



MATERIA

ERIKOISNUMERO

**TUULIVOIMALA –
ENERGIASAMPO VAI
-SYÖPPÖ?**

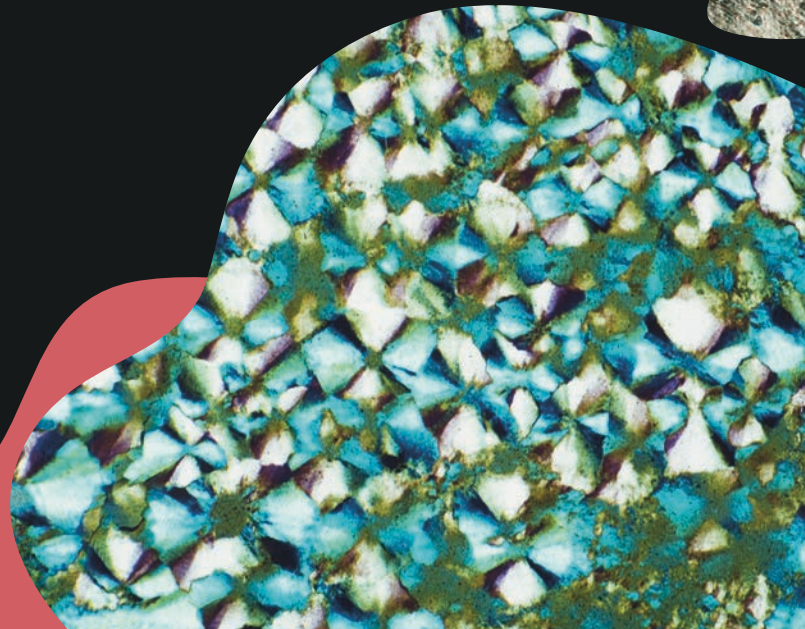
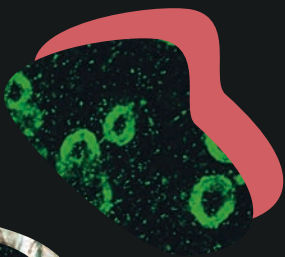
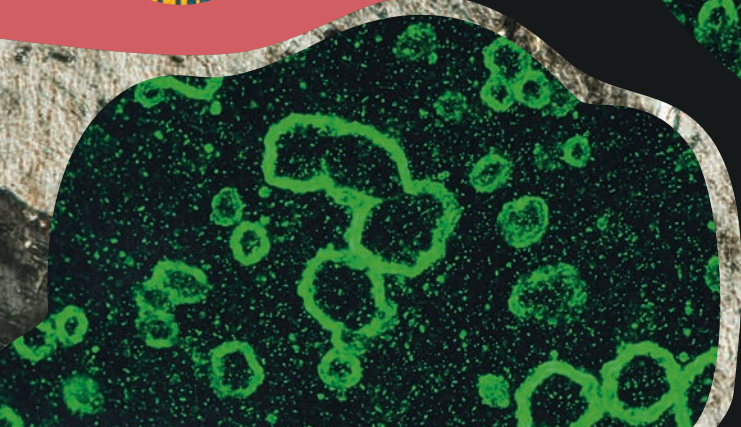
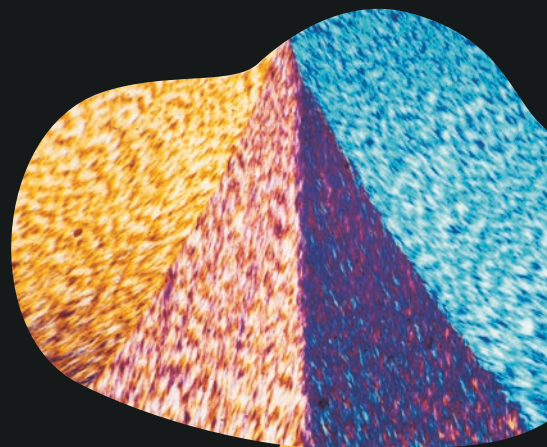
/8

**TULEVAISUUDEN KAIVOS
JA YMPÄRISTÖ**

/30

**MITEN JA MISSÄ
ALAN KOULUTUSTA?**

/38



Maailman kantajat

Mikä pitää pystyssä maailmaa?

Mikä kuormat kantaa ja kuljettaa?

Mikä sähkön ja lämmönkin johdattaa,

some-viestisi perille toimittaa?

Metallit tämän kaiken ne toteuttaa!

Tuomo Tiainen

Puheenjohtajan tervehdys

Jari Rosendal
Vuorimiesyhdistys r.y.

Vuorimiesyhdistys r.y. on Suomen suurimpia ammattijäsenkunnan yhdistyksiä. Jäseniä meillä on noin 2500. Vain yksityishenkilöt voivat päästä jäseneksi tiettyjen alan ammatillisten kriteerien täytymisen perusteella; yritykset tai muut yhteisöt eivät voi olla jäseniä. Vuorimiesyhdistys edistää kaivos-, rikastus-, metallurgisessa ja materiaaliteknisessä teollisuudessa ja niihin liittyvillä aloilla toimivien henkilöjäsenten ammatillista tietotaitoa ja verkostoitumista erilaisten koulutus- ja seminaaritapahtumien avulla. Vuorimiesyhdistys edistää myös alan tunnettua mm. vuorovuosina neljä tai viisi kertaa vuodessa ilmestyvän Materia-lehden kautta lisäten yleisön, median sekä päättäjien tietoisuutta alasta.

Vuorimiesyhdistys on toiminut 76 vuotta. Osana tehtäväämme olemme tänä vuonna päättäneet tehdä Materia-lehden ylimääräisen erikoisnumeron, joka antaa perustietoa alasta. Erikoisnumero pyrkii selkokielisesti kuvaamaan "vuoriteollisuuden" arvoketjuja: miten mineraaleja ja metalleja etsitään, niitä louhitaan, rikastetaan, jalostetaan ja käytön jälkeen kierrätetään kestävästi ympäristöä kunnioittaen. Lehti ei ole alan tai alalla toimivien yritysten mainos, vaan informaatiopaketti, jonka tarkoituksena on tarjota lisätietoa alasta ja sen suomista mahdollisuuksista esimerkiksi opintojaan suunnitteleville nuorille, mutta myös päättäjille, medialle sekä suurelle yleisölle.

Toivotan hyviä lukuhetkiä. Toivottavasti yleinen ymmärrys ja kiinnostus vuoriteollisuutta kohtaan lisääntyvät.



MIKA ANTTONEN

JA KUINKA PELASTAA MAAILMA

Teksti: Katarina Boijer

St1-energia- ja polttoaineyhtiön perustaja on tunnettu räväköistä lausunnoistaan. Hän ei usko sähköautojen tai biopolttoaineen olevan ratkaisu ilmakehässä olevan hiilidioksidipitoisuuden vähentämiseen. Radikaaleja ratkaisuja tarvitaan maapallomme saamiseksi takaisin jaloillemme.

"Maailmassa on populaatiota aivan liikaa", hän napauttaa.

"Ihmisten määrä on kasvanut neljästä miljardista kahdeksaan. 60 % väestöstä työskentelee kuuden euron päiväpalkalla. Totta kai kaikilla on halu parantaa omaa elintasoaan, mutta se tarkoittaa aivan valtavaa luonnonvarojen kysyntää. Ei yksinkertaisesti ole olemassa tarpeeksi kaivos- ja energiateollisuutta kysyntää tyydyttämään. Perinteinen tapa ei enää toimi. Meidän tulisi miettiä aivan tavaroiden suunnittelusta asti niiden käyttöikää sekä kierrätettävyyttä. Koko systeemi tarvitsee kokonaisvaltaisen muutoksen. Se tarkoittaa teknologiaratkaisujen kehittämistä sekä materiaalien kierrättämistä."

"Ilmastonmuutos on koko sivilisaatiotamme uhkaava asia. Luonnon biodiversiteettiä ei voi mallintaa etukäteen. Kun ei ole pölyttäjiä, ei ole satoa. Kun ei ole satoa, ei ole ruokaakaan."

"Ilmakehässä on liikaa hiilidioksidia. Pariisin ilmastopöytäkirja on myöskin aivan epärealistinen, ja maailmamme on liian riippuvainen öljystä." Anttonen kritisoi useita ilmastotavoitteita kuten Euroopan unionin linjaa tehdä ilmastotoimiaan ainoastaan EU-alueen sisäpuolella. "Tarvitaan tuoreita näkemyksiä kuten hiilinielujen vahvistaminen sekä hiilidioksidin ottaminen ilmakehästä. Tämä tapa on vielä aivan lapsenkissään, mutta tämän näkisin tulevaisuuden ratkaisuna. Nyt vain tarvitaan lisää investointeja, jotka pitäisi kymmenkertaistaa. Rahaa on, mutta ei tekijöitä. Tarvitaan paljon lisää sen alan ihmisiä, jotka osaavat asian. Tällä hetkellä näin ei ole. Tähän asiaan tarvitaan lisää kannustinta sekä kunnan tavoitteita ilmakehään karanneen hiilen takaisin maaperään saamiseksi."

"Globaali hiilipörssi olisi oivallinen tapa. Hiilidioksidin tuottaja maksaisi hiilidioksidin sijoille siitä, että hiili saataisiin poistetuksi ilmakehästä." Anttonen resepteihin kuuluu konsepti, jossa fossiilisten energiayhtiöiden täytyisi maksaa hiilinieluja, jotka imevät hiilen ilmakehästä takaisin maahan.

Anttonen mielestä globaalien toimien tulisi kohdistua ennen kaikkea Afrikkaan, jossa kasvatettaisiin hiilinieluja. Afrikan metsittäminen suuressa mittakaavassa olisi osaratkaisu. Metsittämistä pidetään huomattavana tekijänä globaalien hiilidioksidipäästöjen vähenemisen kannalta.

Hän sanoo, että voimavarat kannattaa suunnata sellaiseen maapallon kolkkaan, jossa ne tuottavat ilmastonmuutoksen hidastamisen kannalta parhaan vaikutuksen. Metsät estävät eroosiota ja ylläpitävät mikroilmastoa, joka

on tärkeä osa ruoan tuotannossa. Myös paikallinen väestö sitoutuisi metsien hoitoon ja suojeluun.

Suomi voisi hyvin olla malliesimerkinä, koska metsäosaaminen on maassamme huipputasoa. Suomi on jo aktiivinen Afrikan metsähankkeessa noin 80 miljoonan euron panoksellaan.

"Liikenteen sähköistäminen ei sekään ole ratkaisu. Onhan Tesla komea auto liikemiehille, mutta en oikein jaksa uskoa yrityksen tulevaisuuteen. Sähköautot ovat aivan liian kalliita tavalliselle kuluttajalle, joten koko idea vesitty jo tässäkin. Viiden vuoden kuluttua ehkä huomataan, että sähköauto ei ollutkaan hyvä juttu. Sähköautoilla kun ei vähennetä ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta."

Anttonen itse uskoo myös vetyyn. Vedestä pystytään nykyäänkin erottamaan vetyä polttoaineeksi, mutta siihen tarvitaan sähköä. Vetyä tuotetaan fossiilisista polttoaineista kuten maakaasusta. Prosessissa syntyy oheistuotteenä hiilidioksidia. Jos vedystä halutaan puhdas polttoaine, joka ei kuormita ilmakehää kasvihuonekaasulla, se täytyy tuottaa vedestä uusiutuvalla energialla kuten esimerkiksi aurinkoenergialla. Ilmakehän hiilidioksidista valmistettujen synteettisten polttoaineiden käyttö olisi hiilineutraalia. Silloin niistä tulisi varteenotettavia polttoaineita liikenteeseen.

Kaikki eivät välttämättä ole Anttonen ajatusmaailman kanssa samoilla linjoilla, mutta ilmastonmuutos on maapallon kohtalonkysymys. Maailman pelastaminen on jokaisen meidän vastuullamme.

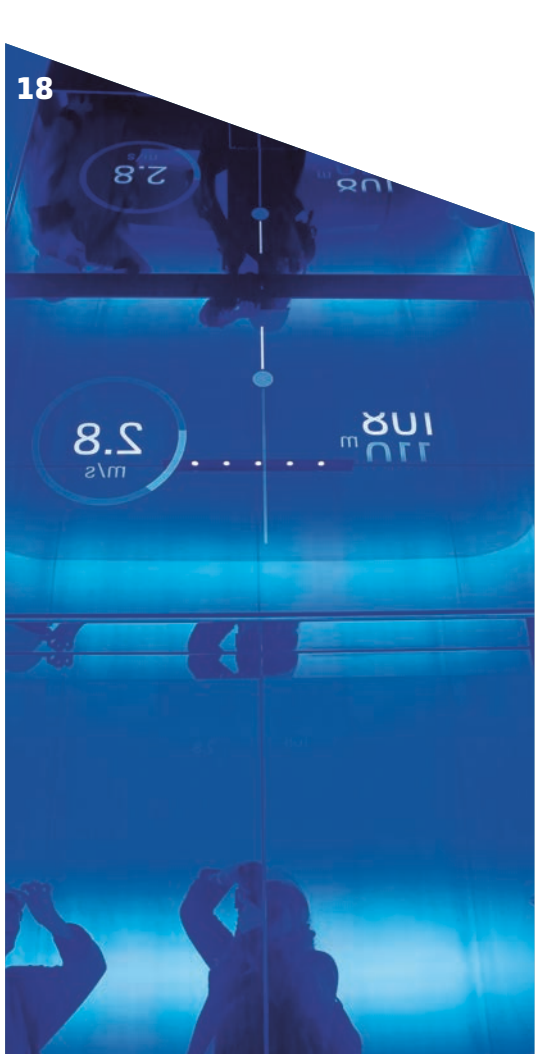
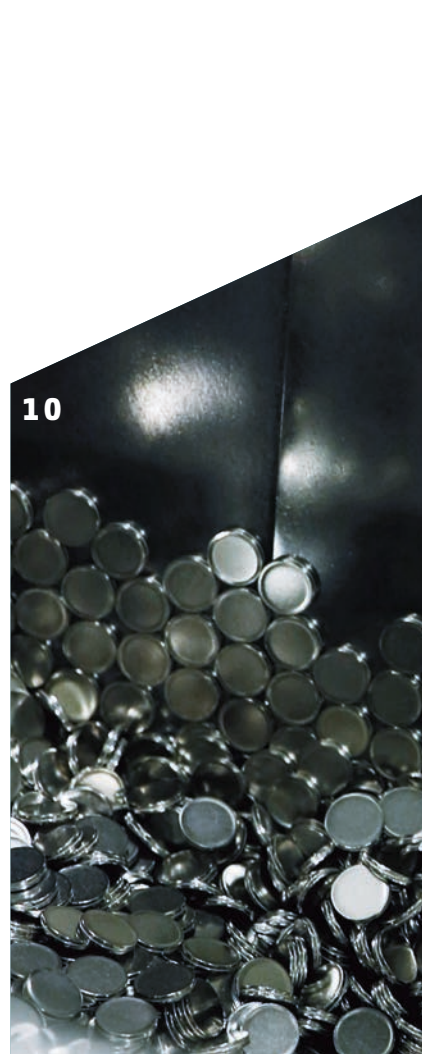


Lue myös verkossa
<https://materia.vuorimiesyhdistys.fi/erikoisnumero>

SISÄLTÖ

- 2 Maailman kantajat
- 2 Puheenjohtajan tervehdys
- 3 Mika Anttonen ja kuinka pelastaa maailma
- 5 Lukijalle
- 6 Sähköautojen metallit
- 8 Tuulivoimala – energiasampo vai -syöppö?
- 10 Kolikon kääntöpuoli
- 11 Maailma ilman metalleja
- 12 Suomesta löytyy poikkeuksellinen määrä metalleja
- 14 Viikinkimiekat vievät aikamatkalle
- 16 Vuf sanoi Lohkare-Lari, kun malmikiven löysi
- 18 Elämyskaivoksen uumenissa
- 20 Metallien elinkaari ihmisen palveluksessa
- 22 Kupari- tuo ikiaikojen metalli
- 23 Kestävän kehityksen liekkisulatto
- 24 Piikiekot pyörittävät maailmaa
- 26 Magneettinen Neorem
- 28 Kaivosasioissa on monta puolta
- 29 Monipuolinen koboltti
- 30 Tulevaisuuden kaivos ja ympäristö
- 32 Urban mining kerää metallit talteen

- 34 Metallit ovat kierrätyksen kuninkaita
- 35 Miksi kauppojen hälyttimet ujeltavat viattomillekin?
- 35 Laakerikuulan tarina
- 36 Satelliitit todentavat päästövähennyksiä
- 38 Miten ja missä alan koulutusta?
- 42 Missä Suomen metallit tuotetaan?
- 43 Kitarankielten metallit soivat eri tavalla



Lukijalle

Kerromme tässä lehdessä tarinaa metallien ja niitä tuottavan vuoriteollisuuden roolista ja merkityksestä maapallomme ongelmien ratkaisemisessa. Aloitamme kartoittamalla ensin niitä haasteita, joita ajatellut osaratkaisut kuten liikenteen sähköistäminen ja tuulien energian hyödyntäminen asettavat metallien tuotannolle ja kestäväälle käytölle.

Käymme läpi Suomen asemaa ja mahdollisuuksia osallistua esille nousseiden ongelmien ratkaisemiseen. Tutkimme Suomen tunnettuja ja potentiaalisia mineraalivarantoja ja osoitamme, että meillä on kaikki edellytykset nousta merkittävään asemaan esimerkiksi energian varastointiin tarvittavien metallien ja akkujen tuottajana.

Tarkastelemme maailmalla hyvään maineeseen pääsnyttä suomalaista osaamista metallien tuotannon ja jalostamisen alalla. Esittelemme suomalaisia huipputeknologioita ja -yrityksiä sekä niihin sisältyvää osaamista. Kerromme myös metallien kierrätyksestä ja arvioimme tulevaisuuden näkymiä, haasteita ja niiden voittamiseen tarvittavia tekijöitä.

Lopuksi kerromme vuoriteollisuuden eri osa-alueilla tarvittavasta osaamisesta ja koulutautumismahdollisuuksista sen hankkimiseksi. Esittelemme osa-alueiden koulutustarjontaa ja opintopolkuja toisen asteen ammatillisesta peruskoulutuksesta korkeakoulu- ja yliopistotasolle saakka. Vuoriteollisuus tarjoaa laaja-alaisia kehittymismahdollisuuksia aina maailman huippujen tasolle asti.

Asiaperusteisempien artikkelien joukkoon olemme sijoittaneet kevyempiä tarinoita sekä esimerkkejä alaa opiskelevien ja alalla toimivien nuorten haastatteluista sekä metalleihin liittyvistä kysymyksistä ja vastauksista. Kädessäsi olevan painetun lehden lisäksi olemme tuottaneet lehden verkkoversion, jonka löydät osoitteesta <https://materia.vuorimiesyhdistys.fi/erikoisnumero>

Siinä tarjoamme artikkeleihin liittyvää laajempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa sekä kaikki lehteä tuottaessa tehdyt henkilöhaastattelut lyhentämättöminä. Verkkolehdestä on myös lisää metalleihin liittyviä kysymyksiä ja vastauksia sekä linkkejä alaan liittyviin kiinnostaviin asiakokonaisuuksiin.

Toivotamme sinulle mielenkiintoisia ja ajatuksia herättäviä lukelämyksiä, ja toivotamme sinut tervetulleeksi opiskelemaan ja toimimaan tulevaisuuden alalle.

Toimitus

Tämän lehden tekemisen ovat mahdollistaneet:
 Vuorimiesyhdistys ry
 Kaivosteollisuus ry
 Metallinjalostajat ry

Kannessa on otoksia Kari A. Kinnusen ja Jari Väättäisen kauniista mineraalien mikroskooppikuvista ja valokuvista.

JULKAISIJA / PUBLISHER
 Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.
 77. vuosikerta ISSN 1459-9694
www.vuorimiesyhdistys.fi

LEVIKKI
 n. 6000 kpl

MATERIA-LEHTI
 kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessiteknikka ja metallurgia sekä materiaalien valmistus ja materiaalteknikan erilaiset sovellutukset. Materia magazine covers all areas of technology in the mining and metallurgical field, from geology and geophysics to mining process technology, metallurgy, manufacturing and various materials technology applications.

VAST. PÄÄTOIMITTAJA / EDITOR IN CHIEF
 DI Ari Oikarinen
 050 568 9884 / ari.e.oikarinen@gmail.com

PÄÄTOIMITTAJA/ DEBUTY EDITOR IN CHIEF
 DI Kari Pienimäki
 040 527 2510 / kari.pienimaki@outotec.com
 TOIMITUSSIHTEERI / MANAGING EDITOR
 DI Leena K. Vanhatalo
 050 383 4163 / leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi

ERIKOISTOIMITTAJAT / SPECIALISTS
 TkT, prof (emer.) Tuomo Tiainen,
 050 439 6630 / tuomo.tiainen@gmail.com,
 DI Hannele Vuorimies
 040 187 6060 / hannele.vuorimies@outotec.com,
 TkT Topias Siren,
 050 354 9582 / topias@smcoy.fi,
 Katarina Boijer,
katarinaboijer@gmail.com

TOIMITUSNEUVOSTO / EDITORIAL BOARD
 DI Liisa Haavanlammi pj /Chairman Outotec
 040 864 4541 / liisa.haavanlammi@outotec.com,
 Professori (associate) Ari Jokilaakso
 050 313 8885 / ari.jokilaakso@gmail.fi,
 DI Miia Kiviö Aurubis Finland Oy
 040 6416529 / m.kivio@aurubis.com,
 DI Matti Palperi Helsinki
 09 565 1221,
 DI Pia Voutilainen Scandinavian Copper Development Ass.
 040 590 0494 / pia.voutilainen@copperalliance.se,
 DI Annina Mattsson,
 040 053 8452 / anninak.mattsson@gmail.com,
 FT Pekka Nurmi, GTK
 040 504 5246 / pekka1nurmi@gmail.com,
 Pekka Suomela Kaivosteollisuus ry.,
 040 533 2848 / pekka.suomela@teknologiateollisuus.fi

OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET / CHANGES OF ADDRESS & SUBSCRIPTIONS
 Leena K. Vanhatalo
 050 383 4163 / leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi

TAITTO
 Intolead Oy, Helsinki

PAINO/ PRINTING HOUSE
 Painotalo Plus Digital Oy, Lahti

Sähköautojen metallit

Teksti: Mikko Patana, Ari Jokilaakso
Kuvat: Outotec

Sähköautojen kysyntä on lisääntynyt huomattavasti 2010-luvulla. Maailmassa oli vuonna 2017 yli kolme miljoonaa sähköautoa, joista yli puolet Kiinassa. Määrä jatkaa kasvamistaan. Ennusteiden mukaan sähkökäyttöisten kulkuneuvojen määrä saavuttaa 125 miljoonaa vuoteen 2030 mennessä. Jos sähköautojen tukipolitiikka jatkuu kunnianhimoisia ilmastotavoitteita kohti, yhdessä valmistus- ja hankintakustannusten laskun kanssa, sähköautoja voi olla jopa 220 miljoonaa.

Sähköautojen tuotannon voimakas kasvu tarkoittaa myös niiden raaka-aineiden kysynnän kasvua. Sähköautojen valmistuksessa tarvittavat raaka-aineet eroavat perinteisten polttomootoriautojen raaka-aineista voimanlähteen ja komponenttien osalta. Sähköautojen kysynnän nousun voimakkuudesta johtuen maailmassa on alettu esittää kysymyksiä raaka-aineiden riittävydestä. Erityistä huomiota mediassa ovat saaneet nikkeli ja litium, jotka ovat sähköautojen akkujen tärkeitä raaka-aineita. Vähemmälle huomiolle ovat jääneet koboltti ja kupari. Koboltti on sähköautojen akkujen raaka-aine, mutta kupari on useissa komponenteissa tärkein sähkönjohde. Sähköautot sisältävät enemmän sähköä käytäviä komponentteja kuin polttomootoriautot, mikä tarkoittaa kuparin tarpeen nousua sähköautojen yleistyessä. Näiden neljän metallin tarve tulee nousemaan, mikäli sähköautojen määrä moninkertaistuu odotetulla tavalla.

Sähköautojen kysynnän ennustaminen on vaikeaa. Akkuteknologia kehittyi nopeasti vähentäen kilowattituntia kohti tarvittavien metallien määrää samalla, kun niissä tarvittaville metalleille etsitään korvaavia aineita.

Kupari on sähköautojen kannalta välttämätön raaka-aine. Sitä tarvitaan akuissa, antureissa, hallintalaitteissa, johdoissa, kaapeleissa sekä lähes kaikissa sähköisesti toimivissa komponenteissa. Keskimääräinen polttomootoriauto sisältää noin 8–22 kg kuparia, Plug-in-hybridiauto noin 60 kg kuparia, kun taas pelkkiä akkuja voimanlähteenään käyttävä auto (BEV) noin 83 kilogrammaa kuparia.

Nikkelin merkitys akkutekniikalle on suuri, koska sitä käytetään nykyisin yleisissä litiumioniakuissa sekä hieman jo väistyvässä nikkelimetallihydridiakuissa (NiMH, nickel-metal hydride battery). NiMH-akut ovat olleet käytössä varsinkin hybridiautoissa. Litiumioniakuissa nikkeli on erittäin tärkeä katodin materiaali, etenkin NMC- (litium-nikkeli-mangaani-kobolttioksididi) ja NCA-akuissa (litium-nikkeli-alumiini-kobolttioksididi). Nikkeli on myös tärkeimpiä ruostumatoman teräksen lisäaineita. Nikkeliä käytetään autoissa myös pinnoitteena, koristeena sekä magneeteissa.

Primäärisestä nikkelistä suurin osa menee ruostumattoman teräksen valmistukseen, ja kolmisen prosentin päätyttyä akkuteknologian käyttöön. Nikkeli on yksi maailman kierrätetyimmistä aineista, mutta suurin osa kierrätyksestä tapahtuu teräksen tuotannon yhteydessä.

Koboltti on NMC-akkujen (lithium-nickel-manganese-cobaltoxide-batteries, litium-nikkeli-mangaani-kobolttioksidiakut) raaka-aine. Kobolttia käytetään erilaisissa litiumioniakuissa. Sitä käytetään myös nikkelimetallihydridiakkujen nikkelielektrolyytissä.

Litium on tärkeä sähköautojen litiumioniakkujen raaka-aine. Litiumioniakun sähkövirta syntyy litiumionien liikkeestä anodin ja katodin välillä elektrolyytin kautta. Latausvaiheessa

litiumioneja liikutetaan katodilta anodille, ja purkuvaiheessa ionit liikkuvat anodilta katodille.

Litiumioniakkuja on kemiallisesti useita erilaisia. Sähköautojen litiumtarpeen laskeminen riippuu niiden määrästä tulevaisuudessa, akkujen koosta kilowattitunteina sekä akun litiumintensiteetistä kilowattituntia kohti.

Sähköautojen akkujen koko vaihtelee paljon mallien välillä. Esimerkiksi Nissanin Leaf-mallin auton akku on kooltaan noin 30 kWh, kun taas Teslan S 85 -mallin akku on noin 90 kWh.

Eri valmistajien välinen akkujen koon vaihtelu vaikeuttaa ennusteiden tekemistä akkujen materiaalisällöstä. Tämän vuoksi ennusteissa joudutaan usein nojaamaan keskiarvoihin.

Akkujen koon kasvaminen on positiivinen tekijä sähköautojen kysynnän kannalta. Akkujen riittävä koko on myös edellytys auton ostamiselle alueilla, joissa latausinfrastruktuuri ei ole kattavin mahdollinen. Jatkuvan kehityksen

vuoksi voidaan akkujen koon olettaa kasvavan tulevaisuudessa. Akkukoon lisäksi vaikeuksia tuottaa eri materiaalien määrän arviointi suhteessa toisiinsa. Yleisesti puhutaan akkujen materiaali-intensiteetistä, joka tarkoittaa materiaalin tarvetta (grammaa tai litraa) yhtä tuotettavaa kilowattituntia kohden.

U.S. Geological Survey arvioi litiumin globaalin tuotannon olleen noin 43 000 tonnia vuonna 2017. Vastaava luku vuonna 2016 oli 38 000 tonnia. Maailman litiumreservien suuruudeksi arvioitiin samassa selvityksessä noin 16 miljoonaa tonnia. Litiumia on historiallisesti kierrätetty melko vähän. Kierrätys on lisääntynyt akkujätteeseen liittyvien säädösten myötä, ja EU-jäsenmaiden tulee kerätä 45 % elinkaarensa päättäneistä akuista. Eräät lähteet arvioivat litiumin kierrätyksen voivan kattaa jopa 63% kumulatiivisesta tarpeesta vuosina 2010-2100, olettaen 90-100% kierrätysasteen. Litiumin kierrätystä rajoittaa toistaiseksi raakamateriaalin halpa hinta, joka tekee kierrätyksestä taloudellisesti kannattamatonta. Näiden metallien lisäksi sähköautojen komponenteissa tarvitaan muitakin metalleja, mutta pienempiä määriä. Sähkömoottori perustuu kestopagneetteihin, jotka nykyisin ovat neodyymipohjaisia (NdFeB) samoin kuin tuulivoimaloissa. Neodyymi on harvinainen maametalli, jonka lisäksi käytetään dysprosiumia lämmönkestävyyden parantamiseksi sekä jonkin verran praseodyymia, terbiomia ja galliumia.

Sähköautojen lisäksi metalleja tarvitaan latauslaitteisiin. Kuparia tarvitaan johtamaan sähköä latauksessa. Latauspisteen elektroniikka tarvitsee kuparin lisäksi hopeaa, galliumia, indiumia ja germaniumia.

Kupari

Kuparin tarpeen nousua arvioitaessa täytyy ottaa huomioon sähköautojen latausportteihin kuuluva kupari. NREL (National Renewable Energy Laboratory) arvioi akkukäyttöisten sähköautojen vaativan Yhdysvalloissa noin 671 latausporttia tuhatta autoa kohden. 1000 sähköautoa vaatisi noin 0,5 pikalatausasemaa. Plug-in-hybridiautot vaatisivat noin 664 latausporttia tuhatta autoa kohden. EPRI:n (Electric Power Research Institute) mallin mukaan tarvittavien latausporttien määrä olisi noin 842 yksikköä tuhatta akkukäyttöistä autoa kohti sekä plug-in

hybridien tukemiseksi. Näistä noin 5 olisi pikalatausasemia.

3,3 kW latausasema sisältää noin 0,7 kg ja 200 kW pikalatausasema noin 8 kg kuparia. Vuoteen 2030 mennessä autojen ja latausporttien valmistukseen arvioidaan tarvittavan noin 4 – 9,5 miljoonaa tonnia kuparia. Vuoteen 2040 mennessä määrä kasvaa noin 16 – 41 miljoonaa tonniin. Kuparia tarvitaan lisäksi latausporttien välisen sähköverkon luomiseen. Todellinen kuparin tarve sähkökäyttöisten kulkuneuvojen kasvuennusteiden mukaisesti on arviota suurempi.

Vuoden 2030 ennuste edustaa noin 21 – 48 % vuoden 2017 kuparintuotannosta ja vuoden 2040 ennuste edustaa noin 85 – 210 % vuoden 2017 kuparintuotannosta. Vuoteen 2030 mennessä kuparin vuosittaista tuotantoa tulisi lisätä 1 – 2 miljoonaa tonnia vuodessa (5 – 11 %) ja vuoteen 2040 mennessä noin 2,3 – 6,2 miljoonaa tonnia vuodessa (10 – 29 %). Kuparin tarpeen nettolisäyksen arvioinnissa on otettava huomioon sähköautojen korvaamien polttomootoriautojen kupari.

Nikkeli

NMC- ja NCA-akut sisältävät lähes 0,7 kg/kWh nikkeliä. Muut yleisesti käytetyt litiumioniakku-tyypit eivät sisällä nikkeliä merkittäviä määriä. Litiumioniakkukemioiden oletetaan kehittyvän pois nikkeliä suosivista rakenteista vuoden 2020 jälkeen. Kuitenkin nykysuuntaus näyttää päinvastaiselta nikkelin määrän lisääntyessä entisestään; 53 kWh akussa on keskimäärin 30 kg nikkeliä. Tämä tarkoittaa noin 566 g/kWh nikkeli-intensiteettiä kaikille akuille.

Nikkelintuotannon tulisi kasvaa noin 12 – 30 %, ja noin 24 - 81 % vuoden 2017 arvosta vuoteen 2030 ja 2040 mennessä.

Koboltti

Koboltin tarve vuoden 2030 ennusteen mukaisen sähköautojen tuotannon perusteella olisi yhteensä noin 229 – 599 tuhatta tonnia. Vuoden 2040 ennusteen mukaiseen sähköautojen määrän nousuun vaadittaisiin noin 1 – 2,7 miljoonaa tonnia kobolttia. Sähköautojen tuotanto 2030 mennessä vaatisi noin 3 – 9 % ja 2040 mennessä noin 13 – 37 % maailman kobolttireserveistä.

Litium

Sähköautojen vaatimaa litiumitarvetta kuvaa litiumintensiteetti, jonka arvio on 380 g(Li)/kWh. Akkujen keskimääräiseksi kooksi on arvioitu BEV-autoille 35 kWh ja PHEV-autoille 16 kWh. Sähköautojen kysynnän mukainen valmistaminen vaatisi noin 0,5 – 1,5 miljoonaa tonnia litiumia. Tämä on noin 1350 – 3510 % kaikesta 2017 tuotetusta litiumista. Vuoteen 2040 mennessä

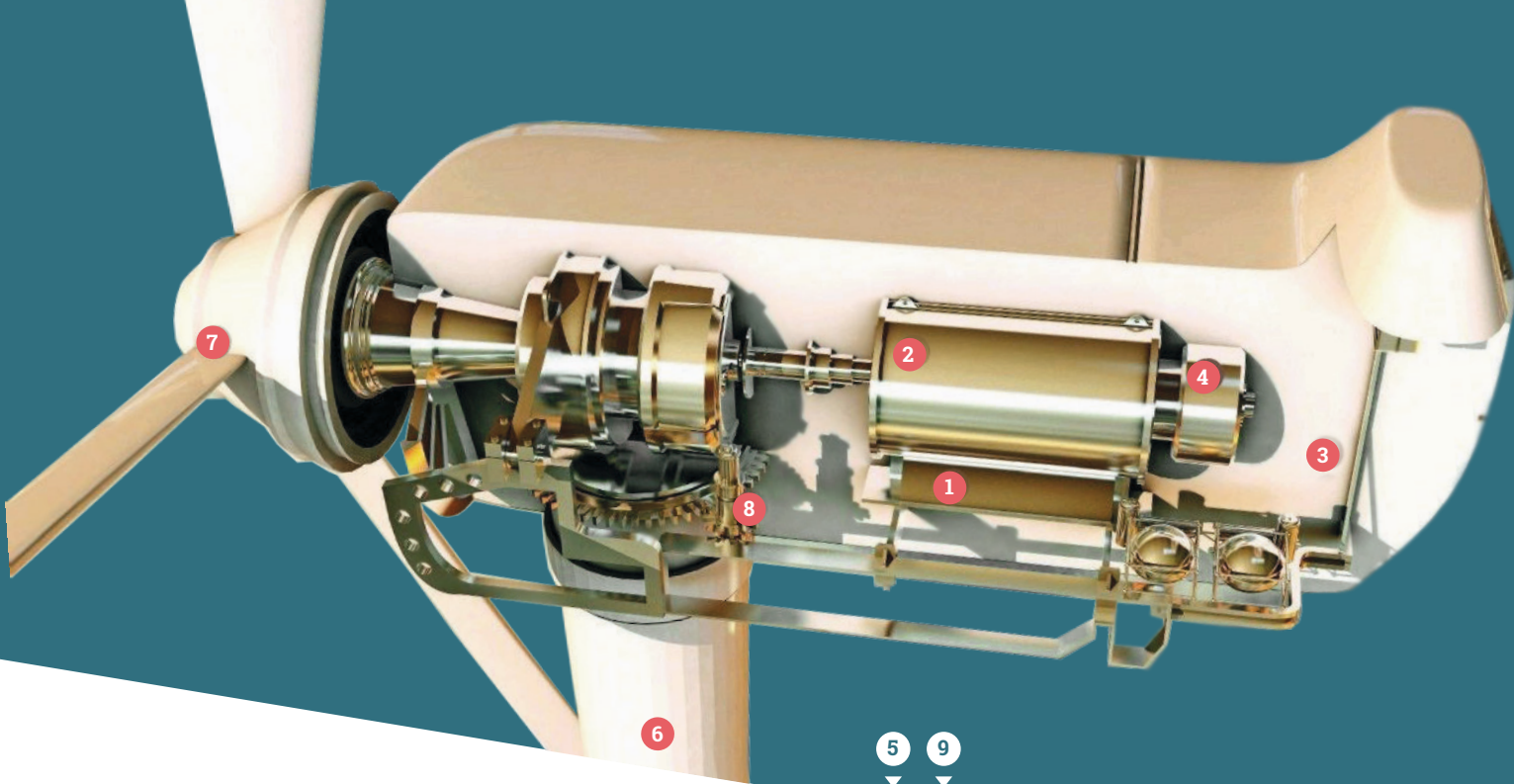
valmistettavien sähköautojen vaatima määrä on noin 2,3 – 6,7 miljoonaa tonnia. Arvio ei käsitä muuta litiumia kuin suoraan autojen valmistukseen kuluva litiumin. Litiumia tarvitaan myös energian varastointiin latausverkoston yhteydessä. Arvio on riippuvainen keskimääräisestä litiumintensiteetistä, joka saattaa tulevaisuudessa poiketa käytetystä arvosta huomattavastikin.

Litiumin reservien suuruudeksi ilmoitetaan noin 16 miljoonaa tonnia. Tämä tarkoittaa, että ennustettu sähköautojen tuotanto vuoteen 2030 mennessä vaatisi noin 3,5 – 9,5 % ja vuoteen 2040 mennessä noin 14,5 – 42 % maailman litiumreserveistä.

Litiumin tuotannon tulisi kasvaa noin 149 – 298 tuhatta tonnia vuodessa (noin 350 – 880 %) ja noin 298 – 1006 tuhatta tonnia vuodessa (noin 695 – 2340 %) vuoteen 2030 ja 2040 mennessä. Arvio sisältää vain sähköautojen valmistukseen tarvittavan litiumin, ja esimerkiksi latausinfrastruktuurin rakentamiseen tarvittavan litiumin vuoksi tarve on korkeampi.

Vaikka luvut ovat epätarkkoja ja ennusteisiin perustuvia, niistä nähdään, kuinka hurjaa kasvua tarvitaan kriittisimpien metallien tuotantoon. Kun kuparia, nikkeliä ja kobolttia tarvitaan tulevan sähköautotarpeen lisäksi jo olemassa oleviin sovelluksiin, on selvää, että nykyisellä kaivos-tuotannolla kasvutarvetta ei pysty täyttämään. Uuden kaivoksen perustaminen ja tuotannon käynnistäminen ovat kalliita investointeja. Keskimäärin kaivos saadaan tuottamaan noin kymmenen vuoden kuluttua esiintymän löytämisestä. Samaan aikaan monilla alueilla on jo vakava vesipula ja ympäristösäännökset kiristyvät, joten uusien kaivosten perustaminen ei helpotu. Ennusteet sähköautojen kysynnästä perustuvat pääosin vuosiin 2030 ja 2040 sekä joissakin ennusteissa vuoteen 2050. Ensimmäinen kasvupyrähdys tapahtuu seuraavan kymmenen vuoden kuluessa, joten lisätuotannon edellyttämien kaivosten tai olemassa olevien laajennusten pitäisi olla jo käynnissä.

Raaka-ainereservien riittävyys maankuoressa ei litiumia lukuun ottamatta näyttäisi nousevan pullonkaulaksi. Uusien kaivosten perustaminen aikataulussa tuntuu mahdottomalta. Sähkökäyttöisten kulkuvälineiden puhtaudesta puhuttaessa pitäisi keskusteluissa olla mukana keinot, joilla metallien tuotanto saadaan riittämään. Keskustella pitäisi myös siitä, kuinka välttämätöntä akkuteknologian kehittäminen vähemmän metalleja tarvitsevaan suuntaan sekä tarvittavien metallien kierrätyksen tehostaminen ovat. Ilmastomuutoksen ratkaiseminen edellyttää tutkimusta uusiutuvan energian ja sähköautojen lisäksi myös metallurgiassa, jotta metallien kysyntään pystytään vastaamaan kestäväällä tavalla. ▲



3MW tuulivoimalan kuparin tarve

- 1 Generaattori, staattori 1500 kg
- 2 Generaattori, roottori 100kg
- 3 Taajuusmuuttaja 200kg
- 4 Magnetoingeneraattori 50 kg
- 5 Muuntaja 1000kg
- 6 Johtimet 800 kg
- 7 3 kääntömoottoria á 25 kg
- 8 Kääntömoottori 100kg
- 9 Muu infrastruktuuri aina 25 tonniin asti

1

Voimalatyyppi	onshore	offshore
Betoni	436	1090
Teräs	120	191
Valurauta	24	31
Alumiini	1,53	1,24
Kupari	1,27	6,78
Nikkeli	0,38	0,38
Lyijy	–	4,36
Neodymium	–	0,20
Dysprosium	–	0,013

Eri voimalatyyppien rakentamiseen käytetyt materiaalmäärät kiloina tuotettua kilowattia kohti. Neodymium ja dysprosium ovat kestomagneettimateriaaleja. /1/, /2/

2

Voimalatyyppi	onshore	offshore
Betoni	1308	3270
Teräs	360	573
Valurauta	72	93
Alumiini	4,6	3,7
Kupari	3,8	20,3
Nikkeli	1,1	1,1
Lyijy	–	13,1
Neodymium	–	0,6
Dysprosium	–	0,04

Teholtaan 3 MW olevaan voimalaan tarvittavat materiaalmäärät. Yksikkönä on 1000 kg eli tonni (tn).

Teksti: Tuomo Tiainen
kuva: DKI/Shutterstock

Onko tuulivoimala energiasampo vai -syöppö?

Nykypäivän tuulivoimalat ovat massiivisia rakennelmia. Tornin korkeus voi olla yli sata metriä ja korkeimmillaan ollessaan siiven kärki on lähes 200 metriä maan pinnan yläpuolella. Tuulen pyörittäessä roottoria tornin yläosassa oleva generaattori jauhaa saasteetonta sähköä.

Miten taloudellista tuulivoimalla tuotettu sähkö on? Kuluuko rakenteiden valmistamiseen suuri määrä työtä ja materiaaleja? Ehtiikö tuulivoimala koko elinaikanaan tuottaa ne kustannukset, jotka syntyvät sen materiaalien ja rakenteiden valmistamisesta, pystyttämisestä ja ylläpidosta?

Vastauksia voidaan saada tutkimalla voimalaan käytettyjä materiaalmääriä sekä niiden valmistamiseen käytettyä energiaa. Aluksi on parempi syventyä metalleihin. Pääsemme vyyhden käsittelyyn, vaikka ratkaisemme vain pienen osan ongelmasta.

Voimaloiden kaksi päätyyppiä

Tuulivoimaloita on pääasiassa kahdentyyppiä. On sellaisia, joiden sähköä tuottava generaattori pyörii vaihdelaatikon välityksellä roottoria nopeammin. Näin voidaan sähkön tuottamiseen tarvittavat magneettikentät synnyttää perinteisemmällä kesto- tai sähkömagneettiratkaisuilla. Vaihdelaatikon tuoman ylimääräisen painon vuoksi voimalat ovat pienempiä ja ne sijoitetaan yleensä maalle. Myös huoltoon tarvitaan enemmän ja se käy helpommin maalla ns. onshore-olosuhteissa.

Toisessa voimalatyyppissä roottori ja generaattori pyörivät samalla nopeudella. Tällöin magneettikentät synnytetään voimakkailla kestomagneeteilla, joihin tarvitaan harvinaisiksi maametalleiksi kutsuttuja erikoismateriaaleja. Nämä voimalat voidaan rakentaa suuremmiksi ja sijoittaa hyvin tuuliolosuhteisiin, kuten merelle ns. offshore-olosuhteisiin. Vaihdelaatikon jääminen pois vähentää myös tarvetta huoltoon, joka on offshore-olosuhteissa hankalaa.

Todellisuudessa jako maa- ja merivoimaloihin

ei ole näin jyrkkä, vaan kumpaakin tyyppiä voidaan käyttää sekä maa- että meriolosuhteissa. Tyyppien valinta riippuu esimerkiksi tuuliolosuhteista tai etäisyydestä sähköverkkoon.

Voimalassa on paljon erilaisia materiaaleja

Tuulivoimaloiden päämateriaalit ovat perustusten betoni, tornin teräs ja roottorin siipien lasikuitulujitteinen komposiitti, josta myös yläkerran konehuoneen ulkokuori useimmiten rakennetaan. Itse konehuoneesta löytyvät laitteet ja komponentit rakennetaan pääsääntöisesti metalleista.

Metallien kirjo tuulivoimalassa on melkoinen. Teräksen ja valuraudan lisäksi voimalassa saattaa olla jopa 14 eri ei-rautametallia. Vaihdelaatikon ja generaattorin runko on yleensä valurautaa, alumiinia käytetään rakenteiden keventämiseksi ja kupari on sähkön tuottamisessa ja siirtämisessä ylivoimainen johdemateriaali. Muiden metallien käyttö riippuu voimalatyyppistä.

Materiaalmäärät ovat vaikuttavia

Eri voimalatyyppien ja erikokoisten voimaloiden käyttämät materiaalmäärät eroavat paljon toisistaan. Tämän vuoksi tarkastelussa on hyvä käyttää tapaa, jossa materiaalmäärät lasketaan tuotettua tehoyksikköä (esim. kilowatti) kohti. Tällöin erikokoisten voimaloiden tarvitsemat materiaalmäärät saadaan lasketuksi yksinkertaisella tavalla. Koska betoni on merkittävä osa materiaalien kokonaismäärästä, se on mukana tarkastelussa.

Lähdeteoksissa /1/ ja /2/ on esitetty muista lähdeteoksista koottuja tuulivoimalan rakentamisessa tarvittavia materiaalmääriä voimalan tuottamaa kilowattia kohti. Koska eri lähdeteosten antamat luvut poikkeavat jonkin verran toisistaan, on oheiseen taulukkoon 1 laskettu viimeisimpien lukujen keskiarvot eri materiaaleille.

Taulukon 1 luvuista saadaan lasketuksi esimerkiksi tyypilliseen 3 MW:n voimalaan tarvittavat materiaalmäärät. Tulokset on esitetty **taulukossa 2**.

Taulukosta 2 saadaan onshore-tyypin voimalan kokonaismateriaalmääräksi noin 1750 tonnia ja offshore-tyypin voimalan materiaalmääräksi 3975 tonnia. Metalleja onshore-voimalassa on noin 442 tonnia ja offshore-voimalassa 705 tonnia. Materiaalmäärät ovat vaikuttavia!

Entä voimalan energiatalous?

Yleinen arviointitapa on, että tuulivoimala tuottaa jatkuvasti sähköä keskimäärin viidenneksen nimellistehostaan. Taulukon 2 luvuista ja eri materiaalien tuottamisen ominaisenergiakulutuksesta (tarvittava energia/tn materiaalia) voidaan laskea, mikä on voimalan tarvitsemien materiaalien valmistamiseen tarvittavan ja voimalan elinaikanaan tuottaman energian suhde. Esimerkiksi 3 MW:n offshore-voimala tuottaisi 40 vuoden elinaikanaan energiaa noin nelikymmenkertaisesti sen, mikä sen materiaalien valmistamiseen tarvitaan.

Voimalan rakentamisen, pystyttämisen ja ylläpidon kustannukset pienentävät voimalan energiantuotto/kulutussuhdetta. On arvioitu,

että keskiverto tuulivoimala tuottaa elinaikanaan energiaa vähintään 25-30 -kertaisesti, maksimiarvioiden mukaan jopa 70-80 -kertaisesti verrattuna siihen energiaan, mikä tarvitaan sen materiaalien valmistamiseen, voimalan rakentamiseen, pystytykseen ja käyttöön.

Vaikuttaakin siltä, että energiaa ajatellen tuulivoimala on hyödyllinen rakennelma. Taloudellinen kannattavuus on oma lukunsa, koska siihen vaikuttavat monet muutkin tekijät. ▲

Lähdeteokset:

/1/ Anja Brumme: Critical materials for wind power: The relevance of rare earth elements for wind turbines, M.Sc Thesis, TU Chemnitz, 2011
/2/ André Månberger and Björn Stenqvist: Global metal flows in the renewable energy transition: Exploring the effects of substitutes, technological mix and development, Energy Policy 119 (2018) 226-241

KOLIKON KÄÄNTÖPUOLI

Teksti: Katarina Boijer
Kuvat: Marjo Koivumäki



Suomen Rahapaja on maailman suurimpia kolikonveijä. Se myös suunnittelee ja valmistaa metallirahoja, kolikkoaihioita sekä keräilyrahoja. Kolikoiden käyttäjinä ovat niin keskuspankit, valtiovarainministeriöt kuin rahapajatkin neljällä eri mantereella.

HISTORIAA JA ROBOTTEJA

Maan oma rahapaja ei ole itsestäänselvyys, ja ilman omaa kolikontuotantoa ovat esimerkiksi Kypros, Viro, Latvia, Malta, Tanska sekä Ruotsi. Suomen Rahapaja perustettiin vuonna 1860 tsaari Aleksanteri II:n päätöksellä. Tuotanto alkoi täydellä voimalla vuonna 1864, kun pajassa lyötiin Suomen ensimmäiset markat. Materiaalina oli hopea. Vuonna 1951 alkoi yhtiön juhlarahatuotanto. Silloin valmistettiin Helsingin olympialaisia varten kolikko, joka oli samalla maailman ensimmäinen olympiaraha. Rahapaja sijaitti komeissa tiloissa Helsingin Katajanokalla vuoteen 1988 asti, jolloin tuotanto siirrettiin modernimpiin tiloihin Vantaalle. Kolikon valmistus on pitkä prosessi, joka alkaa metalliseoksen valssauksella. Sen jälkeen kolikot leikataan ja reunastuksessa kolikon terävät reunat poistetaan. Seuraavaksi kolikot hehkutetaan, pinnoitetaan, kiilloitetaan ja leimataan. Rahapajassa paukuttaa 13 leimauskonetta, ja kone naputtaa 750 iskua minuutissa.

Loppuparkastuksessa mitataan esimerkiksi kolikon paino, sähkönjohtavuus sekä magneettisuusaste. Kolikon keskustan on myös kestävä hurja painaminen. Näytteitä kolikoista otetaan päivittäin.

Kolikoiden pakkaamisen hoitavat robotit. Robotteja on viisi, ja ne saavat pakkaamisen näyttämään lähes hypnoottiselta tanssilta. Kolikot menevät pusseihin, jonka jälkeen on vuorossa punnitus. Viimeinen robotti laittaa kolikot lavalle, josta ne lähtevät konteilla eri maanosiin. Rahapajan kolikoita seilaa maailman vesillä noin 700 konttia vuodessa.

KESTÄVÄ KUPARI

Kolikon käyttöikä pinnoitetulla teräskolikolla on parisenkymmentä vuotta. Kupariseoksesta valmistetut kolikot kestävät jopa 30 vuotta. Käytöstä poistumisen jälkeen kolikot murskataan ensin Rahapajalla, jonka jälkeen tuhotut kolikot lähetetään sulatettaviksi ja niistä tehdään uusien kolikkojen raaka-ainetta. Kuparia on kautta aikain käytetty kolikkomateriaalina. Vaikka se tummuu, se on myös hyvin kestävä sekä materiaalina hyvinkin hygieeninen, koska bakteerit eivät kuparissa kasva. Pikkukolikot, eli yhden, kahden ja viiden sentin kolikot valmistetaan kuparipinnoitetusta teräksestä. 10, 20 ja 50 sentin rahojen metalliseos omaa komealta kalskahtavan nimen, Nordic Gold.

Seoksessa on 89 % kuparia sekä mausteina alumiinia, sinkkiä ja tinaa.

Yhden ja kahden euron kolikoissa on kuparia, sinkkiä ja nikkeliä.

Joskus pieniä virheitäkin sattuu. Vuonna 2006 Rahapaja valmisti virheellisiä kahden euron kolikoita. Arvopuolena oli uusi työkaluversio, joka piti ottaa käyttöön kaikissa eurokolikoita valmistavissa rahapajoissa vasta vuoden 2007 alussa.

Virheet saavat ainakin kolikoiden keräilijät iloisiksi, koska niistä tulee keräilykappaleita.

MILLÄ MAKSETAAN TULEVAISUUDESSA?

Niin kolikot kuin setelirahatkin tulevat säilymään tulevaisuudessakin.

Mutta kymmenen vuoden kuluttua rahan rooli voi olla kovinkin erilainen, koska uusi teknologia sekä maksamistavat ovat harpponeet vauhdilla eteenpäin.

Käteinen sekä kansalliset valuutat tulevat olemaan rinnalla rahaliikenteessä, vaikka mobiilimaksaminen onkin laskenut käteisen kysyntää.

Erilaisia tulevaisuuden skenaarioita maksutavoista on olemassa, mutta vielä ei valmiita vastauksia voi antaa. Myös kryptovaluutan käyttö uutena maksuvälineenä on arvoitus.

Mutta mitä enemmän erilaisia maksutapoja on tarjolla, sitä enemmän ihmiset voivat valita itselleen sopivan maksutavan; oli se sitten riihi-kuiva seteli tai kryptoraha. ▲

Maailma ilman metalleja

Teksti: Tuomo Tiainen

Minkälainen maailmamme olisi, jos meillä ei olisi metalleja? Mitä muuta meiltä puuttuisi metallien lisäksi?

Ajatellaan ensimmäisenä sähköä. Aurinkosähköä lukuun ottamatta sähkövirran tuottamiseen tarvitaan magnetismia ja metallien magneettisia ominaisuuksia. Kaiken sähkönsiirtämiseen tuotannosta kulutukseen tarvitaan metalleja sekä niiden hyvää sähköjohtavuutta. Sähköä voidaan toki varastoida akkuihin ja kuljettaa niitä paikasta toiseen, mutta se ei ole taloudellista. Akutkin tarvitsevat metalleja.

Sähkön puuttumisen kaikkia seurauksia voi vain kuvitella. Esimerkiksi aikamme viestintä ja tietotekniikka perustuvat sähköisiin ilmiöihin. Ilman sähköä viestintä perustuisi edelleen savumerkkeihin, kirjekyyhkysiin, kumiseviin rumpuihin ja nopeisiin juoksijoihin. Tietoa varastoitaisiin ihmisten aivoihin ja kiveen hakattuihin kirjoituksiin. Ihmisten täytyisi mennä tiedon luokse. Nyt tieto kulkee mukana taskussa.

Kuinka tuottaisimme tarvitsemamme energian ilman metalleja? Tapahtuipa energian tuotanto sitten vesivoimaa, palamista, ydinenergiaa tai tuulta käyttäen, niin kaikkien tuotantolaitosten keskeiset ja rasitetuimmat osat rakennetaan metalleista. Muut materiaalit eivät joko kestä tai tarvittavien muotojen valmistaminen niistä ei ole mahdollista.

Nykypäivän kuljetusvälineet ja niiden voimallisten toimivien moottorit on rakennettu lujista ja kestävästä metalleista. Moottoritkaan eivät toimi ilman sähköä dieselit lukuun ottamatta. Ilman metalleja jouduttaisiin kuljetuksissa käyttämään edelleen hevos-, lihas- ja tuulivoimaa, liikuttainpa sitten maitse tai vesitse.

Lentämisestä nykyisen kaltaisena liikkumismuotona voisi vain haaveilla. Purjelentokoneet ja kuumailmapallot veisivät sinne minne tuuli kuljettaa, mutta ei sinne minne ihminen haluaisi mennä.

Entäpä sitten maa- ja metsätalous ja ruuan tuottaminen? Maa kynnettäisiin edelleen härillä

ja puisilla auroilla, vilja jauhettaisiin käsikivillä tai puisen vesirattaan ja puisten hammaspyörien pyörittämällä jauhinkivillä. Puut kaadettaisiin kivikirveillä.

Kulttuurikin olisi toisenlainen metallien puuttuessa. Kuva- ja maalaustaide voisivat kukoistaa ilman metallejakin. Kuvanveisto- ja patsastaide pohjautuisivat edelleen savesta muotoiltuun ja poltettuun keramiikkaan tai kivikirveillä muotoiltuihin puuveistoksiin. Kirjat olisivat edelleen pergamentille tai käsin tehdyille paperille käsin kirjoitettuja harvinaisia teoksia.

Musiikkikukaan ei olisi nykyisen kaltaista ilman metalleja. Tuohitorvien sameat törähdykset tai jänteistä tehtyjen kielten tukahtunut sointi eivät muistuttaisi nykyisten vaskipuhaltimien kuulusta ja selkeää äänimaailmaa tai teräskielten kirkasta helinää.

Omat ihailijansa ilman metallejakin tuotetulla kulttuurilla toki varmasti olisi. Siinä suhteessa maailma ei ole metalleista muuttunut.

Voisimmeko välttyä joiltakin jokapäiväiseen

elämään liittyviltä haitoilta, jos metalleja ei olisi? Metallien raaka-ainelähteitä, eli kaivoksia ei olisi, eikä niitä ilman metalleja pystyttäisi tekemäänkään. Ei tarvittaisi myöskään nykyisiä metallien valmistus- ja jalostuslaitoksia eivätkä niiden ympäristökysymykset olisi esillä nykyiseen tapaan.

Muistettava on, että metalleja voidaan uusiokäyttää ja kierrättää lähes loputtomasti. Kierrätystä tehostamalla voidaan merkittävästi hillitä metallien tuottamiseen liittyvien ympäristöhaittojen syntyä.

On totta, että joillakin raskasmetallien esiintymismuodoilla on terveydellisiä haittavaikutuksia. Ne on jo pitkälti opittu tuntemaan. Niitä voidaan torjua välttämällä kyseisten metallien käyttöä haitallisissa muodoissaan ja tarvittaessa asettamalla lainsäädännöllisiä rajoituksia niiden käytölle.

Lopuksi voidaan todeta, että metallit ovat ehdottoman välttämättömiä ihmiskunnan ja sen muodostamien yhteiskuntien sekä niiden ylläpitämisen ja kehittämisen kannalta. ▲



Suomesta löytyy poikkeuksellinen määrä metalleja

Teksti: Marko Mannila

Suomen kaivokset tuottavat kaiken kromin ja apatiitin Euroopan unionissa ja myös merkittävän osan platinasta, palladiumista, nikkelistä, talkista ja kullasta. Lisäksi Suomesta löytyy tulevaisuuden mineraaleja, joita tarvitaan sähköautojen akuissa.

"Suomen kallioperä on poikkeuksellisen monimuotoinen", johtaja Pekka Nurmi Geologian tutkimuskeskus GTK:sta sanoo.

Monimuotoisuudesta johtuen Suomen kallioperästä on jo löytynyt huomattavan paljon erilaisia hyödyllisiä mineraaleja. Tonnimäärissä laskettuna kolme suurinta ovat rauta, kromi ja rikki.

Rautaa ei tällä hetkellä louhita Suomessa, ja rikinkin merkitys on taloudellisesti pieni. Rikkiä saadaan Pyhäsalmen kaivoksen sivutuotteena, ja sen talteenotto jatkuu näillä näkymin viitisen vuotta.

Sen sijaan kromin tuotanto on erittäin merkittävää. Kaikki Euroopan unionin kromi tulee Kemian kromikaivoksesta. Kromia käytetään lähinnä ruostumattoman teräksen valmistuksessa.

Muita Suomesta louhittavia ja taloudellisesti merkittäviä metalleja ovat nikkeli, kulta, kupari ja sinkki. Monesta Suomen kaivoksesta louhitaan nikkeliä, ja maamme tuottikin viime vuonna lähes kaksi kolmasosaa, 64 prosenttia, Euroopan unionin nikkelistä. EU:n kullantuotannosta Suomen osuus on melkein kolmannes, ja tästä valtaosa kaivetaan Euroopan suurimmasta kulta-kaivoksesta Kittilästä. Suomesta tulee kymmenen prosenttia EU:n sinkistä ja kuusi prosenttia kuparista. Platinaa ja esimerkiksi elektroniikassa käytettävää palladiumia louhitaan Suomessa myös taloudellisesti merkittäviä määriä.

Ainoa apatiittikaivos

Muista mineraaleista merkittävin on lannoitteiden välttämätön raaka-aine apatiitti. Siilinjärven apatiittikaivos on ainoa Euroopan unionin alueella, ja Suomi tuottaa siten kaiken EU:n alueelta saatavan apatiitin. Huomattavaa tuotantoa on myös talkissa, jota käytetään esimerkiksi maalien, muovien ja paperin valmistuksessa. Suomesta louhitaan 51 prosenttia EU:n talkista.

Suomessa on myös ns. kriittisten raaka-aineiden tuotantoa. Kriittiset raaka-aineet ovat sellaisia, joilla on suurta taloudellista merkitystä ja niiden saatavuuteen liittyy huomattavia riskejä. Suomessa tuotettavia kriittisiä raaka-aineita ovat koboltti, platinametallit ja edellä mainittu apatiitti.

Suomessa on juuri aloitettu tai ollaan aloittamassa uusien malmien tuotantoa: Taivaljärven hopeakaivos Sotkamosssa avattiin keväällä ja Pohjanmaalla alettaneen louhia akkujen tarvitsemaa litiumia. Kolarin rautakaivoksen lupaprosessi on käynnissä. Lisäksi on suunnitteilla esimerkiksi Otanmäen kaivoksen avaaminen uudelleen. Otanmäen kaivoksen tarkoitus tuottaa titaani-pitoista ilmeniittirikastetta, vanadiinia ja rautaa. Ilmailuteollisuus on suuri titaanin käyttäjä, kun taas vanadiini tekee teräksistä vahvempaa.

Kannattavuusselvityksen kohteena on myös Sakatin monimetalliesiintymä, jonka mineraalivarannot ovat poikkeuksellisen suuret. Kaivos voisi aloittaa nikkelin, kuparin, platinan ja kobolttin tuotannon arviolta kymmenen vuoden päästä.

Paljon vielä löytymättä

Suomessa arvioidaan olevan vielä paljon mineraaliesiintymiä, joita ei ole vielä löydetty. Geologit pystyvät tekemään kallioperän perusteella arvioita siitä, mitä tietyltä alueelta voi löytyä.

Maastamme on mahdollista löytä

samanlaisia esiintymiä kuin vaikkapa Kanadasta. "Yli kaksi miljardia vuotta sitten, kun osa malmeistamme muodostui, Suomi oli samaa supermannerta esimerkiksi Kanadan vanhimpien osien kanssa. Myöhemmin tuo supermanner hajosi ja nyt yksi sen kappaleista muodostaa Suomen vanhimpia osia", johtava asiantuntija Asko Käpyaho GTK:sta toteaa. Suomen kallioperä on tutkittu malminetsinnällisesti paljon vähemmän kuin Kanadan. Käytännössä vain kallioperän pintaosien koostumus on kohtuullisen hyvin tiedossa.

Arvokkaita mineraaleja löytyy jatkuvasti lisää. Nurmen mukaan 1970-luvulla uskottiin, että kaikki merkittävät esiintymät ovat jo tiedossa. "Malmiesiintymiä on sen jälkeen löytynyt jopa maanpinnasta, kuten esimerkiksi Yli-Tornion ja Sodankylän rikkaat kulta-lyödyt", hän sanoo.

Todennäköistä on, että Suomen kallioperästä löytyy lisää samoja mineraaleja, joita täällä jo tiedetään esiintyvän. Suomelle kokonaan uusien mineraalien löytäminen ei ole kovin todennäköistä.

Malmia pitäisi kuitenkin etsiä ahkerammin, sanovat malminetsijät itse. "Tämän hetkinen panostus malminetsintään Suomessa ei ole sillä tasolla, että sillä pystyttäisiin turvaamaan tulevaisuuden yhä kasvavat raaka-aineiden ja metallien tarpeet", Kaivosteollisuus ry:n malminetsintäjohto toteaa.

Teknologia määrää kysynnän

Teknologinen kehitys määrää, mitä metalleja kulloinkin kysytään. Tällä hetkellä on käynnissä perusteellinen energiamurros, eli energian lähteiden vaihtuminen vähähiiliseksi, joilla voidaan pysäyttää ilmaston lämpeneminen. Se vaatii erilaisia metalleja kuin aikaisemmin, eikä ole mahdollista ilman niiden tuotannon lisäämistä.

Sähköauto saa käyttövoimansa akuista, joiden

valmistuksessa tarvitaan etupäässä viittä raaka-ainetta: kobolttia, nikkeliä, mangaania, litiumia ja hiilen yhtä olomuotoa, grafiittia. Suomen kallioperästä löytyy kaikkia näitä mineraaleja. Kokkolassa on lisäksi maailman suurin kobolttin tuotantolaitos, joka tuottaa kymmenen prosenttia koko maailman jalostetusta koboltista. Lisäksi Suomeen ollaan rakentamassa merkittävää kapasiteettia nikkeli- ja kobolttikemikaalien tuottamiseksi akkuihin.

Sähköautojen yleistyessä myös kuparin kysyntä kasvaa voimakkaasti. Yhteen sähköautoon kuluu keskimäärin 80 kiloa kuparia, ja jos maailmassa lasketaan olevan miljardi autoa, tulee kertolaskun tuloksesta tähtitieteellinen. Sähköautotekniikassa kuparia on vaikea korvata.

Kuparin tarvetta lisää osaltaan myös latauspaikkojen verkosto, koteihin, työpaikoille ja kauppakeskuksiin.

"On laskettu, että pelkästään Iso-Britanniassa tarvitaan 60–70 miljoonaa latauspistettä", Nurmi sanoo.

Toisten metallien ja mineraalien tarve on laskenut. Esimerkiksi tinan kysyntä väheni, kun peltipurkkien tinauksesta luovuttiin ja niitä alettiin muovittaa.

Tulevaisuuden tarpeiden ennustaminen onkin vaikeaa, koska teknologian kehittymistä on vaikea ennakoita. "On mahdotonta arvioida, mitkä mineraalit ovat tärkeitä 2050-luvulla", Nurmi sanoo.

Malmirikasteet ovat välttämätöntä raaka-ainetta metallinjalostukselle, joka on Suomessa suuri teollisuudenhaara. Suomen kaivokset eivät laskennallisesti pysty läheskään tyydyttämään maamme metallinjalostuksen tarpeita. Suomeen tuodaankin paljon metallimalmirikasteita.

Kierrätys korvaa osan tarpeesta

Euroopassa raaka-aineiden kierrätystä on pyritty edistämään, ja kierrätyksellä pystytäänkin jo korvaamaan metallien primääristä tuotantoa eli kaivoksista louhittuja malmeja.

Metalliriemu saadaan hyvin tehokkaasti kierrätykseen. Metallituotteiden ikä on kuitenkin pitkä, usein kymmeniä vuosia, ja metallien käyttö on viime vuosikymmeninä kasvanut reilusti. Siksi kierrätysmetalleilla ei pysty korvaamaan kuin osan nykyisestä tarpeesta.

Monet järjestöt laskevat kierrätysmetallien osuutta teollisuuden käyttämistä metalleista. Eri metallien kierrätyslukuja on kuitenkin vaikea verrata keskenään, sillä laskentakaavat eroavat toisistaan selvästi.

Metalliriemu kannattaa käyttää uudelleen, sillä sen kierrätettävyyden on erittäin hyvä. Metalleja

pystyy kierrättämään periaatteessa rajattomasti. Lisäksi kierrätyksellä voidaan korvata muitakin raaka-aineita: esimerkiksi tonnilla romurautaa säästetään 1136 kiloa rautamalmia, 454 kiloa hiiltä sekä 18 kiloa kalkkikiveä. Lisäksi hiilidioksidipäästöt vähenevät tuhannella kilolla. Myös vaikkapa alumiinissa kierrätys kannattaa hyvin, sillä energiaa kuluu vain viisi prosenttia siitä, mikä kuluisi alumiinin valmistukseen uudesta malmista.

Kierrätyksen järjestäminen ei kuitenkaan aina ole yksinkertaista. Usein joko taloudellinen kannattavuus on heikko, poliittiset päättäjät ovat haluttomia etsimään kierrätyskohteita tai tarvittavaa teknologiaa ei ole. Esimerkiksi eräitä harvinaisia maa-metalleja, kuten magneeteissa käytettävää neodyymia, ei pystytä ottamaan talteen metalliriemusta.

Kierrätys ei pysty koskaan täysin korvaamaan malmipohjaista metallien tuotantoa. Aivan kaikkea metallia ei saada kierrätyksellä talteen, monen metallin kysyntä kasvaa, ja metallien kysyntä myös vaihtelee.

Teknologisen kehityksen vuoksi metallien tarve on nykyisin erilainen kuin muutama vuosikymmen sitten. ▲

High-tech metals

● Special Metals: REE, Nb, Be, Ta, Sc, Zr, Y, In

● Platinum Group Metals (PGM)

● Cobalt (Co)

● Lithium (Li)

○ Titanium (Ti)

Deposit size

○ Very large

○ Large

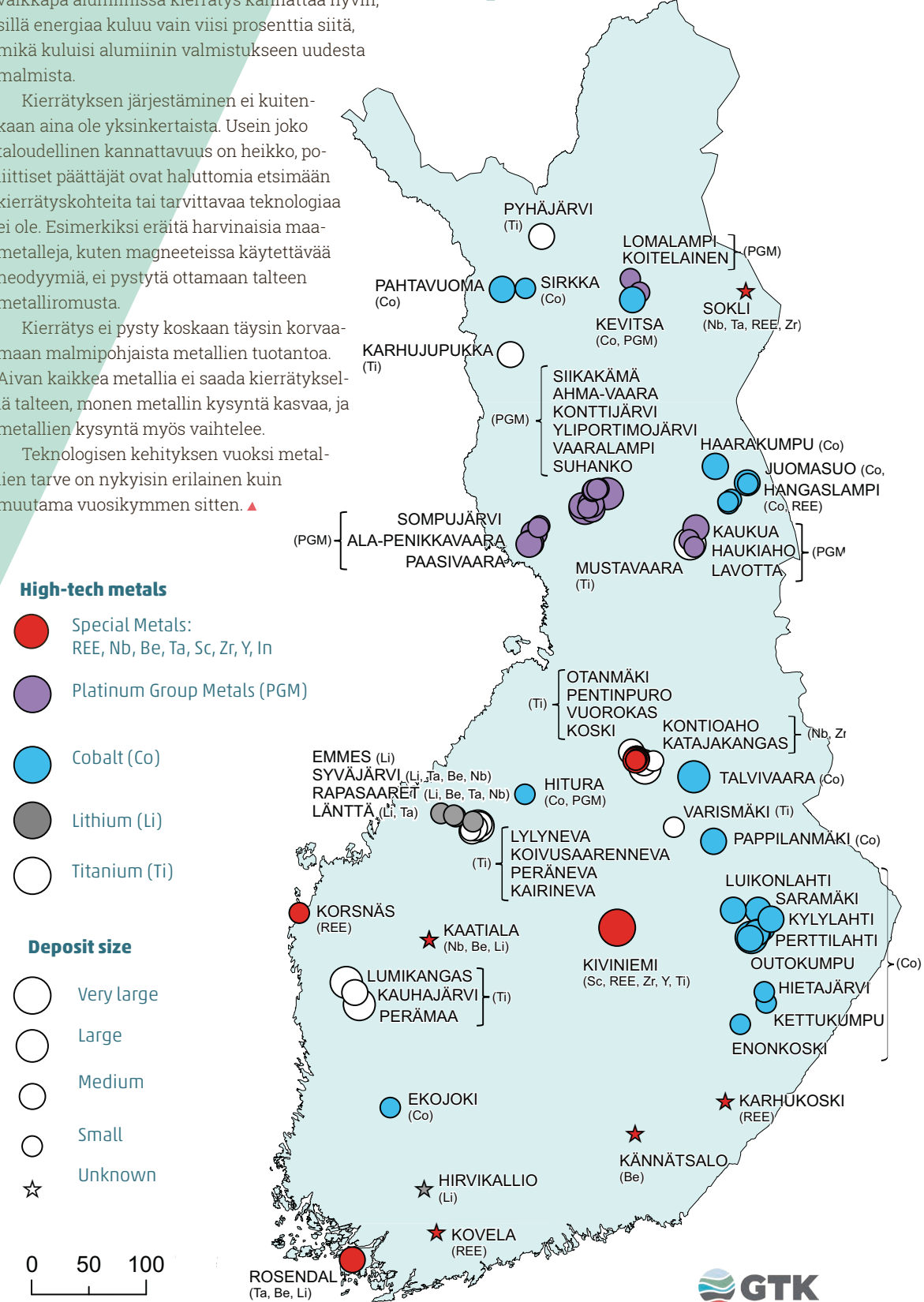
○ Medium

○ Small

☆ Unknown

0 50 100

The most important high-tech metal deposits



VIIKINKIMIEKAT VIEVÄT AIKAMATKALLE



Teksti: Katarina Boijer
Valokuvat: Marjo Koivumäki (miekat)
GTK, Jari Vätäinen (mineraali)

Suomi ei ollutkaan sellainen köyhä ja takapajuinen metsäkylä kuin aikaisemmin on luultu. Tätä tukevat kotimaamme viikinkimiekka- löydökset. Miekkoja on löytynyt jo satoja, ja ne omalta osaltaan korjaavat mielikuvaa rutiköyhästä kansasta pohjolan perukoilla.

Viikinkimiekka on vain termi. Samankaltaisia miekkoja on ollut käytössä ympäri Eurooppaa noin vuosina 800-1025. Varmuudella ei voi sanoa, ovatko Suomesta löytyneet miekat kuuluneet juuri viikingeille.

Termi viikinki on myös hämäävä. Suurimmalle osalle ihmisistä sanasta tulevat mieleen punapartaiset korstot, jotka verenhiemoina valloittivat aina vaan uusia alueita tappaen tieltään kaikki paikalliset.

Räyhähenkisiä ryöstelijöitä oli kuitenkin vain pieni osa Ruotsin, Norjan ja Tanskan skandinaaveista. Suurin osa viljeli rauhaisasti maata tai teki tuottoisaa kauppatoimintaa.

Rauta-ajan osa oli viikinkiaikaa, eikä se ollut Suomessa köyhää, vaan ihan mukavan vaurasta aikaa. Kulttuurien välinen liikkuvuus oli runsasta. Rannikolta oli hyvät yhteydet sisämaahan, ja arvotavaraa kuten hopeaa ja aseita kulki ketterästi paikasta toiseen. Suomi taas teki vientikauppaa turkiksilla.

Miekka oli taisteluase, mutta myös statussymboli. Koristelun taso ja määrä kertoivat kantajansa yhteiskunnallisesta asemasta. Miekkojen valmistus vaati suurta taitoa, joten korkealaatuiset miekat olivat kalliita.

Miekoilla uskottiin olevan yliluonnollisia voimia, ja usein niille annettiin myös nimet. Miekoilla oli oma persoona, joka ei aina toiminut kantajansa toiveen mukaan. Miekalla oli välillä oma tahto.

MIEKKOJEN MIEKKA

Varsinainen eliittiesine oli ULFBERHT-miekka. Ne ovat saaneet nimensä terään taotusta säiläkirjoituksesta. Miekan nimi on arvoitus. Koska miekkoja valmistettiin parinsadan vuoden ajan, kyseessä ei voi olla yksittäinen seppä. Ehkä kyseessä oli paja. Yhdessäkään kirjallisessa lähteessä ei kyseistä nimeä kuitenkaan näy.

Tutkimuksissa on päädytty siihen, että miekat valmistettiin frankkien alueella, eli nykyisen Espanjan, Ranskan ja Saksan alueella.

Miekkoihin käytetty teräskin ihmeuttää. Laadultaan se oli aivan yliverstaista. Mistä teräs on tullut? Yhden teorian mukaan se on saapunut Volgan kauppareittia pitkin nykyisen Afganistanin alueelta. Mutta tämäkin teoria on suuri kysymysmerkki.

Toinen aikansa Ferrari miekkojen saralla oli INGELRII, joka ilmestyi miekkojen maailmaan ULFBERHTIN jälkeen. Molempia miekkoja myös kopioitiin ahkerasti.



KOPION KOPION KOPIO

Suomesta löytyneistä miekoista osa voi olla suomalaisten seppien valmistamia.

Seppä on voinut nähdä komean miekan latinankielisine kirjoituksineen, ja tehnyt siitä kotimaisen jäljennöksen.

Suomessa miekkoja on löytynyt lähinnä Varsinais-Suomesta, Satakunnasta sekä Hämeestä. Suurin osa on Kansallismuseon kokoelmissa.

Miekkoja on löytynyt arkeologisissa kalmistokaivauksissa, mutta myös metallinetsinnän harrastajat ovat löytäneet kymmeniä miekkoja, jotka on toimitettu Museovirastoon. Kaikki eivät tokikaan ole viikinkimiekkoja.

Suomesta löytyneet miekat ovat suurelta osin laatutavaraa, vaikka joukossa on myös paljon kopioita. On hyvin vaikea erottaa alkuperäistä ja kopiota toisistaan, koska monet miekoista ovat huonokuntoisia. Soppa on valmis, kun kopioitakin kopioitiin. Kirjaimista ei saa tolkkua, vaan ne voivat olla täyttä hölynpölyistä siansaksaa, koska seppä ei osannut lukea.

Oli sitten kyseessä aito miekkataiteen priimayksilö tai perähikiän piraattikopio, miekat ovat aina lähes taianomaisia esineitä.

TOSIASEITA JA LEGENDOJA

Miekkoja alettiin valmistaa noin 5000 vuotta sitten.

Eri aikakausina käytettiin erilaisia materiaaleja, työkaluja sekä tekniikoita. Myös miekkojen vahvuus, joustavuus ja tasapaino vaihtelivat.

Ensimmäiset miekat olivat kuparia, joten niistä tuli liiankin taipuisia. Pronssi teki miekoista vahvempia, ja tinaa lisäämällä aseista saatiin vieläkin kovempia.

Niin oikea menneisyys kuin myyttiset historian havinatkin ovat täynnä legendoja miekoista.

Varsin komean miekan omisti skotlantilainen itsenäisyystaistelija William Wallace. Miekallaan hän huitoi englantilaisia sotilaita taisteluissa 1200-luvun lopulla. Miekka ei ehkä kuitenkaan hänelle kuulunut, vaan se on voitu koota kahdestakin eri miekasta. Sen pituus on hämääntävä 163 senttiä, joka tekee siitä sellaisen huiskimen, että sen kantajan olisi täytynyt olla aikamoinen jättiläinen. Mutta upea kapistus vapauden miekaksikin kutsuttu esine kuitenkin on.

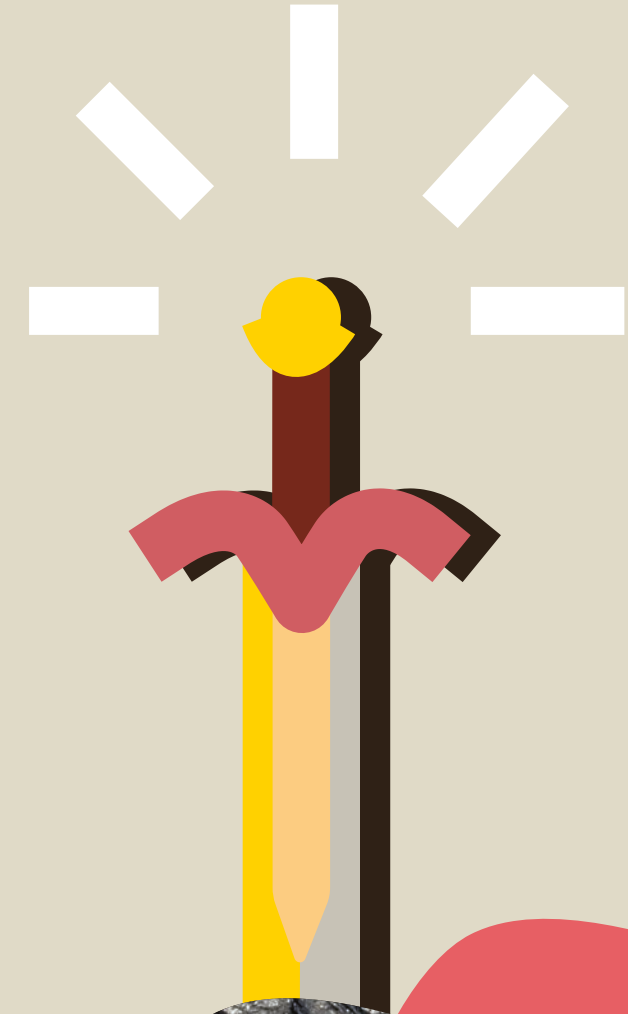
Tarunomaisin kaikista miekoista on kuningas Arthurin Excalibur. Kelttiläisen legendan mukaan se oli taikamiekka, jonka vain Arthur kykeni vetämään kivistä. Miekka symboloi kuningaskuntaa, mutta siinä oli myös ehto. Miekkaa tuli käyttää oikeudenmukaisesti. Viimeisen tehtävän jälkeen pyhä miekka tuli palauttaa oikealle omistajalleen, Järven Neidolle.

Kuningas Arthurin hovin Pyöreän pöydän rita-reiden vimmaisista taistelija oli Sir Lancelot, joka oli aikansa paras miekkailija.

Eikä arkkienkeli Mikaelkaan jäänyt jälkeen. Kuvataiteissa hänet on maalattu usein tallomassa paholaista miekka ojossa.

Elokuissa miekat nousevat lähes omaan rooliinsa. Tähtien sodissa sähköyvät valomiekat ja Taru sormusten herrasta -trilogiassa Aragornilla on käsissään voimakas Andúril. Conan Barbaarissa järkäleän kokoinen Arnold Schwarzenegger pullistelee miehisesti miekkansa kanssa. Naisenergiana edusti Uma Thurman Kill Bill -elokuissa, joissa katana -samuraimiekka sai kymmenet miehet lakoamaan, usein ilman päätä tai muuta tärkeää ruumiinosaa.

Olivat miekat sitten oikeita tai kuvitteellisia, niihin liittyvä arvoituksellisuus on kiehtonut ihmisiä aina. Miekat tarjoavat enemmän kysymyksiä kuin vastauksia. ▲



Miekat olivat usein myös materiaaliiltaan aikansa edelläkävijöitä

"WUF" SANOI LOHKARE-LARI, KUN MALMIKIVEN LÖYSI

Teksti: Katarina Boijer



**On vuosi 1964.
Suomalainen
metsämaisema hehkuu
kukkeimmillaan.
Metsän siimeksestä
kuuluu kiivas haukunta.
Saksanpaimenkoira Lari
on löytänyt taas aarteen.**

Lari oli Suomen ensimmäinen malmikoira.

Vuonna 1962 professori Aarno Kahma sekä sihteeri Toivo Mustonen istuskelivat pihakeinussa, ja Toivo heitteli koiralleen kiviä. Hän kehui koiransa hakevan kiviä vaikka veden alta, ja herrat miettivät, josko koirista olisi hyötyä myös malminetsinnässä.

Idea oli syntynyt, ja he soittivat pitkän linjan palveluskoirakouluttaja Pentti Mattssonille.

Käyttöominaisuuksiltaan parhaat koiranpennut valittiin koulutukseen.

Malmikoiriksi valitut olivat kaikki saksanpaimenkoiria niiden ketteryyden ja sinnikkyyden takia. Ne olivat oivallisia hankalaan maastoon, ja turkkikin oli sään- ja itikankestävä.

Ensimmäinen vuosi kului koirien peruskoulutuksessa, ja ne opetettiin tottelemaan ohjaajansa pienintäkin viitettä. Sen jälkeen alkoi kahden vuoden koulutus malmikoiraauralle.

Aluksi leikittiin paljon. Koirille heiteltiin keppejä sekä pieniä kiviä. Niitä kiiteltiin vuolaasti onnistuneen haun jälkeen.

Kivissä oli voimakas kouluttajan haju, jonka perusteella koira niitä nouti. Pikkuhiljaa ihmisen hajua vähennettiin, ja tavalliset kivet vaihdettiin sulfidia sisältäviin kiviin.

Malmikivi tuoksu voimakkaasti, koska siinä on rikkidioksidia ja rikkivetyä. Koira ymmärsi nopeasti, että jaahas, tämä on se haju mitä herkän nenäni pitää etsiä. Koirien kuono on ylivertainen ihmisen tuulenhalkojaan verrattuna, ja koira pystyy haistamaan malmin metrienkin syvyydestä irtomaakerroksen läpi.

Ensin kiviä pilotettiin helppoon maastoon, ja myöhemmin etsintäalue suureni ja vaikeutui.

Talvella ei etsintöjä tehty, vaan aktiivinen etsintäaika oli seitsemisen kuukautta vuodessa.

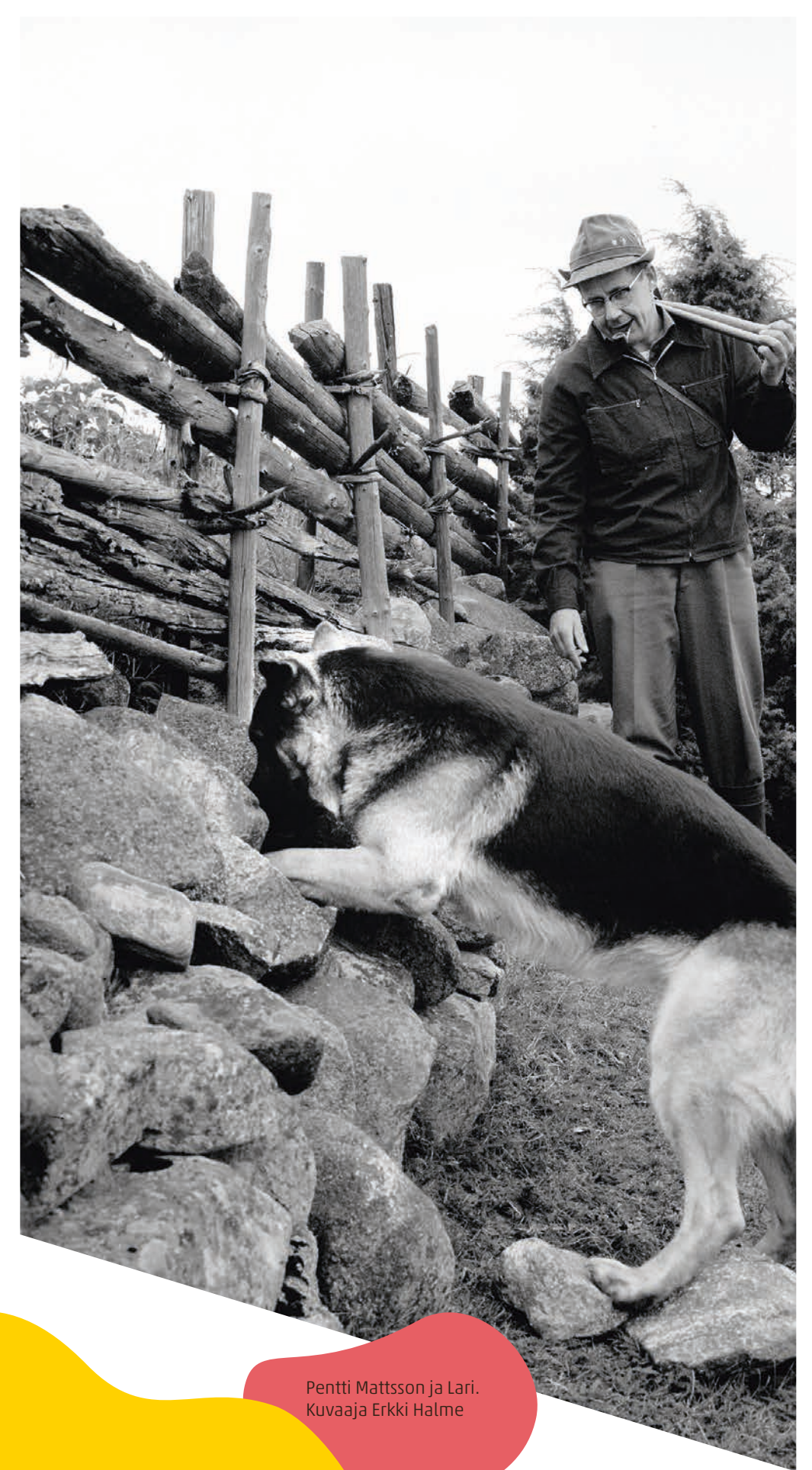
Kouluttajiaakin koulutettiin. Heidän piti oppia tunnistamaan malmimineraalit. Myös luonteen tuli olla sellainen, että jaksoi samota erämaassa yksikseen tuntikausia päivässä.

Vuonna 1965 Lari oli löytänyt yli tuhat lohkaretta. Tulokset olivat niin hyviä, että samaa kokeiltiin myös Ruotsissa ja Kanadassa.

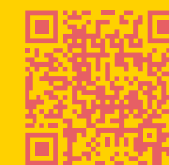
Mattsson palkittiin 10 000 markalla ja Lari sai paketillisen nakkeja. Luovutustilaisuus ei Laria suuremmin miellyttänyt, vaan se murisi tiedotusvälineiden edustajille hampaat irvessä.

Brittiläisetkin ihastelivat Suomi-koirien innokasta tonkimista ja päättelivät, että jos näin näppärästi koirat etsivät malmia, niin samaa voisi soveltaa myös huumeiden etsimiseen. Huumekoirakoulutus alkoi Suomessa vuonna 1969.

Koirien avulla on löydetty useita malmimineraalisaatioita, ja parhaimmillaan koiria oli käytössä kahdeksan. Mutta malmikoirien käyttöä ei enää koettu tarpeelliseksi, ja viimeinen nuuskuttaja oli saksanpaimenkoira Fussel, joka päätti uransa vuonna 1994. ▲



Pentti Mattsson ja Lari.
Kuvaaja Erkki Halme



YouTubesta löytyy varsin vinkeä vartin mittainen lyhytelokuva Larista työssään ja samalla voi ihailla, ah, niin nostalgista 60-lukua!

ELÄMYS- KAIVOKSEN UUMENISSA

Teksti: Katarina Boijer
Kuvat: Marjo Koivumäki

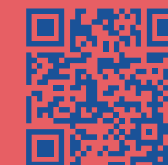
108
110 m

2.8
m/s

Lohjalla sijaitseva Tytyrin elämyskaivos on mainio paikka niin lapsille kuin aikuisillekin. Oli sitten kiinnostunut vanhoista kaivoskoneista, geologiasta tai vaikkapa vuorenpeikoista, niin nokka kannattaa suunnata kohti maanalaista aarreaittaa.



Tytyrissä järjestetään opastettuja kierroksia lähes vuoden jokaisena päivänä. Tarkemmat kellonajat löytyvät Tytyrin kotisivuilta. Myös ryhmille on opastuksia suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi. Tytyri löytyy Lohjan keskustan tuntumasta, osoitteesta Kuilukatu 42.



VALOT TANSSIVAT LOUHOKSESSA

Tytyrin elämyskaivoksessa on kaikenlaista mukavaa toimintaa. Jännittävään tunnelmaan pääsee jo huikaisevan nopeassa hississä, joka on sinertävine led-valoineen ja musiikkeineen KONE-yhtiön taidonnäyte. Hissi onkin Suomen nopein.

KONEella on Tytyrin kupeessa oma testilaboratorio, jossa vauhdikkaita hissejä tehdään entistäkin paremmiksi esimerkiksi Dubain pilvenpiirtäjien tarpeisiin. Hissejä testataan jopa 300 metrin syvyydessä. Nopeuden lisäksi hissien täytyy olla mukavia, liikkuu sulavasti eivätkä korvatkaan saa mennä lukkoon.

Elämyskaivoksessa lapsille on omia teemakierroksia, joissa voi pukeutua peikkoasuihin, paukuttaa säilyketölkkirumpuja tai istuskella vinokuiluhississä.

Koululaiset saavat paljon irti geologiasta, kun pääsee huuhtomaan oikeaa kultaa. Omia voimiaan voi kokeilla nostamalla kaivosmiehen poraa.

Kaivoksessa voi myös kokea karmaisevaa Halloween-tunnelmaa, etsiä pääsiäismunia tai hortoilla pelkän otsalampun kanssa "pimeillä" kaivoskierroksilla.

Kaivoksessa on kosteaa ja hämärää eikä asteitakaan ole kuin kahdeksan, joten lämmin nuttu kannattaa ottaa mukaan.

Tytyri-salin voi varata kokouksille tai vaikkapa häävastaanottoon. Salissa ei nuttua tarvitse, koska siellä on mukavat parisenkymmentä lämpöastetta.

Kaivostoiminta sai Lohjalla alkunsa, kun Ruotsin kuningas Kustaa Vaasa antoi luvan Erik Flemingille rautamalmin louhintaan vuonna 1542.

Malmi oli kuitenkin heikkoa ja huonolaatuista, mutta sitä louhittiin kuitenkin vuoteen 1862 asti.

Varsinainen vuoriyö Lohjalla alkoi vuonna 1897. Silloin kalkkikiveä alettiin käyttää hyväksi teollisesti.

Merikapteeni Karl Forsström perusti kalkinpolttimon, josta kasvoi suuryritys Oy Lohja Ab.

Maan alle siirryttiin osittain 1940-luvulla, jolloin avolouhoksesta pudotettiin lohkaraita murskattaviksi. Kaivoksen vieressä sijaitsee kalkkitehdas, joka oli toiminnassa vuosina 1948-1951. Kokonaan maanalaiseen toimintaan siirryttiin vuonna 1956.

Nykyään Tytyrissä porataan 350 metrin syvyydessä. Järven ja osittain kaupungin alla risteilevän käytäväverkoston pituus on yli 60 kilometriä. Nordkalk on elämyskaivoksen oikea, ja välillä meluisa kaivosnaapuri, joka tekee kalkkikivipohjaisia tuotteita. Kalkkia louhitaan noin miljoonan tonnin edestä vuodessa. Nordkalk on Suomen kolmanneksi suurin kalkkikivikaivos.

Kolmannes Lohjan talousvedestä tulee Tytyristä. Vesi on kalkkipitoista, joten kalkkitah- roja saa kylpyhuoneesta siivota useasti. Mutta kukat ja viherkasvit nauttivat!

Tytyrin kaivosmuseo avautui vuonna 1988. Elämyskaivoksena se kaikessa komeudessaan näki päivänvalon-tai maanalaisen keinova- lon-vuonna 2017.

Salia on käytetty myös huippuravintolan illalisiin, jotka on myyty loppuun hetkessä.

Salissa järjestetään myös samppanjamaisia. Poreilevuuteen liittyy myös Heidsieck-samppanjatalon kokeilu. Kaivoksen uumenissa on kypsytetty samppanjaa, ja kokeella testataan muuttuko samppanjan maku maanalaisissa olosuhteissa.

Mielenkiintoinen taideteoskin voi kurkkia nurkan takana, samaten kuin säikähdyttävän elävän näköinen kaivosmiesnukke.

Kaivoskierroksen kruunaa valonäytös, joka esitetään 100 metriä syvän louhoksen pinnalla. Eriväriset valot tanssahtelevat rosoisella kalliopinnalla. Musiikista vastaa oman valinnan mukaan joko Amorphis, Sibelius tai Grieg, jonka Vuorenpeikkojen tanssi sopii tunnelmaan kuin pora kaivosmiehen käteen. Silmälaseja tai puhe- limia ei kannata tiputtaa louhokseen!

Valojen tekniset ratkaisut olivat haastavia. Mutta mitäpä ei taitava jousiampuja tekisi? Piuhoja ammuttiin jousella näppärästi koukku- jen läpi.

Rusnaus, eli seinissä tai katossa olevien irtolohkareiden tiputtaminen turvallisesti alas tehdään vuosittain kaivosyhtiön toimesta, joten kaivoksessa ei tarvitse pelätä päänahan ropisevia kiviä.

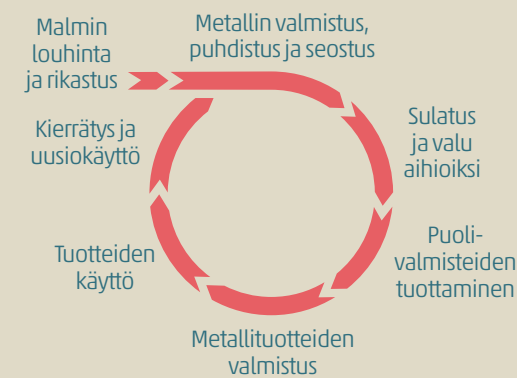
Tytyrin elämyskaivos on ainutlaatuinen paikka kaikille geologiasta ja kaivoshistoriasta kiinnostuneille. Kuin elävä ja hengittävä museo. ▲

Metallien elinkaari ihmisen palveluksessa

Teksti: Tuomo Tiainen
Kuvitus: Petra Juva

Metallien elinkaari on alkuun vaivalloinen, mutta kerran synnyttyään metallit voivat kiertää ihmisen palveluksessa lähes ikuisesti. Mistä tämä johtuu, siitä tarina seuraavassa.

ELINKAAREN VAIHEET



Metallin elinkaari ihmisen palveluksessa ei siis ole kaari ollenkaan, vaan päättymätön rengas, jossa metalli kiertää välillä uusiutuen vaiheesta ja tuotteesta toiseen. Tutustutaanpa yllä esitettyihin vaiheisiin hiukan lähemmin.

Malmin louhinta ja rikastus

Tässä vaiheessa kallioperään sitoutunut metallipitoinen kiviaines, malmi, irrotetaan kalliosta louhimalla ja erotetaan metallia sisältämättömästä sivukivestä. Malmista kerätään metallipitoiset osat talteen rikastusprosessissa. Näin saadusta rikasteesta valmistetaan itse metalli.

Metallin valmistus, puhdistus ja seostus

Rikaste valmistetaan metalliksi poistamalla siitä jäljellä oleva sivukivi ja muut aineet, joihin

metalli on vuosimiljoonaisen historiansa aikana sitoutunut. Tässä vaiheessa metalli yleensä sulatetaan ensimmäisen kerran valtaosaltaan tavoitelluksi metalliksi. Saatua metallia puhdistetaan eri tavoin, kunnes sen epäpuhtauspitoisuus on riittävän pieni. Puhdistettu metalli voidaan seostaa haluttujen ominaisuuksien aikaansaamiseksi.

Sulatus ja valu aihioiksi

Edellisessä vaiheessa valmistettu metalli sulatetaan ja valetaan jatkojalostukseen sopiviksi aihioiksi. Sulatettu metalli voidaan myös valaa muottiin, jossa se jähmettyy suoraan halutun tuotteen muotoon. Aihiot voivat olla erimuotoisia ja kokoisia riippuen jatkojalostuksessa käytävästä menetelmästä.

Puoli-valmisteiden tuottaminen

Aihioista valmistetaan erilaisia puoli-valmisteita kuten levyjä, putkia ja profiileja varsinaisten metallituotteiden valmistusta varten. Käytettävät menetelmät perustuvat yleensä metallin muokkaukseen.

Metallituotteiden valmistus

Levyistä, putkista ja profiileista irrotetaan halutun muotoisia ja kokoisia kappaleita ja ne muotoillaan lopputuotteen osiksi. Lopullinen tuote valmistetaan liittämällä näin saadut osat lopulliseksi rakenteeksi. Saatu tuote tai valettu muotokappale viimeistellään lopulliseksi tuotteeksi yleensä koneistamalla ja pintakäsittellään halutulla tavalla. Tuote on valmis palvelukseen.

Tuotteiden käyttö

Tähän vaiheeseen me jokainen osallistumme. Tuotteen käyttöikä päättyy, kun se joudutaan hylkäämään joko sen vaurioituessa korjaamattomaksi tai tullessa teknikaltaan tai toimintoiltaan vanhentuneeksi. Tuotteen sisältämien metallien tarina ei kuitenkaan pääty tähän, vaan se jatkuu kierrätyksen ja uusiokäytön myötä.

Kierrätys ja uusiokäyttö

Kierrätyksessä käyttökeltomat tuotteet kerätään ja joko puretaan tai murskataan. Purettujen tuotteiden komponentit lajitellaan niiden sisältämän metallin mukaan ja murskatuista tuotteista erotellaan eri metallit soveltuvin menetelmin. Lajitellut metallit toimitetaan metallien valmistajille, jotka sulattavat ne uudelleen. Samalla metallin laatu uudistetaan niin, että se vastaa ominaisuuksiltaan alkuperäistä malmista valmistettua metallia. Aihiovalun kautta metallin taru jatkuu kohti uusia puoli-valmisteita ja tuotteita.

Ja niin metalli pysyy käytössämme kierrätyksen ja uusiokäytön kautta periaatteessa loputtomiin. Metallien hyvän kierrätettävyyden taustalla on kierrätysprosessiin kuuluva uudelleen sulatus ja siihen liittyvä laadun parantamismahdollisuus vastaamaan uuden metallin ominaisuuksia. Muissa materiaaliryhmissä (muoveissa, kerameissa, komposiiteissa) tämä ei useimmiten ole mahdollista.

Metallien kierrätys on myös energian käytön kannalta edullista. Kerran valmistetun metallin uudelleen sulattamisen ja laadun parantamisen vaatima energia on vain murto-osa siitä energiasta, joka malmista valmistukseen vaadittiin. Valmistuksen vaatima energia ja kustannukset säästetään moninkertaisina hyvin järjestetyn kierrätyksen ja uusiokäytön kautta. ▲

Kutakin elinkaaren vaihetta avataan enemmän lisätteksteissä, jotka löydät verkkolehdestämme osoitteesta:
www.vuorimiesyhdistys.fi



Kasperin tarina

Eurooppalaisilla vuorimiehillä katolilaisissa ja ortodoksisissa maissa on ollut suojelepsyhymyksenä Santa Barbara, joka oli alunperin tykistön, pioneerien, panostajien ja myös kaivosmiesten suojelepsyhymys.

1960-luvun alussa Suomen vuorimiehet loivat oman versionsa Barbarasta. Kotimaisen "Kasperin" hahmo saattoi saada myös vaikutteita tuolloin ensi kertaa ilmestyneestä "Kiviset ja Soraset" sarjakuvasta.

Kasper on siitä lähtien seurannut mukana laulukirjoissa, kuvituksessa, tapahtumien ja paikkojen nimissä ja monessa muussa.



Kupari - tuo ikiaikojen metalli

Teksti: Olli Naukkarinen, CTO Luvata

Kullan ohella kuparia on käytetty ihmiskunnan historiassa pisimpään.

Jo 10 000 vuotta sitten ihmiset etsivät kuparin kappaleita luonnosta ja muokkasivat niistä käyttö- ja koriste-esineitä. Puhdasta kuparia löytyy harvoin, mutta kuparimalmia on maaperässä runsaasti.

Malmista on valmistettu kuparia noin 5000 vuoden ajan. Kupari sekoitettuna tinaan muodostaa pronssia. Pronssi on antanut nimensä pitkään kehityskauteen noin vuosina 4500–3000 eaa. Raudan valmistuksen kehittymisen mukana ihmiskunta siirtyi rautakauteen.

Kupari on punertavaa, painavaa, helposti muokattavaa sekä korroosiota hyvin kestävä metalli. Se johtaa hyvin lämpöä sekä sähkövirtaa. Myös sen kierrätysaste on korkea. Lähes puolet Euroopassa käytettävästä kuparista on kierrätettyä.

Kuparikaiivoksia on joka mantereella. Suomen kaikkien aikojen tuottoisin kuparikaivos sijaitsi Outokummussa, mutta se on jo kaivettu tyhjäksi. Kuparia löytyy useista muista Suomen kaivoksista muiden metallien yhteydessä. Suomessa kehitetyillä malmin käsittelymenetelmillä on edelleen iso merkitys globaalisti kuparin valmistuksessa.

Kuparin käyttökohteita on jokapäiväisessä ympäristössämme lukemattomia. Kaikki sähköiset laitteet sisältävät tätä monipuolista metallia. Esimerkiksi internet, tietokoneet, älypuhelimet, valaistus tai lämmitys eivät olisi mahdollisia nykymuodoissaan ilman kuparia.

Kuparia löytyy myös hiukan erikoisemmista laitteista ja laitoksista. Maailmankaikkeuden syntyhistoriaa ja aineen syvintä olemusta tutkitaan CERN'in tutkimuslaitoksessa Sveitsissä. Hiukkaskiihdyttimien ytimen

muodostaa suprajohdava sähkölanka, jota ympäröi kuparivaippa. Samaa lankaa tarvitaan yritettäessä ratkaista ihmiskunnan energiaongelmaa rakentamalla fuusiovoimala Ranskaan. Terveystieteiden magneettikuvaus perustuu vastaaviin suprajohdaviin lankoihin. Syöpähoidoissa isotooppiterapian säteitä ohjataan sähkömagneetein, jotka ovat sisäisesti jäädytetyitä onttoja kupariprofiliputkia. Kansainvälinen avaruusasema ISS saa sähkönsä aurinkopaneleista, joissa piikennossa syntyvä sähkö johdetaan kuparinauhojen kautta ulos. Samanlaisilla paneleilla mahdollistettiin ensimmäinen sähköntokoneen maailmanympäri lento. Myös sähköautot tarvitsevat moninkertaisen määrän kuparia nykyautoihin verrattuna.

Edellä on muutama esimerkki kuparin käyttökelpoisuudesta erilaisiin sovelluksiin. Kierrätettävyyden ansiosta nykysukupolvi ei tule käyttämään kaikkea kuparia maaperästä. Teknisten käyttökohteiden lisäksi meidän jokaisen elimistö tarvitsee annoksen kuparia toimiakseen moitteettomasti. ▲

"internet, tietokoneet, älypuhelimet, valaistus tai lämmitys eivät olisi mahdollisia nykymuodoissaan ilman kuparia."

Sarianna Suominen ja Elli Miettinen rikastepolttimen ääressä



Kestävän kehityksen liekkisulatus

Ympäristön, taloudellisuuden ja turvallisuuden kannalta paras teknologiaratkaisu kuparin sulatuksessa

Teksti: Päivi Suikkanen ja Kari Pienimäki
Kuva: Outotec

Ennätysnopea kuparituotannon turvaaminen jatkosodan loppuvaiheessa

Toisen maailmansodan jälkeen elettiin Suomessa hyvin erilaisessa tilanteessa kuin nykyään. Jatkosota oli päättyneen rauhan raskaiden neuvottelujen lopuksi. Se tiesi suuria menetyksiä maa-alueissa sekä monenlaisessa taloudellisessa varallisuudessa.

Vuonna 1936 Imatralle valmistunut sähkösulatuksen perustuva kuparisulatto oli siirretty sodan käänneiden vuoksi itärajan tuntumasta turvallisempaan paikkaan länsirannikolle Harjavaltaan. Siirtotyöt sinne aloitettiin vuonna 1944 ja siirto haluttiin toteuttaa nopeasti. Tuotanto Harjavallassa alkoi kaksi kuukautta sen jälkeen, kun se oli lopetettu Imatralta, ja rakennustöihin oli käytetty aikaa puoli vuotta. Tuolloin kyettiin tekemään asioita pakon edessä tehokkaasti. Tämän päivän hankkeet kalpenevat tälle esimerkiksi.

Energiapulasta ajava voima uuden sulatusmenetelmän kehittämiselle

Tuolloin kuparin valmistuksessa hallitsevia menetelmiä olivat reverbi-sulatusprosessi, eli lieskauni sekä sähkösulatusprosessi kuten Harjavallassa oli käytössä Imatran perintönä. 1940-luvun lopulla Harjavallan sulaton energiakustannukset alkoivat muodostua liian suuriksi. Samaan aikaan Suomessa vallitsi energiapulasta, koska sodan aikana oli menetetty suuri osa vesivoimaloista ja energian kulutus oli jälleenrakennuksen aikana tuntuva. Tästä syntyi ajava voima uuden sulatusmenetelmän kehittämiselle Outokummun kannattavuuden takaamiseksi, koska sähköenergia ei riittänyt sähköuunin käyttöön ja reverbi-sulatoissa polttoaineena käytettävien fossiilisten polttoaineden saanti Euroopasta oli epävarmaa.

Idea kehittyi toimivaksi teollisuuden prosessiksi ja alan huipputeknologiaksi

Outokumpu kehitti liekkisulatusmenetelmän, jonka periaate oli ideoitu aikaisemminkin. Ensimmäiset kuvaukset samankaltaisista prosesseista löytyvät 1800-luvun lopulta, mutta yhdessäkin niistä ei vielä osattu ratkaista, miten

tämä toteutetaan käytännössä ja näin liekkisulatusprosessi kehitettiin teolliseen mittakaavaan Harjavallan tehtailla.

Liekkisulatuksessa käytetään hyödyksi sulfidisen kuparimalmin omaa palamislämpöä. Ulkopuolisena energiana toimii vain happirikastettu ilma. Verrattaessa nykyistä liekkisulatusprosessia aikaisempiin yrityksiin hyödyntää palamislämpöä, oli teorian toteutuksen metallurgisena läpilyöntinä ymmärtää liekkisulatuksessa yhdistyvän yhdessä prosessivaiheessa niin pasutus kuin sulatuskin. Näille reaktiolle täytyi antaa riittävästi aikaa. Vuonna 1949 ensimmäisen kerran startannut intensiivisen kehitystyön tuloksena syntynyt sulatusmenetelmä oli, ja on yhä, energiaa säästävää, ympäristöystävällinen sekä taloudellisesti kannattava sulatusmenetelmä, jolla valmistetaan noin puolet maailman kuparista.

Liekkisulatuksen omaksuminen maailmalla

Ensimmäinen liekkisulatusprosessi myytiin Japaniin 1950 - luvulla. 1970 - luvulla liekkisulatusprosessi lähti maailmaa valloittamaan. 70 - ja 80 - luvuilla Harjavalta sai useasti ulkomaalaisia vieraita, kun maailman lisenssinhaltijoista saapui operaattoreita koulutukseen. Liekkisulatuksen operointiin lanseerattiin niinsanottu ajokorttikoulutus ja jokainen insinööri joutui käymään läpi jännittävän kokeen ennen kuin he saattoivat ylpeillä harvinaisella etuoikeudellaan. Yksi tärkeimmistä tenttikysymyksistä voisi olla: " Mikä on liekkisulatuksen ensimmäinen pääsääntö? "

Kerrottakoon se tässä nipelitettona tulevaisuuteen: " Kaiken, mitä syötät uunin sisään, pitää tulla sieltä myös ulos." Ja vielä pienellä lisäehdolla: " mieluummin hallitusti sulana laskureikien kautta, kuin piikkaamalla kiinteässä muodossa ".

Liekkisulatuksen merkitys Suomen kansantaloudelle on ollut mittava

Tänä päivänä liekkisulatusmenetelmän lisenssejä on myyty yli 50 maahan ja liekkisulatusmenetelmän omistaa Outotec. Liekkisulatuksen merkitys Suomen kansantaloudelle on ollut mittava. Vuosikymmeniä kestäneen prosessin kehittäminen ei ole jäänyt paikalleen, vaan suurin osa

tämän päivän työstä on kehittää prosessia sekä yksittäisiä laitteita. Liekkisulatuksen kansainvälinen menestys on perustunut ja perustuu edelleen monipuoliseen osaamiseen sekä tutkimus- ja kehitystyöhön. Liekkisulatuksen parissa työskentelee usean alan osaajia ja tulevaisuudessa asiantuntijoita tarvitaan lisää. Tarpeita löytyy niin metallurgeista, sähkö- ja automaatioalan osaajista, matemaatikoista kuin ympäristötaitajistakin.

Työskentely liekkisulatuksen parissa on monikansallista ja - kulttuurillista työtä. Siinä kehitetään teknologiaa sekä tehdään asiakkaille eri tasoisia selvityksiä ja suunnitteluja, tai toteutetaan projekteja ja käyttöön otetaan laitteita. Tämä tarkoittaa tiivistä asiakasyhteistyötä ja erilaisten haasteiden ratkaisua.

Työtehtäviin voi kuulua esimerkiksi asiakasprosessin auditointi sekä ongelmanratkaisut paikan päällä, tutkien aluksi heidän prosessinsa ja laitteidensa tämänhetkistä tilaa. Sen jälkeen syvennyttään tarkemmin prosessista saatavaan dataan ja analysoidaan sen perusteella tehdyt havainnot. Sitten asiakkaalle voidaan tarjota parhaat mahdolliset vaihtoehdot sekä parannusehdotukset ongelmiin sekä prosessin tehostamiseen tulevaisuudessa.

Panostus alan ja osaamisen kehittämiseen on välttämätöntä, jotta liekkisulatuksen osaaminen ja ammattitaito säilyy suomalaisessa kulttuurissa. On myös tärkeää, että maailman metallien valmistuksessa valitaan kestävä kehityksen mukainen liekkisulatusmenetelmä. Avainasemassa ovat luonnonvarojen tehokas hyötykäyttö, kierrätys sekä energiatehokkuus. ▲

Lähteet

T. Särkikoski, Tiedon liekki-kuinka Outokumpu loi keksinnön ja teki siitä kulttuurin, Espoo, Suomi, Outokumpu Oyj, 1999
I. Kojo, Globaalisti kestävä kehitys liekkisulatuksella, Materia 3/2010, sivut 12-15
Scandinavian Copper Development Association, Kuparin valmistuksen kehitys Suomessa, Suomi, 2018
M. Jäfs, I. Kojo, M. Lindgren, S. Jyrkönen, M. Lahtinen, P. Latostenmaa and E. Peuraniemi, The past 70 years of flash smelting, Proceedings of Copper 2019, Vancouver, Canada

Piikiekot pyörittävät maailmaa

Teksti: Marika Mäntymaa
Kuvat: Okmetic

suomalainen Okmetic on vahvalla materiaaliosaamisellaan osa puolijohdeteollisuuden kehitystä

Lähes jokainen meistä käyttää päivittäin piikiekon mahdollistamaa elektroniikkaa. Vantaalaisen Okmeticin valmistamat piikiekot toimivat alustana erilaisille puolijohdekomponenteille kuten antureille, erillispuolijohdeille ja analogiapiireille. Näitä komponentteja käytetään mm. älypuhelimissa ja muissa kannettavissa laitteissa, pelikonsoleissa, autoelektronikassa sekä teollisuuden prosessikontrollointiin, lääketieteeseen ja Internet of Thingsiin (IoT) liittyvissä sovelluksissa.

Markkinat ovat maailmalla

Puolijohdemarkkina saavutti viime vuonna 470 miljardin dollarin ennätystason ja sen sekä piikiekkomarkkinoiden ennakoitaan jatkavan tasaista kasvuaan. Kilpailu alalla on kovaa, sillä koko piikiekkomarkkina on alle 10 toimijan käsissä, joista valtaosa on Aasiasta. Pärjätäkseen globaaleilla ja syklisillä markkinoilla eurooppalaisilla tuotantokustannuksilla on yhtiöllä oltava erityislaatuista osaamista. Erikoistuminen on ollut olennainen osa Okmeticin strategiaa koko yhtiön yli 30 vuotisen taipaleen ajan.

Okmetic toimittaaakin asiakaskohtaisesti räätälöityjä korkean lisäarvon piikiekoja

puolijohdealan niche-markkinoille anturien, erillispuolijohdeiden ja analogiapiirien valmistukseen. Yhtiö ei ole lähtenyt ollenkaan mukaan erittäin kilpailuille 300mm kiekko-markkinoille vaan se toimittaa vain 150-200mm erityiskiekoja.

Insinööriosaminen kaiken perustana

Okmeticilla on vahvat juuret Otaniemessä entisellä Vuoriosastolla, nykyisellä Aalto Yliopiston Kemian tekniikan ja metallurgian laitoksella, sillä yhtiö perustettiin vuonna 1985 Teknillisessä korkeakoulussa toteutetun tutkimusprojektin päätteeksi. Varsinkin vuorimieskillan kasvateilla, tekniikan tutkija ja emeritusprofessori Veikko Lindroosilla ja Okmeticin pitkäaikaisella ja jo eläkkeelle jääneellä teknologiajohtaja Markku Tillillä oli merkittävä rooli yhtiön alullepanijoina sekä piin tutkimuksen uranuurtajina Suomessa.

Okmetic on aina ollut insinöörivetoinen talo. Yhtiön henkilöstöstä peräti 36 prosenttia on toimihenkilöitä, ja heistä valtaosalla on fysiikan, materiaali- ja kemiantekniikan tai tuotantotalouden opintotaustaa. Yhtiön insinöörit toimivat muun muassa prosessinvalvontaan, prosessin- ja tuotekehitykseen sekä tekniseen asiakastukeen



liittyvissä tehtävissä ja moni heistä on aloittanut uransa tuotannon kesätöiden innoittamana. Henkilöstö on Okmeticin tärkeimpiä voimavaroja, sillä vahva tekninen osaaminen luo pohjan kaikelle tekemiselle.

Kehitystyö lisää kilpailukykyä

Menestyäkseen alalla ja pystyäkseen tuottamaan asiakkailleen lisäarvoa yhtiön on katsottava pitkälle tulevaisuuteen ja kyettävä jatkuvasti luomaan uutta sekä kehittämään olemassaolevista tuotteista ja prosesseista entistä parempia.

Valtaosa yhtiön tekemästä T&K-työstä on asiakasprojekteja, joissa tehdään yhteistyötä asiakkaan tulevia tarpeita vastaavan tuotteen tai prosessin kehittämiseksi. Lisäksi yhtiö on osana EU:n elektroniikka-alan tutkimus- ja tuotekehitysprojekteja sekä Business Finlandin tutkimushankkeita, joissa tehdään yhteistyötä mm. Aallon ja VTT:n kanssa. Vain osasta tutkimushankkeista tulee tuottavia teknologioita, mutta mukanaolosta hyötyy aina vähintään uuden tutkimustiedon sekä verkostoitumisen osalta.

Täysin uuden tekniikan tulo markkinoille kestää usein vuosia. Esimerkiksi ajatus Silicon-On-Insulator eli SOI-kiekoista, joissa on kiekon sisälle haudattuja rakenteita, nousi esiin 1990-luvun lopulla. Ensimmäiset kiekot toimitettiin asiakkaille 2004, mutta vasta 2011–2012 tekniikka lähti voimakkaaseen kasvuun. Viime vuonna yhtiö kehitti kyvykkyyden kiekkojen litografiseen kuviointiin ja plasmasyövytykseen, mikä mahdollistaa C-SOI-kiekkojen valmistamisen alusta loppuun saakka Vantaan tehtaalla.

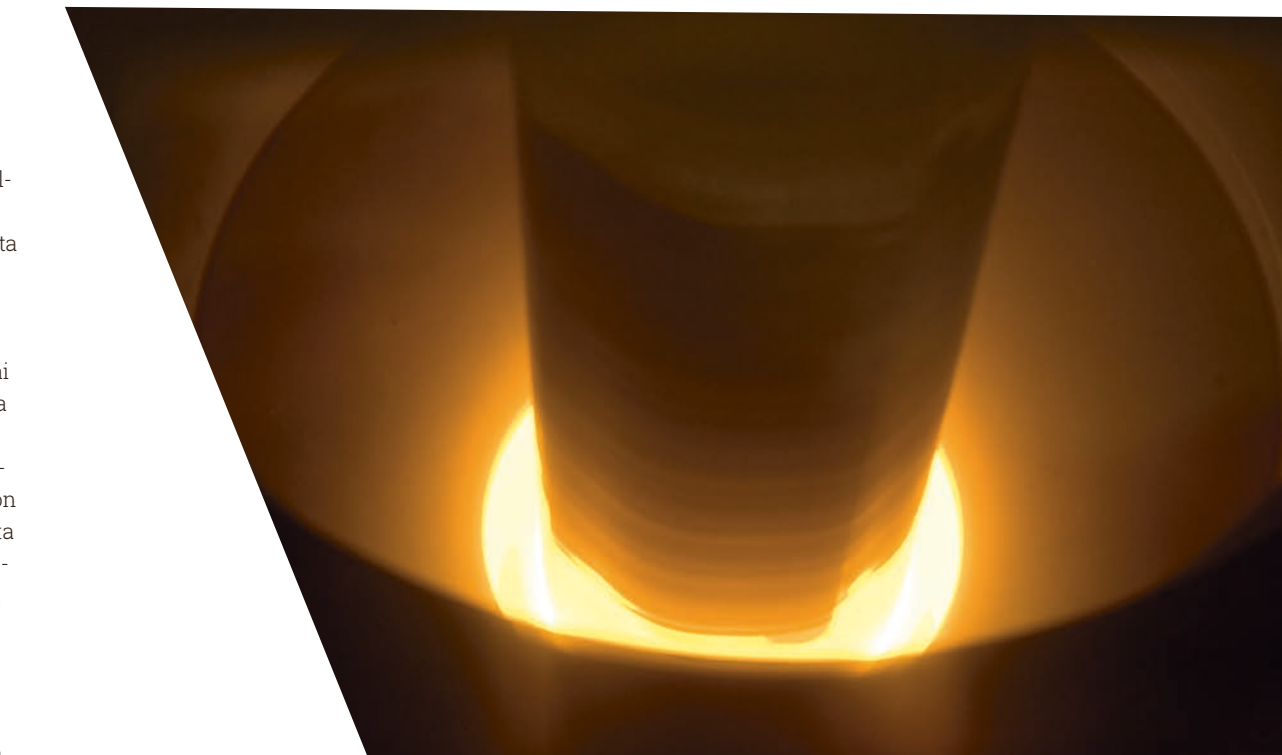
Yhtiön onkin kyettävä tunnistamaan SOI-kiekkojen kaltaisia nousevia teknologiatrendejä ja panostettava niiden T&K-työhön tarpeeksi aikaisessa vaiheessa. Okmeticilla on käynnissä useita T&K-hankkeita, joista osa toivottavasti varmistaa yhtiön kilpailukyvyn myös tulevaisuudessa. ▲

Piikieppo osana puolijohdealan arvoketjua

Piikiekon raaka-aineena toimii monikiteinen polypii, jota jalostetaan kvartsihiekkasta puhdistamalla se 99,999999999-prosenttisesti muista alkuaineista.

Piikiekon valmistusprosessi alkaa kiteenkasvatuksella, jossa sulatetusta polypiiistä kasvetaan MCz-menetelmällä siemenkiteen jatkoksi sylinterimäinen erilliskide. Valmis kide katkaistaan, hiotaan ja sahataan kiekkoiksi asiakkaan erityisvaatimusten mukaisesti. Sahattua kiekkoa käsitellään mekaanisesti ja kemiallisesti sen lujuuden parantamiseksi ja yhtenäisen paksuuden ja virheettömän pinnan takaamiseksi. Piikiekon viimeistelyyn kuuluu usein myös erilaisia jatkojalostusvaiheita. Suuri osa kiekon prosessoinnista tapahtuu puhdashuoneessa. Puhtaus onkin piikiekon tärkein ominaisuus, sillä pienetkin partikkelikontaminaatiot voivat aiheuttaa asiakkaan komponenttien toimimattomuuden. Lopuksi kiekot tarkastetaan, pakataan ja toimitetaan asiakkaiden prosessien raaka-aineeksi.

Asiakkaat valmistavat komponenttinsa mekaanisin ja kemiallisin menetelmin piikiekkojen pinnalle tai sisään. Komponenttien toimivuuden testaamisen jälkeen piikiekot paloitellaan, jolloin yhdestä kiekosta saadaan satoja tai jopa kymmeniä tuhansia komponentteja. Lopuksi komponentit pakataan asennettaviksi moduuliin tai suoraan lopputuotteeseen.



MAGNEETTINEN NEOREM

Teksti: Katarina Boijer
Kuvat: Neorem Magnets Oy

Vuonna 1995 perustettu Neorem Magnets Oy on suomalainen magneettiteollisuuden osaaja.

Yritys valmistaa sintrattuja voimakkaita NdFeB –kestomagneetteja eli neomagneetteja, joita käytetään niin sähkömoottoreissa, konehuoneettomissa hisseissä kuin tuuligeneraattoreissakin. Neorem on ainoa tuulivoimaan keskittynyt suurten magneettien valmistaja Euroopassa.

Yrityksen perustamisen aikoihin rahallista vetoapua antoivat Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra, silloinen Merita-pankki sekä Outokumpu Oy. Vuodesta 2007 lähtien Neorem on ollut osa saksalaista Vacuumschmelze - konsernia.

Yritys ei valmista standardikokoja tai -maljeja, vaan magneetit tehdään aina asiakkaan suunnitelmien mukaan.

MAGNEETTISUUTTA ON KAIKKIALLA

Maapallokin on suuri magneetti. Sen magneettiset navat sijaitsevat lähellä maantieteellistä pohjois- ja etelänapaa. Maapallon magneettisuuden selitetään syntyvän sen sulassa ulkoitimesta 2900-5100 kilometrin syvyydessä esiintyvien hyvin voimakkaiden sähkövirtojen vaikutuksesta.

Eräät metallit kuten rauta ovat luonnostaan magneettisia. Jotkut metallit taas muuttuvat magneettisiksi lämpötilan laskiessa tietyn, metallille ominaisen pisteen alapuolelle.

KOMPASSIT ENSIMMÄINEN SOVELLUS

Esimerkiksi kompassin rautaneula on kesto-
magneetti. Koska maapallokin on magneetti, kompassin neula ja maapallon magneettinen napa vetävät toisiaan puoleensa ja neula kääntyy osoittamaan magneettisen navan suuntaa.

Ensimmäinen kompassia muistuttava laite syntyi Kiinassa noin 200-luvulla. Rautaneuloja kiinalaiset magnetoivat 500-luvulla. Eurooppalaiset oppivat kompassin valmistustaidon vasta 1200-luvulla.

NEOMAGNEETIT OVAT VOIMANPESIÄ

Magneettien maailmassa on tultu pitkälle kompassien jälkeen.

Neomagneetit eli modernit kesto-
magneetit on valmistettu neodyymin, raudan ja boorin seoksesta. Niille on tyypillistä suuri magneettikentän voimakkuus eli käytännössä suuri pitovoima perinteisiin, esim. rautapohjaisiin magneetteihin verrattuna. Vähänkään suurempia neomagneetteja käsiteltäessä on varottava kehon osien joutumista vastakkain iskeytyvien magneettien väliin.

SOVELLUKSET OVAT MONINAISIA

Magneettiteknologian hyödyntämiselle on paljon mahdollisuuksia. Suuret offshore-
tuulivoimalat käyttävät kesto-
magnetoituja generaattoreita. Tuuligeneraattorimagneetit ovat olleet Neorem Magnets Oy:lle tärkeä tuote.

Konehuoneettomien hissien sähkömoottorit

valmistetaan kesto-
magneettiteknologiaa käyttäen. Kestomagneettipohjaisia sähkömoottoreita käytetään myös sähköautoissa.

Elektronikassa käytetään paljon kesto-
magneettiteknologiaa. Tällöin neomagneettien suuri teho eli pieni koko auttaa laitteiden koon pienentämisessä.

Myös ilmastonmuutos vaatii suurta panostusta uusiutuviin energiamuotoihin sekä energiatehokkaampaa teknologiaa. Kestomagneetit ovat tärkeä osa taistelussa ilmastonmuutosta vastaan.

TÄRKEÄ KIERRÄTYS

Neoremille ekologisuus on tärkeä osa yrityksen toimintaa. Ulvilassa sijaitseva tehdas sekä pääkonttori toimivat täysin tuulienergialla.

Yritys kehittää myös koko ajan uusia menetelmiä kesto-
magneettien kierrättämiseksi. Kierrätetyn raaka-
aineen hinta on edullisempaa kuin neitseellisen materiaalin. Kierrätysmateriaalierien tulisi kuitenkin olla tasalaatuisia ja riittävän suuria.

Magneetit sisältävät harvinaisia maametalleja kuten neodyymia sekä dysprosiumia, joiden tuotanto on sijoittunut lähes täysin Kiinaan. Tehokas kierrätys vähentää riippuvuutta ulkomaisista raaka-
aineista. Tällä hetkellä suurin osa magneeteista kierrätetään rautaromun joukossa, jolloin hyöty tulee magneettien sisältämästä raudasta.

Magneettien kierrätys voisi tarjota uutta liiketoimintaa kierrätysalan yrityksille. Magneettien



kierrättäminen pulverointimenetelmällä säästää energiaa jopa 90 % verrattuna kaivoksesta lähtevään raaka-
aineen tuotantoon.

Kiertotalous sekä luonnonvarojen säästäminen ovat ylikulutuksen kanssa kamppailevalle maailmalle ainoa vaihtoehto myös magneettiteknologiassa. ▲

KAIVOSYLITARKASTAJA MUISTUTTAA: KAIVOSASIOISSA ON MONTA PUOLTA

Teksti: Katarina Boijer
Kuvat: Marjo Koivumäki

Kaivosala on useinkin joutunut kuluttajien hampaisiin. Mielipiteitä on paljon, ja ne voivat olla hyvinkin mustavalkoisia. Työ- ja elinkeinoministeriössä toimivan kaivosylitarkastajan Riikka Aaltosen mielestä kuluttajat haluavat olla vastuullisia. Heillä on voimaa päättää. Aaltonen kuitenkin muistuttaa, että ilman kaivoksia ei kodistakaan löytyviä monia vimpaimia olisi olemassakaan.

RAUTAA RAJALLE

"Suomi ei ole suuri kaivosmaa, mutta meillä on kaikkea muuta. Olemme tärkeä metallien ja metallinjalostuksen maa. Suomessa on myös loistava teknologia sekä mittausanalyttikka. Kokonaisuus on merkittävä, ja Suomeen tullaan Afrikasta asti kysymään neuvoa. Olemme globaalisesti katsottuna yksi edelläkävijöistä, ja teemme paljon sidosryhmäyhteistyötä."

"Osaaminen kumpuaa historiasta. Suomen piti maksaa raskaat sotakorvaukset Neuvostoliitolle. Outokummun kuparilla on maksettu paljon velkoja", Aaltonen sanoo.

GEOLOGISTA VIRKANAISEKSI

Aaltonen opiskeli geologiaa Turun yliopistossa. Ala oli kiinnostava, ja geologeille kesätöitä oikein ropisi.

Myöhemmin Aaltonen työskenteli niin kulta-kaivoksella kuin rautakaivoksellakin.

Työ vei Ruotsiin kymmeneksi vuodeksi. Suomeen palattuun hän huomasi monen asian

muuttuneen ja kehittyneen eteenpäin, kaupoista kahviloihin.

Mutta alkoholilla juhlistaminen oli Ruotsin vuosina unohtunut.

"Olin tilaisuudessa, jonka jälkeen tarjottiin kuohujuomaa keskellä päivää! Tämä sai kulmani kohoamaan, koska Ruotsissa kaivoksella töissä ollessani jopa alkoholin säilyttäminen omassa autossa oli rangaistava teko!", hän nauraa.

HYVÄ, PAHA KAIVOS

Kuohupullojen korkkailuja vakavampi asia on kaivosten huono maine.

"Talvivaara oli valtava kansallinen trauma. Kaivos voi menettää maineensa minuutissa. Huonot uutiset kantautuvat ympäri maailman sekunneissa, ja mustamaalaus alkaa. Jos kaivoksella sörssitään vaikkapa Papua Uusi-Guineassa, se on tasavarmasti uutisena", hän huokaa.

"Suomessa kuitenkin hoidetaan asiat hyvin, vaikka toki parantamisen varaa on aina. Itsevalvontamme toimii. Kaivosten ammatillaiset ottavat työnsä tosissaan, eikä kukaan tahallaan valuttele luontoon saasteita."

"Luonnon monimuotoisuus sekä biodiversiteetti ovat erittäin tärkeitä asioita, ja toivoisin kovasti, että luonnonsuojelijat ja kaivosalan ihmiset keskustelisivat kunnolla keskenään; ei niin, että kaikki on vain mustaa tai valkoista, vaan molempia kuunnellen täytyisi löytää sopivat ratkaisut. Yhteistyön tulisi olla hedelmällisempää", hän sanoo.

"Kaivoksia kuitenkin tarvitaan. Me länsimaalaiset emme voi sormi pystyssä moralisoida ja kritisoida esimerkiksi intialaisia, jos he haluavat korkeamman elintason. Se olisi kaksinaismoralismia. Jokaisella maalla on oikeus parempaan tulevaisuuteen."

"Luonto on viisas ja korjaa itseään. Mitä enemmän ihminen omia tuhojaan sorkkii, sitä hitaampaa on alueen elpymisen. Luonnon pitäisi antaa voida hoitaa itse itseään."

UUSIOKÄYTTÖÄ

Kaivoksen on mahdollista saada uusi elämä.

"Kaivosten uusiokäyttö on kiinnostavaa, eikä syrjäistä sijaintia tarvitse pelätä. Se voi toimia myös vetonaulana. Pelkkä museointi ei kuitenkaan itsessään ole jännittävää. Kukaan ei tule katsomaan ikivanhoja kaivoshäpäkkeitä taipaleiden päähän. Vanhoja kaivoksia voisi kehittää turistikohteina, mutta siihen tarvitaan uutta ja ennakkoluulotonta ajattelua. Kaivoshistoriassa ei saa olla liikaa kiinni, vaan uudelleen avattuihin kaivoksiin voisi laittaa vaikkapa start up -yrityksiä, designia tai nykyaikaisia kalliomaalauksia. Hankkeessa pitäisi myös koko kaupungin olla mukana", hän miettii.

Oikein sävähdyttävä esimerkkikohta löytyy Shanghaista, jonne Intercontinental-hotelliketju on avannut luksushotellin-mihinkäs muuallekaan kuin vanhaan avolouhukseen.

SUURI JA KANSAINVÄLINEN PERHE

"Kaivosalalla tapaa paljon mielenkiintoisia ihmisiä-välillä aika omalaatuisiakin", hän nauraa.

"Ala on myös koko ajan kehittyvä, ja työ on paljon monipuolisempaa kuin ennen. Nykyään kaivosalan ammattiin liittyvät voimakkaasti teknologia, digitalisaatio sekä tekoäly."

"Se on myös hyvin globaali, joten tutkinnolla voi pyrähtää lähes minne päin maailmaa haluaa-työpaikkoja löytyy aina."

"Kaivosihmisillä on myös oma tiivis yhteisönsä, ja kun sinne pääsee, on kuin osa suurta perhettä. Sinä olet aina yksi 'meistä'", hän päättää. ▲

Monipuolinen KOBOLTTI

Teksti: Katarina Boijer

Koboltti on keskeisimpiä aineita litium-ioniakuissa, joita käytetään esimerkiksi sähköautoissa sekä älypuhelimissa.

Kobolttin kysyntä maailmassa on kasvanut hurjaa vauhtia, koska liikenteen sähköistäminen on yksi tämän päivän suurista muutoksista. Sen avulla voidaan hillitä ilmastonmuutosta sekä vähentää riippuvuuttamme fossiilisista polttoaineista. Tämä tarkoittaa akkujen raaka-aineiden kysynnän kasvua.

Freeport Cobalt on kokkolalainen yritys, joka on tällä hetkellä Suomen suurin kobolttinjalostamo. Kokkolassa jalostetaan 15 % koko maailman kobolttista.

Freeport Cobaltin kehitys- ja hallintojohtaja Thomas Slotte kertoo: "Kobolttia käytetään elektroniikkatuotteiden ja sähköautojen akkujen katodimateriaaleissa.

Näiden lisäksi myös petrokemian teollisuuden katalyytit sekä kovametalli- ja timanttityökalut tarvitsevat kobolttia.

Yhtä sähköautoa varten tarvitaan esimerkiksi 12 kiloa kobolttia, seitsemän kiloa litiumia ja 36 kiloa nikkeliä.

Jännittävästi myös jopa B12-vitamiinista löytyy kobolttia, jota lisätään kobolttiköyhien alueiden karjan rehuun.

Myös lääketiede hyötyy kobolttista, ja sitä käytetään esimerkiksi polviproteeseissa.

Lisäksi käyttökohteita ovat autojen, luotijunien sekä tuulivoimaloiden magneetit. Lentokoneiden erikoismetalliseoksissa se parantaa materiaalien lämpötilakestävyyttä.

"Freeport Cobaltin raaka-aine on pääosin kuparijalostamoiden kobolttihydroksidisivutuetta sekä kierrätettävää kobolttia. Raaka-aine liuotetaan rikkihappoon. Epäpuhtaudet poistetaan usealla saostus / suodatusvaiheella ja lopullinen puhtaus saavutetaan neste-nestuteutolla, josta saadaan tuotteeksi puhdasta kobolttikloridia ja -sulfaattiliuosta. Liuoksesta valmistetaan kobolttikemikaaleja ja -pulvereita joko kiteyttämällä, saostamalla tai hapettamalla lopputuotteesta riippuen", Slotte sanoo.

KORVAAMATON AINE

Kobolttia esiintyy yleensä nikkelin ja kuparin yhteydessä.

Noin 60 % kobolttista tuotetaan Kongon demokraattisen tasavallan kuparikaivoksista. Loput tulevat Venäjältä, Kanadasta, Australiasta sekä jossain määrin myös Suomesta.

Kobolttia voi kierrättää, mutta haasteena on kierrätettävien materiaalien alhainen kobolttipitoisuus. Materiaalista on vaikea tuottaa akkuihin

Sinisen lasin väri on peräisin kobolttista

sopivaa kobolttia. Mutta samalla sähköakkujen kierrätystä tutkitaan parhaillaan laajasti.

Slotte jatkaa:

"Kobolttin metallisia ja metallurgisia ominaisuuksia ei voi korvata."

"Viime vuonna kobolttin käyttö oli noin 118 000 tonnia. Sähköautojen yleistymisen myötä vuonna 2027 se nousee noin 235 000 tonniin."

Kemikaalivirasto on esittänyt kobolttille vaarallisuusluokituksen. Slotten mielestä se tulee vaikeuttamaan kobolttin kuljetuksia sekä lisäämään byrokratiaa ja kustannuksia. Uhkana voi olla myös kobolttia käyttävän teollisuuden siirtyminen Euroopan ulkopuolelle.

Kobolttia tullaan tarvitsemaan tulevaisuudessa paljon, mutta vaihtoehtojakin on ilmassa. Voi olla ettei litiumakku olekaan se, mikä autoissa hyrisee parinkymmenen vuoden kuluttua.

Elon Musk haluaisi Tesloissaan olevan kobolttivapaita akkuja. Mutta kobolttin vähentäminen sähköautoissa tarkoittaisi lyhyemmän nikkelin lisäämistä. Akku kestäisi lyhyemmän aikaa, ja myös sen jäähtyminen kärsisi.

Tuleeko maailman koboltti riittämään, vai pystyvätkö uudet innovaatiot vähentämään kriittisten metallien tarvetta?

Asiantuntijoilla on kobolttin riittävydestä eriäviä mielipiteitä, mutta ennen vaihtoehtoisten menetelmien keksimistä koboltti on ja pysyy tiukasti elintärkeänä metallina. ▲

Tulevaisuuden kaivos ja ympäristö

Sodankylään suunnitellaan tulevaisuuden kaivosta, joka ottaa huomioon mahdollisimman tarkasti ympäristön sekä maisemalliset arvot. Sakatin kaivoksen on tarkoitus toimia syvällä maan uumenissa. Yläpuolella sijaitseva Natura 2000-ohjelmaan kuuluva Viiankiaapa säilyisi edelleen luonnontilaisena.

Teksti: Marko Mannila
Kuvat: AA Sakatti Mining

Kairakoneita
toiminnassa
Viiankiaavalla.

"Emme suunnittele avolouhosta, sillä malmi sijaitsee kokonaan maan alla, lähimmillään 350 metrin syvyydessä", kaivosyhtiö AA Sakatti Miningin toimitusjohtaja Jukka Jokela kertoo.

Kaivoskuilujenkin on tarkoitus kulkea maan alla. Malmin kuljetusta sekä kaivoksen huoltoa varten rakennettavat kaksi tunnelia ovat viitisen kilometriä pitkiä ja lähtevät Natura-alueen ulkopuolelta. Samoin tarvittava rikastamolaitos on tarkoitus rakentaa noin viiden kilometrin päähän kaivoksesta. Maan pinnalla, Natura-alueella, ei näy merkkiäkään kaivostoiminnasta.

Uutta kaivostekniikkaa

Itse kaivoskin sisältää uusinta tekniikkaa. "Tämä on kokonaan sähköinen kaivos, ensimmäinen Suomessa", Jokela sanoo. Kaivoskoneet saavat käyttövoimansa akuista, eikä hankalampia kiinteitä voimajohtoja enää tarvita.

Tuotannossa syntyvä rikastushiekka sekä louhinnan sivukivi sekoitetaan sementtivateen ja kuljetetaan takaisin kaivosperiin eli kaivoskuiluihin. Näin sivutuotteet pystytään varastoimaan maan alle ja samalla tekemään kaivoksesta tukeva. "Kun kaivos on täynnä betonia, maa ei vajoa", Jokela toteaa.

Vaikka rikastehiekkaa sijoitetaan maan alle enemmän kuin nykyisissä kaivoksissa, jää sitä vielä maan pinnallekin. Loppu rikastehiekka on tarkoitus kuivata, läjittää ja lopulta peittää. Menetelmä on Suomessa uusi.

Vedenkierto on suljettu. Toisin sanoen järjestelmä käyttää samaa vettä, joka puhdistetaan ja kierrätetään uudelleen. Ylimääräiset vedet on tarkoitus pumpata puhdistettuna lähistöllä sijaitsevaan jokeen, Kitiseen.

Kaivostoiminnassa on kehitteillä lisäksi uusia teknologioita, jotka saattavat olla jo käytössä, kun Sakatin kaivos vuosien päästä avataan. Esimerkiksi louhinnassa kehitetään uusia menetelmiä, joissa räjähdysaineita tarvittaisiin mahdollisesti pienempiä määriä.

Sakatti Mining pyrkii jättämään ns. nettopositiivisen jalanjäljen, joka tarkoittaa myös luonnolle aiheutuvien kustannusten kompensointia. Yhtiö on palkannut kaksi professoritason asiantuntijaa

selvittämään, minkälaisia nämä kompensoitiot voisivat olla. Mahdollisuuksia on monia: vaikkapa joku uusi suojelualue, ojitettujen soiden ennallistaminen tai joku muu luontokohde Lapin ulkopuolellakin.

Esiintymä löytyi vuonna 2006

Sakatin monimetalliesiintymästä saatiin viitteitä ensi kertaa vuonna 2006, ja kolme vuotta myöhemmin kairauksilla tuli vahvistus asialle. Sakatissa on louhittavaa kuparia, nikkeliä sekä PGE-metalleiksi kutsuttuja platinaryhmän metalleja. Esiintymä sisältää myös kobolttia, kulta ja hopeaa.

Esiintymä on tuotettavilta rikastemääriltään suurin piirtein samankokoinen kuin toisessa Sodankylän kaivoksessa, Kevitsassa. Merkittävä ero on metallipitoisuuksissa, jotka ovat Sakatissa kymmenen kertaa korkeampia kuin Kevitsassa.

Tällä hetkellä Sakatissa valmistellaan ympäristövaikutusten arviointia eli ns. YVA-selvitystä. YVA saataneen valmiiksi tämän vuoden loppuun mennessä. Sen jälkeen alkaa ympäristöluvan valmistelu. Samaan aikaan tehdään ensimmäistä alustavaa teknis-taloudellista kannattavuusselvitystä.

Toiminnassa 10 vuoden päästä

Mikäli kaikki sujuu suunnitellusti, voi Sakatin kaivos alkaa louhinnan noin kymmenen vuoden päästä. "Meillä on hyvä yhteistyö kaivos- ja ympäristöviranomaisten kanssa", Jokela sanoo.

Sakatin kaivoshanke on miljardiluokan investointi. Suomesta ei ole saatavissa näin suuria rahoja kaivostoimintaan. AA Sakatti Mining Oyn omistaakin brittiläinen kaivosyhtiö Anglo American Plc.

Valmistuessaan Sakatin kaivoksen arvioidaan tarjoavan työtä 350–400 ihmiselle. Mukaan on myös laskettava välillisesti työllistetyt, joita on noin kolminkertainen määrä. Kaivosteollisuus on merkittävä työnantaja Pohjoiskalotissa. Tällä hetkellä tiedossa olevilla esiintymillä kaivoksen tuotantoajaksi lasketaan kaksikymmentä vuotta avaamisen ja sulkemisen lisäksi. ▲

URBAN MINING KERÄÄ METALLIT TALTEEN

Teksti: Katarina Boijer
Kuvat: Marjo Koivumäki

URBAN MINING

= jätteiden hyödyntämistä uudelleen materiaalina, eli kierrätystä. Se kattaa myös kaupunkien rakentamisessa käytettävät materiaalit, eli laajasti ajateltuna kaikki elämiseen tarvittavien infrastruktuurien, niin teiden, vesijärjestelmien kuin sähköverkkojenkin kierrätyksen.

Maailmassa syntyy huima määrä elektroniikkajätettä vuosittain. Tarkkaa lukua on vaikea arvioida, koska suurin osa ei päädy virallisiin kierrätyskanaviin. United Nations University on arvioinut e-jätteen määrän olevan vuositasolla noin 45 miljoonaa tonnia. Ennuste ensi vuodelle on jo 50 miljoonaa. Luvut ovat hurjia, mutta niin on elektroniikan käyttömääräkin.

TÄRKEÄ PIENELEKTRONIikka

Pienissä laitteissa lymyilee paljon metalleja, joista suurin osa sijaitsee laitteiden rungossa, akuissa ja piirilevyissä. Osa on perusmetalleja, osa taas arvokkaampia high-tech metalleja.

Yleisiä metalleja ovat kupari, teräs, alumiini ja tina. Akuissa on kobolttia, litiumia sekä nikkeliä. Jalometalleja kuten hopeaa ja kultaa on

piirilevyissä, ja näytöistä löytyy uniikkeja ominaisuuksia omaavia indiumia sekä ceriumia.

Vaikka määrät ovat pieniä, niiden pitoisuudet piirilevyissä ovat korkeampia kuin luonnosta louhittavissa malmeissa.

"Tämä on vahva ajuri urban miningiin", kertoo tekniikan lisensiaatti Jenni Ylä-Mella.

Hän on tutkinut ympäristötekniikan väitöskirjassaan sähkö- ja elektroniikkaromun keräysjärjestelmää Suomessa.

"Kaikkien materiaalien kierrättäminen ei ole kannattavaa, joten urban mining keskittyy sellaisiin, joiden määrä tai laatu ovat ympäristön kannalta merkittäviä. Voidaan pohtia, jätetäänkö vanhat kupariputket maahan vai kannattaako ne kaivaa ylös ja kierrättää?"

Urban miningilla korvattaisiin primääristen luonnonvarojen tarvetta sekä vähennettäisiin kuparintuotannon energiankulutusta. Urban mining voi myös keskittyä pienempiinkin jättemääriin silloin, kun jätteet sisältävät arvokkaita metalleja, joiden tuottaminen on kallista ja ympäristöä kuormittavaa sekä jotka käsittelemättöminä voivat aiheuttaa vaaraa ihmisille ja ympäristölle. Yksi tällaisista on sähkö- ja pienelektroniikkalaiteromu

SER.

"High-tech metallien tuotantomäärät ovat rajalliset ja tuotanto on erittäin kallista", Ylä-Mella sanoo.

"Metalleista vaarallisia ovat indium, lyijy, tina, beryllium sekä elohopea. Lyijyn ja elohopean käyttöä laitteissa on rajoitettu yli 15 vuoden ajan, mutta vanhoissa laitteissa niitä voi vielä esiintyä."

KIERRÄTYS KUNNIAAN

Suomessa elektroniikkajätteelle on voimassa tuottajavastuu, eli laitteiden tuottajat huolehtivat jätteen kierrätyksestä ja sen toimittamisesta asianmukaiseen käsittelyyn.

Ylä-Mella jatkaa:

"Käytännössä tuottajayhteisöt ostavat laitteiden käsittelyn alan yrityksiltä, joista osa keskittyy laitteiden purkamiseen ja niiden eteenpäin lähettämiseen, osa taas hoitaa koko ketjun. Koko ketjusta vastaavia ovat muun muassa Kuusakoski Recycling sekä Stena Recycling.

Tramel puolestaan purkaa laitteita sekä lajittelee ne. Myös osa kierrätyskeskuksista

ottavat vastaan laitteita ja korjaavat ne. Tramel on myös yhteiskunnallinen yritys, eli yhtenä toiminnan tarkoituksena on luoda työpaikkoja pitkäaikaistyöttömille.

Tramelin Harri Niukkanen kertoo:

"EU:n jätelainsäädännön lähtökohtana on, että jokainen jäsenmaa huolehtii omista jätteistään omassa maassaan. Mutta jos se ei pysty, sitä voidaan käsitellä muualla Euroopassa. Kiina ei enää Euroopan jätettä halua."

Tramelilla on seitsemän eri käsittelypaikkaa, ja monta eri kuljetusliikettä tuo tavaraa ympäri Suomen. Jätettä tulee niin kotitalouksilta kuin yrityksiltäkin, ja rojujen koot vaihtelevat pienistä radioista jättikokoisiin lautasantenneihin.

"Romua on liikkeellä valtavasti, koska nykyään laitteita ei pahemmin korjata. Meillä jätteet lajitellaan ja sitten ne menevät jatkokäsittelyyn. Teemme myyntieriä esimerkiksi kuparista ja televisioiden muovi päättyy valmiiksi kuutioksi Eurooppaan vietäväksi. Rautapitoinen tavara jää Suomeen", hän kertoo.

SE RAKAS NOKIALAINEN

Suomalaiset ovat kierrättämisessä aika hyviä, vaikka pientä aktivointia tarvittaisiin.

Mutta me olemme kovinkin kiintyneitä vanhoihin puhelimiimme. Sievät Nokia-puhelimet eivät vie paljon tilaa, ja niitä pidetään varalla, jos vain laite on toimiva. Niitä pidetään myös muistoina ajalta, kun Suomi oli kännyköiden ykkösmaa. Myös tietoturva-asiat huolestuttavat, eivätkä ihmiset aina tiedä mihin vanhan puhelimensa voi kiikuttaa. Niitä annetaan eteenpäin, tai vain heitetään surutta roskiin.

Puhelin on kuitenkin kierrätyksen mallikanalain. Joidenkin mallien materiaaleista voi kierrättää lähes kaiken.

Käsi sydämelle kaikki; kuinka monta vanhaa antiikkikännykkää laatikossasi lymyää? ▲

K: Miksi alumiinikattilani ei kuumene induktioliedellä?

V: Induktioliesi kuumentaa vain magneettisia materiaaleja. Alumiini ei ole magneettinen

Lisää kysymyksiä ja vastauksia netissä, osoitteessa: www.vuorimiesyhdistys.fi

Netissä voit myös jättää oman kysymyksen asiantuntijoiden vastattavaksi.



Romusta valmistettuja vaativia koneenosia.

Teollisuus pystyy käyttämään kaiken saatavissa olevan romun.

Romua matkalla kierrätykseen

Metallit ovat kierrätyksen kuninkaita

Teksti: Tuomo Tiainen

Kierrätys on tapa käyttää järkevästi rajallisia luonnonvarojamme. Kun tuote vanhenee tai poistetaan käytöstä, sen sisältämät materiaalit otetaan talteen ja käytetään uusien tuotteiden valmistamiseen. Kierrätys säästää sekä luonnonvaroja että luontoa. Uuden materiaalin valmistamiseen tarvitaan usein moninkertainen määrä energiaa ja muita luonnonvaroja olemassa olevan materiaalin uudelleen käyttämiseen verrattuna.

Kaikki materiaalit eivät ole samalla tavoin tai yhtä helposti kierrätettäviä. Eri materiaaliryhmiä metallit soveltuvat kierrätykseen parhaiten, koska metallien ja metallituotteiden valmistukseen kuuluu yhtenä vaiheena sulattaminen. Metallin sulana ollessa sille voidaan tehdä erilaisia sulankäsittelyjä, joiden avulla metallin laatua voidaan parantaa. Siitä voidaan poistaa joko malmiraaka-aineesta tai kierrätyksestä peräisin olevia epäpuhtauksia tai sitä voidaan seostaa muilla aineilla ominaisuuksien parantamiseksi.

Metalli voi uudistuneena jatkaa elämäänsä lähes ikuisesti. Esimerkiksi teräksiä valmistavat tehtaat käyttävätkin jo nyt lähes yksinomaan kierrätysmateriaalia uusien terästen valmistamiseen. Se on järkevää sekä luonnon raaka-aineiden että energian käytön kannalta. Uutta malmia tarvitsen lounaan vähemmän ja energiaa säästy. Kierrätysalumiinin sulattamiseen ja prosessointiin uudeksi alumiiniksi tarvitaan vain viisi

prosenttia energiaa verrattuna saman alumiinimäärän tuottamiseen luonnon raaka-aineista. Kuparin kohdalla vastaava luku on 10-15 %, sinkin kohdalla 24 % ja tinan kohdalla yksi prosentti.

Ympäristöpäästöt vähenevät merkittävästi kierrätyksen ansiosta. Teräksen kierrätys vähentää CO₂-päästöjä 80 % ja veden kulutusta 40 % verrattuna teräksen valmistukseen rautamalmista.

Hyvästä kierrätettävyydestä johtuen on mahdollista arvioida, kuinka suuri osuus maailmassa valmistetuista eri metalleista on kierrossa ja uusiokäytössä. Luvut riippuvat tarkasteltavasta metallista. Maailmanlaajuisesti arvioidaan, että noin 80 % kaikkina aikoina valmistetusta kuparista on tänä päivänä kiertämässä. Alumiinin luku on noin 75 %. Liki pitäen kaikki maailmassa tähän mennessä kaivettu kulta lienee tällä hetkellä käytössä. Suuri osa siitä lepää valtioiden keskuspankkien holveissa.

Metallin kierrätysaste tarkoittaa metallimäärää, joka käytöstä poistettujen tuotteiden sisältämästä metallista otetaan talteen ja kierrätetään. Tämä prosentteina ilmaistava luku riippuu tarkasteltavasta metallista ja maantieteellisestä alueesta. Läheteosten antamat arvot vaihtelevat. Maailmanlaajuisesti alumiinin kierrätysasteen arvioidaan olevan 40-70 %, kuparin 45-55 %, sinkin 20-60 %, raudan 50-90 % ja tinan noin 75 %.

Kuudestakymmenestä eniten käytetystä metallista vain vajaalla kolmanneksella kierrätysaste on yli 50 %. 34 metallin kohdalla se on alle prosentti. Tähän ryhmään kuuluvat ne metallit, joiden tarve on viime vuosina voimakkaasti kasvanut erityisesti tuulien energian hyödyntämisen ja liikenteen sähköistymisen voimakkaan kasvun myötä.

Suomen osalta vastaavia lukuja on vaikeampi esittää, koska meillä valmistetaan metalleja myös muualta maailmasta tuoduista malmirikasteista sekä kierrätysmateriaaleista. Metallien tuotantomme ylittää myös reilusti oman kulutuksemme. Suomen arvioidaan kuuluvan materiaalien ja metallien kierrätyksen osalta maailman kärkimaiden joukkoon. Esimerkiksi käytöstä poistetuista teräksestä meillä kierrätetään yli 90 %.

Metallien kierrätyksessä on parantamisen varaa. Maailmanlaajuisen kierrätysasteiden kohottaminen ja liikenteen sähköistämisen sekä uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisessä tarvittavien metallien saaminen mukaan tehokkaan kierrätyksen piiriin asettaa suuria haasteita. Työtä tarvitaan niin asennekasvatukseen kuin keräys- ja logistiikkajärjestelmien sekä kierrätysprosessien kehittämisenkin alueilla. Nämä haasteet ovat voitettavissa, kunhan niihin käydään käsiksi. Metalleista on moneksi ja moneen kertaan. ▲

Teksti: Katarina Boijer

MIKSI KAUPPOJEN HÄLYTTIMET UJELTAVAT SYYTÖMILLEKIN?

Nolouden nolous... kaupan hälyttimet piippaavat jo sisään tullessa. Mikä siellä laukussa oikein lymyy?

Asiakas on hämmentynyt, korvia vihlova ujellus jatkuu ja muut asiakkaat tuijottavat.

Vonkuminen voi tietysti johtua tavaraan unohtuneesta hälyttimestä, mutta joskus laitteet reagoivat mitä kummallisimpiin tavariin.

Laitteet perustuvat kahteen eri teknologiaan; sähkömagneettiseen tai radiotaajuusteknologiaan. Suurin osa kauppoissa käytettävistä hälytinporteista on radiotaajuuksia hyödyntäviä. Kauppojen hälyttimien taajuus on 8,2 MHz, ja portit etsivät hälyttimiä, jotka ovat asetetut tälle taajuudelle. Matalammat tai korkeammat taajuudet eivät hälytä.

Metallinpaljastimissa lähetinyksikkö synnyttää ympärilleen magneettikenttiä, jotka vastaanotin tunnistaa.

Joskus asiakkaiden tavarat toimivat kuin antennina. Hälytinportit voivat ärsyntyä esimerkiksi pyörätuoleista, kirjaston kirjoista, kulkukorteista, kaapeleista, pyöreällä kiepillä olevista sähköjohdoista tai tietokoneakuista. Lastenrattaissa on paljon metallia, ja joskus metalli hankautuu toista metallia vasten aiheuttaen värähtelyä, joka laukaisee hälytyksen.

Liimattavat ja huomaamattomat tarrahälyttimet voivat olla erittäin ärsyttäviä. Hälyttimiä on voitu liimata vaikka pesuohjelapun taakse. Tarrahälyttimet voivat myös aktivoitua uudelleen vuosienkin päästä.

Onneksi porttien signaalinkäsittely on parantunut, joten kauppoissa kuulaan vähemmän turhaa ääntelyä.

Lentokentillä voi vonkua sitäkin enemmän. Metallinilmaisportti reagoi

magneettikentän muutoksiin. Muutoksen ollessa riittävän suuri portti antaa hälytyksen.

Lentokenttien metallinpaljastimet reagoivat, jos jokin metallimäärä ylittyy. Lentokentissäkin on eroja, joillakin kentillä voi solahtaa herkemmin läpi, kun taas toisilla kentillä vinkuu enemmänkin.

Turvatarakastuksissa suoritetaan myös satunnaistarkastuksia, joten hälytys ei aina johdu metallista. Indikaation satunnaistarkastukseen antaa tällöin metallinilmaisportin satunnaislogiikka. ▲

Laakerikuulan tarina

Teksti: Tuomo Tiainen

Minä olen syntynyt pyörimään. Pyörimällä olen syntynytkin, lopuksi kahden vastakkain pyörivän lautasen välissä hioutuen. Siinä sain virheettömän pallon muotoni, tuhannesosamillimetrin tarkkuudella oikean halkaisijani ja kiiltävän, peilimäisen sileän pintani.

Olen kovaksi karkaistua ja sitkeäksi päästettyä terästä. Siinä käsittelyssä sain ylivoimaisen kulumis- ja väsymiskestävyyden. Molemmat ovat välttämättömiä tärkeässä työssäni.

Elämäntehtäväni on pyöräminen. Pyörin kaltaisten mukana runkoon kiinnitetyn, paikallaan pysyvän renkaan ja sen sisällä olevan, pyörivään akseliin kiinnitetyn renkaan välissä kummassakin renkaassa olevassa muotoani ja mittojani vastaavassa urassa. Teen pyöräimisen lähes kitkattomaksi ja säästän energiaa. Siirrän myös akseliin kohdistuvat kuormat rungon tai alustan kannettaviksi.

Miljoonia, ja taas miljoonia kierroksia. Joskus pyöräminen on keveää, toisinaan taas kannettavakseni tuleva kuorma tuntuu puristavan minut soikeaksi. En saa kulua enkä väsyä. Jos minä ja viisi prosenttia kaltaisistani pettäisimme samaan aikaan, veikkaisin koko maailman pysähtyvän.

Kun ihmiset ja kuormat on saatu perille, uusi tuotekappale on valmistunut ja sähköä syntyy häiriöttä, olen saanut parhaan kiitokseni. Olen pieni, huomaamaton ja useimmiten visusti piilossa, mutta käytännössä koko maailma riippuu minun luotettavuudestani. ▲

Satelliitit todentavat päästövähennyksiä

Teksti: Johanna Tamminen

Maapallon ympäristön, kuten maaperän, kasvillisuuden, merien, jää- ja lumipeitteisten alueiden sekä ilmakehän havainnointi on mullistunut viimeisen vuosikymmenen aikana satelliittihavaintojen määrän ja laadun parannuttua suurin harppauksin. EU:n Copernicus-kaukokartoitusohjelma on muuttanut mittausten hyödyntämistä tarjoamalla globaalit datamäärät kaikille avoimesti ja ilmaiseksi.

Ilmansaasteet ja huono ilmanlaatu ovat yksi suurimmista terveysriskeistä maailmassa aiheuttaen vuosittain 4,2 miljoonaa ennen aikaista kuolemaa (WHO, 2017). Ilmanlaatuun vaikuttavat ihmisen toiminta kuten paikallinen teollisuus, liikenne, energiantuotanto sekä luonnollisina ilmiöinä metsäpalot, hiekkamyrskyt ja tulivuorenpurkaukset. Useat eniten saastuttavat maat ja alueet kärsivät kehittymättömästä infrastruktuurista ja puutteellisista ilmanlaatumittauksista. Satelliiteilla voidaan kuitenkin saada tärkeää tietoa myös näiltä alueilta paikallisille päättäjille, viranomaisille ja kansalaisille.

Ilmakehän kaasuja ja pienhiukkasia on

mitattu avaruudesta yli kolmekymmentä vuotta. Mittauksilla on tutkittu esimerkiksi maapalloa liialliselta UV-säteilyltä suojelevaa otsonikerrosta, ilmansaasteita sekä viime aikoina myös kasvihuonekaasuja. Alailmakehän koostumuksen havainnointiin sopivat parhaiten laitteet, jotka mittaavat maan pinnalta ja ilmakehästä takaisin heijastunutta auringon valoa. UV-alueen mittauksilla saadaan tietoa otsonista sekä rikkidioksidista. Lisäksi näkyvän valon heijastumisesta voidaan selvittää typpidioksidipitoisuus. Tärkeimmät ihmisperäiset kasvihuonekaasut hiilidioksidi ja metaani nähdään lähi-infrapuna-alueen mittauksilla. Useiden eri aallonpituusalueiden mittaaminen parantaa pienhiukkasten havainnointia.

Hollannissa ja Suomessa rakennettu OMI (Ozone Monitoring Instrument) NASAn Aura-satelliitissa on mitannut ilmanlaatua jo lähes viidentoista vuoden ajan 705 km korkeudelta. Pitkää mittausaikasarjaa analysoimalla voidaan myös nähdä, kuinka typpidioksidin määrä on muuttunut vuosien varrella maapallon eri osissa: Euroopassa ja Yhdysvalloissa päästörajoitukset ovat parantaneet ilmanlaatua, samoin kuin Kiinassa viimeisen kymmenen vuoden aikana. Sen sijaan Intiassa ilmanlaatu on huonontunut jatkuvasti.

Suurten alueellisten muutosten lisäksi muutoksia nähdään myös paikallisesti ja havainnoista voidaan löytää esimerkiksi yksittäisten suurten saastuttajien kuten

metallisulattamojen rikkidioksidipäästöjä. Riippumattomilla satelliittimittauksilla voidaan todentaa myös niisanottujen CleanTech toimenpiteiden vaikuttavuutta. Tätä selvitetiin Ilmatieteen laitoksen erikoistutkija Iolanda Ialongo vetämässä tutkimuksessa, jossa OMI-havaintojen perusteella varmistettiin Tsumebissa sijaitsevan kuparisulattamon yhteyteen vuonna 2015 asennetun Outotecin uuden rikkihapotehtaan vähentäneen alueen rikkidioksidipäästöjä jopa 80%.

Satelliittimittauksia voidaan käyttää myös havaitsemaan päästölähteitä, joita ei ole raportoitu kansainvälisissä päästöinventaariorissa. OMI:n mittauksista on nähty 40 aiemmin tuntematonta rikkidioksidilähdettä, joista suurin osa sijaitti Lähi-idässä ja monet liittyivät öljyn ja kaasun tuotantoon. Lisäksi aiemmin raportoimattomia lähteitä paljastui Kiinasta, Meksikosta ja Venäjältä. OMI mittausten perusteella kävi myös ilmi, että useat päästölähteet oli raportoitu puutteellisesti ja päästöt olivat jopa kolminkertaiset raportoituihin verrattuna.

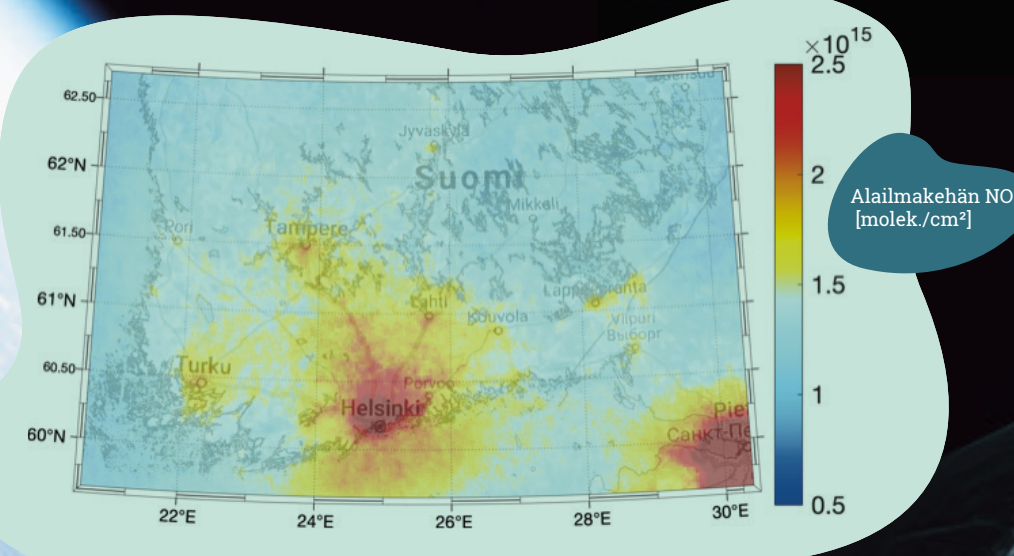
Vuonna 2017 laukaistiin avaruuteen Copernicus-ohjelman Sentinel 5 Precursor-satelliitti ja sen kyydissä TROPOMI (Tropospheric Monitoring Instrument) jatkamaan OMI:n ilmanlaatumittauksia entistä paremmalla maantieteellisellä erotuskyvyllä ja tarkkuudella. Kuvassa nähdään Etelä-Suomen typpidioksidipitoisuus kesältä 2018. Mittauksista erottuvat selvästi

kohonneet arvot Helsingissä sekä suurimmilla teillä.

Satelliittimittausten ja analysointimenetelmien kehittyessä riippumattomien havaintojen hyödyntäminen tulee lisääntymään pyrittäessä puhtaampaan ilmaan ja ilmastonmuutoksen hillintään. EU:n ja Euroopan avaruusjärjestön suunnittelema uusi kunnianhimoinen hiilidioksidimissio pyrkii tukemaan Pariisin sopimuksessa sovittujen kansallisten hiilidioksidinventaaroiden tekemistä. Näiden suunniteltujen havaintojen täysimääräinen hyödyntäminen

hiilidioksidilähteiden ja -nielujen kartoittamisessa edellyttää myös analysointimenetelmien kehittämistä pitäen tutkijat kiireisinä tulevatkin vuodet. Suomessa tähän työhön osallistuu erityisesti Ilmatieteen laitos.

Satelliittihavaintojen rooli tulee uusien mittausten myötä lisääntymään raportoitujen päästölähteiden verifiointissa ja raportoimattomien lähteiden paljastamisessa. Mittausten maantieteellinen kattavuus, poliittinen riippumattomuus ja puolueettomuus ovat vahvuuksia, joista on hyötyä CleanTech-ratkaisujen todentamisessa. ▲



Miten ja missä

Teksti: Tuomo Tiainen

Tässä artikkelissa esitellään kouluttautumismahdollisuuksia niille toimialoille, jotka kuuluvat lehtemme julkaisseen Vuorimiesyhdistys ry:n toiminta-alueeseen. Alan arvoketju alkaa malmien ja mineraalivarojen etsinnästä ja jatkuu kaivostoinnalla ja malmien rikastamisella aina metallien valmistukseen ja jalostukseen tuotteiksi asti. Viimeksi mainittu kattaa laajasti materiaalitekniikan sekä kone- ja laitevalmistuksen kännköistä voimalaitoksiin ja koruista laivoihin. Myös materiaalien kierrätys ja uusiokäyttö ovat vahvasti mukana toiminnassa.

Arvoketjun eri osaamisalueet ovat geologia, kaivostointi ja maanalainen rakentaminen, malmien ja mineraalien rikastus ja prosessointi hyötymateriaaleiksi, tuotevalmistuksen teknologiat (erityisesti metallituotteet), materiaalitekniikka ja materiaalien kierrätys. Osaamista tarvitaan koulutuksen kaikilla tasoilla ammatillisesta koulutuksesta ammattikorkeakoulu- ja yliopistotasoon saakka sulkeutumatta pois myöskään aikuis- ja jatkokoulutusta alalle.

Ammatillisessa koulutuksessa voi suorittaa ammatillisia perustutkintoja, ammattitutkintoja sekä erikoisammattitutkintoja. Ammattikorkeakoulutasolla tutkintoina ovat ammattikorkeakoulu- ja ylempi ammattikorkeakoulututkinto. Yliopistotasolla voi suorittaa kandidaatti-, maisteri- ja tohtoritutkintoja. Tutkintonimikkeeseen liitetään yleensä se oppiala, jolla tutkinto on suoritettu.

Osaamistarve ja kouluttautumismahdollisuudet eri arvoketjun aloilla



Lisäinformaatiota ja tilastotietoja osoitteessa:
<https://materia.vuorimiesyhdistys.fi/opinnot>

Geologia

Geologia tällä toimialalla tarkoittaa hyödyntämiskelpoisten mineraalivarojen etsimistä ja niiden sijainnin sekä laajuuden kartoittamista. Alalla työskennellessäsi tarvitset tietoja maapallon ja Suomen kallioperän muodostumishistoriasta ja ominaisuuksista sekä luonnollisesti mineraaliesiintymien etsintä- ja kartoitusmenetelmistä. Työ on luonnonläheistä ja voi sisältää sekä kenttä- että laboratoriotyötä.

Ammatillisessa koulutuksessa ja ammattikorkeakoulutasolla ei geologia esiinny tutkintonimikkeissä. Yliopistotasolla geologiaa voi opiskella Aalto-yliopistossa, Helsingin, Turun ja Oulun yliopistoissa ja Åbo Akademissa.

Kaivostointi ja maanalainen rakentaminen

Kaivostoinnissa otetaan geologisten tutkimusten esille tuomat kallioperän mineraalivarat hyötykäyttöön. Maanalaisessa rakentamisessa kallioperään rakennetaan väyliä, tunnelleita ja tiloja mm. liikenteen, vesihuollon ja varastoinnin tarpeisiin. Kallioperän ominaisuuksien tuntemisen lisäksi alalla tarvitaan louhintateknikoihin, logistiikkaan sekä tulevaisuudessa yhä enemmän älykkäisiin koneisiin ja automaatioon liittyvää osaamista. Kone-, sähkö- ja automaatiotekniikan sekä myös tietotekniikan opinnot ovat alalla hyödyllisiä.

alan koulutusta?

Kaivostekniikan ammatillisen peruskoulutustutkinnon tarjoajia ovat ammattiotisto Lappia Torniossa, Oulun seudun ammattiotisto Taivalkoskella ja Lapin koulutuskeskus REDU Sodankylässä. Kaivosalan ammattitutkinnolla ja erikoisammattitutkinnolla ei järjestäjiä tällä hetkellä ole.

Kaivosinsinöörin ammattikorkeakoulututkinnon voi suorittaa muunto-koulutuksena Lapin ammattikorkeakoulussa Kemissä. Kajaanin ammattikorkeakoulun konetekniikan insinööri (AMK) tutkinto-ohjelmassa voi opinnot painottaa kaivostekniikkaan. Lapin ammattikorkeakoulussa Rovaniemellä suoritettavassa rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri (AMK) tutkinnossa voi painottua kaivosrakentamiseen.

Yliopistotasolla Oulun yliopistossa voi opiskella kaivos- ja rikastustekniikkaa mm. Oulu Mining School-yksikön puitteissa. Aalto-yliopistossa kaivostekniikkaa voi opiskella kansainvälisen EMMEP (European Mining, Minerals and Environmental Program) -ohjelman kaksivuotisessa englanninkielisessä European Mining Course –maisteriohjelmassa. Aalto-yliopistossa on myös englanninkielinen kaksivuotinen georakentamisen maisteriohjelma.

Mineraalien rikastus ja prosessointi hyötymateriaaleiksi

Rikastusprosesseissa louhitusta malmista erotellaan mineraalipitoisimmat osat jatkojalostukseen, jossa mineraalit prosessoidaan hyötymateriaaleiksi. Metallien valmistuksen tapauksessa käytettävät prosessimetallurgiset menetelmät jaetaan kahteen pääryhmään: hydro- ja pyrometallurgisiin prosesseihin. Tällä alueella toimiessasi tarvitset monipuolisesti kemian, lämpötekniikan, virtausopin, erotusprosessien sekä prosessi- ja laiteteknologian tietoja ja osaamista.

Ammatillisessa koulutuksessa kaivosalan perustutkinnossa on mahdollisuus painottaa myös rikastusteknologian alalle, jolloin tutkintonimikkeenä on rikastaja. Ammatillisen tason materiaali- ja prosessitekniikan tutkinto-ohjelmassa on mahdollisuus painottaa opintoja metallien jalostuksen alueelle, joka kattaa sekä metallien valmistusta että niiden prosessointia tuotteiksi.

Ammattikorkeakoulutasolla ei tätä aluetta tutkintonimikkeissä esiinny, mutta opinnot on mahdollista painottaa lähellä rikastus- ja metallien valmistusteknologiaa oleville alueille esim. kemian ja prosessitekniikan tutkinto-ohjelmassa ainakin Kokkolan Centria-ammattikorkeakoulussa. Myös ammattikorkeakoulujen tarjoama laboratorioanalytiikan tutkinto valmentaa alueen tehtäviin.

Yliopistotasolla rikastusteknologiaa voi opiskella Oulun yliopiston kaivos- ja rikastustekniikan maisteriohjelmassa ja jatko-opintoina geotieteiden sekä kaivos- ja rikastustekniikan tohtoritutkinto-ohjelmassa. Myös Oulun yliopiston geotieteiden tutkinto-ohjelmassa sekä geotieteiden maisteriohjelmassa on mahdollisuus painottaa opintoja rikastusteknologian suuntaan. Prosessimetallurgiaa voi opiskella Aalto-yliopistossa ja Oulun yliopistossa Oulun painottuessa enemmän pyrometallurgisiin prosesseihin ja terästeollisuuteen. Erotustekniikan yliopistotason opintoja on tarjolla Lappeenrannan-Lahden teknillisessä yliopistossa. Alan osaajia koulutetaan myös Åbo Akademissa kemian- ja prosessitekniikan alueella.

Tuotevalmistuksen teknologiat

Tuotevalmistuksen teknologioiden perhe on hyvin laaja. Se sisältää sekä erilaisten puolivalmisteiden (levyjen, putkien, profiilitankojen jne.) tuot-

tamisen arvoketjun edellisten osien tuottamista metalleista että kone- ja laitekomponenttien ja varsinaisten koneiden ja laitteiden tuottamisen näistä puolivalmisteista. Metallituotteiden valmistuksessa tarvitsit tietämystä mm. muokkaus-, muovaus-, koneistus-, liittämisen- ja pintakäsittelytekniikoista. Näiden teknikoiden osaava hyödyntäminen edellyttää myös materiaalitekniikan tietämystä.

Ammatillisen tason koulutuksessa tähän sektoriin liittyviä tutkintoja ovat mm. prosessiteollisuuden sekä kone- ja tuotantotekniikan alan tutkinnot, joita on tarjolla ammatillisen perustason tutkinnosta ammattitutkintojen ja erikoisammattitutkintojen tasolle saakka. Esimerkiksi prosessiteollisuuden perustutkinnossa on mahdollisuus painottaa mm. metallien jalostuksen tai valimotekniikan alueille. Kone- ja tuotantotekniikan alueella on taas mahdollisuus painottaa esim. koneistajan tai levyseppähtisaajan osaamisalueille. Tämän alan ammatillisen tason tutkinnoilla on lukuisia järjestäjiä.

Ammattikorkeakoulutasolla tämän alueen tehtäviin valmistavaa koulutusta on tarjolla mm. kone-, metalli- ja energiatekniikan, pintakäsittely- ja materiaalitekniikan sekä prosessi-, kemian- ja materiaalitekniikan aloilla. Tarjolla on sekä insinööri (AMK) että insinööri (ylempi AMK) –tutkintoja. Alan ammattikorkeakoulututkinnoilla on myös useita järjestäjiä.

Yliopistotasolla tämän alueen opintoja on tarjolla Aalto-yliopistossa, Tampereen ja Oulun yliopistoissa sekä Lappeenrannan-Lahden teknillisessä yliopistossa. Useimmiten tarjonta sisältyy konetekniikan koulutusohjelmiin. Kullakin yliopistolla on alaan liittyvät omat painopistealueensa, joihin voit tutustua tarkemmin yliopistojen omilla kotisivuilla.

Materiaalitekniikka

Materiaalitekniikka tarkoittaa kiinteiden materiaalien sisäisen rakenteen ja rakenteesta riippuvien käyttöominaisuuksien tutkimista, kehittämistä ja optimointia erilaisia käyttötarkoituksia varten. Metallien tapauksessa puhutaan myös fysikaalisesta metallurgiasta tai metalliopista. Ala liittyy läheisesti edellä esiteltyihin tuotevalmistuksen teknologioihin, koska käytetty teknologia vaikuttaa sisäiseen rakenteeseen ja sitä kautta ominaisuuksiin. Alalla toimiessasi tarvitset fysiikan ja kemian perustietoja. Tarvitset myös ymmärrystä ja osaamista eri materiaaliyryhmien sisäisen rakenteen ja ominaisuuksien välisistä yhteyksistä sekä tavoista ja keinoista, joilla rakenteseen ja sitä kautta ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa.

Ammatillisessa koulutuksessa tämän alueen opinnot sisältävät materiaali- ja prosessitekniikan tutkintoihin. Materiaalitekniikan tutkinnot painottuvat puu-, muovi- ja kumituotevalmistuksen sekä pintakäsittelyn alueille. Prosessipuolen tutkinnoissa on edellä kuvattua mukaisesti mahdollisuus painottaa mm. metallien jalostuksen ja valimotekniikan aloille. Tutkinnoilla on monia järjestäjiä.

Ammattikorkeakouluopinnoissa materiaalitekniikkaa sisältyy usein bio- ja kemiantekniikan sekä konetekniikan tutkintoihin. Opintoja on tarjolla mm. Lapin Ammattikorkeakoulussa Kemissä, Metropolia-ammattikorkeakoulussa Vantaalla sekä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa Savonlinnassa.

Yliopistotasolla materiaalitekniikkaa voi opiskella Aalto-yliopistossa, Tampereen yliopistossa, Oulun yliopistossa ja Turun yliopistossa. Aalto-yliopistossa painopistealueina ovat mm. uudet materiaalit ja koneiden rakentamisen materiaalitekniikka, Tampereen yliopiston tarjonta kattaa kaikki

materiaaliryhmät mukaan luettuna biomateriaalit, Oulun yliopisto keskittyy fysikaaliseen metallurgiaan ja Turun yliopisto lääketieteen materiaalitekniikkaan ja biomateriaaleihin.

Materiaalien kierrätys ja kiertotalous

Kiertotalous ja materiaalien kierrätys yhtenä sen osana ovat nousseet merkittävään asemaan yhtenä menetelmänä ilmastonmuutoksen hidastamiseksi. Erityisesti metallien kierrätys on tässä suhteessa erityisasemassa metallien hyvän kierrätettävyyden ja kierrätyksen energiatehokkuuden vuoksi. Alueella toimiessasi tarvitset sekä logistiikan, prosessimetallurgian että materiaalitekniikan tietoja ja osaamista entistä tehokkaampien ja ympäristön kannalta kestävämpien kierrätysprosessien kehittämiseksi.

Kouluttautumismahdollisuuksia materiaalien kierrätyksen alalle sisältävät yleensä energia- ja ympäristötekniikan koulutusalat kaikilla koulutustasoilla. Ammatillisella koulutustasolla tarjolla on mm. luonto- ja ympäristöalan perustutkinto, jolla on useita järjestäjiä.

Ammattikorkeakoulutasolla materiaalien kierrätykseen ja kiertotalouteen liittyviä tutkintoniimikkeitä ovat mm. ympäristösuunnittelija (AMK) Hämeen ammattikorkeakoulu, insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikka (mm. Lahden, Satakunnan ja Turun ammattikorkeakoulu, Karelia-ammattikorkeakoulu Joensuu), insinööri (AMK) energiatekniikka (Savonia-ammattikorkeakoulu, Varkaus ja insinööri (AMK) kemianteekniikka Centria-ammattikorkeakoulu, Kokkola). Kajaanin ammattikorkeakoulussa ja Lapin ammattikorkeakoulussa Rovaniemellä on lisäksi bio- ja kiertotalouden muuntokoulutusta amk-insinööreille.

Yliopistotasolla kiertotalouteen liittyvää koulutusta on mm. Helsingin yliopiston kemian ja molekyyli-tieteiden maisteriohjelmassa sekä ympäristö- ja luonnontieteiden kandidaattiohjelmissa ja filosofian maisteriohjelmassa. Tampereen yliopiston tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnan ympäristö-, energia- ja biotekniikan kandidaatti- ja diplomi-insinööriohjelmissa sekä tekniikan ja luonnontieteiden tohtoriohjelmassa kiertotalous on esillä. Aalto-yliopiston kemian tekniikan kandidaatti- ja diplomi-insinööriohjelmissa annetaan myös kiertotalouteen liittyvää opetusta. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto kouluttaa ympäristötekniikan kandidaatteja ja diplomi-insinöörejä ja Oulun yliopisto prosessi- ja ympäristötekniikan kandidaatteja sekä diplomi-insinöörejä. Itä-Suomen yliopisto kouluttaa yhteiskuntatieteiden maistereita ympäristöpolitiikan alalle. Lisäksi Helsingin, Turun ja Itä-Suomen yliopistoissa on alaan liittyvää avoimen yliopiston koulutusta.

Aikaa myöten on odotettavissa, että kiertotalouteen ja materiaalien kierrätykseen liittyvään koulutukseen tulee myös omia tutkinto-ohjelmia. Esimerkiksi Aalto-yliopistossa kiertotalous ja materiaalien kierrätys on yhtenä materiaalitekniikan tutkimuksen painopistealueena ja tutkimustyön tuloksia hyödynnetään jatkossa enenevästi myös opetuksessa.

Yhteenveto

Kuten olet varmaan huomannut, on toimialamme koulutus varsin laajaa ja monimuotoista ja se yhdessä työkokemuksen kanssa pätevoittää monenlaisiin tehtäviin. Tämä artikkeli ei pyrikään olemaan täydellinen esitys alan koulutustarjonnasta, vaan se on tarkoitettu antamaan mielikuvia koulutautumismahdollisuuksista alallemme. Yksityiskohtaisempaa tietoa on saatavissa mm. verkko-osoitteesta www.opintopolku.fi, josta voit hakea koulutautumismahdollisuuksia mm. hakuajan, koulutustason, paikkakunnan, koulutusalan ja opiskelumuodon mukaan. Tilastotietoja eri alojen koulutuksen järjestäjistä ja opiskelijamääristä on saatavissa opetus- ja kulttuuriministeriön ylläpitämästä verkkosivustosta osoitteesta www.vipunen.fi. ▲

Lassi Raami, materiaalitekniikan koulutusohjelma, TAU. 5. vuosikurssi



Mikä sai sinut yliopisto-opinnoissa innostumaan materiaalitekniikasta yleensä (ja metallimateriaaleista erityisesti)?

Materiaalitekniikka kiinnosti, koska halusin tietää enemmän eri aineiden koostumuksesta ja käyttäytymisestä. Metalleista kiinnostuin, koska halusin päästä selville eri metallien eroavuuksien syistä. Olen edelleen innostunut alasta siinä määrin, että tavoitteenani ovat jatko-opinnot. Tutkimustyötä varten on jo projektikin valmiina lämpökäsittelyjen alalta.

Mauri Kostiainen, kestävä metallien kierrätys ja prosessointi



Oletko ollut tyytyväinen saamiisi oppeihin?

Käymäni koulutusohjelman kandidaatti on melko laaja, mikä näin jälkikäteen ajateltuna on ihan hyvä. Toisen alan vanha tapa tehdä asioita saattaa ratkaista jonkun toisen alan ongelman, eikä tätä ratkaisua löytyisi, jos ei tietäisi perusteita useammasta asiasta.

Mikko Kiviluoma



Miksi valitsit juuri tämän alan?

Alaa valittaessa kiehoi työskentely ongelmanratkaisujen kanssa, koska korrosio ja materiaalien kuluminen eivät katoa maailmasta mihinkään. Päädyin diplomi-insinööriksi, koska tekniikka on konkreettista ja oman työn jäljet ovat nähtävissä



Annukka Kokkonen

Mikä on alalla parasta?

Se on hienoa, että minulla on etuoikeus nähdä uusien teknologioiden varhaisia prototyyppijä jo vuosia ennen kuin ne tulevat julkisesti markkinoille ratkomaan asiakkaiden todellisia tunnistettuja ongelmia. Hieno lisä tällä alalla on Vuorimiesten yhteishenki ja yhteistyön ilmapiiri.

Omar Velasquez

Why did you choose Finland?

I came to Finland mainly because I got used to living here, life is so calm, everything works, there is a great balance between work and personal life. Here is so flawless, the bus arrives on time, and right where it is supposed to.



Anu Seppälä

Mikä on alalla parasta?

Parasta ovat se kivi, ne räjäytykset ja tietenkin ne isot koneet. Olen päässyt kesätoissa muun muassa poraamaan 152 mm kokoisia porareikiä sekä ajamaan yli 8 m leveää ja 160 tonnia painavaa kiviautoa eli dumperia.

Laura Tiainen:

Mille aloille koulutuksesi antaa valmiudet?

Minua kiinnostavat tuotekehitys ja tutkimus, materiaalit ja niiden karakterisointi. Sillä ei ole pahemmin väliä, missä ympäristössä ollaan: ihmiskehossa, jossain mittalaitteissa tai teollisessa prosessissa.



Noora Hytönen, materiaalitekniikan koulutusohjelma, TAU, 6. vuosikurssi

Mitä haluaisit sanoa opiskeluaan ja ammatinvalintaansa harkitseville nuorille? Mikä valinnassa on tärkeää?

Älä tee sitä, mitä kaverit tekevät, vaan sitä, mitä itse haluat. Rohkeus ja uskallus ovat tärkeitä; ei tarvitse olla helppoa, mutta kivaa pitää olla. Avoimuus eri vaihtoehtoille on tärkeää.



Marja Rinne, prosessimetallurgian opiskelija

Mitä erityistaitoja olet oppinut?

Tärkein oppimani taito lienee insinöriajattelu, mikä omasta mielestäni tarkoittaa kykyä tehdä laskelmia ja päätelmiä vajaiden lähtötietojen perusteella.



Opiskelijahaastattelut kokonaisuudessaan osoitteesta <https://materia.vuorimiesyhdistys.fi/opiskelijahaastattelut>



Missä Suomen metallit tuotetaan?

Teksti:
Ari Jokilaakso

Suomi on metallien valmistuksen (metallurgian) osaamisessa maailman kärkimaita, mikä näkyy monen prosessin tehokkuudessa, energiankulutuksessa ja vähäpäästöisyydessä. Suomessa tuotettujen metallien tonnimäärät ovat kuitenkin metallista riippuen vain 0,2 – 1,7% maailman kokonaistuotannosta. Suomessa tuotettujen metallien kokonaismäärät ovat osittain selvästi suurempia kuin Suomen kaivoksissa tuotettujen rikasteiden metallisisällöt. Tämä johtuu siitä, että monen tehtaan tuotannon raaka-aineena käytetään ulkomailta tuotettuja rikasteita.

Tonnimääräisesti eniten Suomessa tuotetaan terästä, vuodessa yhteensä n. 4 milj. tonnia, kolmella eri paikkakunnalla: Raahe, Tornio ja Imatra. Vain Raaheissa käytetään kaivoksista saatavaa rautarikastetta, kun taas Tornion ja Imatran tehtaat käyttävät teräsromua eli ne ovat kierrätyslaitoksia tässä suhteessa. Torniossa ruostumattoman teräksen raaka-aineena on lisäksi ferrokromia (vuosituotanto lähes 500 tuhatta tonnia), jota saadaan läheisestä Kemin kromiittikaivoksesta, mutta kierrätetyn teräsromun määrä voi olla tuotantoerässä jopa 90%.

Sinkkiä on Suomessa tuotettu myös pitkään Kokkolan sinkkitehtaalla, jonka vuosituotanto on n. 300 tuhatta tonnia. Sivutuotteena saadaan erotetuksi rikasteen sisältämä hopea, jota rikasteesta riippuen tuotetaan Kokkolassa n. 25 tonnia vuosittain. Kokkolan prosessissa otetaan kaikki rikasteen metallit talteen kierrättämällä prosessin sivuvirtoja eri tehtaalle Suomeen ja pohjoismaihin toisten metallien valmistusprosesseihin.

Yli sadan tuhannen tonnin tuotantoa on vielä kuparilla, jota valmistetaan Harjavallassa ja Porissa (prosessin alkuvaihe on Harjavallassa, mutta lopullinen raakakuparin puhdistus tehdään Porissa olevassa tehtaassa), 139 tuhatta tonnia (2018). Porissa on myös kuparista erilaisia tuotteita (mm. putkia ja profiileja) valmistavia yrityksiä. Kuparirikasteissa olevista muista metalleista Porissa saadaan erotetuksittua omiksi metalleikseen kulta (3 t), hopea ja seleeni (n. 90 t) sekä platinaryhmän metalleja rikasteena 200 – 1500 kg vuosittain.

Kullan kokonaistuotanto Suomessa on n. 9 tonnia, josta suurin osa eli n. 6 tonnia tuotetaan Kittilässä sijaitsevassa kultakaivoksessa, jossa

se valetaan kultaharkoiksi. Hopeaa tuotetaan Suomessa yhteensä n. 90 t (huippuvuonna 2014 jopa 142 tonnia), mistä n. 73 tonnia (2018) Harjavallassa. Harjavallassa valmistetaan myös nikkeliä (n. 35 tuhatta tonnia) sekä erilaisia nikkelikemikaaleja (nikkelisisältö Suomen koko nikkelituotannossa metallina ja kemikaaleissa yhteensä 92 tuhatta tonnia, 2018).










Suomessa tuotetaan myös kobolttia, jonka tuotannon metallisisältö on n. 13 tuhatta tonnia käsittäen metallista kobolttipulveria sekä runsaasti kobolttioksidia ja –kemikaaleja. Luvussa on mukana koko Suomen kobolttituotanto eri muodoissa. Valtaosa tuotetaan Kokkolassa ja loput Harjavallassa. Erikoisuutena Kokkolan kobolttiprosessin sivutuotteena on vuodesta 2010 lähtien tuotettu germaniumia (12 – 17 t/a).

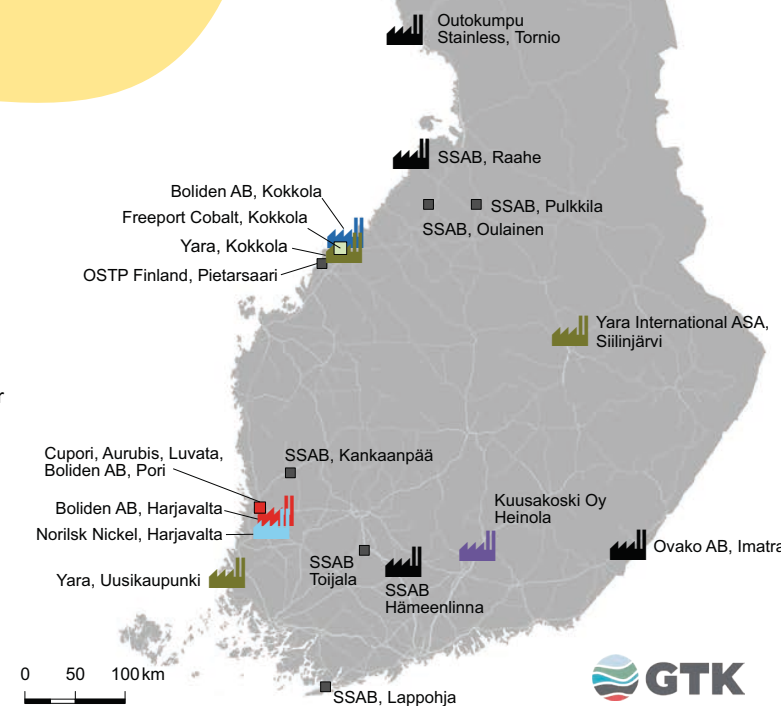
Sähkökäyttöisten kulkuneuvojen määrän ennustettu voimakas kasvu on mahdollistanut myös suunnitelmat aloittaa litiumin valmistus Suomessa. Litiumia ei kuitenkaan tulla valmistamaan metallisena, vaan se louhitaan litiumkarbonaattina spodumeenimineraalista, joka rikastetaan ja josta edelleen jalostetaan akuissa tarvittavaa litiumhydroksidia. Kaustisilla sijaitsevasta kaivoksesta on tarkoitus aloittaa 121 000 litiumhydroksidikarbonaattitonin vuosituotanto.

Muita akuissa tarvittavia metalleja ovat nikkeli- ja kobolttisulfaattit.

Sotkamossa rakennetaan parhaillaan nikkeli- ja kobolttisulfin jatkojalostuslaitosta, joka valmistuttuaan tuottaa 170 000 tonnia nikkelisulfaattia ja 7000 tonnia kobolttisulfaattia. Sotkamossa on valmisteilla myös uraanin talteenotto malmista, mutta sen käynnistys odottaa vielä valtioneuvoston myöntämän luvan lisäksi Säteilyturvakeskuksen käynnistyslupaa. ▲

Metals and minerals processing

-  Steel mill
-  Steel products
-  Copper and nickel smelter
-  Copper products
-  Nickel plant (metal, chemicals)
-  Zinc smelter
-  Aluminium (recycling)
-  Cobalt (chemicals)
-  Fertilizers



KITARANKIELTEN METALLIT SOIVAT ERI TAVALLA

Teksti: Katarina Boijer
Kuva: Marjo Koivumäki

Erilaiset metallit jytisevät myös soittimissa.

Sähkökitaran kielet on valmistettu joko teräksestä, nikkelistä tai muusta magneettisesta metalliseoksesta. Akustisen kitaran kielet ovat terästä, ja joskus akustisessa kitarassa voidaan käyttää myös fosforipronssisia kieliä.

Klassisen kitaran kielet soivat eri tavalla, koska siinä käytetyt kielet on tehty nailonista.

Eri tekniikat ja mieltymykset vaikuttavat kitarankielten valintaan - jotkut pitävät terävästä soundista, jotkut syvästä ja pehmeästä. Myös kielten pinnoite ja päällyste vaikuttavat äänen laatuun.

Nikkeliallergiikoille on tehty kieliä, jotka on valmistettu kokonaan ruostumattomasta teräksestä.

Kitaran kielissä ei kannata olla hintapihi. Halvoissa kielissä punos on löyhempi, ja tulos on tukkoisen kuuloinen. Hyvissä kielissä punos on todella tiukka, ja yksittäinen kielikin painaa enemmän. Tiukka punos estää myös likaantumisen.

Normaaleissa kielissä sisuslanka on profiililtaan pyöreä. Kuusikulmainen sisuslanka puolestaan tuo ääneen kuulautta.

Kieliä on myös eri paksuisia. Ohuet kielet ovat helpompia soittaa, joten ne ovat aloittelijoiden valinta, vaikka niistä lähteekin herkästi häiriöääniä. Paksumpiin kielisiin tarvitaan enemmän voimaa, mutta äänikin kajahtelee syvemmin.

Nikkelöity teräs soi kirkkaasti. Jos käytetään pelkkää nikkeliä, äänestä tulee syvempi ja tummempi.

Kirkkaan äänen saa aikaan myös ruostumaton teräs. Se myös vaimentaa tehokkaasti sormien liukuääniä.

Jazz- ja bluesmuusikot suosivat kromia. Kromista lähtee vain vähän resonointia.

Titaanikielien kielet ovat erittäin kestäviä. Koboltti tuo soundiin syvyyttä, dynamiikkaa sekä erittäin korkean kirkkauden. ▲

