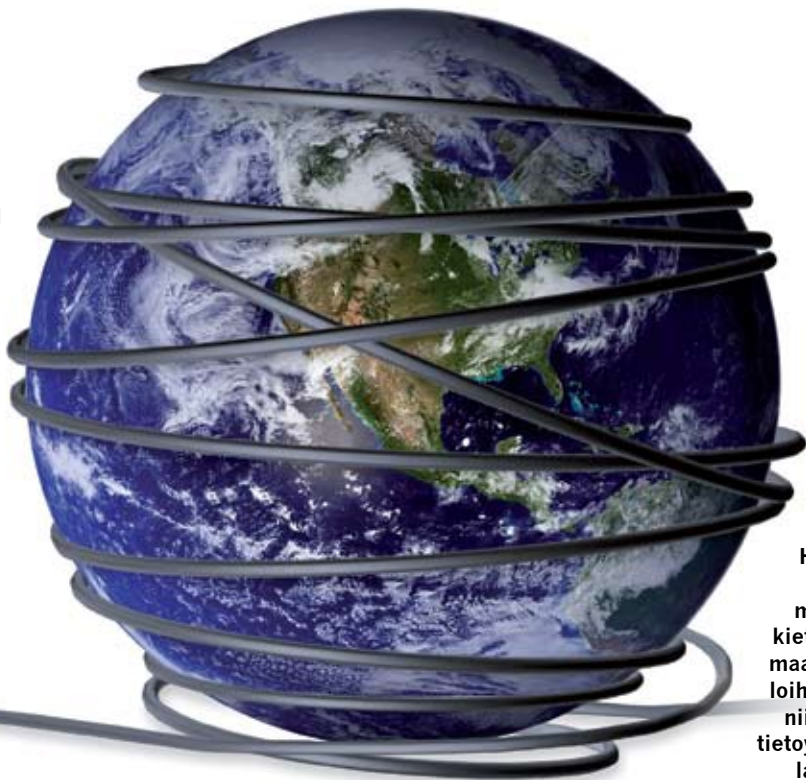


Harvinaiset maametallit pyörittävät maailmaa

■ Moderni yhteiskunta ei tule toimeen ilman maametalleja. Arvoaineista uhkaa kuitenkin tulla huutava pula, sillä niiden tuotantoa hallitseva Kiina on vääntänyt vientihanat lähes kiinni.



Hopeanhohdoiset REE-metallit ovat kietoneet koko maailman pauloihinsa. Ilman niitä moderni tietoyhteiskunta lamaantuisi.

Jarmo Wallenius

James Cameronin *Avatar*-elokuvassa eletään 22. vuosisadan puoliväliä. Alpha Centaurin kaksoistähtien Polyphemus-planeetan Pandora-kuuhun lähetetty siirtokunta etsii kuun kamarasta arvokasta, harvinaista metallia nimeltä *unobtainium*. 20 miljoonaa dollaria kilolta maksavalla aineella on poikkeuksellisia magneettisia ja suprajohtavia ominaisuuksia.

Ihmiskunnan ei onneksi tarvitse lähteä jahtaamaan ”tavoittamattomia” alkuaineita 4,37 valovuoden päähän. Harvinaisia maametalleja (rare earth element, REE) on sekä jalkojemme alla että rikastettuina jokapäiväisessä käytössämme.

Moderni informaatioyhteiskunta ei pyörisi ilman harvinaisia maametalleja. Autot eivät rullaisi maanteillä, digitaalinen data ei tallentuisi tietokoneen kovalevylle eikä siirtyisi nopeasti optisia kuituja pitkin. Teletekniikka, viihde-elektroniiikka ja oraalla oleva vihreä

teknologia olisivat pulassa ilman REE-aineita ja -yhdisteitä. Niitä tarvitsevat myös energiantuotanto ja lentokone-teollisuus.

REE-aineita on luonnehdittu 21. vuosisadan öljyksi ja niiden etsintää uuden

Maailman tunnetut REE-varannot ovat noin 110 miljoonaa tonnia, jotka jakautuvat seuraavasti:

Valtio	Prosenttiosuus
Kiina	lähes 50
IVY-maat	17
Yhdysvallat	12
Intia	3
Australia	2
Muut maat yhteensä	yli 16

Lähde: *USGS Mineral Commodity Summaries 2011 / Critical Materials Strategy*

vuosisadan kultakuumeeksi. Etsintä myös tuottaa tuloksia, sillä prometiumia lukuun ottamatta harvinaisia maametalleja löytyy luonnosta paljon. Yleisintä eli ceriumia on maankuoressa yhtä paljon kuin kuparia ja harvinaisintakin, tuliumia, 200 kertaa enemmän kuin kultaa.

Harvinaisiksi REE-aineita nimitetään siksi, että ne esiintyvät hyvin pieninä pitoisuuksina, eivät koskaan yksinään, ja jopa 200 erilaisessa mineraalityypissä. Harvinaiset maametallit eivät kykene helposti rikastumaan maankuoressa malmeiksi, ja niiden eristäminen toisistaan on vaikeaa. Kaikki tämä tekee kaivostöinnästä kallista ja hankalaa.

Huolestuttava Kiina-ilmiö

2000-luvulla ihmiskunta on – paljolti omaa syytään – ajautunut vaikeuk-

Seitsemäntoista sähkövää ainetta

Harvinaiset maametallit ovat harmaita ja hopeanvärisiä, kiiltäviä, pehmeitä, taipuisia ja helposti muokattavia reaktiivisia alkuaineita, joilla on poikkeuksellisia kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia.

Harvinaisiin maametalleihin kuuluu jaksollisen järjestelmän kolmannen ryhmän 17 alkuainetta: skandium (järjestysluku 21) ja yttrium (39) sekä kaikki 15 lantanoidia (57–71) eli lantaani, cerium, praseodyymi, neodyymi, prometium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, tulium, ytterbium ja lutetium.

Aineet skandiumista samariumiin luetaan raskaisiin (HREE) ja aineet

europiumista lutetiumiin kevyisiin maametalleihin (LREE).

Kolme kaupallisesti tärkeintä mineraalia, joista REE-aineita saadaan, ovat monatsiitti, bastnäsiitti ja ioniasorptiosavi. Monatsiitti ja bastnäsiitti ovat kevyiden LREE-aineiden lähteitä. Ioniasorptiosavesta taas löytyy raskaampia HREE-metalleja.

Uloimpien elektronien samanlaisen järjestyksen vuoksi harvinaiset maametallit voivat korvata toisiaan kiderakenteissa. Elektronikuorten samankaltainen luonne antaa niille yhteneviä ominaisuuksia, joita ovat esimerkiksi elektropositiivisuus ja poikkeukselliset magneettiset ja optiset ominaisuudet.

siin päästämällä Kiinan hallitsemaan REE-markkinoita lähes yksinään. Kiinan osuus maailman tämänhetkisestä 135 000 tonnin vuosituotannosta on 97 prosenttia.

Lisäksi Kiinalla on hallussaan puolet kaikista tunnetuista harvinaisten maametallien reserveistä. Valtaosa maan nykyisestä REE-tuotannosta on peräisin Keski-Mongoliassa sijaitsevasta

Baotoun kaivoksesta.

Vielä 1980-luvulla maailman silloisesta 60 000 tonnin vuosituotannosta tuli Kiinasta vain reilu neljäsosa. Idän jättiläinen alkoi kuitenkin kehittää strategiaansa tarjoamalla REE-metalleja niin edullisesti, että jopa Yhdysvallat joutui kannattavuussyistä sulkemaan parhaan kaivoksensa vuonna 2001.

Viime vuonna Mountain Passin kaivos Kaliforniassa päätettiin tosin käynnistää uudelleen, kun Kiina oli viime vuosikymmenen puolivälistä lähtien systemaattisesti vähentänyt REE-metalleja sisältävien mineraalien vientiä. Nyt Kiina haluaa jalostaa ne arvokkaiksi lopputuotteiksi itse.

Todelliseen pulaan jouduttiin, kun Kiina vuonna 2010 pudotti vientinsä 24 000 tonniin. Kysyntä maailmalla on reilusti suurempi. Jo vuonna 2007 harvinaisia maametalleja käytettiin erilaisten tuotteiden valmistukseen 100 000 tonnia, kertoo Yalen yliopiston tutkijoiden raportti. Määrän arvioidaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2015 mennessä.

Kun REE-aineiden käyttökohteiden lukumäärä lisäksi kasvaa nopeasti, harvinaisten maametallien hinnat ovat moninkertaistuneet muutamassa vuodessa.

▶▶▶



Pebby, Greb/USDA AFS

Harvinaisten maametallien oksideja ryhmäkuvassa. Takana keskellä tumma praseodyymi, siitä myötöpäivään cerium, lantaani, neodyymi, samarium ja vasemmassa yläkulmassa suomalaisen Johan Gadolinin kunniaksi nimetty gadolinium.



Mitä meillä olisi ilman REE-aineita? Ei ainakaan iPodeja, ei tabletteja, läppäreitä eikä taulutelevisioita.

Scanstockphoto



Joidenkin hinta on kausiluontoisesti jopa satakertaistunut.

Pakon edessä käyntiin on polkaistu satakunta uutta kaivosprojektia eri puolilla maailmaa Grönlannista ja Kanadasta Brasiliaan ja Etelä-Afrikkaan, Tansaniasta ja Australiasta Malesiaan ja Vietnamiin. Otollista aluetta uusille löydöille on myös Suomi ja muu Fennoskandia, sillä täälläkin on samanlaista vanhaa prekambrista kilpeä.

Uuden kaivoksen käyntiin saaminen vie kuitenkin kymmenisen vuotta. Toimintaa hidastavat muun muassa tiukentuvat ympäristölait. Kiinan ongelmana

on jo nyt myös laitton kaivostoiminta.

Kierrätystä ja korvaavia tuotteita

”Kiinan vienninrajoitustoimilla on sekä taloudellisia että poliittisia vaikuttimia”, korostaa professori **Raimo Väyrynen**, joka luennoi aiheesta tammikuisilla Tekniikan päivillä. Rajoitukset ovat olleet isku erityisesti Japanille, jonne Kiina syksyllä 2010 kielsi REE-oksidiin laivauksen kokonaan kalastusaluslaskauksen jälkeen.

Väyrysen mukaan maailman kaup-

Maametallit ovat monessa mukana

- **Skandium (Sc)** Alumiiniyhdisteinä pelimailloissa, polkupyörissä ja lentokoneissa. Luonnollistamassa elohopealampun valoa.
- **Yttrium (Y)** Lasereissa, suprajohdeissa, lasseissa, energiansäästölamppuissa, loisteaineena tv-kuvaputkessa, kuituoptiikassa.
- **Lantaani (La)** Kameran linseissä, hiilikaarilampuissa, akuissa, krakkauskatalyyteissä.
- **Cerium (Ce)** Hiontajauheena. Antamassa kellertävää väriä lasihin ja keraamisiin kohteisiin.
- **Praseodyymi (Pr)** REE-magneeteissa, lasereissa, magnesiumseoksena lentokoneen moottoreissa.
- **Neodyymi (Nd)** Magneeteissa, tietokoneen kovalevyissä, tuuliturbiineissa, hybridiautoissa, korva-kuulokkeissa, taulutietokoneissa ja MP3-soittimissa. Aseteknologissa sovelluksissa, kuten ohjuksissa, lasertähtäimissä, helikopterin roottoreissa. Antamassa violettiä väriä lasihin ja keraamisiin kohteisiin.
- **Prometium (Pm)** Atomiparistoissa, kelloissa ja sydämentahdistajissa.
- **Samarium (Sm)** Magneeteissa, lasereissa ja lasseissa.
- **Europium (Eu)** Loisteaineena tv-kuvan punaisen värin aikaansaamiseen. Energiansäästölamppuissa ja optisissa kuiduissa.
- **Gadolinium (Gd)** Magneeteissa, tietokoneiden muisteissa, lasereissa, röntgenputkissa ja MR- ja NMR-kuvantamislaitteissa, tulevaisuuden jääkaappien jäähdytysteknikassa.
- **Terbium (Tb)** Loisteaineena loiste- ja energiansäästölamppuissa, magneeteissa.
- **Dysprosium (Dy)** Magneeteissa, lasereissa, aseteknologisissa sovelluksissa.
- **Holmium (Ho)** Voimakkaissa teollisuusmagneeteissa, lasereissa ja lasseissa.
- **Erbium (Er)** Vahvistimena kuituoptisissa sovelluksissa.
- **Tulium (Tm)** Säädettävissä röntgenlaitteissa.
- **Ytterbium (Yb)** Infrapunalasereissa, aseteknologisissa sovelluksissa.
- **Lutetium (Lu)** PET-laitteistoissa, linseissä ja lasseissa, öljyteollisuuden katalyyteissä.



Scanslockphoto

Japanilainen Honda esitteli uuden hybridi-autonsa vuonna 2011. Jokaisen auton akkuun tarvitaan kymmenkunta kiloa harvinaisia maametalleja.

pajärjestö WTO on tuominnut Kiinan vienninrajoitustoimet laittomina. ”Kiina on torjunut väitteet, mutta ei toisaalta ole sulkenut pois mahdollisuutta muuttaa politiikkaansa. Tilanne elää.”

Muun muassa Venäjä on lupautunut tarpeen tullen huolehtimaan Saksan REE-kysynnästä.

Japanilaiset ovat jo kehittämässä omia ratkaisujaan. Hitachi ja Toyota ovat alkaneet kierrättää harvinaisia maametalleja, joita arvioidaan löytyvän elektroniikkatuotteista, kovalevyjen magneeteista, ilmanvaihtojärjestelmien moottoreista ja hybridiautojen akuista 300 000 tonnin verran.

Sekä Japanissa että Yhdysvalloissa etsitään aktiivisesti myös REE-magneettien korvaajia. Voimakkaisiin magneetteihin hupenee vuosittain viidennes harvinaisten maametallien kulutuksesta. REE-magneetteja onkin yritetty douputa muilla aineilla. Lisäksi perinteisiä, alumiinista, nikkelistä, raudasta ja koboltista valmistettuja kestopagneetteja on py-

Rokokooajan löytö

Ensimmäiset REE-metallit löydettiin harvinaisista oksidimineraaleista vuonna 1787 Ytterbyn kylästä Tukholman saaristosta, vain kivenheiton päässä nykyisten ruotsinlaivojen reitiltä.

Aivan ensimmäistä mineraalia kutsuttiin aluksi ytterbiitiksi, mutta vuonna 1800 se sai uudeksi nimekseen gadoliniitti Turun akatemian professorin **Johan Gadolinin** mukaan. Hän oli jo vuonna 1789 onnistunut eristämään luutnantti **Carl Axel Arrheniuksen** löytämästä mineraalista tuntemattoman alkuaineen, yttriumin, oksidia.

Vuonna 1803 Ruotsin Bastnäsistä löytyi tavallisinta REE-ainetta, ceriumia, joka 25. yleisin alkuaine. Runsaassa sadassa vuodessa kyettiin eristämään kaikki luonnossa esiintyvät 16

REE-metallia. Viimeisinä löytyivät europium vuonna 1901 ja lutetium vuonna 1908.

Fennoskandialla on ollut tärkeä rooli REE-metallien historiassa. REE-aineita tuotettiin myös kaupallisesti ensimmäiseksi Ruotsissa ja Norjassa. Niiden kaivosten monatsiitti-mineraalista löytyi lantaani- ja yttriumoksidgeja, joita käytettiin vuonna 1884 aloitetussa hehkulamppujen valmistuksessa.

Toden teolla harvinaisia maametalleja ryhdyttiin kuitenkin etsimään ja hyödyntämään vasta 1950-luvulla. REE-aineiden varsinainen kaupallinen käyttö on jaettu kolmeen aikakauteen: monatsiitin aikaan 1950–1965, amerikkalaisen Mountain Passin aikaan 1965–1995 ja Kiinan aikaan 1995–.

ritty parantamaan muun muassa sintrauksen keinoin. Toistaiseksi tulokset ovat tosin jääneet heikoiksi.

Uutta valoa tilanteeseen tuo Tokion yliopiston tutkijoiden viime kesänä julkaissama tutkimus. Tyynenmeren pohjaa poranneet geologit löysivät muutaman neliökilometrin alueelta REE-esiintymiä,

jotka ovat kaksi kertaa suurempia kuin Kiinan tunnetut varannot. Japanilaisten mukaan merten pohjassa saattaa olla jopa tuhat kertaa enemmän REE-aineita kuin mantereiden maankuoressa. □

Kirjoittaja on fyysikko ja tiedetoimittaja. jarmowallenius@hotmail.com