	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,91	4,09	HB
46C_PT92	8,00	1,00	0,21	0,05	3,20	0,17	0,00	<b>0,87</b>	0,00	0,39	0,00	0,01	<b>0,10</b>	0,88	4,07	ThB
46C_PT92	8,00	2,00	0,22	0,00	<b>4,00</b>	0,29	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	1,00	4,00	HB
46C_PT92	9,00	1,00	0,11	0,00	3,09	0,29	0,00	<b>1,02</b>	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,89	4,11	B
46C_PT92	9,00	2,00	0,10	0,00	3,06	0,29	0,00	<b>1,08</b>	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,86	4,14	B
46C_PT92	10,00	3,00	0,15	0,00	3,08	0,23	0,00	<b>0,96</b>	0,04	0,40	0,14	0,00	0,00	0,92	4,04	B
46C_PT92	10,00	4,00	0,11	0,00	<b>3,50</b>	0,16	0,00	0,65	0,04	0,32	0,00	0,00	<b>0,22</b>	0,81	4,15	ThB
46C_PT92	11,00	1,00	0,07	0,00	3,19	0,27	0,00	<b>0,99</b>	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,82	4,18	B
46C_PT92	11,00	2,00	0,07	0,00	<b>3,28</b>	0,26	0,00	<b>0,82</b>	0,00	0,44	0,14	0,00	0,00	0,90	4,10	B
46C_PT92	11,00	3,00	0,07	0,00	3,16	0,27	0,00	<b>0,99</b>	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,85	4,15	B
46C_PT92	13,00	3,00	0,12	0,00	3,08	0,28	0,02	<b>1,06</b>	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,84	4,16	B
46C_PT92	13,00	4,00	0,13	0,00	3,03	0,30	0,02	<b>1,08</b>	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,87	4,13	B
46C_PT92	13,20	4,00	0,12	0,00	<b>3,29</b>	0,28	0,00	<b>0,88</b>	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,83	4,17	B
46C_PT92	14,00	1,00	0,09	0,00	<b>3,46</b>	0,20	0,00	<b>0,85</b>	0,00	0,31	0,08	0,00	0,01	0,69	4,31	ThB
46C_PT92	11,00	4,00	0,05	0,00	<b>3,48</b>	0,20	0,00	<b>0,81</b>	0,00	0,34	0,12	0,00	0,00	0,71	4,29	B
46C_PT92	13,00	2,00	0,10	0,00	<b>3,56</b>	0,24	0,00	0,71	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,72	4,28	B
Ce(CO <sub>3</sub> )(F,OH)	Mineral abbreviations: B=bastnäsite, HB=hydroxyl bastnäsite, ThB=thorian bastnäsite															
	Mineraalilyhenteet: B=bastnäsiitti, HB=hydroksyylibastnäsiitti, ThB=toriumpitoinen bastnäsiitti															

toriumpitoinen allaniitti-(Ce), ferrokarfoliitti, kloriitti, ortoklaasi (adulaari), baryytti, rutiili, lyijyhohde, kuparikiisu, rikkikiisu, pentlandiitti ja kobolttirikas pentlandiitti (taulukko 2). Kivessä esiintyy myös paljon turmaliinia pieninä porfyroblastina kvartsin ja opaakkien

mineraalien kanssa sekä suonimaisena biotiitin kanssa.

Muuttumismineralogian perusteella metasomaattinen fluidi on kuljettanut ainakin harvinaisia maametalteja (erityisesti lantania, ceriumia ja neodyymiä) sekä toriumia,

Taulukko 2. Rakennekaavan perusteella laskettuja sulfidien alustavia koostumuksia. Analyysit on tehty energiadiispersiivisellä spektrometrilla (EDS). Tarkemmat analyysitiedot saa kirjoittajilta.

Table 2. Preliminary sulfide analyses given on the basis of total amount of ions in the chemical formula. More detailed analytical information is available from the authors.

Outcrop. No	Image	point	mineral	ions	S	Se	Fe	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Gmetals
46C_PT92	6		Gn	2	<b>0,847</b>	0,000	0,000	0,000	<b>1,153</b>	0,000	0,000	0,000	1,153
46C_PT92	6	4	Gn	2	<b>0,817</b>	0,000	0,000	0,000	<b>1,183</b>	0,000	0,000	0,000	1,183
46C_PT92	6	5	Gn	2	<b>0,824</b>	0,000	0,000	0,000	<b>1,176</b>	0,000	0,000	0,000	1,176
46C_PT92	6	6	Gn	2	<b>0,696</b>	<b>0,093</b>	<b>0,087</b>	0,000	<b>1,124</b>	0,000	0,000	0,000	1,211
46C_PT92	10	1	Gn	2	<b>0,774</b>	0,000	0,000	0,000	<b>1,226</b>	0,000	0,000	0,000	1,226
46C_PT92	46C	2	Gn	2	<b>0,821</b>	0,000	0,000	0,000	<b>1,179</b>	0,000	0,000	0,000	1,179
46C_PT92	10	2	Ccp	4	<b>2,166</b>	0,000	<b>0,966</b>	<b>0,868</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,834
46C_PT92	11	5	Ccp	4	<b>2,151</b>	0,000	<b>0,951</b>	<b>0,898</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,849
46C_PT92	12	4	Ccp	4	<b>2,025</b>	0,000	<b>1,251</b>	<b>0,724</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,975
46C_PT92	7	3	Ccp	4	<b>2,161</b>	0,000	<b>0,961</b>	<b>0,878</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,839
46C_PT92	13	1	Ccp	4	<b>2,182</b>	0,000	<b>0,931</b>	<b>0,886</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,818
46C_PT92	13	8	Ccp	4	<b>2,161</b>	0,000	<b>0,956</b>	<b>0,883</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,839
46C_PT92	13,2	1	Py	3	<b>2,080</b>	0,000	<b>0,920</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,920
46C_PT92	12	1	Py	3	<b>2,077</b>	0,000	<b>0,923</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,923
46C_PT92	12	2	Py	3	<b>2,084</b>	0,000	<b>0,916</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,916
46C_PT92	12	7	Py	3	<b>2,087</b>	0,000	<b>0,913</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,913
46C_PT92	13	5	Py	3	<b>2,091</b>	0,000	<b>0,909</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,909
46C_PT92	13	7	Py	3	<b>2,087</b>	0,000	<b>0,913</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,913
46A_PT92	46A1	3	Pn(Co)	15	<b>8,356</b>	0,000	<b>1,771</b>	0,000	0,000	0,000	<b>1,859</b>	<b>3,015</b>	6,644
46C_PT92	12	3	Pn	15	<b>8,364</b>	0,000	<b>2,808</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>3,828</b>	6,636
46C_PT92	13	6	Pn	15	<b>8,076</b>	0,000	<b>2,994</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>3,930</b>	6,924
46C_PT92	13,2	2	Pn	15	<b>8,044</b>	0,000	<b>2,487</b>	0,000	0,000	0,000	<b>0,933</b>	<b>3,536</b>	6,956
46C_PT92	13,2	3	Sp	2	<b>0,982</b>	0,000	<b>0,017</b>	0,000	0,000	1,001	0,000	0,000	1,018
46C_PT92	46C	3	Sp	2	<b>0,999</b>	0,000	<b>0,033</b>	0,000	0,000	0,968	0,000	0,000	1,001

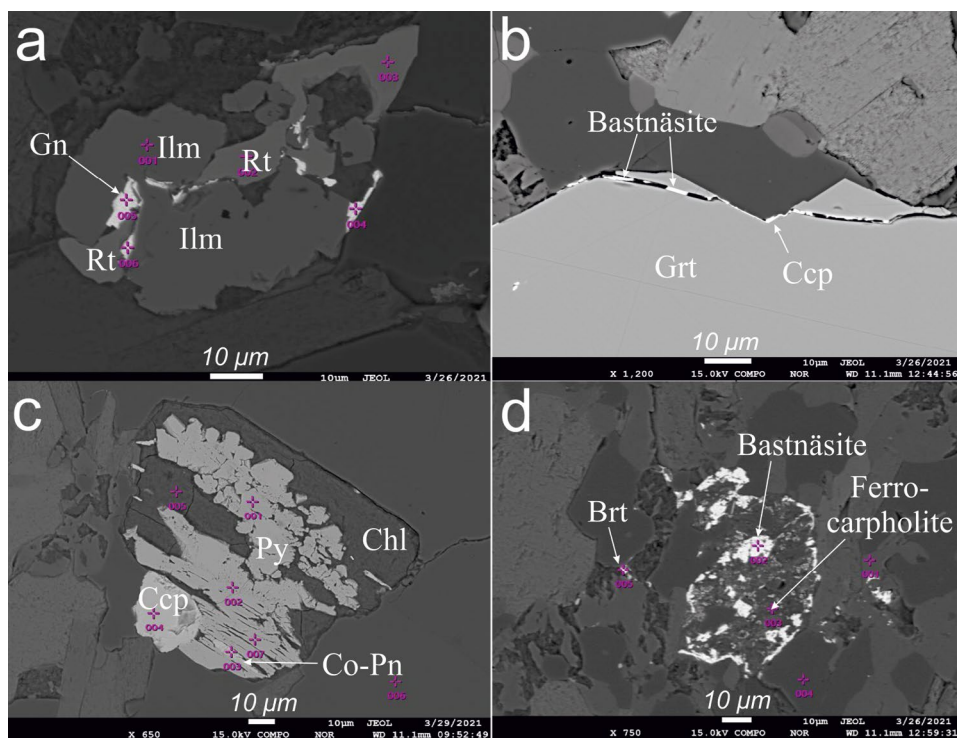
Mineral abbreviations: Gn=galena, Ccp=Chalcopyrite, Py=pyrite, Pn=pentlandite, Sp=sphalerite

Mineraaliyhenteet: Gn=lyijyhohde, Ccp=kuparikiisu, Py=rikkikiisu, Pn=pentlanditti, Sp=sinkkivälke

fluoria, booria, zirkoniumia, bariumia, lyijyä, kobolttia, nikkeliä ja mahdollisesti kuparia. Alkuaineiden lähde ei ole selvillä, mutta osa on voinut liueta ympäröivästä kallioperästä fluidiin sen kiertäessä rakenteellisia kanavia pitkin tai läpikotaisesti sen kautta. Fluidi on hiilidioksidi- ja sulfaattipitoisena ollut luultavasti kohtuullisen hapettava. Hiili voi olla peräisin alueella yleisistä mustaliuskeista tai dolomiittimarmoreista.

Kokeellisissa tutkimuksissa on havaittu ilmeniitin muuttuvan rutiiliksi happaman fluidin vaikutuksesta, jolloin ilmeniitin rauta liu-

kenee fluidiin (Janssen ym. 2010). Tätä tukee Isokankaan kivessä rautarikkaiden mineraalien häviäminen muuttumismineraaliparagneesista. Esimerkiksi kuvassa 3a ilmeniitti on muuttunut rutiiliksi ja samalla näiden väliin on kiteytynyt lyijyhohdetta liuoksen vetyionikonsentraation pienetessä. Samalla tavalla selittyisi rautarikkaan granaatin sulfidi-bastnäsiittiraontäyte (kuva 3b). Vaihtoehtoinen rutiilin tuottomekanismi voisi olla hapettuminen, mutta rautaoksidin (magnetiitti tai hematitiitti) puuttuminen ei tue tätä. Raudan sulfidaatio voisi myös tuottaa rutiilia, mutta rautasulfi-



Kuva 3. SEM-kuvia Isokankaan bastnäsiittiesiintymän muttumistuloksista. a) Osin rutiiliiksi (Rt) ja lyijyhohteeksi (Gn) muuttunut ilmieniitti (Ilm). b) Bastnäsiitistä ja sulfideista koostuva raon-täyte granaattissa. c) Kloriitiksi (Chl), rikkikiisuksi (Py), kuparikiisuksi (Ccp) ja kobolttipitoiseksi pentlandiitiksi (Co-Pn) muuttunut biotiitti. d) Bastnäsiitistä, ferrokarnfoliitista ja baryytista (Brt) koostuva mahdollisesti biotiitin muuttumistulos.

Figure 3. BSE images of alteration products in the Isokangas bastnäsite occurrence. a) Ilmenite (Ilm) partly replaced by rutile (Rt) and galena (Gn). b) Bastnäsite-sulfide vein in garnet. c) A chlorite (Chl)-pyrite (Py)-chalcopyrite (Ccp)-pentlandite (Co-Pn) pseudomorph after biotite. d) A ferrocarnpholite-bastnäsite-barite (Brt) pseudomorph, probably after biotite.

din (magneettikiisu tai rikkikiisu) puuttuminen useista ryppäistä ei myöskään puolla tätä. Toisaalta joissain mineraaliryppäissä on rautapitoisia sulfideja ja jopa rikkikiisua (kuva 3c), mutta niiden kiteytyminen voisi myös seurata fluidin happamuuden laskusta. Tällöin selityisi myös ilmeisen myöhäinen baryytin ja fluorikarbonaatin ilmaantuminen (kuva 3d).

## Päätelmät

Metamorfisten fluidien on yleensä ajateltu olevan tärkeitä kultamalmien synnylle. Kiimingin

liuskejakson uusi bastnäsiittihavainto osoittaa, että metamorfiset fluidit voivat liikutella myös muita arvokkaita aineita, tässä tapauksessa esimerkiksi harvinaisia maametalleja ja muita siirtymäryhmän metalleja kuten kobolttia, ja rikastaa niitä. Harvinaisten maametalien on ajateltu yleensä liittyvän lähinnä vain alkaliisiin magmakiviin. Kiimingin mineralisaatio osoittaa, että myös metamorfiset fluidit voivat liikutella ja rikastaa niitä sopivissa oloissa esimerkiksi metapeliteihin. Alueella ei ole tunnettuja alkalikiviesiintymiä.

Suomen geokemiallisen atlaksen (Koljonen & Elo 1992) mukaan Lapin granuliitti-

jakson koko eteläisellä reunavyöhykkeellä on huomattava harvinaisten maametallien rikkautta ja Al-Ani ja Sarapää (2014) ovat havainneet harvinaisten maametallien rikkautuman alueella olevassa Mäkärärovan kultamineralisaatiossa.

Metamorfisten fluidien merkitystä harvinaisten maametallien kuljettajana pitäisi siksi tutkia tarkemmin. Lapin granuliittijakson reunavyöhyke ja Kiimingin liuskejako voisivat toimia pilottikohteina.

## Kiitokset

Bastnäsiittiesiintymä löytyi K. H. Renlundin säätiön rahoittaman ”*Raabe-Laatokka malminvyöhykkeen tektonisen kehityksen iänmäärittämisrakenteita leikkaavien juonien avulla*” -tutkimuksen yhteydessä.

FT PEKKA TUISKU  
(pekka.tuisku@oulu.fi)  
Teknillinen tiedekunta  
PL 8000  
90014 Oulun yliopisto

FM MARKO MOILANEN  
(marko.moilanen@oulu.fi)  
Materiaalianalyytikeskus  
PL 8000  
90014 Oulun yliopisto

*PT on kaivannaisalan tutkimusyksikön dosentti.*

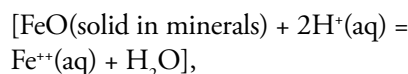
*MM on geologi/käyttöinsinööri erityisvastuualueena  
JEOL-Hyperprobe röntgenmikroanalyytikeskus.*

## Summary

### **A bastnäsite-(Ce) occurrence in the Kiiminki Schist Belt: a new REE mineralization type in metapelite, deposited by regional metamorphic fluid**

Regional metamorphic fluid flow along shear zones and faults developed parallel to  $D_3$ -axial plane schistosity of the Kiiminki Antiform, has formed some orogenic gold deposits and caused extensive metasomatic alteration of rocks and deposition of minor bastnäsite-(Ce) occurrence in an amphibolite facies metapelite outcrop in Ylikiiminki, Oulu, northern Finland (Figures 1 and 2). Bastnäsite crystallization was accompanied by deposition of galena, chalcopyrite, pyrite, pentlandite, cobalt-rich pentlandite, baryte, thorium allanite-(Ce), zircon, ferrocapholite, adularia and clinocllore (Figure 3, Table 2), indicating the mobility of multiple elements, some of which are listed as Critical Raw Materials by European Union.

Bastnäsite composition varies from bastnäsite-(Ce) to thorium-rich bastnäsite-(Ce) and hydroxylbastnäsite-(Ce) (Table 1). The deposition of bastnäsite was late in the succession of accompanied minerals and the generation of the metasomatic assemblage is related to the alteration of ilmenite to rutile as well as decomposition of some biotite and almandine (Fig. 3). The replacement is considered to be caused by an acidic fluid reaction



which caused the drop of acidity and precipitation of dissolved elements.