

MATERIA

1-2018 | Maaliskuu

GEOLOGIA
KAIVOS
LOUHINTA
RIKASTUS
PROSESSIT
METALLURGIA
MATERIAALIT

YLI 70 VUOTTA VUORITEOLLISUUDEN ASIALLA



Kännykstä kultaa s. 30

60

1957 • 2017



TÖITÄ RIITTÄÄ VIELÄ, KUN SEURAAVA SUKUPOLVI ASTUU TURVASAAPPAIN

Urahaaveet todeksi Kittilässä – pitkälle tulevaisuuteen.

www.agnicoeagle.fi



AGNICO EAGLE
KITTILÄN KAIVOS

Tapojärvi on mukana suunnittelemassa ja toteuttamassa Raaheen rakennettavan Ferrovan Oy:n metallituotetehtaan raaka-ainekäsittelyä.



FERROVAN OY

10

MATERIA 1–2018 | Maaliskuu



64

- 5 Lukijalle **Kari Pienimäki**: Maailma pelastuu metallien ansiosta!
- 7 Pääkirjoitus **Juha Nyholm**: Törmäyskursilla
- 10 **Tiina Nousiainen, Juha Koskinen**: Kuljetusyrityksestä kiertotalouden kansainväliseksi kehittäjäksi
- 15 **Matti Volotinen**: Millisecond Oy tuo kaivosteollisuuteen digikonkretian
- 18 **Panu Kaukinen**: Huoltoimintaa Epirocin malliin
- 20 **Eero Hämäläinen**: Käyttöikä pitenee, vaihtoaika lyhenee lähes puoleen
- 23 **Heini Jokinen, Ville Vähäkangas**: Kännyköiden ja sähköautojen akkujen raaka-ainetta jalostetaan pian energiatehokkaasti Keski-Pohjanmaalla
- 28 Uutisia alalta
- 30 **Ari Jokilaakso**: Tutkijavierailuja kouluihin
- 32 **Pia Voutilainen**: Metallit myrkyttömän ympäristön strategian pyönteissä
- 34 **Sanna Kaasalainen, Jussi Leveinen, Albert Manninen**: Kaivoshanke tavoittelee teknologiamurrosta kaivosteollisuudessa
- 37 **Tuomo Tiainen**: Kolmiulotteinen tulostus mullistaa maailman
- 41 **Tuomo Tiainen**: Korrosio ja kuluminen kuriin pinnoittamalla



51



32



15

- 47 **Mira Markovaara-Koivisto, Lauri Uotinen, Kari Rasilainen:** Kalliomassan ja rakojen numeerinen mallinnus
- 50 **Leena K. Vanhatalo:** Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiön Metallinjalostajien rahaston apurahat vuodelle 2018
- 51 **Niina Merilaita, Matti Järveläinen, Erkki Levänen:** Funktionaalisia materiaaleja metallinjalostuksen päästöjen hallintaan
- 55 **Ari Jokilaakso:** Professori Pekka Taskisesta emeritus – Termodynamiikkaa tieteen ja teollisuuden hyödyksi
- 58 **Ari Jokilaakso, Mari Lundström:** Metallurgia kiertotalouden ratkaisijana – Professori Pekka Taskisen juhlasymposiumi
- 63 **Ilkka Harri:** Metallurgijaoston syysseminaari Aalto-yliopistolla
- 64 **Tuomo Kivelä:** Älykkäämpiä robottijärjestelmiä kaivosten autonomisiin työkonseihin
- 68 Historian havinaa 70 vuotta sitten: Äänenkannattajamme tulevaisuus
- 69 **Tuomo Tiainen:** Vuoden 2017 Henri Coriou –palkinto Aalto-yliopiston professori Hannu Hänniselle
- 70 **Leena K. Vanhatalo:** Oppia ikä kaikki!
- 72 **Jussi Sipilä:** Metallurgin mietteitä
- 74 DIMECC on-line **Ville-Valtteri Visuri, Agne Bogdanoff:** FLEX WP3 Adaptive Refining Metallurgy – Joustava metallien jalostus

- 76 Kaivosteollisuus **Pekka Suomela:** Tiekartta eduskuntavaaleihin 2019
- 77 Metallinjalostajat **Kimmo Järvinen:** Suomen kilpailukyky on paljon muutakin kuin Kiky
- 79 Kolumni **Pertti Voutilainen:** Hulluuden huippu
- 80 Pakina **Tuomo Tiainen:** Satu spinodaalierkautumisesta
- 81 Alansa osaajat
- 82 Ilmoittajamme tässä numerossa
- 82 VMY:n toimihenkilöitä
- 83 Pääsihteeriltä **Ari Juva:** Kevät keikkuen tulevi..
- 83 Tampereen teknillisen yliopiston materiaalitekniiikan tutkinto-ohjelmasta valmistuneita diplomi-insinöörejä

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS HAKEE

YKSIKÖN PÄÄLLIKKÖÄ

Mineraaliteknikka ja materiaalit -tulosyksikköön
Espooseen tai Outokumpuun.

Tarkemmat tehtäväkuvaukset ja hakutiedot:
www.gtk.fi/gtk/tyopaikat



**MADE IN
POHJOINEN**



MENESTYS LOUHITTAAN POHJOISESSA

POHJOINEN TEOLLISUUS

TEOLLISUUDEN SUURTAPAHTUMA 2018
23.-24.5.2018, OULU

VARAA PAIKKASI NYT!

TAVOITA POHJOISEN TEOLLISUUDEN TÄRKEIMMÄT KONTAKTIT

**2 PÄIVÄÄ ♦ 5000 ASIAANTUNTIJAA JA PÄÄTTÄJÄÄ
350 NÄYTTILLEASETTAJAA ♦ UUDISTETTU ULKOALUE
KONGRESSI, SEMINAARIT, PUHEENVUOROT**

EXPOMARK
●●●●

www.pohjoinenteollisuus.fi



Räjähdealan osaamista jo 125 vuotta



FORCIT.FI



Pyhäsalmen kupari-sinkki-rikkikaivos

- Tuotanto alkoi 1.3.1962
- Kokoluokassaan maailman tehokkaimpiin kuuluva maanalainen kaivos, jossa työskentelee n. 250 henkilöä
- Tehokkuuden lisäksi kiinnitämme erityistä huomiota turvallisuuteen, miellyttävään ja terveelliseen työympäristöön sekä ympäristönsuojeluun
- Olemme olennainen osa Pyhäjärveä ja yhteisöämme.



Pyhäsalmen Mine

Pyhäsalmen Mine Oy | tel. +358 8 7696 111 | www.first-quantum.com



Kalliolutituksen ammattilainen

Kaivos- ja kalliorakentamiseen
Kalliolutitustuotteita • Tunnelitilojen eristysrakenteet • Kallioverkot

Rakennusteollisuuteen
Kierretangot • Vetotankojärjestelmiä • Peruspultteja
Järeämpiä asennus- ja kiinnitysosia • Elementtiteollisuuden tuotteita



Let's connect

Pretec Finland Oy Ab
Billskogintie 12 02580 Siuntio

Puh. 020 7345 681 | info@pretec.fi | www.pretec.fi

Maailma pelastuu metallien ansiosta!

Autoilun sähköistymisen sekä mobiilin kommunikaation lisääntymisen myötä maailma pelastuu ja siitä saamme kiittää muun muassa akkuteollisuuden tarpeisiin valmistamiemme metalleja, metallien valmistuksen sivutuotteiden hyötykäyttöä ja kiertotalouden dynamiikan ymmärtämistä sekä hyödyntämistä. Kaivosteollisuuden maine on selkeästi paranemassa noustessamme ratkaisijan asemaan ilmastonmuutoksen hallinnassa. Tämä on huomattu myös valtamedian toimesta ja nyt on aika myös hieman nostaa omaa profiiliamme. Tässä kehityksessä voi jo nyt terveesti ylpeällä tavalla kertoa olevansa mukana, sillä jälkipolvet tulevat aikanaan arvioimaan meidän ”ratkaisijoiden” roolin telluksen elinkaaren kehityksessä. Tässä lehdessä on esitelty muun muassa Keliberin spodu-meeni-rikasteen jalostussuunnitelmia litium-akkujen raaka aineeksi, Tapojärven saavutuksia ferrokromi- ja jaloteräs-



kuonien tuotteistamisessa sekä Pia Voutilaisen ”kylmiä väreitä” nostattava kirjoitus reaalimaailman ja poliittisen päätöksenteon välisen kuilun kaventamisesta.

Lehdessä on myös esitelty palkittuja alamme spesialisteja, 3D-tulostuksen nykytilaa, adsorptiotutkimusta, korroosio- ja kulutuskestävyyden parantamista termisen ruiskutuspinnoituksen avulla sekä sympaattinen kirjoitus Ari Jokilaakson esityksestä peruskoululaisille alastamme, Pekka Taskista unohtamatta.

Uutena palstana julkaistiin ensi kertaa: ”Uutisia alalta”, jossa ajattelimme julkaista lyhyitä

referaatteja tuotteista, yritysjärjestelyistä sekä muusta alamme muokkaavasta toiminnasta.

Kari Pienimäki
päätoimittaja

MATERIA

JULKAISIJA / PUBLISHER Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y. 75. vuosikerta ISSN 1459-9694 www.vuorimiesyhdistys.fi | LEVIKKI n. 4000 kpl
MATERIA-LEHTI kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessiteknikka ja metallurgia sekä materiaalien valmistus ja materiaalteknikan erilaiset sovellutukset. Lehden alkuosa painottuu alan ja yritysten ajankohtaisiin asioihin. Tiede & tekniikka -osa keskittyy tutkimuksen ja kehitystyön tuloksiin. 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. The first part of the magazine focuses on what's happening in the field and the companies involved while the R&D section concentrates on the results of research and development. | **VAST. PÄÄTOIMITTAJA / EDITOR IN CHIEF** DI **Kari Pienimäki** 040 527 2510 kari.pienimaki@outotec.com | **PÄÄTOIMITTAJA/ DEBUTY EDITOR IN CHIEF** DI **Ari Oikarinen** 050 569 9884 ari.e.oikarinen@gmail.com | **TOIMITUSSIHTEERI / MANAGING EDITOR** DI **Leena K. Vanhatalo** 050 383 4163 leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi | **ERIKOISTOIMITTAJAT / SPECIALISTS** TkT, prof.(emer.) **Tuomo Tiainen** 040 849 0043, 050 439 6630 tuomo.j.tiainen@gmail.com, DI **Hannele Vuorimies** 040 187 6060 Epiroc Finland Oy Ab etunimi.sukunimi@epiroc.com | **TOIMITUSNEUVOSTO / EDITORIAL BOARD** DI **Liisa Haavanlammi** pj / Chairman Outotec 040 864 4541 liisa.haavanlammi@outotec.fi, DI **Jani Isokääntä** SFTec Ltd. 040 854 8088 jani.isokaanta@svy.fi, Professori (associate) **Ari Jokilaakso** 050 313 8885 ari.jokilaakso@gmail.fi, DI **Matti Palperi** Helsinki 09 565 1221, FM **Esa Pohjolainen** GTK 050 374 1169 esa.pohjolainen@gtk.fi, TkT **Topias Siren** 050 354 9582, DI **Pia Voutilainen** 040 590 0494 pia.voutilainen@copperalliance.se, Scandinavian Copper Development Ass. | **OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET / CHANGES OF ADDRESS & SUBSCRIPTIONS** **Leena K. Vanhatalo** 050 383 4163 **leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi**. | **FI, VMY:N JÄSENISTÖ MYÖS VERKKOSIVUJEN JÄSENREKISTERIN KAUTTA. PAINO JA TAITTO/ PRINTING HOUSE** **Painotalo Plus Digital Oy, Lahti** | **KANSI** Kännykstästä kultaa, kuva Leena K. Vanhatalo.

Artikkelien aineistopäivä
Article deadline
2/2018 6.4.
3/2018 8.6.
4/2018 8.10.
5/2018 22.11.

Ilmoitustilavaraukset / aineistopäivä
Booking ads dl / Ads delivered
2/2018 6.4. 16.4.
3/2018 8.6. 15.6.
4/2018 8.10. 12.10.
5/2018 22.11. 30.11.

Ilmoitusmyynti / Ad Marketing
L&B Forsten Öb Ay, 0400 875 807
materia.forsten@pp.inet.fi

normet

www.normet.com

PROSESSIT

RUIKUBETONOINTI
PANOSTUS
NOSTO- JA ASENUSTYÖT
RUSNAUS
MAANALAINEN KULJETUS
KALLIOLUJITUS
LUJITUS- JA VESIERISTYS-
PINNOITTEET
TBM TEKNOLOGIA
VESITIIVIT RAKENTEET

Normet Oy

Ahmolantie 6,
74510 Iisalmi
017-832 41
info@normet.com

- TAATUT TULOKSET

Parhaat laitteet, viimeisimmät teknologiat ja toimialamme kysykkäinhenkilöstö tekevät Normetista parhaan vaihtoehdon vaativimpiinkin töihin



Tiedät kenelle soittaa.

Maailmanlaajuinen Weir Minerals Solutions -tiimimme toimii aina tukenasi ajasta ja paikasta riippumatta. Weir Minerals Solutions varmistaa järjestelmiesi suorituskyvyn, luotettavuuden ja monipuolisuuden paremmin kuin kukaan muu maailmassa.

Laitteistomäärittysten ja -kokoonten osaamisemme, luotettavat ratkaisumme ja joustavat rahoitusvaihtoehdot varmistavat toimintasi parhaan mahdollisen tuottavuuden.

Vieraile sivustollamme osoitteessa www.weirmineralsolutions.weir ja tehosta kaivoksesi toimintaa.

WEIR

WEIR MINERALS
SOLUTIONS

Minerals
www.minerals.weir

**JUHA NYHOLM**

tuoteryhmäpäällikkö, Pohjoinen Teollisuus –messut, Expomark Oy

Törmäyskurssilla

TÄTÄ PÄÄKIRJOITUSTA ei olisi kirjoitettu ilman tapahtumia. Olen vuosien varrella saanut olla edistämässä toimialaa ja törmännyt eri henkilöihin useissa tapahtumissa. Lopulta päädyin yhdeksi teistä, vuorimieheksi, ja sain kunnian kirjoittaa vuoden 2018 ensimmäisen pääkirjoituksen. Erityiskiitokset menevät Ari Juvalle, joka minut tähän maailmaan toistakymmentä vuotta sitten rekrytoi, sekä Hannele Vuorimiehelle, joka Arin ohella toimi suosittelijani.



KAIKILLA MAINITUILLA tapahtumilla on toimialakentässä oma roolinsa. Vuorimiesyhdistys yhteistyökumppanina tarjoaa meille järjestäjille arvokasta tukea tapahtumien sisällön ja viestinnän toteuttamisessa. Tapahtumien välillä on myös kilpailua, mutta se tapahtuu hyvässä hengessä. Yhteistä meille kaikille on halu edistää toimialaa. Vastuullisen tapahtumajärjestäjän tunnistaa juuri pitkäjänteisestä työstä toimialan kehittämiseksi. Me haluamme, että te menestytte.

MEDIAMAAILMAN MUUTOKSES-

SA digitaalisten palvelujen sanotaan haukkaavan suuren osan markkinointibudjeteista. Tässä myllerryksessä perinteinen messu- ja tapahtumamedia on pystynyt säilyttämään osuutensa ja jopa kasvattamaan sitä. Digitalisoituvassa maailmassa pitää kohdata myös kasvatusten - nähdä, kuulla ja kokea, mitä omalla alalla tapahtuu. Tapahtumien vahvuutena on kaupankäynnin perusta: luottamus myyjän ja ostajan välillä. Tuotteiden vertailun voi tehokkaasti tehdä verkossa, mutta pienten erojen sekä useiden tuotteiden ja palvelujen maailmassa henkilökohtainen kontakti on usein ratkaiseva. Siihen tapahtumat antavat loistavan työkalun.

VUONNA 2018 toimialalla on runsaasti tapahtumia. Varaslähtö vilkkaaseen vuoteen otettiin marraskuussa Levillä, kun FEM 2017 kokosi kaivannaisteollisuuden väen verkostoitumaan ja iloitsemaan noususuhdanteesta. Maaliskuun lopulla Vuorimiespäivät kokoaa meidät taas Helsinkiin. Itse osallistuin tapahtumaan vuosi sitten uutena jäsenenä ensimmäistä kertaa ja tunsin oloni kertaheitolla osaksi yhteisöä. Tuttuja sai tervehtiä tämän tästä.

POHJOINEN TEOLLISUUS 2018 toukokuun lopulla Oulussa yhdistää teollisuuden pohtimaan hyviä käytäntöjä ja uusia ratkaisuja yli toimialarajojen. Maamme teräs- ja kaivosteollisuuden ydinalueella kohtaamme muun muassa metsä-, energia- ja kemianteollisuuden ammattilaiset. Törmäykset luovat uusia ideoita. Tiiviin vuoden päättää Finnmaterial 2018 keskellä Suomea Jyväskylän upeissa tapahtumatiloissa, joissa kaivosteollisuus kerääntyy vetämään toivoakseni menestyssekkään vuoden yhteen.

TEOLLISUUDEN ENNUSTEET ovat positiiviset. Uusien kaivoshankkeiden näkymät ovat parantuneet ja vanhojen kaivosten avaamista suunnitellaan. Erityisesti pohjoisessa odotukset ovat sen suhteen kovat. Energiamurroksen ja hiilettömään energiantuotantoon pyrkimisen ennustetaan kiihdyttävän metallien kysyntää pitemmälläkin aikavälillä. Vuoriteollisuuden vastuullisuudesta on viime vuosina puhuttu paljon. Nyt ala pääsee todella näyttämään vastuullisuutensa energiamurroksen mahdollistajana. Teräsyhtiömme ovat etujoukoissa näyttämässä tietä vähähiiliseen teräksentuotantoon. Pohjoinen Teollisuus 2018 -tapahtumassa Kestävän kaivostoiminnan verkosto järjestää keskustelutilaisuuden tästä muutoksesta, jossa juuri me vuorimiehet olemme avainasemassa. Positiivinen ilmapiiri näkyy myös tapahtumissa. FEM kokosi Levillä ennätyksellisen osallistujamäärän ja Oulun Pohjoinen Teollisuus 2018 -tapahtumassa yli 350 yritystä kerääntyy esittelemään palvelujaan. Toivottavasti sama menestys kohtaa myös loppuvuoden tapahtumia.

KANNUSTAN KAIKKIA vuorimiehiä vierailemaan yhteisissä tapahtumissamme. Ennen kaikkea suosittelen tutustumaan tapahtumiin myös oman toimialan ja tehtäväkentän ulkopuolelta. Niissä saa usein todellisia oivalluksia siitä, miten omalla alalla toimintaa voisi parantaa. Esimerkiksi syksyn Energiamesсут tarjoaa viimeisintä tietoa energiamurroksesta. Törmäilläään.

Juha Nyholm

tuoteryhmäpäällikkö, Pohjoinen Teollisuus –messut, Expomark Oy

FinnMATERIA

Jyväskylän Paviljonki
21.-22.11.2018

KOKO KLUSTERIN SUURTAPAHTUMA! MALMISTA METALLIKSI EKOSYSTEEMI.

Vuoden johtava kaivosteollisuuden, metallinjalostuksen, kiviainesteollisuuden ja maarakentamisen erikoismessu tarjoaa uusimman tiedon, tekniikan ja innovaatiot.

**VARAA PAIKKASI NÄYTTEILLEASETTAJANA JA
PYSY EDELLÄKÄVIJÖIDEN JOUKOSSA!**

**LISÄTIETOA JA NÄYTTELY-
PAIKKOJEN MYYNTI:**
www.jklmessut.fi

YHTEISTYÖSSÄ:



MATERIA



www.finnmateria.fi

Jyväskylän Messut Oy | PL 127, 40101 Jyväskylä
puh. (014) 334 0000 | info@jklmessut.fi

JYVÄSKYLÄN
MESSUT



APRIL 17 2018 HELSINKI
**NORDIC
MINING
INVESTMENT
CONFERENCE**

NORDIC MINING INVESTMENT CONFERENCE 2018

Future Financing in Nordic Mining

Crowne Plaza, Helsinki, April 17 2018

Register now!

www.nmic2018.com #NMIC2018

The Nordic Mining Investment Conference will cover a wide base of mining information. The emphasis will be firmly fixed on the outlook for the Nordic mining sector, with particular focus on legislation, financing, mining investment and mine developments. The conference will highlight on a Nordic perspective and attract miners, stakeholders, politicians and major decision makers from the finance and investment communities.

EXAMPLES OF SPEAKERS



Stan Bharti

Founder and Executive
Chairman of Forbes &
Manhattan, Inc



Rama Ayman

CEO,
MMG Capital



Mark Rachovides

President
Euromines



Erja Retzén

Senior Managing
Director, Nasdaq

CONFERENCE HIGHLIGHTS

**The Outlook for the
Nordic Mining Sector**

**Creating an Attractive
Investment Climate**

**The Investors Approach
to Nordic Mining**

Networking opportunities

Funding and investment opportunities will be presented by project, exploration and junior companies from the Nordic countries. Through a dedicated pitching session and a networking lunch/dinner both projects companies and investors have the chance to build new networks.

SELECTED HIGHLIGHTS

Exhibition — limited space left

The booking of stand space is almost filled up! Meet exploration companies in the Nordic mining industry.

Networking Dinner

Join our networking dinner at the Royal Hall, Crowne Plaza



Gold sponsor



Silver sponsor



BEOWULF MINING plc

Media sponsor



**VUORIMIESYHDISTYS -
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y**

Kuljetusyrityksestä kiertotalouden kansainväliseksi kehittäjäksi

Tapojärvi Oy on kaivosalan palveluihin, teollisuusprosesseihin ja materiaalien käsittelyyn erikoistunut yritys, joka tuotteistaa vuosittain noin 700 000 tonnia teollisuuden sivutuotteita, mikä määrällisesti vastaa noin 30 prosenttia Suomen yhdyskuntajätteiden määrästä. Tapojärvi on vuosien ajan kehittänyt palveluitaan yhdessä tilaajan kanssa ja yhteistyöstä ovat hyötäneet molemmat osapuolet. Tapojärvi virittelee osaamisensa vientiä myös kansainvälisille markkinoille.

Teksti: **TIINA NOUSIAINEN JA JUHA KOSKINEN**

Tapojärvi on perheyritys, jonka yritystaival alkoi 63 vuotta sitten, kun Esko Tapojärvi näki yritystoimintamahdollisuuden kuljetuspalveluiden parissa.

Mies hankki omistukseensa Pobedan, jossa oli vankka rakenne, isot pyörät ja korkea maavara. Yrityksen tavoitteena oli tarjota luotettavia kuljetuspalveluita Pohjois-Suo-

men hankalissa keliolosuhteissa.

Vuonna 1966 Esko Tapojärvi siirtyi Helsinkiin kuljettamaan soraa Tauno Valon leipiin Hyrylän hävittäjiin. Eräänä pyhän vastaisena yönä Tapojärveä soitettiin tuuramaan kotikonnuille Kolariin, Rautuvaaran kaivokselle. Tehtävänä oli kuljettaa maanalaista louhetta.

- Se oli pitkä tuuraus, sillä työtä kesti 16

vuotta. Pestin aikana kaluston ja henkilökunnan määrää oli kasvatettava ja tilaajien tarpeisiin oli alettava kehittää myös muita palveluita, Esko Tapojärvi muistelee kasvun vuosia.

Toimintojen laajentuessa yrityksen toimintaan tuli mukaan myös muu perhe. Vuonna 1995 yrityksessä tehtiin sukupolvenvaihdos. Samalla Eskon poikien, Markun



Tapojärvi Oy on erikoistunut tuotteistamaan teollisuuden sivutuotteita.



Tapojärvi Oy:n omistama Hannukainen Mining Oy osti Northland Mines Oy:n konkurssipesältä vuonna 2015 kaivosoikeudet sekä kaiken hankkeeseen liittyvän materiaalin. Hannukaisen alueen malmiesiintymää tullaan hyödyntämään kotimaisin voimin.

ja Pertin, omistama Veljekset Tapojärvi Oy sulautettiin yhtiöön. Siinä vaiheessa Tapojärvellä oli koneurakoita jo ympäri Suomen.

Uniikki laitos koko maailmassa

Vuonna 1989 yhtiö otti ensimmäisen kosketuksen kuonaan, kun se teki koneurakointia Suomen Kuonajalosteelle (SKJ-yhtiöt) Outokummun Tornion ferrokromisulatolla. Siihen aikaan SKJ-yhtiöt myi ja markkinoi Tornion kuonia.

Tapojärven työ ei ollut kuitenkaan pelkkää lastaamista. Tilaajan toiveesta Tapojärvi alkoi tutkia kuonan mahdollisuuksia yhä enemmän yhdessä SKJ:n ja Outokummun kanssa.

- Murskasimme, teimme testejä, kokeilimme, seuloimme ja kehitimme erilaisia käsittelytapoja, Pertti Tapojärvi taustoittaa.

Vuonna 1999 SKJ-yhtiöt rakensi ferrokromirikastamon, missä Tapojärvet olivat osaomistajia hoitaen rikastamon alkupäätä.

- Terästeollisuuden sivutuotekasat ovat aina kiinnostaneet meitä. Tiesimme, että niissä on arvoaineita. Kuonankäsittelyn kehittäminen oli mielenkiintoinen aihealue ja näimme siinä myös taloudellisia mahdollisuuksia. Meillä oli kova halu kehittää toimintaa ja se sai vastakaikua myös tilaajalta, Markku Tapojärvi kiittelee.

Viisi vuotta ferrokromirikastamon valmistumisesta Tapojärvelle tuli mahdollisuus ostaa rikastamon toiminta kokonaisuudessaan itselleen.

- Sen jälkeen lähdimme muun muassa parantamaan ferrokromin talteensaantia, Markku muistelee.

Syntyi useita projekteja, jotka nivoutuivat tilaajan tarpeisiin ja ongelmiin. Tapojär-

Vuonna 2010 Tapojärvi Oy palkittiin Vuoden globaalina kuonayrityksenä Sydneyssä.

vet sitoutuivat palkkaamaan lisää asiantuntijoita, hakivat rahoitusta ja tekivät tiivistä yhteistyötä tilaajan kanssa.

Yhteistyön tuloksena esimerkiksi ferrokromikuonamurskeiden metallipitoisuus saatiin alhaisemmaksi. Myös raakkujäämät opittiin käsittelemään siten, että niistä valmistui CE-merkittyjä 1-luokan kiviainesmurskeita, joiden kestävyys- ja kovuusarvot ovat omaa luokkaansa.

- Teimme juuri niin kuin Outokumpu halusi. Loimme muutoksia prosessiin, otimme hienorikastuspiirin käyttöön ja pian mitään ei enää mennyt loppusijoitukseen. Käsittäakseni Tornion ferrokromirikastamo on harvinainen, lähes jätteetön laitos, Pertti Tapojärvi sanoo.

Vuonna 2009 Tapojärvi alkoi rakentaa jaloteräsrikastamo Tornion ruostumatoman teräksen kuonalle. JT-rikastamon rakennusaika myöhästyi heti alkuunsa, sillä urakoinnin vaihto ei mennyt odotetusti.

- Jouduimme nipistämään meille varastusta rakennusajankohdasta. Tuli kiire ja syntyi ylimääräisiä kuluja. Kuonankäsittely viivästyi aiotusta ja jouduimme varastoi- maan kuonaa. Se aiheutti paineita myös tilaajalle, sillä heidän ympäristölussaan ei tällaiseen oltu varauduttu. Kaikkinensa start up -vaihe oli raskas ja vaativa, mutta

lopulta toiminta saatiin käyntiin.

- Jaloteräskuonista tuotteistamme suurimman osan murskeiksi rikastamolla. Käyttötarkoitukset menevät Outokummun omaan infraan. Emme omista kuonaa, Markku Tapojärvi lisää.

Vuonna 2010 Tapojärvi Oy palkittiin Vuoden globaalina kuonayrityksenä Sydneyssä. Yrityksen maine teollisuuden sivutuotteiden käsittelijänä ja tuotteistajana oli kantautunut ympäri maailman.

- Ihan ilmaiseksi palkinto ei tullut. Takana oli pitkäaikainen tutkimus- ja kehitystyö, uteliaisuus terästeollisuuden sivutuotekasojen kohtaan ja toive, ettei missään vaiheessa syntyisi loppusijoitettavaa jätettä, Pertti Tapojärvi kiteyttää.

Työtä on tehtävä tilaajan tarpeita varten

Tapojärvet uskovat vahvasti tuottajan ja tilaajan väliseen kumppanuuteen. Kun tilaajalla on tarve tai ongelma, tarvitaan yhteistä luottamusta ja halua kehittää toimintaa. Yrittäjät muistuttavat, että työtä on tehtävä tilaajan tarpeista lähtien.

- On oltava tiivistä yhteistä tutkimus- ja kehitystoimintaa, säännöllisiä palavereja ja pysyttävä samassa selkeässä strategiassa. Urakoitsijan on oltava myös notkea ja otettava huomioon muun muassa ympäristö-, turvallisuus-, laatu- sekä lupa-asiat.

- Pitää olla sitkeä ja nöyrä, muuten ei pärjää. On pakko laittaa paljon paukkuja kehään jo paljon ennen kuin tehdään sopimus. On oltava valmis investoimaan ja kehittämään tilaajan tarpeita parhaalla mahdollisella tietotaidolla. Esimerkiksi kuonankäsittelyssä pitää omata henkilöstö, >



Geopolymeeristä rakennettu testirakenne, jolla tutkitaan sen toimintaa tiiviinä pintakerroksena peittämässä sulfidikaivosten sivukiviä.

joka ymmärtää tuotekehityksen. Punaisen langan on oltava selkeä, jotta molemmat hyötyvät yhteistyöstä, veljekset kertovat.

Tapojärvi on kasvanut voimakkaasti viime vuosina, sillä yritystoiminnan tulo ei muodostu vain yhdestä osa-alueesta. Operatiivinen toiminta on hajautettu kaivosalan palveluihin, teollisuusprosesseihin ja materiaalien käsittelyyn. Näin yritystä voidaan kehittää pitkäjänteisesti maailman markkinoiden heittämissä huolimatta.

JT-kuonankäsittelyään Tapojärvi on jatkopaljastanut modulaariseen suuntaan, jolloin sitä voidaan tarjota sellaisenaan erilaisiin käsittelytehtäviin. Kuonankäsittelysopimukset ovat mittavista investoinneista johtuen tyypillisesti pitkäkestoisia ja niitä tulee markkinoille harvoin. Milloin osaamisen vienti käynnistyy tosissaan?

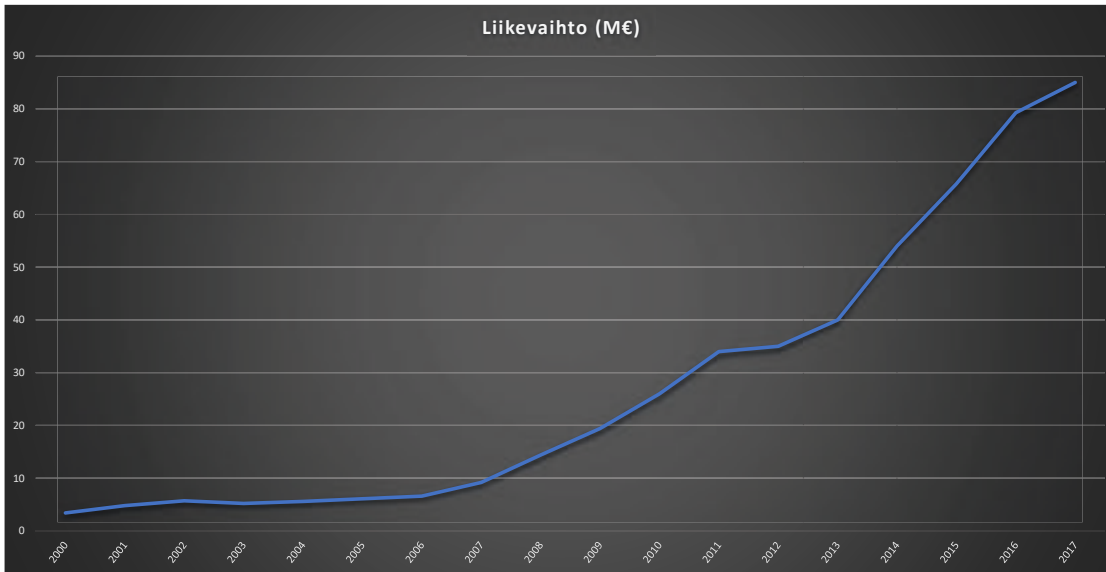
- Metalliteollisuuden alalla on reilu viisi vuotta ollut matalasuhdannetta. Nyt talous elpyy ja se tietää myös uusien projektien käynnistymistä. Maailmalla tiedetään, että pystymme vahvaan tuotekehitykseen ja että meillä on erikoisosaamista kuonien käsittelyssä. Uskomme, että uusia sopimuksia syntyy lähivuosina, Markku sanoo.

Tähän asti kuonan käsittelyssä pääpaino on ollut metallien hyvässä talteensaannissa. Tapojärven käsittelytavalla materiaalien loppusijoitettava määrä myös samalla minimalisoituu ja se on alkanut herätellä alan teollisuutta.

- Nyt on kehitettävä niitä asioita mitä jo teemme ja vietävä osaaminen ja tuotekehitys vielä pidemmälle. Menestyvän

Tapojärvi Oy

- Yrityksessä työskentelee noin 450 työntekijää ja aliurakoitsijoiden palveluksessa noin 150 henkilöä.
- Liikevaihto vuonna 2017 oli 85 miljoonaa euroa.
- Toiminta on sertifioitu ISO 9001:2008 -standardin vaatimusten mukaisesti.
- Tehdaspalvelut tarjoavat kiinteänä osana asiakkaan tuotantoprosessia raaka-aine-, kierrätysteräs- ja kuonankäsittelyä SSAB:lle Raahessa ja Outokummulle Torniossa.
- Omistaa kaksi uniikkia kuonarikastamoita Torniossa, missä tuoteistetaan ferrokromi- ja jaloteräskuona omiksi CE-merkityiksi tuotteiksi.
- Valmistaa Tornion JT-sulaton käytetyistä tulenkestävistä eristystiilistä tulenkestäviä massoja sulatolle uusiokäyttöön. Se vähentää asiakkaan neitseellisistä raaka-aineista tehtyjen uusien tulenkestävien massojen käyttöä ja vähentää loppusijoitettavan jätteen määrää.
- Tekee monipuolista kaivostoimintaa maanalaisissa kaivoksissa Kemissä ja Polvijärvellä. Palvelutarjontaan kuuluvat muun muassa malmin ja sivukiven louhinta, lastaus ja kuljetus, louhostäytöt, maanalaisten teiden rakentaminen ja kunnossapito, rusnaus- ja varustelutyöt, maanpoistot ja padonrakennusurakoinnit. Asiakkaitamme Suomessa ovat Outokumpu, Boliden ja Endomines. Tapojärvi Sverige Ab tarjoaa kaivoksille samaa laaja-alaista osaamistaan Ruotsissa. Tapojärvi on tehnyt muun muassa tuotantoporausurakan LKAB Malmbergetin kanssa. Urakka valmistui etuajassa syksyllä 2017.
- Omistaa Hannukainen Mining Oy:n, jonka tavoitteena on avata kaivos lähivuosien aikana Kolarin Hannukaiseen.
- Aalto-yliopiston tekemän kestävyysarvioinnin tulos oli -4,13 parhaan tuloksen ollessa -5. Arvioinnissa mitattiin Tapojärvi Oy:n ja yhtiön JT-kuonankäsittelyn ympäristökuormituksia samoin kuin sekä taloudellista että sosiaalista kestävyyttä.
- Kehittää nykyisiä toimintoja jatkuvan kehittämisen periaatteella sekä erillisillä kehityshankkeilla. Nyt käynnissä olevia hankkeita ovat mm. hienojakoisen metallin talteensaannin parantaminen sekä liikkuvan kaluston kunnossapidon ja huollon seuranta. Lisäksi yhtiö teetättää AMK- ja yliopistotasoisia lopputöitä.
- Tapojärvi Oy on mukana suunnittelemassa ja toteuttamassa Raaheen rakennettavan Ferrovan Oy:n metallituotetehtaan raaka-ainekäsittelyä. Tehdas jalostaa terästeollisuuden sivutuotteista päätuotteitaan ferrovandiinia ja raakaterästä. Nyt käynnissä on metallituotetehtaan suunnittelu, jonka valmistuttua v. 2018 tehdään tehdään toteutus päätös. Noin 300 M€ maksava ja yli 100 henkilöä työllistävä tehdas on suunniteltu otettavaksi käyttöön v. 2020.
- Yhteistyössä Jyväskylän Energia Oy:n ja Elker Oy:n kanssa Tapojärvi Oy suunnittelee liuotuslaitosta elektroniikkaromun metallien ja maametallien talteensaamiseksi.
- Ruostumattomasta teräskuonasta on Digipolis Oy:n ja Solid Liner Oy:n kanssa kehitetty sementtimäinen geopolymeeri, jota voidaan käyttää betonimaisissa rakenteissa. Geopolymeeri on sementtiä merkittävästi edullisempaa ja ympäristöystävällisempää. Suunnitelmissa on koerakentaa siitä tiiviitä pintakerroksia kaivosten sulfidisille sivukiville.
- Geopolymeerin pääraaka-aine on kuonalajike 0/1 mm, jota syntyy voimakkaasti emäksisen kuonan jäähtyessä. Ko. lajike on ominaisuuksiensa takia vaikeimmin tuoteistettavia jakeita ja maailmanlaajuisesti sitä kerätään varastoihin ja loppusijoitetaan. Kuonapohjainen geopolymeeri ratkoo tätä terästehtaiden ongelmaa.
- Ruostumattoman teräksen kuonankäsittelylle on kehitetty modulaarinen käsittelymalli, jonka kanssa on päästy kahden parhaan ehdokkaan joukkoon Italian Ternin vielä kesken olevassa kuonankäsittelyn kansainvälisessä kilpailutuksessa. Käsittelymalli on helposti muokattavissa erilaisiin asiakastarpeisiin ja siinä pyritään mm. kuonakemiaan vaikuttamalla minimoimaan loppusijoitettava kuonamäärä sekä valmistamaan kuonasta korkeamman jalostusarvon lopputuotteita.
- CrisolteQ Oy:n kanssa Tapojärvi Oy kehittää kylmävalssaamon regenerointisakan tuoteistamista ja kierrätystä. Regenerointisakka on kansainvälisesti ongelmajätettä, jolle ei toistaiseksi ole muita käsittelykeinoja kuin neutralointi ja loppusijoitus.



Tapojärvi Oy on listattu Kaupalehden Lapin menestyneimpien yritysten joukkoon useana vuotena peräkkäin.

yrityksen on tärkeä osata asioita, joita muut eivät voi tarjota, Pertti Tapojärvi kiteyttää.

Tapojärvi tekee paluuta yrityksen alkulähteille

Muutama vuosi sitten Tapojärvi Oy perusti Hannukainen Mining Oy:n ja osti Northland Mines Oy:n konkurssipesältä kaivosoikeudet sekä kaiken hankkeeseen liittyvän materiaalin ajatuksenaan hyödyntää Hannukaisen alueen malmiesiintymää Kolarissa kotimaisin voimin. Hannukainen Mining Oy:n kaivostoiminta on tarkoitus toteuttaa pääsääntöisesti alueilla, joilla on jo aiemminkin ollut kaivostoimintaa eri kaivosyhtiöiden toimesta.

- Meille on tärkeää hyödyntää mal-

mivarantoja kestäväen kehityksen ehdoilla. Yhtiölle on tärkeää toimia paikallisesti sekä käyttää kolarilaisia palveluita ja työvoimaa. 45 vuotta sitten isän yhden miehen yritys kasvoi ja laajeni Kolarin kaivostoiminnan myötä. Haluamme mahdollistaa vastaavia kasvutarinoita myös muille toimijoille.

Selvitysten perusteella Hannukaisesta voidaan louhia rautaa, kultaa ja kuparia. Lisäksi GTK:n koerikastuksissa saatiin valmistetuksi myös rikkirikastetta. Rautarikaste (70 %Fe, 0,05 %S) on vähärikkistä ja pitoisuudeltaan markkinoiden peruslaatua (62 %Fe) oleellisesti parempaa.

Suunnitelman mukaan louhinta tulee tapahtumaan kahdessa avolouhoksessa, aluksi Hannukaisen louhoksessa ja myö-

hemmin myös noin kahden kilometrin päässä pohjoisempana olevassa Kuervitikon louhoksessa.

Tutkimusten mukaan Hannukaisen malmivarantoja on yli 136 miljoonaa tonnia. Lupahakemusten mukainen suurin louhintamäärä on 6 miljoonaa tonnia vuodessa. Siitä valmistetaan rautarikastetta noin 2 Mt/vuosi ja noin 35 000 tonnia kupari-kultarikastetta. Malmivarantojen on arvioitu riittävän vähintään 20 vuodeksi. Kaivoksen suora työllisyysvaikutus rakennusaikana on noin 500 ja täyden toiminnan aikana noin 300 henkilöä.

Hanke on parhaillaan luvitusvaiheessa. Avauspäätös tehtäneen vuosien 2019-2020 aikana. ▲

Cape size
or small size
need?

KOLMEN
SATAMAN
SATAMA.

Onpa kuljetustarpeesi iso tai pieni – me tyydytämme sen. Käytössäsi on kapasiteetti isoista Cape-size-aluksista viikottaiseen konttiliikennevuoroon. Laivaamme tehokkaasti ja kokonaisedullisesti kaiken mahdollisen rahdin kaivannaisteollisuuden tuotteista pk-yrityksen kappaletavaraan. Vieläpä erinomaisen palvelun kera.



KOKKOLAN SATAMA

KOKKOLAN SATAMA OY • Puh: (06) 824 2400
satama@portofkokkola.fi • www.portofkokkola.fi



Knowledge grows

From
Rock to Roll
to
VUORIMIESPÄIVÄT 2018



Millisecond Oy tuo kaivos- teollisuuteen digikonkretian

Teksti ja kuvat: **MATTI VOLOTINEN**

Yara Suomi Oy antoi tyypillisesti kaivoksia vaivaavan haasteen Millisecond Oy:n tiimille ja yllättyi. ”Saimme iloksemme huomata, että osaavan innovatiivisen porukan kanssa täsmäratkaisuja meidän konkreettisiin ongelmiin syntyy nopeasti ja ilman massiivisia taloudellisia satsauksia” kertoo Siilinjärven kaivoksen kaivospäällikkö **Sakari Mononen**.

Matti Volotinen Millisecond-tiimistä kertoo: ”Millisecondille tarjottiin mahdollisuutta alkaa tutkia Yaraa pitkään vaivannutta ongelmaa ja ehdottaa ratkaisua. Ratkaisusta olisi kuulemma välitön hyöty, se yksinkertaistaisi olemassa olevaa prosessia, parantaisi laatua sekä tehostaisi

muutenkin toimintaa. Järjestettiin pikaisesti aloituspalaveri asiakkaan luona ja käytiin ongelmakuvaus läpi kokonaisvaltaisesti asiaankuuluvien henkilöiden kanssa. Millisecond tarttui ongelmaan kiinni ja alkoi välittömästi kartoittaa ratkaisuvaihtoehtoja. Konseptin verifiointi (PoC) saatiin valmiiksi parissa kuukaudessa muutama kaivoksessa vietetyn testisession jälkeen. Pilotti- ja toimitussopimus allekirjoitettiin 4 kuukautta ensitapaamisesta. Lopputulemana asiakkaan ongelma ratkaistiin. Millisecondilla on nyt portfoliossa uusi tuote nimeltään Kolibri/o joka on käyttöön otettu muissakin kaivoksissa.”

Millisecond lähestyy kaivosasiakkaita uudella tavalla

”Meidän toimintatapamme on, että haluamme lähestyä kaivosasiakkaita uudella maanläheisellä tavalla” – kertoo operatiivinen johtaja Matti Volotinen Millisecond-tiimistä. Haluamme edetä aidosti asiakkaita kuuntelemalla. Millisecond haluaa aidosti toteuttaa toimintamallia, jossa ensin asiakkaan kanssa käymme läpi heidän konkreettiset haasteensa liittyen päivittäiseen operatiiviseen toimintaan. Tavoitteena on löytää ne ongelmakohdat, jotka vaikeuttavat ja aiheuttavat tehottomuutta. Usein asioita on vaan totuttu tekemään tietyllä tavalla eivätkä perinteiset toimittajat ole lähteneet etsimään digitalisaation tarjoamia mahdollisuuksia, esim. pilvipalveluiden tuomaa ketteryyttä innovatiivisten uusien palveluiden toteuttamisessa. Ratkaisut ei-

vät välttämättä ole hankalia eivätkä edes kalliita, kun ne toteutetaan läpinäkyvässä yhteistyössä asiakkaan kanssa.

Kolibri/o palvelu lyhyesti

Kolibri/o mahdollistaa porauskaavioiden ja poraustoteumien langattoman lähtötyksen poravaunuihin/vaunuista niiden valmistajasta riippumatta Millisecondin Azure-pilvipalveluun ja sieltä asiakkaan tai operaattorin käyttöön lähes reaaliaikaisesti. Tämä mahdollistaa sen, ettei tietoja tarvitse enää siirrellä vanhanaikaisesti muistitikulla paikasta toiseen. Prosessi yksinkertaistuu, ihmisten virheiden määrä vähenee ja tiedonsiirto prosessien välillä nopeutuu oleellisesti. Lisäksi pilvipalveluiden avulla mahdollistetaan porausprosessin etenemistä koskevan tiedon tarkempi ja monipuolisempi analysointi esim. visuaalisen näkymän avulla puhelimessa ja tabletissa.

Kolibri/o-palvelu on nykyaikainen SaaS-palvelu, jossa asiakas saa kiinteällä kuukausihinnalla kokonaispaketin käyttöönsä. Erillisiä palvelimia ja ohjelmistoja ei tarvita. Kolibri/o:n asennus ja käyttöönotto on plug-and-play -tyylinen ja helposti toteutettavissa. Laitteiden ja kapasiteetin lisäys uusien tarpeiden myötä onnistuu nopeasti. Laitteet testataan ja profiloidaan valmiiksi Millisecondilla ennen toimitusta. Asiakkaan tarvitsee asentaa vain itse laite poravaunuun, jonka jälkeen palvelu on käytettävissä.

Kaivospäällikkö Mononen kertoo projektin sujuneen jouhevasti ja ilman suurempia viivästyksiä tai ongelmia. ”Millisecond kuunteli meitä kaivosalan ammattilaisia >





sopivan nöyrällä asenteella ja sai helposti ongelmasta kiinni. Vilpitön ja läpinäkyvä keskusteluyhteys saatiin heti aikaiseksi ja ensimmäinen ratkaisuehdotus esiteltiin meille pikaisesti. Testaukset tehtiin hyvässä yhteistyössä meidän, kaivosurakoitsija E. Hartikainen Oy:n ja Millisecond Oy:n kanssa.” Hän korostaa testausvaiheen tärkeyttä: ”Tällä tavoin kaikki osapuolet pääsevät mukaan heti alusta alkaen ja vaikuttamaan

tulevaan tuotteeseen. Kokonaisuudessaan olemme tyytyväisiä projektiin ja tämä antaa hyvän pohjan mahdolliselle Millisecond-yhteistyölle jatkossakin esim. tuotteen jatkokehittämisen tiimoilta. Lisäksi uskomme vahvasti, että tämäntyyppisillä innovaatioilla saadaan nostetuksi kaivostoiminnan tehokkuutta ja tiedonkulun avoimuutta kiristyvässä markkinatilanteessa.” ▲

Lisätietoja Kolibri/o palvelusta:

Matti Volotinen, Partner and Operations Director, Millisecond Oy (matti@millisecond.fi)

Matilla on vuosikymmenien kokemus projektien johdosta useilla eri teollisuuden aloilla. Hän on johtanut isoja ”avaimet käteen” toimitusprojekteja mm.

ABB:llä paperiteollisuudessa, Radiolinjalta/Elisalla mobiilioperaattoriympäristössä sekä Nokialla ja Microsoftilla monimutkaisissa IT hankkeissa.

Matti on yksi Millisecondin perustajajäsenistä ja ollut mukana alusta alkaen kehittämässä uusia innovaatioita ja tuotteita kaivosteollisuudelle – digikonkretiaa kuten Millisecondilla puhutaan.

www.millisecond.fi



GRM-services Oy Ltd

GEOPHYSICAL AND ROCK MECHANICAL SERVICES

Vähennä
riskejä kattavalla
3D-mallinnuksella!

Urakointi- ja konsultaatiopalveluita ammattitaidolla, kustannustehokkaasti ja ympäristöä kunnioittaen malminetsinnän, geotekniikan ja ympäristötutkimusten tarpeisiin.



GEOFYSIIKAN MAANPINTA- JA REIKÄMITTAUKSET

- Maapinnan ensimetreistä yli kilometrin syvyyteen.
- EM, 3D/2D IP, painovoima, magneettinen, lataus-potentiaali, seisminen, vastusluotaus, maatutka, reikäkuvaukset ja fysikaaliset ominaisuudet in-situ.



KALLIOMEKANIIKAN ASENNUKSET JA MITTAUKSET

Monitorointi

- Reaaliaikaiset mittausjärjestelmät – niin maan päällä kuin alla.

Jännitystilamittaukset

- Hydraulinen murtaminen reikiin pinnalta ja maan alta satojen metrien syvyyteen.
- Irtikäirus-menetelmä tunneleista ja maan alta.



Lento-, maanpinta ja reikägeofysikaalisen datan prosessointi, mallinnus ja tulkinta. Historiallisen aineiston uudelleen käsittely.

www.grm-services.fi | Antti Kivinen: 040-5394224 | info@grm-services.fi



Tulevia koulutuksia

Kaasualan perusteet 27.2.2018, Oulu

Kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi
13.-14.3.2018, Tampere

Kuonat prosessimetallurgiassa
11.-12.4.2018, Oulu

Teollisuuden ympäristöpäivä 19.4.2018, Oulu

LEAN ja tuotannon johtaminen
25.-26.4.2018, Oulu

Säteilyturvavastaavan koulutus
16.-17.5.2018, Tuusula



QR-koodista
löydät lisätietoa
koulutuksista
www.pohto.fi



Oikeaa osaamista



NEWPAKKOLA

CONVEYOR TECHNOLOGY SPECIALIST

DESIGN & ENGINEERING + PRODUCTION & INSTALLATION + MAINTENANCE SERVICES

NewPaakkola is an engineering and manufacturing company which brings innovative conveyor solutions to the industry. We combine design and engineering in an efficient, ecological, operational and reliable manner. **Our aim is to save the costs of our clients.**

www.newpaakkola.com



EXPLORATION SERVICE CENTER

Services:

- Long term core storage
- Sample treatment, logging facilities
- Geotechnical services
- Geological core logging
- Drill core cutting

Less Investments – more results

PALSATECH
www.palsatech.fi

Yhteistyössä **KATI**

Malminetsinnän & timanttikairauksen palkittu edelläkävijä

Safe Discovery Award –
Innovaatio
Myöntänyt Anglo
American Plc.

ISO 14001
Ympäristösertifikaatti
vuodesta 2004

Vuoden
ympäristöteko 2013
Myöntänyt Euro Mining
Jury, Suomi.

Palkittu suljetun kierron
järjestelmä

KATI

Oy Kati Ab Kalajoki
Sieventie 286 | 85160 Rautio
www.oykatiab.com

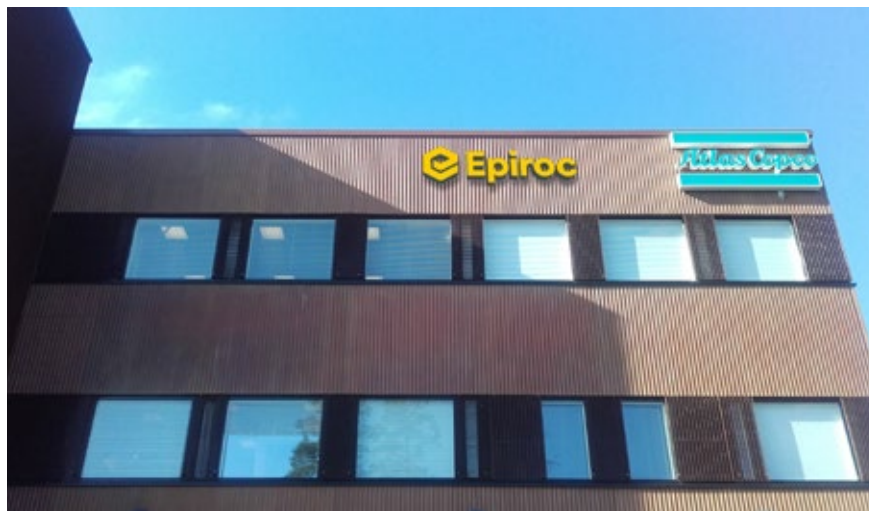
Huoltotoimintaa Epirocin malliin

Epiroc Finlandin huollon tehtävänä on ylläpitää asiakkaidemme hankkimien louhintalaitteiden tuottavuus erinomaisella tasolla. Tähän tavoitteeseen

pyritään maksimoimalla louhintalaitteiden elinkaari ja ylläpitämällä tekninen käytettävyys mahdollisimman korkeana. Nämä kulkevat usein käsi kädessä, sillä hyvin ylläpidetty laite pysyy iskussa pidempään. Kun louhintalaitteen vikaantumistaajuus alkaa iän myötä nousta ja tekninen käytettävyys heiketä, voidaan peruskunnostuksella nostaa tekninen käytettävyys jälleen paremmalle tasolle ja jatkaa näin louhintalaitteen elinkaarta kustannustehokkaasti. Tämä trendi peruskunnostuksille on viime aikoina ollut nosteessa, kun asiakkaamme haluavat saada tekemälleen laiteinvestointilleen parhaan mahdollisen vastineen. Kannattavan louhinnan edellytyksenä on, että louhintalaitteet tuottavat häiriöttä korkeimmalla mahdollisella teholla suoritteita suunnitellun työajan, ja että niiden kokonaiskustannus on oikealla tasolla. Toiminnan pitää olla ennustettavaa ja luotettavaa.

Vuonna 2014 muutimme Suomen päätoimipaikkamme Vantaan Hakkilaan, koska kasvaneen kysynnän vuoksi tarvitsimme suuremmat ja toimivammat tilat huoltotoiminnallemme. Tämän kehityksen jatkuessa muutimme viime vuonna myös Kemin toimipisteemme uusiin parempiin tiloihin. Huollon tilauskanta on nyt korkeampi kuin koskaan aikaisemmin ja näillä uusilla toimitiloilla olemme saaneet palvelutasomme vastaamaan asiakkaidemme tarpeita. Jo samana päivänä, kun pidimme Kemin huoltokeskuksen avajaisia syyskuus-

Teksti: DI, eMBA **PANU KAUKINEN**



sa, saapui ensimmäinen maanalainen louhintalaite laajaan kunnostukseen. Tämän jälkeen Kemissäkin on ollut huoltohalli täynnä töitä. Kasvu edellyttää oikeaa resurssointia, jotta meillä on osaavat ihmiset tekemässä oikeita asioita oikeassa paikassa, kun asiakkaillamme on siihen tarve.

Huoltopalveluiden tarve on huoltokeskuksiemme lisäksi myös asiakkaidemme luona. Eräät suurista asiakkaistamme ha-

luavat osaajiamme huolehtimaan louhintalaitteidensa korkeasta käytettävyydestä täysipäiväisesti, ja jopa ympärivuorokautisesti, koska tuotannon häiriöt ovat aina häiriöitä kassavirralla. Kasvavaan määrään louhintalaitteita on sovittu eri laajuisia huoltosopimuksia kovista huoltosopimuksista säännöllisiin käynteihin sekä käyttötuntiperusteisiin sopimusmalleihin, joissa käyttökustannukset tiedetään sentilleen jo sopimusta laatiessa. Toisinaan kovassa käytössä olevat louhintalaitteet vikaantuu yllättäen, jonka vuoksi kehitämme kenttähuoltoamme entisestään, jotta vasteaikamme käyttökatkoksien minimoimiseen olisi huippuluokkaa.

Koska louhintalaitteistamme halutaan saada paras mahdollinen tuotto, tarjoamme koulutuspalveluita niiden käyttäjille. Tähän tarkoitukseen meillä on kouluttajamme niin kotimaassa kuin ulkomailla, sekä laaja



kirjo simulaattoreita, joilla laitteiden ope-
rointia voidaan turvallisesti opetella. Kou-
luttautuksessa louhintalaitteen optimaaliseen
käyttöön on hallittava laitteen toiminnot ja
päivittäiset huoltotoimet hyvin, mutta on
myös ymmärrettävä, miten louhintakohteen
olosuhteet ja geologia tulee huomioida.
Myös parhaalla tavalla soveltuvalla pora-
kalustovalinnalla on louhintalaitteen koko-
naistalouden kannalta suuri merkitys, johon
organisaatiossamme löytyy laaja kokemus
ja valmius koulutusten järjestämiseen.
Kattavan koulutuksen myötä saavutetaan
valmiudet, joilla tuottavuus on korkeinta.

Automaatio ja digitalisaatio ovat tätä
päivää. Erilaiset automaatiojärjestelmät
sekä etäohjaus- ja etäseurantajärjestelmät
ovat luotu parantamaan ja helpottamaan
louhinnan tuottavuutta, seurattavuutta ja
turvallisuutta. Näillä uusilla työkaluilla voi-
daan huollon näkökulmasta diagnosoida
louhintalaitteita etäältä ja jopa antaa parasta
mahdollista teknistä tukea asentajillemme

syryjäsimpiinkin työkohteisiin, kun sitä
tarvitaan. Huollon uusista digitaalisista
tuotteista on merkittävään asemaan nous-
nut louhintalaitteiden kunnan auditoinnin
Rig Scan -työkalu, jolla voidaan laatia kat-
tava ja laadukas analyysi louhintalaitteen
yksityiskohtaisesta korjaustarpeesta. Nämä
uudet järjestelmät edellyttävät myös Epiroc
Finlandin valmiuksia tukea viimeisimpiä
teknologioita toiminnallisesti ja koulu-
tuksellisesti. Olemmekin muodostaneet
kokoneimmista osaajistamme teknisen
tiimin, joka tukee näitä osa-alueita. Laitte-
toimittajana me näemme, että edistyksel-
lisempien louhintalaitteiden kehittämisen
lisäksi yksi merkittävimpiä kilpailuvaltteja
on se, että meidän paikallinen huolto-or-
ganisaatiomme tarjoaa asiakkaillemme
markkinoiden korkealuokkaisinta palvelua.
Tähän me pääsemme valitsemalla tiimei-
himme jäsenet, joilla on rautainen asenne
ja kouluttamalla heistä Epirocin terävintä
kärkeä.▲



Atlas Copcosta Epiroc

Epiroc on uusi kaivosteollisuuden ja
infrarakentamisen palvelujen ja ratkai-
sujen toimittaja. Yhtiön nimi, Epiroc,
kuvastaa toimialaamme: *epi* tulee kreik-
kan sanasta "jossakin, jonkin päällä" ja
roc viittaa kiveen. Epiroc on syntynyt
Atlas Copcon kaivos- ja louhintatek-
niikan liiketoiminta-alueesta, ja yhtiöllä
on yli 144 vuoden historia ja kokemus.
Atlas Copcon kaivos- ja louhintatek-
niikan liiketoiminta-alueen liikevaihto
viime vuonna oli noin 3 miljardia euroa
ja työntekijöitä on noin 12 000. Pää-
konttori on Tukholmassa. Epiroc listau-
tuu Tukholman pörssiin vuoden 2018
toisella vuosineljänneksellä.

Suomessa Oy Atlas Copco Louhinta-
tekniikka Ab muuttui 1.11.2017 Epiroc
Finland Oy Ab:ksi. Yhtiön liikevaihto
viime vuonna oli noin 43,2 miljoonaa
euroa ja työntekijöitä on 55.



Metson Megaliner-myllyvuoraukset nyt kattavasti Boliden Kevitsan jauhinmyllyissä:

Käyttöikä pitenee, vaihtoaika lyhenee lähes puoleen

Teksti: **EERO HÄMÄLÄINEN**

Lisää käyttöikää ja nopeammat vaihdot. Meillä Bolidenin Kevitsan nikkeli-kaivoksella Sodankylässä oli kaksi selkeää tavoitetta Megaliner-myllyvuorauksille.

Näillä keinoilla voimme lisätä myllyjen käyttöaikaa ja kasvattaa jauhatuskapasiteettia vastaamaan kaivoksen tuotannon nostoa.”

Boliden Kevitsa Mining Oy:n mekaanisen kunnossapidon insinöörin **Kimmo Haataisen** lyhyesti ja napakasti Metsolle esittämän asiakastoiveen toteutuksessa ollaan jo hyvässä vauhdissa. Kaivoksen kaikkiin kolmeen jauhinmyllyyn on nyt vaihdettu vuoraukset.

”Jo tähän mennessä tulokset ovat lupaavia. Mekanisoidusti asennettavat Megalinerit ovat 40-50% nopeampia vaihtaa kuin myllyjen alkuperäiset vuoraukset. Lisäksi laitetoimittajan tekemä optimointityö vuoraus-elementeille on lisännyt niiden kestoaikaa selvästi ja pidentänyt vaihtovälit 9:stä 15 kuukauteen,” Haatainen kommentoi.

Turvallisuus ja nopeus ylivoimatekijöinä

Kesäkuussa myllyvuoraukset vaihdettiin Kevitsassa myös kolmanteen, halkaisijaltaan 8,5 metrin ja teholtaan 14 MW:n palamylyyn. Tämänkokoisien myllyn vuoraus tehdään 56 kappaleella runsaan tonnin painoisia elementtejä, kun alkuperäisiä vuorauspaloja oli useampi sata.

”Ajansäästön lisäksi turvallisuus on keskeinen ylivoimatekijä. Elementtien siirtely

Vuoraustyypin vaihtuessa pisin työvaihe oli yhteensä 504 kiinnitysreiän avartaminen, josta vastasi laitetoimittajan myllynvuoraustiimi.

tehdään kokonaan mekanisoidulla kurottajalla, jolloin myllyn sisällä tarvitaan vähemmän ihmisiä ja kiinnitys voidaan tehdä turvallisesti myllyn kuoren ulkopuolelta,” painottaa Metson aluemyyntipäällikkö **Jouko Tolonen**.

Vuoraustyypin vaihtuessa pisin työvaihe oli yhteensä 504 kiinnitysreiän avartaminen, josta vastasi laitetoimittajan myllynvuoraustiimi. Reikien poraus samoin kuin vuoraus-elementtien asennuskin veivät kummatkin vajaat kaksi vuorokautta.

Kaikki työvaiheet vanhojen vuorausten purkamisesta reikien poraamiseen ja uusien asennukseen vei alle tavoitellun seitsemän vuorokauden ajan. Urakassa huoltotiimi vaihtoi myllyyn myös purkupään nostopalkit ja arinalevyt.

Jatkossa vuorausten vaihto neljässä päivässä

Kimmo Haatainen pystyi antamaan huoltotiimille hyviä arvosanoja jo keskellä kiireistä huoltoviikkoa.

Modernin Boliden Kevitsan kaivoksen tavoitteena on prosessoida Sodankylässä tänä vuonna jo lähes 8 miljoonaa tonnia nikkeli-kuparimalmia.



”Vuorausten vaihto sujuu kuten on suunniteltu, ja olemme saaneet Metsolta erittäin hyvää palvelua. Uskon, että jatkossa vaihtourakka voidaan tehdä yhteen myllyyn neljässä vuorokaudessa.”
 ”Suunnittelemme työt niin, että yhdessä seisokissa vaihtotyö tehdään aina yhteen jauhinmyllyyn kerrallaan,” Kimmo Haatainen lisää.

MP-murskaimille taskulliset kammiot

Väli- ja hienomurskauksessa Kevitsassa on käytössä kaksi MP800-kartiomurskainta. MP-murskaimiin syötettävä malmi on hankalasti murskautuvaa ja syötekoko ajoittain suurehkoa, minkä vuoksi alkuperäinen kammio tuotti myllyille liian karkeaa materiaalia. Nyt murskaimissa on laitetoimittajan Kevitsalle varta vasten suunnitellut taskulliset kammiot, joiden ansiosta murskaimet pysyvät tasaisemmin kuormassa. Näin kulutusosien ja samalla koko murskaimen käyttöiät pidentyvät.

”Metso optimoi MP-murskainten kammioprofililit malmiimme sopiviksi. Sen ansiosta murskaimet toimivat nyt tehokkaammin ja myllyihin menevä syöte on aiempaa hienompaa ja tasaisempaa,” kertoo rikastamon mekaanisesta kunnossapidosta vastaava **Heikki Kamula** Boliden Kevitsa Mining Oy:stä.

”Esikaramurskaimen osalta on meneillään kolmivuotinen elinkaarisopimus, joka sisältää keskeisiä, huoltoon liittyviä töitä sekä kulutusosien kehitystyön ja toimituksia. Tavoitteena oli lisätä osien käyttöikää ja nopeuttaa vaihtotyötä. Näissä asioissa olemme edenneet erittäin hyvin. Metso on pystynyt kehittämään vuorauksen toimivuutta myös prosessin kannalta suotuisaan suuntaan.”

”Elinkaarisopimus laitetoimittajan kanssa on selkeyttänyt huoltotöiden rakennetta. Nyt kaikki tietävät paremmin, kuka huolehtii mistäkin työvaiheesta. Huoltotiimi toimii hyvässä yhteistyössä oman väkemme kanssa,” Kamula jatkaa.

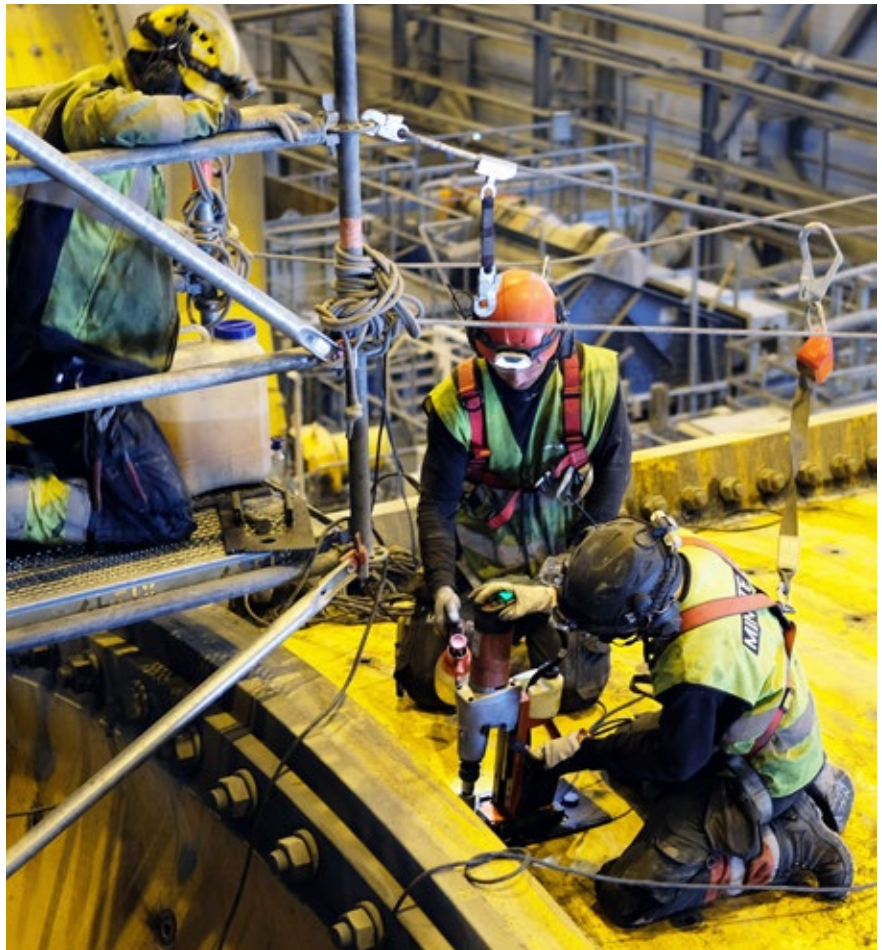
Kaivosta kehitetään suurempiin tuotantomääriin

Viime vuonna Bolidenin omistukseen siirtynyt Kevitsa on jatkanut kaivoksen tuotannon kehittämistä suurempia tuotantomääriä varten. Tämän vuoden tavoitteena on käsitellä 7,8 miljoonaa tonnia malmiä. Kevitsan päätuote on nikkeli, jonka lisäksi kaivos tuottaa kuparia, kultaa, platinaa ja palladiumia. Nikkelirikasteita kaivos tuottaa yli 30 000 tonnia vuodessa.

Mekaanisen kunnossapidon insinööri Kimmo Haatainen oli jo keskellä huoltoviikkoa tyytyväinen vaihtotyön etenemiseen. Hyllystön vuorauselementit siirtyivät aikataulusaan Boliden Kevitsan kolmannen jauhinmyllyn sisään.



Thomas Lundqvist Metson Ruotsin myyntiyrityksestä vastasi vaihtourakassa mm. jauhinmyllyn pyörytyksestä aina oikeaan asentoon.



Vuoraustyyppien vaihdon vuoksi yli 500 kiinnitysreikää piti avartaa Megaliner-elementeille sopiviksi.

CLEVER RESOURCEFUL SOLUTIONS

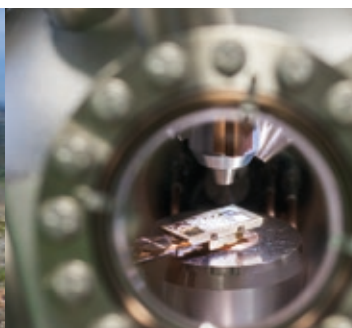
Orica provides market-leading customer solutions to improve productivity and resource efficiency in the mining, quarrying, oil and gas and infrastructure sectors. An Australian company with a global footprint, Orica has a diverse workforce of over 12,000 people, with operations in more than 50 countries and customers in more than 100.

Orica's value of No Accidents Today underpins our commitment to the safety, health and wellbeing of our people and customers, the environment, and the communities in which we operate.

Orica Finland Oy
Kankaantie 13
16300 Orimattila

Tel.: +358 10 3212 550
Email: finland@orica.com

orica.com



DIAMONDS ARE FOREVER


**OULU MINING
SCHOOL**

UNIVERSITY
OF OULU

OMS-tutkimuskeskus
Oulu Mining School
Oulu R&D Centre
www oulu.fi/katk

Prof. Saija Luukkanen
Mineral Processing
(director of OMS)
+358 50 465 2982
saija.luukkanen@oulu.fi

Prof. Juha-Pekka Lunkka
Quaternary geology
+358 29 448 1434
juha.pekka.lunkka@oulu.fi

Prof. Eero Hanski
Geology
+358 40 756 9367
eero.hanski@oulu.fi

Prof. Kari Strand
Arctic and Antarctic geology
+358 29 448 3556
kari.strand@oulu.fi

Prof. Zongxian Zhang
Mining Engineering
Director of OMS R&D Centre
+358 50 355 2744
zongxian.zhang@oulu.fi

Prof. Elena Kozlovskaya
Geophysics
+358 29 448 1411
elena.kozlovskaya@oulu.fi

Prof. Pertti Sarala
Geochemical exploration
pertti.sarala@gtk.fi

Kuva: GTK/ Kari Kinnunen

Kännyköiden ja sähköautojen akkujen raaka-ainetta jalostetaan pian energiatehokkaasti Keski-Pohjanmaalla

Keliber Oy suunnittelee litiumkarbonaatin tuotantolaitosta Keski-Pohjanmaalle. Yhteistyö Swecon kanssa on jatkunut jo useiden vuosien ajan – paikallisuus on ollut yhteistyön yksi kulmakivistä. Hankkeen toteutuessa Keliberistä tulisi Euroopan ensimmäinen litiumkarbonaattia omista malmivaroistaan tuottava yritys.

Teksti: **HEINI JOKINEN, VILLE VÄHÄKANGAS**

Litiumkarbonaatti on akkuteollisuuden tärkeä raaka-aine ja litiumin kysyntä on kasvanut muun muassa sähköautojen ja mobiililaitteiden myötä.

”Myös Euroopassa kysyntä kasvaa. Keliber tähtää ensimmäisenä eurooppalaisena litiumtuottajana näille kasvaville markkinoille”, kertoo Keliberin toimitusjohtaja **Pertti Lamberg**.

Hankkeen mielenkiintoa lisää edelleen mahdollinen Vaasaan suunniteltu Teslan

Gigafactory, jolloin Suomeen syntyisi maailmallakin ainutlaatuinen tuotantoketju malmista valmiiksi litiumakuiksi ja jopa sähköautoiksi.

Litiumtuotantonsa kehittämisessä Keliber on tehnyt laajaa yhteistyötä useiden suomalaisten toimijoiden, kuten Outotecin, Geologian tutkimuskeskuksen, Metson ja Swecon kanssa. Yhteistyö on ollut pitkäjänteistä: esimerkiksi Keliberin ja Swecon yhteistyö on alkanut jo lähes kymmenen vuotta sitten. Usko litiumin kysynnän kas-

vuun on siivittänyt suunnittelua.

”Yhteistyön alussa laadittiin ensimmäiset suunnitelmat tuotantoprosessista. Suunnittelut etenivät aina perussuunnitteluun saakka ja investointipäätöstä odotettiin, mutta hanke ei vielä tuolloin edennyt tuotantovaiheeseen. Kuluneen kymmenen vuoden aikana maailma ympärillä on kuitenkin muuttunut ja tuotantoprosessia on kehitetty edelleen”, kuvailee Swecon asiantuntija **Ville Vähäkangas** pitkäjänteistä yhteistyötä.

>



Malti on ollut valttia, nimittäin nyt markkinaikkuna on auki litiumkarbonaatile ja hintakehitys on ollut positiivista viime vuodet. Hintaa ovat nostaneet sähköautojen yleistymisen ja mobiililaitteiden lisäksi myös uuden sukupolven energiaratkaisut. Energian varastoinnin mahdollisuuksia kehitetään jatkuvasti, ja tulevaisuudessa siirtytään käyttämään litiumakkuja sähkön varastointiin, minkä myötä litiumin kysynnän ennustetaan kasvavan merkittävästi.

”Sweco on pitkäaikainen kumppanimme ja yksi tärkeistä yhteistyökumppaneista meidän laajassa kumppaniverkostossamme. Olemme erittäin tyytyväisiä niin Swecon kuin meidän muunkin kumppaniverkostomme ammattitaitoon ja joustavuuteen”, kiittelee Lamberg. ”Yhteistyömme tulee jatkumaan vielä pitkään tulevaisuudessakin.”

Palkittu energiatehokas tuotantoprosessi ottaa ympäristön huomioon

Keliberin litiumprojekti on ainutlaatuinen normaalia pidemmän jalostusketjunsa vuoksi, ja tuotantoprosessi on pitkän kehityksen tulos. Yhteistyökumppaneina prosessinkehityksessä ovat olleet Geologian tutkimuskeskus ja Outotec Finland Oy.

”Energiatehokas ja ympäristöystävällinen tuotantoprosessi on palkittu muun muassa Keski-Pohjanmaan innovaatiopalkinnolla ja sekä Keliber että Outotec ovat hakeneet useita patenteja, joiden avulla saavutettaneen tuotannossa merkittävää kilpailuetua. Kehitetty litiumkarbonaatin tuotantoprosessi avaa myös muita liiketoimintamahdollisuuksia muiden kaivosten spodumeenirikasteiden jatkokäsittelijänä”, Lamberg sanoo.

Keliberin visio on tuottaa litiumkarbonaattia ympäristöystävällisesti.

”Ympäristö on ollut keskiössä jo kehitysvaiheen aikana. Olemme muun muassa rakentaneet maakotkalle pesiä ja viitasammakoille lampia, jotta rinnakkaiselo on mahdollista tuotantovaiheen aikana. Yhteistyössä Swecon kanssa olemme selvittäneet vaihtoehtoisia ja ympäristöystävällisempiä rikastushiekköjen läjitysmenetelmiä. Tutkimme myös rikastushiekköjen eri jakeiden tuotteistamista, jolloin rikastushiekka-alueen pinta-alavaatimus pienenee entisestään”, kertoo Lamberg Keliberin tavoitteista.

”Louhittava malmi ei sisällä raskasmetalleja eikä hapanta valumaa muodostavia sulfidimineraaleja. Ympäristöystävälliseksi suunniteltu prosessi kuluttaa vähemmän kemikaaleja ja energiaa, mikä on luonnolli-



Kalaveden tuotantoalueen, kaivosten ja malminetsintäalueiden sijainti (Keliber alustava kannattavuustarkastelu, 2016).

Keliberin litiumprojekti on ainutlaatuinen normaalia pidemmän jalostusketjuna vuoksi ja tuotantoprosessi on pitkän kehityksen tulos.

sesti myös kokonaistaloudellisesti edullisin vaihtoehto”, sanoo Keliberin päägeologi **Pentti Grönholm**.

Tuotantoketju malmista markkinoille nojaa tehokkaaseen rikastusvaiheeseen

Keliberin prosessi sisältää malmin louhinnan avolouhoksista, murskauksen, malmin optisen lajittelun, rikastuksen vaahdottamalla ja spodumeenirikasteen jalostamisen litiumkarbonaatiksi. Spodumeenirikaste jatkojalostetaan edelleen puhtaaksi litiumkarbonaatiksi omassa tuotantolaitoksessa.

Alustavassa tuotantosuunnitelmassa malmi louhitaan avo- tai maanalaisena louhintana Syväjärven, Rapasaaren, Outoveden ja Länttä kaivoksilta. Lisäksi mahdollisia tulevaisuuden louhintakohteita ovat Emmes ja Leviäkangas.

Louhittu malmi kuljetetaan kaivoksilta rikastettavaksi Kalaveden rikastamolle. Kalaveden tuotantoalueella rikastusprosessi alkaa kolmivaiheisella murskauksella ja malmin lajittelulla. Malmin lajittelussa tummaa sivukiveä poistetaan paineilman avulla vaaleasta malmikivestä.

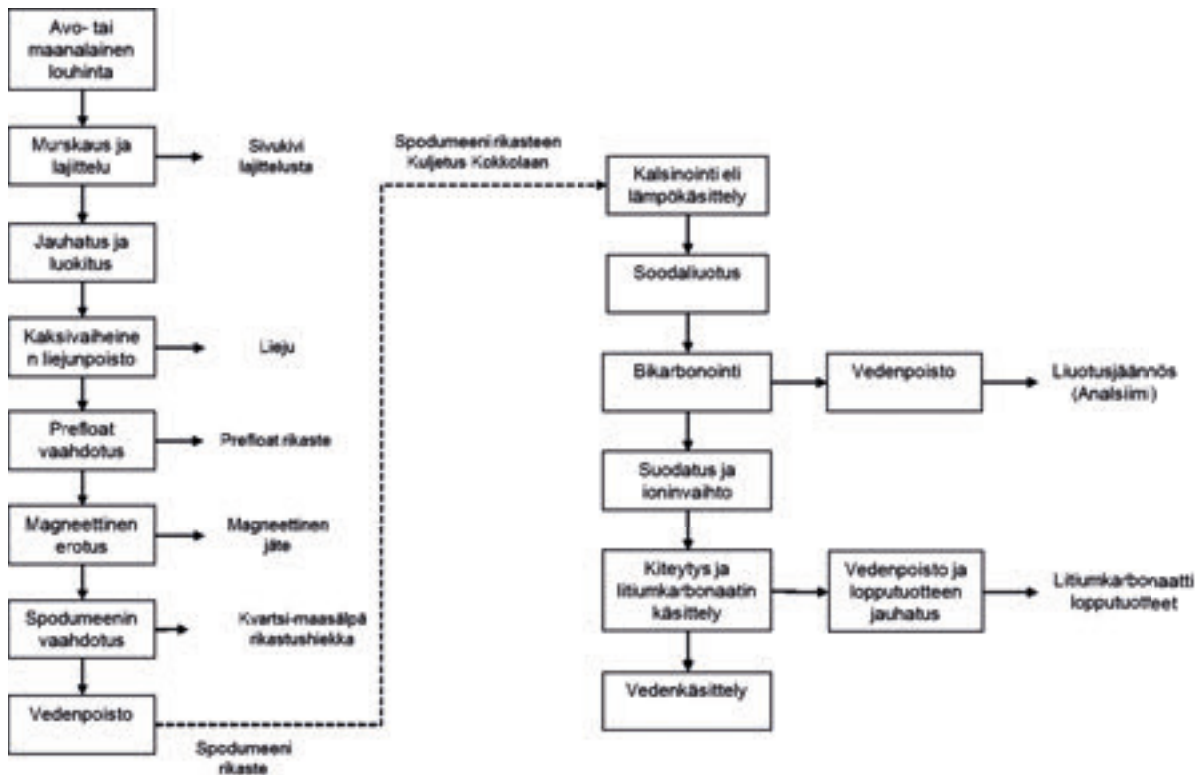
”Tällä saavutetaan korkeampi syötteen pitoisuus ja säästöä myös käyttökustannuksissa, kun sivukiveä ei tarvitse prosessoida. Korkeampi syötteen pitoisuus nostaa litiumin saantia merkittävästi vaahdotuksessa, sillä tummalla sivukivellä on vaahdotusta haittaavia ominaisuuksia”, kuvailee Keliberin tuotantojohtaja **Manu Myllymäki** malmin rikastusprosessin tärkeää vaihetta.

Vaahdotuspiiri sisältää kaksivaiheisen liejunpoiston, prefloat-vaahdotuksen, esivaahdotuksen ja kertausvaahdotuksen.

”Vaahdotuspiirin litiumoksidin saanto on yli 90 % laboratorio- ja pilot-mittakaavaisten rikastuskokeiden perusteella. Vastaavasti yli 20 % rikastamon malmin syötön materiaalmäärästä päätyy vaahdotusrikasteeseen”, jatkaa Myllymäki.

Liejunpoistovaiheiden ylite pumpataan rikastushiekka-altaaseen yhdessä esivaahdotuksen rikastushiekan kanssa. Selkeytynyt vesi johdetaan prosessivesialtaaseen ja edelleen rikastamon prosessiin. Prefloat-vaahdotus toimii käänteisesti eli vaiheen rikaste poistetaan ja jäte pumpataan edelleen toisen vaiheen liejunpoistoon. Prefloat-rikaste sisältää kalsiummineraaleja, apatiittia, kiillemineraaleja ja muita silikaattimineraaleja.

Esivaahdotuksen rikaste pumpataan nelivaiheiseen kertausvaahdotukseen. Esivaahdotuksen jäte on lopullinen rikastushiekka ja se pumpataan rikastushiekkasakeuttimen kautta rikastushiekka-altaaseen. Vaahdotuksessa käytetään rikkihappoa ja lipeää lietteen pH-säätöön. Muita käytettäviä kemikaaleja ovat rasvahappo ja emulgattori sekä vedenpoistossa flokkulantti.



Keliberin tuotantoketju malmista litiumkarbonaatiksi.

Vedenpoiston jälkeen spodumeenirikaste kuljetetaan Kokkolan suurteollisuusalueelle Keliberin litiumkarbonaattitehtaan litiumkarbonaatin tuotantoon.

Tuotantolaitos Kokkolaan osaksi suurteollisuusalueen kiertotaloutta

Tuotetusta spodumeenirikasteesta tuotetaan litiumkarbonaattia omissa Kokkolan suurteollisuusalueelle sijoittuvassa kemiantehtaassa.

”Kokkolan suurteollisuusalueella on saatavilla tuotannon tarvitsemia käyttöhyödykkeitä kuten höyryä, eri vesilaatua ja kemikaaleja. Sijoittuminen Kokkolaan avaa parhaat mahdollisuudet myös muualta tulevien rikasteiden käsittelyyn erinomaisten kuljetusyhteyksien ja valmiin tehdasinfraktuurin kanssa”, kertoo Keliberin toimitusjohtaja Pertti Lamberg tuotantolaitoksen sijainnin valintaan liittyvistä tekijöistä.

Kemiantehtaan prosessi sisältää rikasteen kalsinoinnin, kaksivaiheisen liuotuksen autoklaaveissa, suodatuksen ja ioninvaihdon sekä litiumkarbonaatin käsittelyn.

Kemiantehtaassa rikaste syötetään aluksi kalsinointiin eli lämpökäsittelyyn, missä liukenematon alfa-spodumeeni konvertoituu liukenevaksi beta-spodumeeniksi noin 1050 °C lämpötilassa. Rumpu-uunin polttoaineeksi on suunniteltu käytettäväksi propaania.

Korkea konversio takaa korkean saannon myös lopputuotteelle eli litiumkarbonaatille.

”Metso Mineralsin koetoiminnassa on varmistettu yli 95 % spodumeenin konversioaste. Korkea konversio takaa korkean saannon myös lopputuotteelle eli litiumkarbonaatille. Outotecin tekemissä liuotus- ja kiteytyskokeissa on tuotettu onnistuneesti akkulaatuista yli 99,5 % litiumkarbonaattia”, avaa Manu Myllymäki tuotantoprosessin tehokkuutta.

Beta-spodumeenista on vielä matkaa lopputuotteeseen. Ennen soodaliuotusta beta-spodumeeni sekä natriumkarbonaatti (Na₂CO₃) lietetään veteen ja takaisin kierrätettyyn emäliuokseen. Natriumkarbonaatti liukenee lämpimään liuokseen. Liete pumpataan esilämmityksen kautta soodaliuotukseen autoklaaviin, missä beta-spodumeeni reagoi litiumkarbonaatiksi sekä liuotusjäännökseksi eli analsiimiksi.

”Analsiimi on huokoinen Na-zeoliitti, jonka teollisia hyötykäyttökohteita selvitetään”, jatkaa Myllymäki.

Seuraavassa prosessivaiheessa, bikarbonoinnissa, litiumkarbonaatti reagoi liukene-

vaksi litiumvetykarbonaatiksi autoklaavissa. Liuotusjäännös suodatetaan painesuotimella ja suodosvedet johdetaan ioninvaihtoon, missä suodosveden litium saadaan talteen.

Liuos painesuodatuksesta johdetaan kirkastussuodatukseen, mistä kiintoaine palautetaan takaisin kiintoaineen erotukseen bikarbonointivaiheeseen. Ioninvaihdossa liuoksesta poistetaan metallia sisältävät epäpuhtaudet. Ioninvaihdon regenerointiin käytetään rikkihappoa.

Litiumkarbonaatti kiteytetään liuoksesta haihduttamalla. Prosessin tarvitsemaan lämmitykseen käytetään höyryä. Hiilidioksidin haihtuminen ja kiteytyminen tehdään sarjaan kytketyissä sekoitusreaktoreissa. Kiinteä litiumkarbonaatti erotetaan sentrifugeilla lietteestä, jonka jälkeen kiintoaine suodatetaan ja pestään. Litiumkarbonaattituote jauhetaan haluttuun raekokoon ennen pakkausta ja toimitusta asiakkaalle.

”Keliberin tuotantoprosessissa syntyy litiumkarbonaattia noin 9000 tonnia vuodessa ja rikastamon sekä litiumkarbonaattitehtaan sivuvirroissa on tämän lisäksi merkittävä taloudellinen potentiaali. Sivutuotteiden soveltuvuutta on tutkittu yhdessä eri alan toimijoiden kanssa muun muassa vedenpuhdistuskemikaalien lisäaineeksi, rakennusmateriaaleiksi tai rakennusmateriaalien lisäaineiksi. Suunniteltu prosessi mahdollistaa sivutuotteiden

tuotteistamisen ja merkittävä osa rikastamiseen syötettävästä malmista saadaan hyötykäyttöön. Kiertotalous on toimintamme ytimessä”, kertoo Pertti Lamberg.

Kohti tuotantoa – kannattavuustarkastelut ja lupahakemusprosessit meneillään

Kolmisen vuotta sitten alkoi tapahtua toden teolla. Keliber ja Sweco laativat vuosien 2015 ja 2016 vaihteessa hankkeelle alustavan kannattavuustarkastelun, joka oli jatkumoa jo vuonna 2007 alkaneelle yhteistyölle. Lopullinen kannattavuustarkastelu käynnistyi 2016.

”Swecolla oli keskeinen rooli suunnittelussa ja kustannusarvioiden laatimisessa. Hankittujen tietojen pohjalta laadittiin taloudellinen malli, jonka tulosten perusteella hanke on selkeästi kannattava. Kannattavuustarkastelulla on ollut keskeinen rooli yhtiön rahoitusjärjestelyissä ja hankkeen eteenpäin viennissä”, sanoo Swecon Ville Vähäkangas.

Sweco osallistuu hankkeen läpivientiin keskeisesti muun muassa laatimalla erilaisia teknistaloudellisia selvityksiä tuotantoketjun optimoimiseksi sekä kokoaa lopullisen kannattavuustarkastelun lähtötietoja. Lopullisen kannattavuustarkastelun ja taloudellisen mallin laatii Hatch paikallisesti tuotettavan suunnittelutiedon pohjalta.

Lopullisen kannattavuustarkastelun valmistumisen tavoiteaikataulu on vuoden 2018 ensimmäinen puolisko. Kannattavuustarkastelun työohjelmaa laajennettiin syksyllä 2017 muun muassa uusilla rikastuskokeilla Geologian tutkimuskeskuksessa ja varantojen lisäkairauksella. Laajennetussa työohjelmassa selvitettiin myös kemiantehtaan sijaintipaikka yhdessä Swecon kanssa.

”Keliber valmistelee ja jättää lupahakemukset viranomaiskäsittelyyn kevään 2018 aikana. Tällä hetkellä yhtiö laatii ympäristövaikutusten arviointia Kokkolan kemiantehaalle ja ympäristölupaa Kalaveden tuotantolaitokselle yhdessä ympäristökonsultin kanssa”, sanoo Lamberg.

Sweco laatii parhaillaan perussuunnitelua litiumkarbonaattitehtaan tarvitsemalle infrastruktuurille Kokkolassa. Myöhemmin kevään ja kesän aikana Keliberin on tarkoitus aloittaa toteutus suunnittelu.

Alustavasti rakentamisvaiheen aloitus olisi positiivisen rahoituspäätöksen jälkeen loppuvuodesta 2018. Malmin louhinta on suunniteltu aloitettavaksi vuoden 2019 lopulla. Rikasteen tuotanto Kalaveden rikastamolla ja litiumkarbonaatin tuotannon aloitus on suunniteltu vuodeksi 2020.

Tällä hetkellä käymme neuvotteluja mahdollisten asiakkaiden kanssa toimitussopimuksista ja valmistelemme myös investointivaiheen rahoitusta eri kumppaneiden kanssa. Yhtiön listautuminen on myös yksi harkittavista rahoitusvaihtoehdoista. Investointipäätös on mahdollinen, kun lopullinen kannattavuus- tarkastelu on valmistunut ja tarvittavat ympäristöluvat on myönnetty”, kiteyttää Pertti Lamberg.▲

HIGH-PURITY LITHIUM CARBONATE

for growing
markets





GET YOUR DRILLING DONE

ANYWHERE, ANY CLIMATE

Uuden sukupolven kairakoneiden valmistus
Turvallisimmat, tehokkaimmat ja ekologisesti liikuteltavat kairakoneet äärimmäisiin olosuhteisiin.

Sertifioidut etsintäkairauspalvelut
Tehokasta, laadukasta ja luotettavaa timanttikairausta, RC-kairausta sekä maaperä- näytteenottoa.



MAANALAISET KAIRAKONEET | PINTAKAIRAKONEET

ARCTIC DRILLING COMPANY LTD.
Teollisuustie 26B, 96320 Rovaniemi, Finland, Tel. +358 40 511 2289
www.adcltd.fi

A Member of
The Linde Group

AGA

Inventive thinking.

Your business - our mission. Regardless of your needs we offer you our gathered experience and creative mindset. Improving and developing processes is the core of what we do.

Ideas become solutions.

www.aga.fi

Mustavaaran Kaivos Oy muutti nimensä Ferrovan Oy:ksi

▲ Nimenmuutoksen taustalla on yhtiön strategian muuttuminen kaivostoiminnasta metallien talteenotoksi terästeollisuuden sivutuotevirroista. Uusi nimi kuvaa yhtiön tulevaa päätuotetta ferrovanadiinia. Ferrovan Oy:n tavoitteena on käynnistää vanadiinin tuotanto Suomessa jalostamalla kierrätettäviä terästeollisuuden sivutuotteita. Vanadiinitehdas rakennetaan Raaheen, ja tuotantovaiheessa se tarjoaa yli 100 pysyvää työpaikkaa. Maailman vanadiinituotannosta suurin osa menee terästeollisuuteen, missä sitä käytetään teräksen lujuutta lisäävänä seosaineena

CTS Engtec Oy laajentaa omistuspohjaansa

▲ Helmet Capitalin kokoama sijoittajaryhmä hankki joulukuussa 2017 CTS Engtec Oy:n koko osakekannan omistukseensa. CTS Engtec Oy:n aiemmista omistajista jatkavat toimitusjohtaja Antti Lukka ja projektihallinnon johtaja Harri Soininen.

CTS Engtec -konserniin kuuluvat emoyhtiö CTS Engtec Oy ja Pietarissa toimiva tytäryhtiö OOO CTS Engtec. Konsernin liikevaihto on noin 9 miljoonaa euroa ja se työllistää n. 100 henkilöä.

1973 perustetun CTS Engtecin pääkonttori sijaitsee Kouvolassa ja kotimaan muut toimipisteet ovat Helsingissä, Turussa ja Oulussa. CTS Engtec on erikoistunut prosessiteollisuuden investointien konsultointi-, suunnittelu- ja projektihoitopalveluihin.

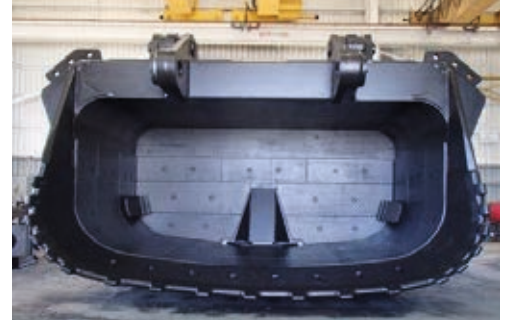
Työstökarkeneva Creusabro saatavilla nyt myös Suomessa

▲ Erikoiskestävä kulutusteräs Creusabro on tervetullut uutuus Suomen markkinoilla. Se eroaa merkittävästi perinteisistä vesikarkaisuista kulutusteräksistä. Öljykarkaistu Creusabro sisältää kovia karbideja ja nitridejä. Nämä antavat sille ainutlaatuiset materiaaliominaisuudet; suuremman kulutuskestävyyden ja pidemmän käyttöiän. Creusabron altistuessa kulutukselle tai iskuille sen ulkopinta kovettuu, mutta sisus pysyy muuttumattomana. Näin saavutetaan sovelluksesta riippuen jopa 50-100 % pidempi käyttöikä verrattuna tavanomaisiin vesikarkaistuihin kulutusteräksiin. Lisäksi Creusabro säilyttää kovuutensa jopa noin 450 °C lämpötilaan asti. Se on karkaisun jälkeen pehmeämpää kuin tavanomainen HB500 teräs. Tällöin sitä on helppompi muovata ja koneistaa ilman pelkoa kovettumisprosessin käynnistymisestä.

Käyttökohteita on kaikissa perinteisissä kulutusterässovelluksissa: rakennuskoneissa, kaivosteollisuudessa, kierrätyksessä jne. Kysymys on nimenomaan kohteista, joissa levy altistetaan sekä kulutukselle että iskuille. Creusabrolla on lisäksi myös hyvä ruosteenkestävyys. Tällöin sitä voidaan käyttää myös kulutuskohteissa, jotka altistuvat syövyttävälle kemikaaleille. Mitä kovemmat olosuhteet, sitä parempi!

Suomessa materiaalia myy ja markkinoi Oy Flinkenberg Ab yhteistyössä ruotsalainen Bergs Mekaniskan kanssa. Creusabroa valmistaa maailman suurimman teräskonsernin, ArcelorMittalin, tytäryritys, Industeel.

Flinkenbergin Teräspalvelukeskus Valkeakoskella on erikoistunut teräslevyjen myyntiin, esikäsittelyyn ja jatkojalostukseen. Bergs Mekaniska on puolestaan myynyt Creusabroa Ruotsissa jo useamman vuoden menestyksellä. Laajasta varastoalikoimasta voidaan toimittaa kaikkea kokonaisista levyistä viimeistelyihin yksityiskohtiin saakka.



Kulutusteräksset kovaan käyttöön!

FLINKENBERG

steel 

- XAR® 400
- XAR® 450
- XAR® 500
- XAR® 600
- XAR® HT
- CREUSABRO® 8000

TERÄSPALVELUKESKUS

- Teräslevyt
- Jatkojalostus

www.flinkenberg.fi

Hitachi hienosäätää ZW150-6-pyöräkuormaajaansa

▲ Hitachin uusi keskikokoinen pyöräkuormaaja on kehitysversio edellisen sukupolven suosituista mallista.

ZW150-6:n uusi Stage IV -vaatimukset täyttävä voimanlähde antaa ZW150-5:n tasoisen tuottavuuden vähemmällä kulutuksella ja pienemmin käyttökuluihin. ZW150-6 sopii moniin erilaisiin töihin: yleiseen maansiirtoon,

tienrakennukseen, materiaalinkäsittelyyn ja kiinteistöhuoltoon. Aisaston kolme vaihtoehtoa – vakio-, korkeanosto- ja suora aisasto lisäävät käytön joustavuutta. Suoralla aisastolla käsittely on tehokasta taakan ja työlaitteen asennon pysyessä ennallaan nostettaessa sekä laskettaessa. Hitachia tuo maahan Rotator Oy.



Metallurgian alan tulevia konferensseja:

Third International Conference Ad-Met 2018
Advances in Metallurgical Processes and Materials
June 10-13, 2018 Lviv, Ukraine
www.admet2018.org.ua

7th International Congress on Science and Technology of Steelmaking The Challenge of Industry 4.0
13-15 June 2018 Venice, Italy
www.aimnet.it/ics2018.htm
Emeritusprofessori Lauri Holappa on mukana kummankin konferenssin kansainvälisessä toimikunnassa. Lisätietoja myös: lauri.holappa@aalto.fi.

Kaivosalan tulevia seminaareja:

Nordic Mining Investment Conference
Helsinki 17.4.2018
www.nordicmininginvestmentconference.com

Rikastushiekan ja vedenkäsittelyn -talviseminaari

▲ Rikastus- ja prosessijaosto järjestää perinteisen Talviseminaarin Vuorimiespäiviä edeltävänä torstaina 22.3.2018 Helsingissä. Paikka on Radisson Blu Royal, Runeberginkatu 2. Tänä vuonna aiheena on Rikastushiekan ja vedenkäsittely. Seminaarin ilmoittautumiset VMY-sivuston kautta.

- Hyvinvointi alkaa toimivasta kaivosteollisuudesta, Pekka Suomela, Toiminnanjohtaja, Kaivosteollisuus Ry
- Mine water treatment, design and economics, Raul Mollehuaras, Project manager/Technical advisor
- Patoturvallisuus viranomaisen näkökulmasta, Timo Regina, Johtava vesitalousasiantuntija, Kainuun ELYProsessien kiertovedet, Jaakko Leppinen, FT
- ABB Ability™ in water handling, Jani Aaltonen, Manager – Control Technologies, ABB Finland Oy
- Vesienhallinta maanalaisessa kaivoksessa, uusi keskuspumppaamo syväosan tuotantoalueen kuivatukseen, Anna-Mari Alaperä, Mining Engineer, Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivos
- Rikastamoiden kokonaisvesitase, Teemu Alatalo, Technology specialist, Pöyry Finland Oy
- Hannukaisen kaivoshanke, Jaana Koivumaa, Hankejohtaja, Hannukainen Mining Oy
- Tailings and Water Management, Tommi Lanki, Senior Sales Manager, Outotec Finland Oy

ESITELMÄTILAISSUUS VUORIMIESPÄIVIEN AATTONA

FT Tapio Halkoaho (GTK): ”Rautalammin Kiviniemen Sc-Zr -esiintymä ja sen tulevaisuuden näkymät”

Esitelmä pidetään Suomen Geologinen Seura ry:n kuukausikokouksen yhteydessä.

Aika: Torstai 22.3. klo 18-20

Paikka: Marina Congress Center, Lehdistöhuone.

Tilaisuus on kaikille avoin.

FERROVAN



Tutkijavierailuja kouluihin

”Aalto-yliopisto tarjoaa peruskouluille ja lukioille tutkijavierailuja. Tutkijat järjestävät pienen tiedetuokion luokkaan: esittelevät omaa tutkimustaan hausalla tavalla oppilaiden tason huomioiden tai tekevät mielenkiintoisia kokeita sekä kertovat työstään ja vastaavat oppilaiden kysymyksiin... Vierailut ovat kouluille maksuttomia. Kaukaisemmissa kohteissa tutkijamme vierailevat etäyhteydellä, esimerkiksi Skypen välityksellä.”

Asiantuntijoiden esittelyt ovat Aalto-yliopiston nettisivuilla: (http://junior.aalto.fi/fi/opettajalle/scientists_in_schools/).

Teksti: **ARI JOKILAAKSO**

Kultaa kännykällä

Olen urani aikana käynyt Suomen tekniikan alan korkeakouluissa ja yliopistoissa esittelemässä tämän alan opintoja, tutkimusta, yrityksiä ja työtä. Näillä käynneillä olen huomannut, että korkeakoulutasolla on jo liian myöhäistä markkinoida tätä alaa, koska opintosuunnat on jo valittu. Moni on saattanut tehdä valintansa kevyin perustein ja päättänyt opiskelemaan alaa, josta ei juuri työpaikkoja löydy – ainoa ratkaisu saattaa olla akateeminen tutkijanura.

Tällä taustalla innostuin mahdollisuudesta päästä kertomaan metallien valmistuksesta peruskoululaisille, koska siinä iässä on vielä mahdollisuuksia tehdä valintoja, tai ainakin voi yrittää saada ajatuksen itu-

ja kehittymään. Ilmoitin aluksi aiheekseni asiallisen ”Metallien valmistus”, mutta se ei osoittautunut vetonaulaksi: sain vain yhden vierailupyynnön vuoden aikana (Rajamäen koulu, Nurmijärvi). Viestintäalan ammattilaiselle asiaa valitettuani keksimme nimetä aiheen kaikkia lähellä olevan esineen mukaan ja nostaa kierrätyksen korostetummin esille. Näin nimeksi tuli ”Kännykästä kultaa”. Syksyn 2017 aikana kävin kolmessa koulussa (Pohjoispuiston koulu, Hyvinkää; Mankalan koulu, Järvenpää; Heinsuon koulu, Hollola) ja vuosi 2018 on alkanut yhdellä vierailulla (Espoonlahti, Espoo) ja toinen on jo aikataulutettu maaliskuulle (Puistola, Helsinki).

Metallien valmistusketjun esittäminen

toiminnan kuvauksen mukaisesti ”... *hauskalla tavalla oppilaiden tason huomioiden tai tekevät mielenkiintoisia kokeita...*” ei ole kovin helppo tehtävä. Olen päättänyt esittelemään asian kalvoilla, joissa kuvat ovat pääosassa. Havaintoaineistona käytän n. parin litran kokoista pyriittimurikkaa (kairasydän), kuparilevyä (n. 30x15x1,5 cm) sekä näytepurkillista kalkopyriittirikastetta.

Oppilaiden kysymyksiä

Oppilaat ovat valmistautuneet opettajan ohjauksessa kysymyksillä, joita käydään sopivissa väleissä läpi. Raha tuntuu olevan kiinnostava asia, koska useimmiten kysytyjä asioita ovat ”Paljonko metallit maksavat/mikä on kallein metalli/paljonko tämä ku-

parilevy maksaa” tai ”paljonko saat palkkaa/paljonko tutkija saa palkkaa”.

Työn sisältö toki kiinnostaa myös ja sitä kysytään eri näkökulmista:

- Mitkä on parasta työssäsi?
- Mitkä ovat työsi huonot puolet?
- Pidätkö työstäsi?
- Kauanko olet ollut alalla?
- Onko sinulla pitkät lomiat?
- Kuinka pitkä on työpäiväsi?
- Moneltako työpäivät alkavat?
- Mitä teet suurimmaksi osaksi?
- Mitä työpäivääsi kuuluu?
- Mitä tapaturmia sinulle on käynyt töissä?

Kokemuksia ja palautetta

Opettajat ovat olleet hyvin tyytyväisiä erikoisaiheesta järjestettyyn luentoon sekä koko *Scientists in Schools* -palveluun. Eräs opettaja myös hämmästeli sitä, ettei ollut ollenkaan tietoinen, että Suomessa voi opiskella tätä alaa. Kuulemani perusteella metalleja käsitellään hyvin vähän koulujen opetuksessa, valmistuksesta puhumattakaan. Tästä voi ehkä vetää sen johtopäätöksen, että yleinen tietous koko kaivannaisteollisuudesta, kaivoksista valmiisiin metalleihin saakka, on tiedotusvälineiden välittämien uutisten varassa. Lapsilla on tapana tuoda kouluissa opittuja käytäntöjä kotiin, kuten esimerkiksi jätteiden lajittelemista ja kierrätystä. Tähän perustan toiveeni siitä, että myös tietoisuus metallien valmistuksesta ja kierrätyksestä leviäisi koteihin tämän toiminnan kautta. Työtä kuitenkin riittää, sillä viestiä pitäisi viedä kaikkiin kouluihin ja vuosittain. Pitäisikö opetusohjelmiin vaikuttavia tahoja valistaa asiasta ja sen tärkeydestä?

Itselleni metallien valmistus ja kierrätys on itsestään selvästi tärkeää, mutta etukäteen olin hiukan epävarma, kuinkahan nuoret koululaiset malttavat kuunnella professorin luentoa? Havaintojeni perusteella oppilaat ovat kuitenkin periaatteessa samanlaisia eri kouluissa – myös omaan kouluikaani verrattuna. On haaveilijoita, hälsijöitä, nuokkujia, mutta myös iso joukko kiinnostuneina kuuntelevia. Kiinnostusta ei myöskään aina näydetä, vaan luentoa seurataan, vaikka kaverin kanssa jutellaankin. Opettajien mukaan oppilaat ovat aina olleet luentojeni aikana normaaliin verrattuna tarkkaavaisempia kuin tavallisilla oppitunneilla. Käytöskuri ja hiljaa pysyminen on kuitenkin vaihtelevaa, mutta aineisto on vielä liian suppeaa tilastollisesti pätevien kommenttien esittämiseen (vaikuttaa

Kuulemani perusteella metalleja käsitellään hyvin vähän koulujen opetuksessa, valmistuksesta puhumattakaan. Tästä voi ehkä vetää sen johtopäätöksen, että yleinen tietous koko kaivannaisteollisuudesta, kaivoksista valmiisiin metalleihin saakka, on tiedotusvälineiden välittämien uutisten varassa.

kuitenkin siltä, että naisopettajien luokissa on ollut parempi kuri kuin miesopettajien).

Oppilailta on joissakin kouluissa kerätty palautetta esityksen jälkeisinä päivinä. Palautteen perusteella työ kannattaa, sillä kaikki on ollut positiivista tai neutraalia. Tässä parhaita paloja:

Kiinnostavinta oli koko aihe, metallin hinnat ja mihin sitä käytetään.

Kiinnostavinta oli, kun hän toi näytteille metallia, kuparia jotain hiukkashommia.

Kiinnostavinta oli huomata, kuinka paljon metallia oikeasti tarvitaan.

Tietää metallien hinnoista ja nähdä eri metalleja.

Olisi kiva, että uudestaankin olisi saman tyyppinen tunti.

Osalle jäi myös tiedonnälkää (eikä ihan kaikki kerrottu ollut mennyt perille):

Mitä eri metalleja olisi autoissa.

Mistä metallit ovat muodostuneet.

Metallien alkuperästä olisi ollut kiva tietää lisää.

Olisin halunnut tietää enemmän, miten sitä tehdään ja mihin sitä käytetään.

Olisin halunnut nähdä kultaa.



» Extracting innovation

www.terrafame.fi **TerraFame**

Metallit myrkyttömän ympäristön strategian pyörteissä

Seminaari "Classification of metals and alloys and its implications in the non-toxic society"

Teksti: PIA VOUTILAINEN

Viiime vuoden loka-marraskuun vaihteessa järjestimme Tukholmassa seminaarin metallien asemasta EU:n myrkyttömän ympäristön strategian valmistelussa. Ruotsissa hallitus on vahvistanut jo 1999 tavoitteeksi myrkyttömän ympäristön, mikä on määriteltävä seuraavasti: "Ympäristön tulee olla vapaa aineista ja metalleista, jotka yhteiskunta on luonut tai louhinut, ja jotka voivat uhata ihmisten terveyttä tai biologista monimuotoisuutta. Luonnossa esiintyvien aineiden pitoisuuksien tulee olla lähellä taustapitoisuuksia ja luonnolle vieraiden aineiden pitoisuuksien tulee olla lähellä nollaa." Samalla Ruotsi asetti tavoitteekseen ohjelman laajentamisen EU-tasolle. Tämä lähestymistapa on nyt muotoutumassa EU-strategiaksi "Non-toxic Environment", jonka laatimisessa komissiossa on mukana Urban Boije af Gennäs, jolla on mittava

"Me" olemme niin kutsuttu MITF, Metals Information Task Force, kaivos- ja metallijärjestöjen, yhdistysten ja yritysten työryhmä, joka toimii Ruotsissa. Siinä ovat jäseninä Jernkontoret, Outokumpu, Boliden, SSAB, SveMin, Innovations- och kemiföretagen IKEM, Nordic Galvanizers ja Scandinavian Copper Development Association SCDA.

ansioluettelo Ruotsin kemikaalivirastosta ja ympäristöministeriöstä vastaavien hankkeiden parista. Joten järjestetty seminaari tuli oikeaan aikaan ja oikeassa paikassa, ajattelumallin syntysijoilla.

Non-toxic Environment-strategian laadinnassa on ehdotettu, että kiertotalouden materiaalivirrat eivät saisi sisältää vaarallisia aineita. Tämä taas johtaisi käytännössä siihen, että kaivos- ja metallurgisen teollisuuden jättemateriaalien hyödyntäminen ja useiden metalliseosten kierrätys vaikeutuisi, vaikka kysymyksessä olisi tuiki tavallisia ja turvallisia käyttömetalleja, eikä vaaralausekkeen aiheuttanutta altistumista olisi mahdollista tapahtua. Käyttö tulisi joissain tapauksissa mahdollisesti luvanvaraiseksi, mikä lisäksi administratiokustannuksia. Epäselväksi jäisi ei-toivottujen epäpuhtauksien kohtalo, jos niitä ei saisi olla kierrossa eikä jätteissä.

Urban oli kutsuttu viranomaispuolen avainpuhujaksi. Hänen lisäksi yritimme saada Euroopan Kemikaaliviraston, Ruotsin ympäristöministeriön ja Naturvårdsverketin edustajia mukaan siinä onnistumatta. Kemikalieinspektionenin EU-asioiden osaston päällikkö Lisa Anfält suostui sekä

järjesti tilaisuutemme myös KemI:stä CLP ja Reach -asioiden asiantuntijan Erika Witasp Henrikssonin. Metalliasiantuntijoina avainpuhujaksi oli kutsuttu Tukholman Kuninkaallisen Teknillisen Korkeakoulun pinta- ja korroosioprofessori Inger Odnevall Wallinder. Hän on jo yli 20 vuotta tutkinut metallien pitkän aikavälin liukenemista ympäristöön, seosten liukenemista, hienojakoisten metallien liukenemista fysiologisiin nesteisiin sekä näiden testaus- ja koemenetelmiä. Toisena avainpuhujana oli Brysselin värimetallijärjestömme Eurrometauxn Violaine Verougstraete. Muita esitelmöitsijöitä olivat Työterveyslaitoksen Helene Stockmann-Juvala, Jernkontoretin Produkteteknologirådetin vetäjä Karin Östman, IKEM:in Michael Reineskog, Outokummun Camilla Kaplin, Swerea Kimabin Olivier Rod sekä allekirjoittanut.

Paneelikeskustelussa olivat mukana Urban, Sussi, Lisa, Violaine, Inger ja Camilla. Sussi Wetterlin on Ruotsin tunnetuimman rakennusmateriaalien arviointi- ja hyväksymisorganisaation Bastan toimitusjohtaja. Paneelia johti Eva Blixt Jernkontoretilta.

Kutsuja seminaariin lähetettiin sekä Suomen että Ruotsin ministeriöille, viranomaisille, järjestöille, standardiorganisaatioille, tutkijoille, asiakas- ja jäsenyrityksille sekä konsulteille ja arvioijille, jotka suorittavat materiaalien markkinavetoista arviointi- ja hyväksyntätoimintaa. Kaikista näistä sidosrymistä saapui myös osallistujia.

Urban esitteli EU:n Non-toxic Environment strategialuonnoksen. Lisa kuvasi Ruotsin kansallisen ohjelman Giftfri miljö, ja Erika aineiden luokittelu- ja rajoituslainsäädäntöjen periaatteet. Karin ja Michael pohtivat esityksessään nykyisten luokitusmenettelyjen seurauksia ja heijastumia muussa lainsäädännössä. Violaine esitte-



Jernkontoretin toimitusjohtaja Bo-Erik Pers avaa seminaarin.



li metalliteollisuuden ehdottaman vaihtoehtoisen metodin seosten luokitteluun liukoisuuden perusteella, nk. bioeluution, ja Inger kertoi metallien ja seosten erityisominaisuuksista etupäässä ruostumattoman teräksen pohjalta. Esimerkkitapauksissa toimme esille käytännön ongelmia nykyluokitusten soveltamisessa, ongelmia informaation jakamisessa, vaarallisten metallien alkuperän, syyn miksi niitä on materiaali-kiirroissa sekä syyt, miksi seosmetalleja ylipäänsä lisätään. Myös metallien toksisuutta eri olomuodoissa valotettiin. Helene esitti käytännön esimerkin ferropiiriin terveysvaaran arvioinnista ja Olivier projektista juomavesijärjestelmien messinkiosien lyijyn eliminoimiseksi.

Yhtälö, joka esiintyi lähes kaikissa esitelmissä, oli ”Risk = Hazard x Exposure”, jolla ihmiselle tai ympäristölle kemikaalista aiheutuva riski voidaan johtaa vaaraominaisuudesta ja altistumisesta. Tästä puhujat olivat liikuttavan yksimielisiä. Kuitenkaan käytännössä tätä EU:n strategialuonnoksen perustana olevaa mallia ei sovelleta oikein, vaan vapaaehtoisissa järjestelmissä ja ympäristömerkeissä metallit joutuvat kieltolistoilta pelkästään vaaralausekkeen johdosta, ja metalliseoksen hylkäämiseen riittää pelkkä 0,1 prosentin pitoisuus seos- tai epäpuhtausmetallia, jolla on vaaralauseke syöpövaarallinen, mutageeninen, lisääntymiselle vaarallinen tai vesiympäristölle vaarallinen.

Esitysten ansiosta ja esimerkkitapausten valossa osapuolten keskinäinen ymmärrys kasvoi eksponentiaalisesti. Paneelikeskustelussa metalliteollisuuden edustajat oppivat viranomaisten lähestymistavasta lisää ja kannustivat teollisuuden, tutkijoiden ja viranomaisten väliseen yhteistyöhön yhä paremman yhteisen näkemyksen luomiseksi. Urban, Sussi ja Lisa kertoivat oppineensa paljon uutta metallien ominaisuuksista ja käyttäytymisestä ja varsinkin metalliseosten erityisominaisuuksista. He ymmärsivät myös, miksei yhtäkkisesti voida vain poistaa jotakin tiettyä seoskomponenttia metalliseoksesta ja siitä valmistettujen tuotteiden kierrätysketjusta. Pohdintaa syntyi siitä, kuinka informaatio vaarallisista aineista saatettaisiin kuluttajalle ja sitä kautta myös

kierrätykseen niin, että mahdollinen aineen vapautuminen ja sille altistuminen riski olisi koko arvoketjun tiedossa. Kuinka kuluttaja ymmärtäisi saamansa informaation eikä tietoa käytettäisi väärin, lyömäaseena materiaalien välisessä kilpailussa.

Viranomaiset oppivat, kuinka kovasti metalliteollisuus tekee työtä liukoisuustutkimusten kehittämiseksi ja näiden saattamiseksi osaksi kemikaalilainsäädäntöä. Ja kuinka paljon on tehty työtä tiettyjä metalliseoksia korvaavien seosten kehittämiseksi sekä liukoisuuden hallinnaksi. Reaalitodellisuus tuli lähemmäs viranomaisia, paneelikeskustelussa alettiin keskustella luonnollisten aineiden hyväksyttävistä pitoisuuksista, altistumisen hallinnasta ja vaarallisten aineiden eliminoinnista niistä käyttökohteista, joista on mahdollista aiheutua haittoja. Haasteita on monimutkaisen asian kommunikoinnissa tyhjentävästi suurelle yleisölle sekä tiedon levittämisessä lukuisille ekomerkeille ja arviointijärjestelmille, jotka perustavat luokituslistansa virheellisille oletuksille.

Päivän anti oli osanottajien arvioiden mukaan erittäin hyödyllinen ja opettavainen. Yhteenvedona todettiin, että paljon työtä on vielä tehtävänä puolin ja toisin, jotta metalleja ja seoksia pystyttäisiin arvioimaan asianmukaisin ja oikeudenmukaisin menetelmin. Metallit ovat erityinen ryhmä kemikaalilainsäädännössä ja niiden arvioinnissa on otettava huomioon erityisiä tekijöitä kuten luonnon taustapitoisuudet, partikkelikoko, pintaominaisuudet, metallografia, ympäristön aggressiivisuus ja biosaatavuus. Niiden turvallisuudesta saatava tieto on kommunikoitava laajasti ja yksinkertaistettuna sidosryhmille. Materiaalien sisällysluettelot tulisi korvata informaatiolla oikeanlaisesta käsittelystä ja mahdollisista riskeistä esimerkiksi tuotteen päätyessä kierrätykseen. Dialogin lisäämisen merkitystä painotettiin.

Onnistuneen seminaarin innostamana sekä suomalaisten osallistujien kannustamana olemme päättäneet järjestää vastaavan sidosryhmäseminaarin Suomessa Metallinjalostajien toimesta myöhemmin keväällä tai alkusyksystä. Kiinnostuneet, olkaahan kuulolla! ▲



Urban Boije af Gennäs EU komissiosta.



Kirjoittaja Pia Voutilainen

Kirjoittaja on Otanien entisen Vuorilafkan prosessimetallurgian ja materiaalitieteen diplomi-insinööri vuosimallia 1990, ja toiminut

viimeiset 12 vuotta Scandinavian Copper Development Associationin toiminnanjohtajana. Sen jäseniä ovat Boliden, Aurubis Finland, Nordic Brass Gusum ja Cupori. Lisäksi hän on International Copper Associationin Health, Environment ja Sustainable Development -tiimin jäsen sekä European Copper Institututen Building and Construction -tiimin jäsen. Sitä ennen hän toimi Luvatun ympäristöjohtajana, Outokummun entisillä kolmella liiketoiminta-alueilla prosessimetallurgina, projekti-insinöörinä ja ympäristöpäällikkönä. Hän työskenteli opintojen ohessa tutkimusapulaisena ja opintoneuvojana, harjoitteli Fiskarsilla, Ovakolla ja Metalliverkoinilla, ja oli 3 vuotta tutkijana TU Delftissä.

Challenge Finland Kaivoshanke tavoittelee teknologiamurrosta kaivosteollisuudessa

Uudessa hankkeessa tehostetaan kaivostoimintaa ja parannetaan sen kestävyttä ja tuottavuutta. Käyttäjälähtöisessä tutkimuksessa kehitetään automatisointia ja hyödynnetään sisätilapaikannusta.

Teksti: **SANNA KAASALAINEN** MML:n Paikkatietokeskus, **JUSSI LEVEINEN** Aalto Yliopisto, **ALBERT MANNINEN** VTT

RISTO-MATTI TOIVANEN

Työ- ja elinkeinoministeriö haluaa Suomesta kestävä kaivannaisteollisuuden edelläkävijän. Tämä edellyttää kaivosteollisuudelta jatkuvaa kehittämistä sekä energiatehokkuuden ja työ- ja ympäristöturvallisuuden parantamista. Näihin kaivosteollisuus tarvitsee uusia menetelmiä kivien mineraalikoostumuksen vaihteluiden tunnistamiseksi nopeasti, kustannustehokkaasti ja turvallisilta etäisyksiltä. Tehokkuuden parantaminen lisää myös kaivostoiminnan tuottavuutta.

Tutkimus yritysten apuna

Tekesin (vuoden 2018 alusta Business Finland) Challenge Finland kilpailu alkoi 2016. Kilpailun ideana oli, että tutkijat kehittävät ratkaisuja merkittäviin ongelmiin yritysten hyödynnettäviksi. Kilpailu on kaksivaiheinen, ja kakkosvaiheeseen vuonna 2017 pääsi 33 tutkimus- ja kehitysprojektien konsortiota, joissa on mukana yhteensä 98 yritystä omilla innovaatiohankkeillaan ja 21

Hankkeen alkuvaiheessa kartoitettiin käyttäjätarpeita vieraillemalla kaivoksissa ja keskustelemalla muiden kaivosalan toimijoiden kanssa.



tutkimusorganisaatiota. (Ks. <http://finlandinnovation.fi/challengefinland/>).

Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskus, Aalto-yliopisto ja VTT osallistuivat Challenge Finlandiin idealla, jossa parannetaan kaivostoiminnan kestävyttä ja tehokkuutta mm. hyperspektraalisten lasermittausten avulla. Kakkosvaiheen hanke ”Tehokas ja turvallinen mineraalien tunnistaminen: reaaliaikaiset älykkäät menetelmät” käynnistyi maaliskuussa 2017.

Käyttäjien tarpeet ohjaavat toimintaa

Kaivoshankkeen päätavoitteena on mineraalien tunnistuksen ja malmien luokittelun automatisointi, jonka mahdollistaa aktiivinen kolmiulotteinen hyperspektrikuvantaminen. Ratkaisu mahdollistaa mineraalien automaattisen tunnistuksen ja kartoituksen sekä työturvallisuutta parantavan ympäristön seurannan. Nopeat menetelmät parantavat louhittavien malmien ja kiviainesmasojen 3D-mallintamista ja mineralogista karakterisointia.

Tehokkuutta ja turvallisuutta lisätään sisätilapaikannuksen avulla. Hankkeeseen osallistuvat tutkimuslaitosten lisäksi Cybercube ja Robit. Lisäksi hanketta tukee kaksi kaivosta: Outokummun Kemin kaivos sekä Agnico Eagle Kittilästä. Mukana on myös kuvantamisteknologioihin erikoistunut Grundium.

Hankkeen alkuvaiheessa kartoitettiin käyttäjätarpeita vierailemalla kaivoksissa ja keskustelemalla muiden kaivosalan toimijoiden kanssa. Osoittautui, että mineraalien tunnistaminen kaivosolosuhteissa on työlästä, ja virheet tulevat kalliiksi. Näiden pohjalta tehtiin tekniset suunnitelmat, joiden pohjalta vuonna 2018 voidaan demonstroida mineraalien automaattista tunnistusta ja testata sitä kaivoksissa.

Hankkeessa käytettävät teknologiat

Paikkatietokeskuksen Navigoinnin ja paikannuksen osasto soveltaa projektissa aiemmin kehitettyä hyperspektraalista lidaria. Tämä teknologia kehitettiin Paikkatietokeskuksessa (silloinen Geodeettinen laitos) vuonna 2012. Monikanavainen laserkeilaus on uusi teknologia, ja tällaisia laitteita on maailmalla vasta muutama. Niistä Paikkatietokeskuksen hyperspektrilidar (HSL) oli yksi ensimmäisistä, ja sitä on tähän mennessä testattu monenlaisiin kohteentunnistuongelmiin, mm. Suomen puolustusvoimien tarpeisiin (ks. <https://www.defmin.fi/files/3028/2500M-0005.pdf>).

HSL tuottaa yhdistettyä 3D-pistepilvi- ja spektrietoa kahdeksalla kanavalla siten,



HSL tuottaa yhdistettyä 3D-pistepilvi- ja spektrietoa kahdeksalla kanavalla siten, että jokaiseen laserpistepilveen tulee automaattisesti mukaan myös spektri.

että jokaiseen laserpistepilveen tulee automaattisesti mukaan myös spektri. Spektrietoa on hyödynnetty mm. naamiomateriaalien erottamiseen luonnonmateriaaleista, kosteuden tunnistamiseen sekä lehtien ja neulasten klorofyllipitoisuuden seurantaan. Kaivosprojektissa tekniikkaa sovelletaan malmin erottamiseen sivukivestä. Koska malmin ja sivukiven spektrissä on eroa, voidaan malmin tunnistus tehdä automaattisesti lidarin tuottamasta kolmiulotteisesta pistepilvestä.

Myös VTT on kehittänyt aktiivista hyperspektristä etätunnistusteknologiaa ensin puolustusvoimien käyttöön yli kilometrin mittausmatkoille (<https://doi.org/10.1364/OE.22.007172>) ja sen jälkeen autoteollisuuden tarpeisiin itseajavien autojen toiminnan parantamiseksi yhdessä eurooppalaisten tutkimuspartnereiden kanssa (<https://www.dense247.eu/home/>). Näissä hankkeissa on hyödynnetty useita erilaisia infrapuna-alueen mittaustapoja, kuten 256 spektrikanavainen spektrometri sekä VTT:n kehittämä kompakti ja kustannustehokas allonpituussäädettävä MEMS suodin.

VTT:llä kehitettyjen kompaktin superjatkumolaserin, optiikan ja elektroniikan ansiosta teknologiaa on pystytty kutistamaan kestäväksi sensoriksi, joka mahdollistaa reaaliaikaiset mittaukset jopa vaativissa kaivosolosuhteissa. Tässä projektissa teknologiaa ja spektrintunnistusohjelmistoja kehitetään nimenomaan kaivosteollisuuden tarpeisiin sopiviksi. Lisäksi hankkeessa demonstroidaan kehitettyä sensoria laboratorio- ja kaivosolosuhteissa sekä verrataan menetelmän suorituskykyä muiden projektin osapuolien kehittämiin teknologioihin.

Aalto-yliopisto kehittää projektissa Raman- ja LIBS-teknologioihin perustuvia etämittauksia. Niillä saadaan tietoa monista malmi- ja teollisuusmineraaleista, joilla ei ole karakteristisia hyperspektriominaisuuksia. LIBS-mittauksilla voidaan luokitella kiviä, kiviaineksia ja mineraalipohjaisia rakennusmateriaaleja myös niiden kaivos- ja rakennusteknisten ominaisuuksien osalta. Tämä antaa mahdollisuuksia soveltaa tekniikoita kaivosgeologisten mittausten ohella geometallurgisten ominaisuuksien arvioinnissa ja tuotannon aikaisessa monitoroinnissa.

Hankkeen internet-sivut on avattu osoitteessa <https://kaivosmine.net/>. Lisäksi projektia voi seurata Twitterissä (@KaivosProject). Kartoitamme käyttäjätarpeita edelleen kyselyllä, johon geologian ja kaivosalan toimijoiden on mahdollista osallistua osoitteessa <https://kaivosmine.net/kysely/>.

Seuraavassa numerossa esittelemme ensimmäisiä uusilla laitteilla saatuja tuloksia ja sitä miten mineraalit erottuvat aktiivisissa lasermittauksissa.▲

Wherever there's mining, there are challenges. Lowering costs. Keeping people safe.
Working more efficiently. Managing your assets. Reducing fuel consumption.

And wherever there are challenges, there's Caterpillar. We don't just sell mining equipment; we solve problems. We're true business partner who shares your goal of mining excellence – however you define it. And we have the knowledge, products, technologies and solutions to help you get there.

WHEREVER THERE'S MINING, WE'RE THERE.



Kolmiulotteinen tulostus mullistaa maailman

ASM Finland ry:n seminaari Dipolissa 9.11.2017

Muovimateriaaleista valmistettujen mallikappaleiden ja prototyyppien valmistusmenetelmänä käynnistynyt kolmiulotteinen(3D) tulostus on laajenemassa muovien lisäksi myös metallisten tuotantokappaleiden ja varaosien valmistukseen. Ensimmäinen Inconel 625 –superseoksesta 3D-tulostettu varaosa on tätä kirjoitettaessa ollut ongelmitta käytössä Hornet-hävittäjän koelennolla ja keraamien 3D-tulostus on käynnistymässä. ASM Finland ry:n järjestämän 3D-tulostusta käsittelevän seminaarin ja pienoishäytötytelyn tavoitteena oli antaa osallistujille ajanmukainen kuva 3D-tulostuksen mahdollisuuksista. Seminaariin osallistui 65 henkilöä teknologiasta kiinnostuneista yrityksistä, yliopistoista ja korkeakouluista, tutkimuslaitoksista ja julkishallinnon virastoista.

Teksti ja kuvat **TUOMO TIAINEN**

Avauspuheenvuorossaan ASM Finland ry:n puheenjohtaja **Erkki Kiiski**, Encore Partners Oy kertoi ASM-järjestöstä ja sen toiminnasta Suomessa. ASM (The Materials Information Society) on vuonna 1913 perustettu kansainvälinen voittoa tavoittelematon organisaatio, joka levittää materiaalitekniikan uusinta tietoa jäsenilleen ja muille alasta kiinnostuneille. Euroopassa järjestöllä on maakohtaisia osastoja Suomen lisäksi Sveitsissä ja Italiassa. Suomen osasto ASM Finland ry järjestää vuosittain kaksi seminaaria alan aiheista. Nyt järjestetty seminaari oli samalla osaston 30-vuotisjuhlaseminaari.

Seminaariesitykset aloittanut professori **Jouni Partanen** Aalto-yliopistosta kävi läpi 3D-tulostuksen historiaa sekä nykyisin käytössä olevia menetelmiä, jotka on luokiteltu seitsemään eri kategoriaan. Prosessi itsessään on periaatteeltaan yksinkertainen ja helposti automatisoitavissa. Sen tarjoamia etuja ovat mm. kappaleen toimintolähtöinen suunnittelu, mahdollisuus tuotettujen kappaleiden topologian ja painon optimointiin, biomimeettisten (luontoa jäljittelevien) muotojen tuottamiseen sekä siirtymiseen digitaaliseen varaosateknologiaan. Tällöin varaosasta on olemassa vain digitaalinen malli, josta varsinainen varaosa tulostetaan



Olli Nyrhilä kertoi EOS Finland Oy:n roolista 3D-tulostuksen kehitystyössä



Marko Lindberg esitteli 3D-tulostuksen sovelluksia Valmet Oyj:n toiminnassa

tarvittaessa lähellä asiakasta. Varaosaan voidaan lisäksi tulostuksen yhteydessä integroida antureita, jotka vaikkapa kulutusosissa kertovat osan tilanteesta ja vaihtotarpeen lähestymisestä. Sovellusalueet ulottuvat teknologiasta (esim. supertehokkaat lämmönvaihtimet) hammaslääketieteeseen ja lääketieteeseen saakka.

Tomi Suhonen VTT:ltä esitteli VTT:n työtä materiaalien mikrorakennemallinnuksen parissa sovelluskohteenaan jauhetimenetelmällä valmistettujen metallisten kappaleiden mikrorakenne. Mallinnusketju lähtee liikkeelle materiaalin valmistusprosessin mallintamisesta, etenee tuloksena syntyvän mikrorakenteen mallintamiseen kautta ominaisuuksien mallintamiseen ja lopulta komponentin toimivuuden enustamiseen tietyssä sovelluskohteessa ja käyttöympäristössä. Kun mallien antamat tulokset on erilaisin testausmenetelmin verifioitu, malleja voidaan soveltaa mm. erilaisiin tutkimus- ja kehityshankkeisiin. VTT:n tällä periaatteella rakentama ohjelmisto soveltuu koko ketjun mallintamiseen mikrorakennetasolta systeemitasolle saakka. Se sisältää sekä kaupallisia että itse rakennettuja moduuleita, mm. lasersulatukseen ja jäähmettymiseen tarvittavan termodynaamis-mekanistisen mallin.

Olli Nyrhilä, EOS Finland Oy, kertoi >

metallien 3D-tulostuksen alkuvaiheista ja nykytilanteesta Suomessa. Hän totesi käyttäneensä elämänsä tämän teeman kehittämiseen ja edustavansa jo alan dinosaurus-osastoa. EOS-konsernin esittelyn jälkeen hän kertoi alan suomalaisista kehitysvaiheista. Toiminta alkoi 1980-luvun lopulla osana Electrolux-konsernin Rapid Development -osastoa. Välillä toiminta siirtyi osaksi saksalaista Alphaform-konsernia, kunnes se siirtyi EOS-konsernin omistukseen. Suomessa toimivan tytäryrityksen tehtävänä on alusta lähtien ollut metallien 3D-tulostuksessa käytettävien pulvereiden ja pulveriseosten sekä niiden tulostamiseen käytettävien prosessien kehittäminen ja tuottaminen. Tuotteet ovat pulvereita sekä validoituja tulostusprosesseja, eivät pelkästään prosessiparametreja. Yrityksessä toimii 65 työntekijää, joista 24 on tutkimus- ja kehitystehtävissä. Laajentuvassa tarjoamassa on tällä hetkellä 16 pulveriseosta ja 61 validoitua prosessia eri tarkoituksiin ja erilaisille konetyypeille. Materiaalipuolella on kolme tuotelinjaa: teolliset metallimateriaalit ja prosessit, lääketieteelliset metallimateriaalit ja prosessit sekä asiakasspesifiset prosessit. Esityksen jälkeisessä vilkkaassa keskustelussa Olli Nyrhilä kertoi mm, että tulostettujen tuotteiden huokoisuus on tällä hetkellä tasolla 0,0x % ja että minimaalinen paksuus pystysuorassa asennossa tulostetuissa seinämissä on luokkaa 0,1 mm.

Ville Saloranta Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry:stä kertoi 3D-tulostukseen liittyvän standardisoinnin nykytilanteesta. Standardit ovat yhteisesti sovituja toimintatapoja ja niiden kehittäminen on vapaaehtoista. 3D-tulostuksen alueella standardeja kehittävät ISO- ja ASTM-järjestöt yhteisissä työryhmissään. Eurooppalainen CEN-standardisointijärjestö ei kehitä standardeja, vaan vahvistaa ASTM- ja ISO-standardit eurooppalaisiksi EN ISO/ASTM-standardeiksi. Tällä hetkellä on olemassa seitsemän 3D-tulostusta käsittelevää ISO-standardia, joista neljä on yhteistä ISO/ASTM-standardia sekä 15 ASTM-standardia, joista osa on yhteisiä. Työn alla on 12 standardia, mm. 3D-tulostuksen yleisopas, 3D-kappaleen suunnittelua koskeva standardi, jauhepetisulatuksen standardi sekä tulostuskoneiden suorituskyvyn arviointiin käytettäviä testikappaleita koskeva standardi.

Lounastauon jälkeen **Sini Mettä-Kortelainen**, VTT, kertoi kehitys-



Erkki Kiiski lausui seminaarin päätössanat

Sovellusalueet ulottuvat teknologiasta (esim. super-tehokkaat lämmönvaihtimet) hammaslääketieteeseen ja lääketieteeseen saakka.

prosessista ”Jauheesta tuotteeksi” esimerkkinä pehmeiden magneettisten materiaalien 3D-tulostus. Kehitysprosessin vaiheet ovat materiaalin valinta ja 3D-tulostussoveltuvuuden kartoitus, jauheiden hankinta/tuottaminen sekä modifiointi 3D-tulostukseen sopivaksi, tulostusparametrien määrittäminen, testikappaleiden tulostus ja jälkikäsittelyt sekä todellisen komponentin suunnittelu ja valmistus. Case-tapauksena tutkittiin pehmeinä magneettimateriaaleina tunnettuja FeCo-seoksia. Tulostusparametrien optimointivaiheessa tutkittiin 27 erilaista parametrikominaatiota ennen varsinaisten koekappaleiden tulostusta. Lopullisten kappaleiden magneettisista ominaisuuksista saturaatiovuotiheys oli hyvä, mutta permeabiliteetti oli liian pieni ja magneettiset häviöt liian suuria. Jatkossa tutkitaan mm. vanadiiniseostuksen vaikutusta magneettisiin ominaisuuksiin.

Marko Lindberg, Valmet Oyj kertoi 3D-tulostuksen käytöstä yrityksessään. Metallien 3D-tulostin yritykseen hankittiin lokakuussa 2015 ja ensimmäinen asiakastilaus toimitettiin 2016. Laitteistoa käytetään mm. alumiinisten ja pronssisten valumallien valmistukseen kuorimuottikaavausta varten sekä tuotannon työkalujen valmistamiseen alumiiniseoksista, ruostumattomista teräksistä ja superseoksista. Kun tulostuspro-



VTT:n Pasi Puukko esittelemässä tulostettuja kappaleita



3D-tulostettu kappale, jossa on sisäisiä virtauskanavia. Ristikkorakenteet ovat tulostuksen aikana tarvittavia tukirakenteita



Aalto-yliopiston 3D-tulostuslaboratoriossa riitti nähtävää

sessi on optimoitu, putoavat tulostuksen kustannukset noin puoleen perinteiseen koneistamalla tapahtuvaan valmistukseen verrattuna. Yrityksessä on myös muovitu-
lostuslaitteisto, jota käytetään mm keernalaatikoiden ja valumallien valmistukseen. Tulostettuja valumalleja käyttäen on myös valettu metalliosia, joita käytetään suurempien metallisten valumallien osina. Perinteiseen valmistukseen verrattuna kustannukset putoavat monissa tapauksissa murto-osaan.

Vesa Kananen, 3DSTEP Oy, esitteli vuonna 2016 perustettua yritystä ja sen toimintaa 3D-tulostuksen parissa. Yritys työllistää tällä hetkellä viisi vakituista ja 2-4 projektihenkilöä. Luonteeltaan se on innovaatioyritys, ei pelkkä 3D-tulostaja. Sen palveluvalikoimaan kuuluvat tulostamisen lisäksi suunnittelu- ja koulutuspalvelut sekä 3D-kartoitukset. Käytössä on Suomen suurin palvelukäytössä oleva metallitulostin ja muovituotteita PA 12-materiaalista valmistava laitteisto. Tulostuksen kokonaisprosessin lähtökohtana on useimmiten perinteisillä menetelmillä valmistettu komponentti. Prosessissa se suunnitellaan uudelleen 3D-tulostusta varten ja valmistellaan tulostettavaksi määrittämällä tulostusasento, lisäämällä tarvittavat tukirakenteet ja määrittämällä materiaali sekä tarvittavat tulostusparametrit. Kappale tulostetaan ja jälkikäsitellään poistamalla ensin tukirakenteet. Se

Seminaari ja kiertokäynnit kokonaisuutena tarjosivat hyvän läpileikkauksen 3D-tulostuksen nykytilanteesta

pintakäsittellään esimerkiksi hiomalla tai kuulapuhaltamalla ja useimmiten myös lämpökäsittellään mm. sisäisten jännitysten poistamiseksi. Tärkeimmät kustannustekijät 3D-tulostuksessa ovat tulostettava tilavuus (mukaan luettuna itse kappale ja tarvittavat tukirakenteet), kappaleen korkeus, materiaalikustannukset sekä jälkikäsitelyvaiheet. Muototarkkuudet pienissä kappaleissa ovat luokkaa $\pm 0,05$ mm ja suurissa kappaleissa $\pm 0,2$ %. Pinnankarheus tulostetuissa kappaleissa on tyyppillisesti Ra 8 ± 2 . Esimerkkejä tulostetuista kappaleista olivat mm. asiakkaan käden mukaiseksi muotoiltu puukon kahva, alumiinista tulostettu hydrauliventtiililohkon malli, monipolttoainesuutin ja sekoituskappale.

Mika Salmi Aalto-yliopistosta esitteli 3D-tulostuksen lääketieteellisiä sovelluksia. Sovelluskohteita ovat mm. tietokonetomografian pohjalta valmistetut henki-

lökohtaiset luusto- ja elinmallit, joiden avulla voidaan esimerkiksi suunnitella ja harjoitella vaativia leikkausoperaatioita. Kehoon sijoitettavat henkilökohtaisesti sovitut inertit implantit ovat 3D-tulostuksen sovelluskohteita, samoin myös kehon ulkopuoliset henkilökohtaisesti sovitut tuet, ohjaimet (esim. purentakiskot), lastat ja proteesit, työkalut lääkinällisiin laitteisiin jne. 3D-mallinnusta ja tulostusta käytettiin hyväksi myös ensimmäisen keran maassamme toteutetun kasvojen siirto-operaation yhteydessä. Uutena alueena on mukaan tulossa biologisesti aktiivisten ja yhteensopivien keinokudosten tulostaminen. Lopullisena tavoitteena sillä voisi olla vaikkapa keinoelinten kuten munuaisten tulostaminen.

Erkki Kiiskan lausumien seminaarin päätössanojen jälkeen tutustuttiin Ota-niemessä sijaitseviin Aalto-yliopiston ja VTT:n 3D-tulostuslaboratorioihin, laitteistoihin sekä erilaisissa tutkimus- ja kehityshankkeissa valmistettuihin tulosteisiin. Seminaari ja kiertokäynnit kokonaisuutena tarjosivat hyvän läpileikkauksen 3D-tulostuksen nykytilanteesta ja kehitysnäkömistä sekä maailmalla että omassa maassamme ja valottivat niitä mittavia mahdollisuuksia, joita tekniikka tarjoaa mm. tuotevalmistuksen ja -tehokkuuden optimoinnissa. Vielä korkeahkon kustannustasonkin voidaan odottaa alenevan käyttöalueiden laajentuessa ja toimijoiden määrän lisääntyessä. ▲



Oikea teräs – ja vain mielikuvitus on rajana

Ovakolta löytyy teräs lähes mihin tahansa koneenrakennushaasteeseen, olivatpa vaatimukset kuinka kovat tahansa. Älä anna materiaalin rajoittaa mielikuvitusta.

Ovako on vaativimpiin koneenrakennussovelluksiin tarkoitettujen terästen asiantuntija. Olipa haasteesi kuinka kova tahansa, osaamisemme ja teräsvalikoimamme antavat vapaat kädet suunnittelijoillesi. Käy tuulettamassa mielikuvituksen tukkeita osoitteessa [ovako.com](https://www.ovako.com)

OVAKO



Avauspuheenvuoroja kuunneltiin tarkkaavaisina. Eturivissä professori Pawlowski (oikealla) ja Giovanni Bolelli

Korroosio ja kuluminen kuriin pinnoittamalla

Surface Engineering Days Tampereella 31.10.-2.11.2017

Teksti: **TUOMO TIAINEN**

Korroosio ja kuluminen aiheuttavat maailman mittakaavassa monien miljardien kustannukset vuositasolla. Molemmat ilmiöt syntyvät materiaalin pinnan vuorovaikutuksesta ympäristönsä kanssa. Pinnan ominaisuuksien parantaminen on siksi ensisijainen keino näiden hankalien ilmiöiden saamiseksi hallintaan. Tampereella järjestetty kansainvälinen Surface Engineering Days -tapahtuma tarkasteli korroosio- ja kulumiskestävyyden parantamista erityisesti termisen ruiskutuspinnoituksen menetelmin. Tapahtumaan osallistui kaikkiaan 78 tutkijaa yhdeksästä eri maasta.

Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) Materiaaliopin laboratorion ja sen Surface Engineering -tutkimusryhmän järjestämä kolmipäiväinen tapahtuma jakaantui kolmeen osaan. Ensimmäisenä päivänä TTY:ssä järjestetyssä European Thermal Spray Association (ETSA) Workshopissa keskityttiin korkeakiineettisiin termisiin ruiskutusprosesseihin. Toisena päivänä museokeskus Vapriikissa tarkasteltiin termisen ruiskutuspinnoituksen viimeisimpiä kehityskulkuja ja niiden tuloksia. Kolmantena päivänä Tampere Wear Centerin (TWC) kulumisseminaari puolestaan esitteli tribologiaa ja kulumiskestäviä pinnoitteita ja pintakäsittelyjä. >



Professori Petri Vuoristo, TTY esitteli tutkimusryhmänsä työtä ja tuloksia.



Professori Sanjay Sampath kertoi uuden teknologian käyttöön oton kiihdyttämisestä partnership-toiminnalla.

ETSA Workshop on high-kinetic spraying processes 31.10.2017

Korkeakineettiset (suurnopeus) ruiskutusmenetelmät ovat viime vuosina tulleet vahvasti mukaan termisten ruiskutusmenetelmien joukkoon. Näissä menetelmissä pinnoitetta muodostavien partikkelien nopeudet (luokkaa 700-1000 m/s) ovat yli kaksinkertaiset perinteisen plasmaruiskutuksen nopeuksiin (luokkaa 250-400 m/s) verrattuna. Siten partikkelien kineettinen energia on hyvin suuri. Menetelmät voidaan jakaa eri ryhmiin esimerkiksi sen mukaan, käytetäänkö ruiskutuksessa polttoaineen lisäksi happea (HVOF- eli High Velocity Oxy-Fuel) vai paineilmaa (HVAF- eli High Velocity Air Fuel). Matalan lämmöntuonin ruiskutusprosesseja taas kutsutaan kylmäruiskutus(CS)-prosesseiksi. Tavoitteina suurnopeusruiskutuksessa ovat mm. pinnoitteen mikrorakenteen hienontaminen, tiiveyden parantaminen sekä pinnoitteen ja alustamateriaalin välisen tartunnan tehostaminen. Sopiva suhde termistä ja kineettistä energiaa mahdollistaa huippuluokan teknisten ja toiminnallisten pinnoitteiden valmistamisen.

Avauspuheenvuoroissaan TTY:n Surface Engineering –tutkimusryhmän johtaja professori **Petri Vuoristo** ja TTY:n teknisten tieteiden tiedekunnan dekaani, professori

Pauli Kuosmanen esittelivät lyhyesti yliopistoa ja sen Materiaaliopin laboratoriota korostaen teollisuusyhteistyön laajuutta ja merkitystä yliopiston toiminnassa. Pauli Kuosmanen kertoi lyhyesti myös Tamperere3-hankkeesta.

Päivän ensimmäinen puhuja, ETSA-järjestön puheenjohtaja professori **Lech Pawlowski** esitteli lyhyesti järjestön. Se on ollut toiminnassa pääasiassa tutkimusyksiköiden ja teollisuuden piirissä jo vuodesta 2009 lähtien. Hänen esityksensä pääaiheena olivat termisen ruiskutustekniikan kehityskulut eri osa-alueilla. Merkittävää kehitystä on tapahtunut pinnoitettavan materiaalin esikäsittelymenetelmissä, pinnoitteen muodostamiseen käytettävissä raaka-aineissa, pinnoituslaitteistoissa, pinnoitteiden mikrorakenteissa sekä uusissa sovelluskohteissa.

Perinteisten esikäsittelymenetelmien rinnalle ovat tulleet laserkäsittelyt, joiden avulla pinnoitettavan materiaalin pintamorfologiaa voidaan muuttaa kontrolloidusti ja halutulla tavalla. Pinnoitetta muodostavina lähtömateriaaleina ovat nykyisin myös joko nesteiden muodostamat liuokset tai nestepohjaiset suspensiot, joihin pinnoitteen muodostavat partikkelit on dispergoitu. Partikkelikoon ollessa riittävän pieni puhutaan kolloidisista suspensioista. Liuosraaka-aineita käytettäessä varsinaisen pinnoitemateriaalin muodostuminen tapahtuu joko pinnoitusprosessin lämmön tai myöhempien lämpökäsittelyjen synnyttämien kemiallisten reaktioiden kautta. Laitteistojen osalta viimeisimpiä kehitysaskelaita ovat mm. vesi- ja kaasustabiloidut plasmaruisku-

tuspistoolit, kolmielektrodiset aksiaalisesi injektoidut plasmapistoolit sekä plasmaruiskutuksen ja fysikaalisen kaasufaasipinnoituksen yhdistävät laitteistot.

Pinnoitteen mikrorakenteeseen saadaan syntymään kontrolloitua huokoisuutta, kaksifaasirakenteita halutuun faasikoostumuksiin sekä pylväskiteisyttä, joka saa pinnoitteen kestävämmän myös venymiä korkean lämpötilan erityissovelluksissa. Kylmäruiskutusmenetelmillä saadaan syntymään paksuja hyvin tiiviitä pinnoitteita pääasiassa metallisista materiaaleista. Sopivia termisiä ruiskutusmenetelmiä käytettäessä pinnoitettavina materiaaleina voivat metallien lisäksi olla myös keraamit ja polymeerit sekä edellä mainittujen yhdistelmät. Pinnoitteiden sovellusalueet ulottuvat materiaalia lisäävistä valmistusmenetelmistä erilaisiin vauriokorjauksiin, kulumista ja korroosiota estäviin pinnoitteisiin ja ympäristöystävällisen uusiutuvan energian tuotantokohteisiin.

Päivän muissa esityksissä professori **Sanjay Sampath**, Stony Brook University, U.S.A. tarkasteli erilaisia menetelmiä, joiden avulla suurnopeusruiskutettujen pinnoitteiden ja materiaalien ominaisuuksia voidaan tarkastella ja selvittää. Hän kiinnitti erityistä huomiota pinnoittamisen aikana ja sen jälkeen muodostuviin pinnoitteen sisäisiin jännityksiin ja niiden vaikutuksiin mm pinnoitetun kappaleen lujuuteen ja väsymiskestävyyteen. **Giovanni Bolelli**, University of Modena, Italia käsitteli HVAF-pinnoitusprosessia, sen historiaa ja viimeisimpiä kehitysmuotoja sekä menetelmällä saatuja kokeellisia tuloksia mm.



TUT Prof Experience –rockbändi vauhdissa.



Professori Tanvir Hussain esitteli kulumiskestävien pinnoitteiden valmistusta suspensipohjaisella HVOF-ruiskutuksella.

karbidipinnoitteiden tribologia- ja korroosio-ominaisuuksien osalta.

Benno Gries, H.C.Stark, Saksa esitteli HVOF-ruiskutettujen wolframikarbidipohjaisten pinnoitteiden korroosio-ominaisuuksia ja **Guido Reisel**, Oerlikon Metco Woka, Saksa kertoi lähtöpulverin ominai-

suuksien kuten partikkelikokojakauman ja näennäistiheyden vaikutuksista HVOF-ruiskutettujen karbidipinnoitteiden kovuus- ja kulumisominaisuuksiin. Tämä tutkimus tehtiin yhteistyössä TTY:n kanssa. **Stefan Björklund**, PTC Innovation, Ruotsi ja **Andrew Verstak**, Kermetico, U.S.A. selvittivät omista esityksissään HVOF-pinnoitusteknologian ja -laitteistojen viimeisimpiä kehityskulkuja sekä niillä tuotettujen pinnoitteiden kulumis- ja korroosio-ominaisuuksia. Partikkelinopeudet näissä menetelmissä ovat luokkaa 1000-1500 m/s ja esimerkiksi HVOF-ruiskutetut karbidiohutupinnoitteet muodostavat

potentiaalisen vaihtoehdon kovakromaukselle. **Leif Nyman**, Donaldson Scandinavia, Ruotsi tarkasteli erilaisiin ruiskutustekniikoihin soveltuvia pölynpoisto-, -keräys- ja suodatuslaitteistoja.

Iltapäivän viimeisessä istunnossa **Ville Matikainen**, TTY, kertoi esityksessään suutingeometrian ja ruiskutusparametrien vaikutuksista HVOF-ruiskutettujen karbidipinnoitteiden ominaisuuksiin, erityisesti kavitaatioeroosion kestävyteen. Referenssimateriaalina toimineen haponkestävän teräksen (AISI 316L) kulumisnopeus oli noin nelinkertainen verrattuna HVOF-pin-

noitteisiin ja toisaalta HVOF-ruiskutettujen pinnoitteiden kulumisnopeus oli noin kymmenkertainen verrattuna vastaaviin HVOF-menetelmällä valmistettuihin pinnoitteisiin. **Tommi Varis**, TTY, käsitteli puolestaan termisen ruiskutuspinnoitusmenetelmän vaikutusta WC-CoCr -pinnoitteen sisäisiin jännityksiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Myös tässä tutkimuksessa tuli selvästi esille HVOF-pinnoitteiden parempi kavitaatioeroosion kestävyys vastaaviin HVOF-pinnoitteisiin verrattuna. HVOF-pinnoitteiden korkeammat sisäiset puristusjännitykset, jotka vaikuttavat edullisesti mm kovuuteen ja väsymiskestävyteen, todettiin pääasiassa johtuviksi pinnoitettavan materiaalin korkeammasta lämpötilasta pinnoitusprosessin aikana.

Iltapäivän päätteeksi tutustuttiin TTY:n Materiaaliopin laboratorion pinnoitus- ja pinnoitteiden karakterisointilaitteistoihin. Tutustumiskierros päättyi cocktail-tarjoiluun pinnoitustekniikan laboratoriossa Thermal Spray Center Finland (TSCF).

Advances in Surface Engineering –seminaari 1.11.2017

Toisen päivän seminaari käynnistettiin museokeskus Vapriikissa professori **Petri Vuoriston** esityksellä pintatekniikan (Sur-



Annett Dorner-Reisel tarkasteli kulumiskestävien laser cladding –kovapinnoitteiden kulumiskäyttäytymistä eri olosuhteissa.

face Engineering) tutkimuksesta ja sen trendeistä TTY:ssä. Esitys sisälsi TTY:n, sen Materiaaliopin laboratorion ja Surface Engineering –tutkimusryhmän sekä sen käytössä olevan laitekannan esittelyn. Tutkimusryhmä keskittyy pinnoitemateriaalien kehittämiseen, tuottamiseen ja ominaisuuksien karakterisointiin, pinnoitusprosessien ja pinnoitteiden tutkimukseen ja optimointiin sekä teollisten sovellusten kehittämiseen ja ongelmien ratkaisuun.

Sanjay Sampath kertoi Stony Brook –yliopistossa käynnistetyistä uuden teknologian käyttöönoton kiihdyttämiseen tähtäävästä patnership-toiminnasta termisen ruiskutuksen alueella. Terminen ruiskutuspinnoitus keksittiin 1910-luvulla ja koki voimakkaan kasvun 1970-luvulla. Aikajana uuden teknologian käsitteestä markkinoitavissa oleviin tuotteisiin on yleensä 5-10 vuotta; monimutkaisissa tapauksissa se voi olla jopa 25 vuotta. Tämän vuoksi Stony Brook –yliopistossa käynnistettiin 2000-luvun alussa termiseen ruiskutukseen keskittyvä Partnership for Accelerated Insertion of New Technology (PAINT) –toiminta 2000-luvun alussa. Tavoitteena on suunnittelun, materiaalien, prosessien ja ominaisuuksien sekä tieteellisen tiedon ja

teknologisen kehityksen välisen vuorovaikutuksen avulla lyhentää uuden teknologian kehittämiseen ja käyttöönottoon kuluva aikaa sekä muuttaa tieteellinen tieto teolliseksi sovellukseksi. Tällä hetkellä PAINT-toiminnan konsortioon ja joka toinen vuosi järjestettäviin termisen ruiskutuksen seminaareihin osallistuu noin 30 kansainvälistä yritystä. Suomesta toimintaan osallistuu VTT. Erinomainen esitys sisälsi useita esimerkkejä toiminnan puitteissa kehitetyistä parannuksista olemassa oleviin teknologioihin, uusista pinnoitteista ja niiden sovelluksista sekä toiminnan kautta saavutetuista hyödyistä.

Sergi Costa, University of Barcelona, Espanja esitteli

aluksi yliopistoonsa vuonna 1994 perustetun termisen ruiskutuksen keskuksen CP-T:n. Varsinaisessa esityksessään hän käsitteli kylmäruiskutettuja cermet (keraami-metalli) –pinnoitteita. Kylmäruiskutuksen etuna muihin menetelmiin verrattuna on se, että korkean lämpötilan aiheuttamat muutokset, esim. WC-Co –kovametallien hapettuminen, hiilenkato ja η-faasin muodostuminen jäävät pois. Tutkittujen CS WC-Co -pinnoitteiden kitka-, kulumis- ja korroosio-ominaisuudet olivat lievästi parempia kuin vastaavien HVOF-pinnoitteiden, mutta murtumissitkeys oli noin 70 % HVOF-pinnoitteita parempi. Myös ympäristöystävällisillä CS Ti-TiC –pinnoitteilla saavutettiin lupaavia ominaisuuksia.

Peter Richter Jr., Impact Innovations, Saksa keskittyi tarkastelemaan korkeapaineisten (50 bar, 1100 °C) CS-ruiskutuslaitteistojen viimeisimpiä kehitysversioita, tuotettuja pinnoitteita sekä niiden sovel-lusalueita. Pinnoitteina ovat ennen kaikkea tiiviit metalliset, polymeeripohjaiset (PEEK) ja cermet-pinnoitteet, joiden pak-suusalue vaihtelee välillä 20 µm – 30 mm ja joita voidaan ruiskuttaa sekä metallisille että polymeeripohjaisille alustoille. Sovel-lusalueina ovat mm. materiaalia lisäävä valmistus, vauriokorjaukset, elektroniikan piirilevyjen valmistus sekä eripariliitokset. **Ferdý Touwen**, Dycomet Europe, Hollanti esitteli yrityksensä matala- ja keskipaineisia (12-15 bar, 800 °C) sekä korkeapaineisia CS-laitteistoja ja niiden sovelluksia. **Heli Koivuluoto**, TTY kertoi laseravusteisesta

CS-pinnoituksesta, jossa pinnoitettavaa materiaalia kuumennetaan pinnoituslaserin kanssa samaan pisteeseen suunnatulla lasersäteellä. Tutkittujen metallisten pinnoitteiden paksuus ja tiiveys kasvoivat, sitkeys lisääntyi tapahtuvan rekristallisaation vuoksi ja tartunta alustaan parani laserkäsitteilyn ansiosta. Korroosio-ominaisuuksiltaan valmistetut pinnoitteet olivat vastaavien bulkkimateriaalien tasolla.

Lounaan jälkeen **Rico Drehmann**, Technische Universität Chemnitz, Saksa tarkasteli erilaisten keraamien pinnalle kylmäruiskutettujen alumiinipinnoitteiden tartuntamekanismeja ja tartuntaan vaikuttavia tekijöitä. Paras adheesiolujuus syntyi alumiininitridin pinnalle ruiskutetussa alumiinipinnoitteessa ja adheesiolujuuteen vaikuttavista tekijöistä tärkeimmät olivat pinnoitusprosessin lämmöntuonti, alustamateriaalin lämmönjohtavuus ja pinnoitepulverin partikkelikoko. Professori **Tanvir Hussain**, University of Nottingham, Englanti esitteli eri suspensioraaka-aineista HVOF-ruiskuttamalla valmistettujen yttriumoksidilla stabiloitujen zirkonioksidipinnoitteiden (YSZ) ominaisuuksia. Etanolipohjaisesta suspensiosta valmistetut pinnoitteet olivat huokoisempia kuin vesipohjaisesta suspensiosta valmistetut; niissä oli myös enemmän mikrohalkeamia. Toisaalta etanolisuspensiopinnoitteet olivat paremmin stabiileja korkeita lämpötiloja vastaan ja niissä tapahtui vähemmän haitallisia faasimuutoksia ja kiteenkasvua. Professori **Shrikant Joshi**, University West, Ruotsi esitteli uutta hybridityyppistä plasmapiinnoitusmenetelmää, jossa plasmaliekkiin syötetään yhtä aikaa aksiaalisesi sekä pinnoitteen lähtöainepulveria että hienojakoista pulverisuspensiota. Menetelmällä voidaan valmistaa mikrorakenteeltaan hienojakoisia komposiittipinnoitteita ilman raaka-aineen syöttöongelmia samoin kuin pylväskiderakenteisia sekä toiminnallisia kerros- tai gradienttirakenteisia pinnoitteita. Esimerkkinä oli hienojakoisia YSZ-partikkeleita sisältävä Al₂O₃-pinnoite, jonka murtositkeys ja abrasiivisen kulumisen kestävyys olivat selvästi puhdasta Al₂O₃-plasmapiinnoitetta parempia.

Seminaaripäivän päätteeksi **Jussi Larjo**, Oseir Oy, Suomi kertoi laserpohjaisen optiikan avulla tehtävistä pulveripartikkelien *in situ* nopeus- ja kokojakaamamittauksista kylmäruiskutusprosessin yhteydessä. **Petri Sorsa**, Millidyne Oy, Suomi esitteli termisten ruiskutuspinnoitteiden laatua, toiminnallisuutta ja lisäarvoa parantavia pinnoitteiden jälkikäsitteily- ja käsittelyn

tarkastusmenetelmiä. Erilaisten tiivistysmenetelmien ja -aineiden avulla voidaan parantaa pinnoitteiden tiiveyttä ja niiden tarjoamaa korroosiosuojausta, kovuutta ja kulumiskestävyyttä sekä sitkeyttä ja pinnan toiminnallisia ominaisuuksia.

Päivän päätteeksi tarjottiin juhlaillallisen perinteikkäällä Tampereen Ylioppilastalolla. Illallisten musiikkiviihteestä vastasi TTY:n professoreista koostuva **TUT Prof Experience** -orkesteri, joka tarjosi huikean rock-musiikkishown illallisen aikana.

International TWC Wear Seminar 2.11.2017

Kolmantena tapahtumapäivänä järjestettiin Vapriikissa Tampere Wear Centerin kansainvälinen kulumisseminaari teemaan ”Tribological and wear resistant coatings and surface treatments”. Seminaarin avasi TTY:n professori **Veli-Tapani Kuokkala**, joka samalla esitteli lyhyesti TWC:n toimintaa.

Tanvir Hussain aloitti päivän esitykset kertomalla kulumiskestävien alumiinioksidipinnoitteiden ja alumiinioksidipohjaisten nanokomposiittipinnoitteiden valmistuksesta suspensipohjaisella HVOF-ruiskutuksella (S-HVOF). Esityksen ensimmäinen osa käsittelee pinnoituksen lämmöntuonnin (ruiskutustehon) vaikutusta muodostuvan alumiinioksidipinnoitteen rakenteeseen. Ruiskutusteholla 72 kW muodostunut α -alumiinioksidi muuttui tehon kasvaessa 102 kW:iin pääosin γ -alumiinioksidiksi; samalla pinnoitteen kovuus ja kimmomoduli kasvoivat, mutta murtositkeys pieneni. Ball on disc -tyyppisissä kulumistesteissä α -rakenteisen pinnoitteen kulumisnopeus oli selvästi pienempi kuin γ -rakenteisen pinnoitteen; myös testin alkuvaiheen kitkaker-toimissa oli selkeä ero α -pinnoitteen eduksi. Esityksen toinen osa käsittelee nanokomposiittipinnoitteita, joissa γ -alumiinioksidipohjaiseen S-HVOF-pinnoitteeseen oli lisätty valmistusvaiheessa grafeeninanopartikkeleita. Lisäyksen ansiosta pinnoitteen kovuus ja murtositkeys paranivat lievästi. Sen kulumisnopeus ball on disc -kulumistestissä pieneni kaksi kertaluokkaa ja voimakkaan kulumisen käynnistymiseen johtava kuormitus kasvoi seitsemänkertaiseksi puhtaaseen alumiinioksidipinnoitteen verrattuna.

Hans Bengtsson, Castolin Scandinavia, Ruotsi kertoi yrityksen valmistamista hapettumiselta sekä korkean lämpötilan

eroosiokorroosiolta suojaavista voimalaitoskattilapinnoitteista, joita tehdään myös paikan päällä jo toiminnassa olleisiin kattiloihin. Ruiskutuspinnoitteet koostuvat kahdesta kerroksesta; metalliseospohjaisesta tartuntakerroksesta ja keraamisesta suoja-pinnoitteesta. Myös laser cladding -tekniikalla valmistettuja metallisia suoja-pinnoitteita on käytössä. Esitys sisälsi lukuisia esimerkkejä käytännön pinnoituskohteista. **Annett Dörner-Reisel**, University of Applied Sciences, Schmalkalden, Saksa esitteli laser cladding -tekniikalla valmistetuilla WC/NiBCrSi-pinnoitteilla tehtyjä kulutuskokeita. Kulutustyyppinä oli edestakaisen liikkeen ball on disc -tyyppinen testi, jossa käytettiin kahta eri pallomateriaalia ja kokeita tehtiin joko kuivana, öljyssä tai öljy+hiekkaseoksen ollessa kuluttavana väliaineena. Suuremman karbidipitoisuuden pinnoitteissa öljyn mukanaolo kulumisprosessissa pienensi kulumisnopeutta, kun taas pienemmän karbidipitoisuuden pinnoitteissa öljyn ja hiekan mukaantulo prosessiin kasvatti kulumisnopeutta kuivana tehtyihin testeihin verrattuna.

Giovanni Bolelli, University of Modena, Italia vertaili laajassa katselmuksessaan perinteisesti plasmaruiskuttamalla valmistettujen keraamipinnoitteiden, kovametallipinnoitteiden ja metallipinnoitteiden sekä suspensio(S-HVOF) -ruiskutetun TiO_2 -pinnoitteen kulumiskestävyyttä eri kulumistilanteissa ja -olosuhteissa. Keraamipinnoitteilla näyttää olevan eri kulumisparametrien suhteen kynnysarvoja, joiden ylittymisen ansiosta kulumistyyppi muuttuu lievistä voimakkaaksi pinnoitteessa käynnistyvien murtumisprosessien vuoksi. S-HVOF- TiO_2 -pinnoitteen käyttäytymisen on tässä suhteessa erilaista hienomman mikrorakenteen ja pinnoitteen lamellirakenteen suuremman sisäisen koheesioluuden vuoksi. Korkeissa lämpötiloissa kulumiskestävyyden kannalta olennainen on pinnoitteen kyky muodostaa pinnalleen suojaava ja voiteleva tribofilmi. Tämä kyky on tutkituilla Cr_3C_2 -kovametalli- ja NiCrAlY -metallipinnoitteilla, mutta WC-pohjaisilta kovametalleilta se puuttuu. **Steven Schaffer**, Bruker Nano Surfaces Division, U.S.A. esitteli pinnoitteiden tribologisten ja mekaanisten ominaisuuksien karakterisointimenetelmiä. Mekaaniset ominaisuudet ovat materiaaliominaisuuksia, kun taas tribologiset ominaisuudet ovat systeemiominaisuuksia, joita ei voi löytää käsikirjoista. Tribologiset testit ovatkin usein luonteeltaan vakio-olosuhteissa tehtäviä vertailevia testejä.

Iltapäivän istunnossa **Jari Tuominen**, TTY esitteli matalan lämmöntuonnin hitsausmenetelmiin perustuvia kovahitsauspinnoitusmenetelmiä, kovapinnoitusmateriaaleja sekä pinnoitteiden kulumisominaisuuksia. Menetelmistä käsiteltiin Cold Metal Transfer (CMT) cladding, coaxial hot/cold wire laser cladding ja laser strip cladding. Pinnoitemateriaaleina voivat olla esim. työkaluteräksset, Co- ja Ni-pohjaiset seokset (stelliitit ja superseokset) tai metallimatriisikomposiitit. Kovapinnoitteiden testausmenetelmät ovat yleensä raskaan kulumisen menetelmiä. **Ville Matikainen**, TTY kertoi eroosiokulumista kestävästä HVOF- ja HVAF-menetelmillä valmistetuista WC- ja Cr_3C_2 -pohjaisista pinnoitteista ja niiden kulumiskestävyydestä kavitaatioeroosiossa, liete-eroosiossa ja partikkelieroosiossa. HVAF-pinnoitteet osoittautuivat kestävydeltään paremmiksi kaikissa tutkituissa tilanteissa.

Marjaana Karhu, VTT, esitteli uuteen pulverinvalmistusmenetelmään perustuvia nanorakenteisia WC-Co -pinnoitteita. Nanorakenteisen WC-Co -pulverin valmistus pohjautuu vesiliukoisiin raaka-aineisiin, spraykuivaukseen ja lämpökäsittelyyn. Valmistettuja pulvereita käytettiin pinnoitteiden valmistukseen HVAF-menetelmällä, jotta pienen lämmöntuonnin ansiosta välttyttäisiin pinnoitteen hiilenkadolta ja karbidien liukenemiselta. Tuotetut nanorakenteiset pinnoitteet olivat ominaisuuksiltaan kaupallisista WC-Co -pulvereista valmistettuja pinnoitteita vastaavia vähän alhaisempaa kimmomodulia lukuun ottamatta. **Tomi Suhonen**, VTT, esitteli VTT:n työtä materiaalien mikrorakenteen mallintamisessa. Työssä edetään prosessi- ja mikrorakennemallinnuksesta ominaisuuksien mallintamiseen ja siitä edelleen materiaalin käyttäytymisen ja toimivuuden mallintamiseen erilaisissa kuormitustilanteissa ja olosuhteissa. Mikrorakennemalleja on kehitetty myös termisesti ruiskutetuille pinnoitteille.

Viimeisenä tapahtumana seminaarissa oli Wear Forum Round Table -tilaisuus, jossa TTY:n Materiaaliopin laboratorion johtaja, professori **Erkki Levänen** esitteli laboratorion keraamisten materiaalien tutkimusryhmän toimintaa ja TWC:n projektipäällikkö **Kati Valtonen** kertoi TWC:n toiminnasta ja valmiuksista. ▲



Luomme kaivosteollisuuden tulevaisuuden. Yhdessä.

Meillä on alan taitavimmat ihmiset, suunnittelun erityisosaamista ja yli sadan vuoden kokemus kaivosten sähköistyksestä ja prosessinohjauksesta. Tuotamme yhdistettyjä tuotteita, palveluja ja ratkaisuja, joilla kaivos- ja mineraaliteollisuuden asiakkaat voivat optimoida energiankäytön ja tuottavuuden ja lisätä käytettävyyttä sekä laskea käyttöään kokonaiskustannuksia.

ABB on toiminut vuosien mittaan aktiivisesti kaivos- ja mineraaliteollisuudessa ympäri maailman. Sillä on laaja asennettu laitekanta ja se osallistuu vahvasti käynnissä oleviin hankkeisiin. new.abb.com/mining/fi



Luotettavaa tehoa - Siellä missä tarvitaan

QES-sarja sisältää monipuolisia ja käteviä 9-1250 kVA generaattoreita jotka tarjoavat luotettavaa siirrettävää tehoa, jopa kaikkein vaativimmissa työkohteissa. QES-generaattori on viisas valinta.

www.atlascopco.fi

Sustainable Productivity

Atlas Copco



Kuva 1. KARMO-tutkimushankkeen rakopinnan leikkauskoe ASPERT 2000 mm x 950 mm kokoiselle Kurun graniittilaattaparille, joiden välissä on mekaanisesti aiheutettu vetorako

Kalliomassan ja rakojen numeerinen mallinnus

Joulukuinen KYT2018-ohjelman seminaari ”Kalliomassan ja rakojen numeerinen mallinnus” kokosi yhteen joukon aktiivisia geologeja, hydrogeologeja, maaperägeologeja ja kalliomekaanikkoja. Rakojen ominaisuuksien vaikutus riippuu mallin käyttötarkoituksesta – maanjäristyksessä yksittäisten rakojen lujuus menettää merkityksensä, kun taas kalliopohjavedenvirtauksessa lujuus omalta osaltaan määrittää, mitkä raot voivat olla avoimia vallitsevassa jännityskentässä.

Kirjoittajat: TkT **MIRA MARKOVAARA-KOIVISTO**, tutkija, Kalliorakentaminen ja sijoituspaikat, Geologian tutkimuskeskus mira.markovaara-koivisto@gtk.fi

DI **LAURI UOTINEN**, Tohtorikoulutettava, Kallion, maan ja rakenteiden laskennallinen mallintaminen, Aalto-yliopisto lauri.uotinen@aalto.fi

TkT **KARI RASILAINEN**

Johtava tutkija, KYT2018 tutkimusohjelman koordinaattori, Ydinjätehuolto, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy kari.rasilainen@vtt.fi

Kalliomassan käyttäytymistä jännityskentän alaisuudessa sekä kalliopohjaveden kulkeutumisen väliaineena tutkitaan ja mallinnetaan monella eri taholla. Varmasti laajinta ja tarkinta mallia rakennetaan Olkiluodon kallioperästä, joka toimii yhtenä radionuklidien vapautumisesteenä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustilan ja biosfäärin välillä. Lisäksi kalliomassan käyttäytymistä

mallinnetaan maanalaisen infran rakentamisen yhteydessä sekä pohjaveden ja haitallisten aineiden kulkeutumiseen liittyvissä tutkimusprojekteissa.

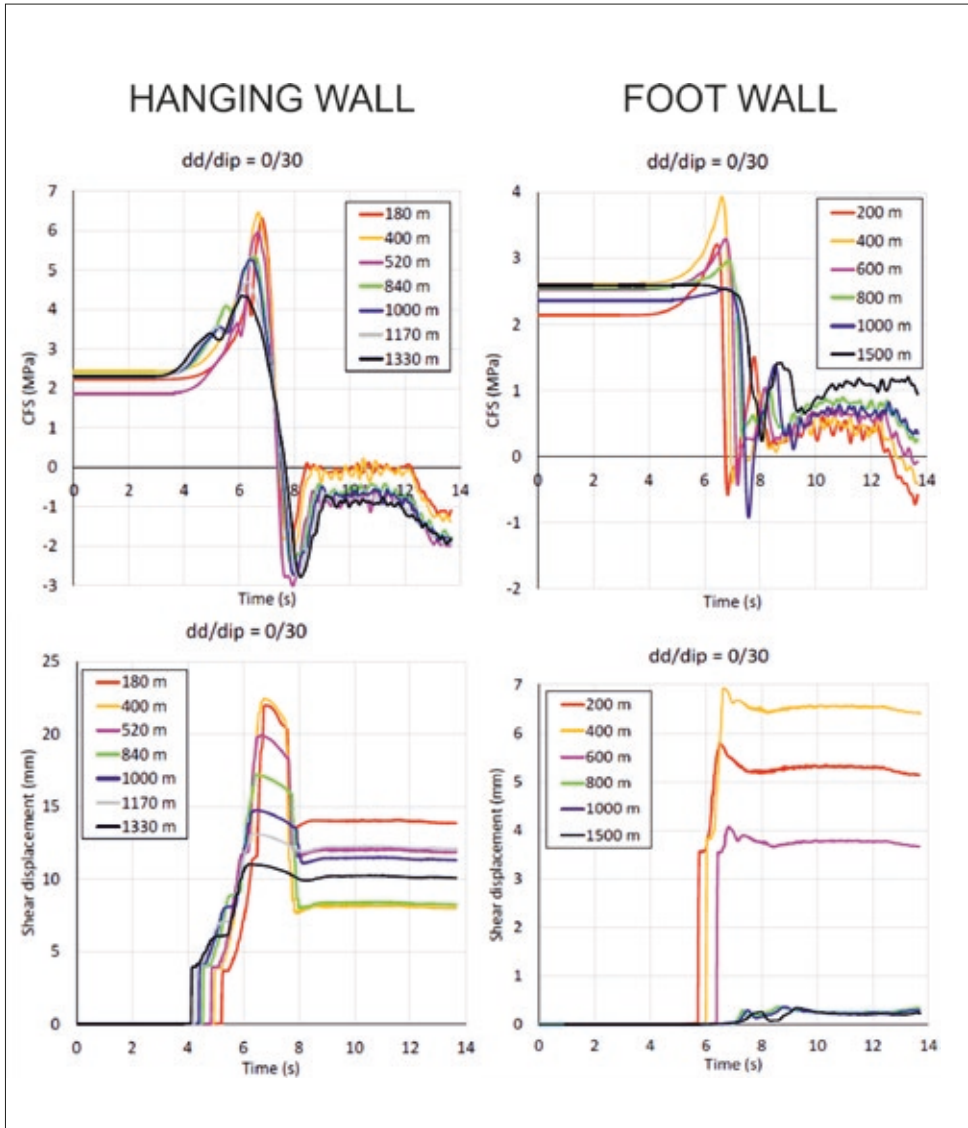
Seminaarin tarkoitus

Vuonna 2017 joulukuun 1. päivänä GTK:n Espoon yksikössä järjestetty KYT2018-ohjelman seminaari ”Kalliomassan ja rakojen numeerinen mallinnus” kokosi yhteen rakotutkijoita ja -mallintajia. Kyseessä oli

toinen kallioperän rakoiluun keskittynyt KYT-seminaari koko tutkimusohjelmien pitkän historian aikana. KYT-ohjelmien puitteissa järjestettävien avointen seminaarien tarkoitus on koota yhteen alan tutkijoita ja levittää tietoa tutkimuksen nykytilasta.

KYT2018-ohjelman rakotutkimukset

Kansallisessa ydinjätetutkimusohjelmassa KYT2018 on kolme aihepiiriä: Ydinjäte- >



Kuva 2. Suurimmat mallinnetut siirtymät syntyvät maanjäristyksessä siirrosvuonon katto puoleen loiviin rakoihin, mutta siirtymä vaimenee äkillisesti etäisyyden kasvaessa vyöhykkeestä.

huollon pitkäaikaisturvallisuus, Ydinjätehuollon teknologiat ja Ydinjätehuolto ja yhteiskunta. Rakotutkimukset kuuluvat pitkäaikaisturvallisuuden aihepiiriin. Parhaillaan KYT2018-ohjelmassa on käynnissä kaksi rakotutkimusprojektia: KARMO Aalto-yliopistossa ja ROSA GTK:ssa. **Lauri Uotinen** esittelemässä KARMO-projektissa tutkitaan, miten pienen mittakaavan rakonäytteestä voidaan johtaa suuren rakopin ominaisuudet. **Eevaliisa Laine** kertoi, että ROSA-projektin tarkoituksena on julkaista ilmainen rakosimulointiohjelma, joka huomioi rakojen mitatut pituus- ja suuntajakaumat, ikäsuhteet, rakojen pintaominaisuudet ja rakojen määrän tilavuudessa.

Seminaarissa kuultiin seuraavat esitykset:

KYT-ohjelmien puitteissa järjestettävien avointen seminaarien tarkoitus on koota yhteen alan tutkijoita ja levittää tietoa tutkimuksen nykytilasta.

Kalliorakojen mekaaniset ominaisuudet suuren mittakaavan laboratoriokeilla

Lauri Uotinen esitteli keynote-esityksensä Aalto-yliopiston tekemät rakomekaaniset tutkimukset KARMO-tutkimushank-

keessa. Hankkeen tavoitteena on kehittää menetelmä pienten rakokarkeusmittausten skaalaamiseksi kenttämittakaavan rakomekaanisten ominaisuuksien johtamiseksi. Menetelmää on varmennettu laboratoriokeihin, joista suurin on 2 m x 1 m kokoinen rakopintakoe ASPERT. Suuren mittakaavan laboratoriokeiden tehtävänä on tuottaa tietoa rakopintojen leikkauslujuuden mittakaavavaikutuksesta sekä testata Johansson & Stille 2014 -hypoteesia, jonka mukaan mittakaavavaikutus johtuisi rakopintojen huonosta kohdakkaisuudesta. KARMO on aiemmin tuottanut vaihtoehdoisen suuren tarkkuuden menetelmän rakopintojen rikkomattomaan kuvantamiseen fotogrammetrian avulla (Kuva 1) sekä kouluttanut seitsemän uutta osaajaa alalle. KARMO esittää jatkotutkimusaiheiksi rakoverkoston mallintamista, huonosti kohtaavien rakopintojen mallintamista sekä suurten 5 m kokoisten näytteiden kallistuskokeita.

Maanjäristysaallot eivät välitä rakojen ominaisuuksista

Johannes Suikkasen keynote-esityksessä järjestyttiin niin Olkiluodon kallioperää kuin

ajatuksiakin, kun aiheena oli kalliorakojen mekaanisten ominaisuuksien vaikutus maanjäristyksen aikana raossa tapahtuviin siirrostumiin. Seismisen paineaallon iskiessä siirroksen ympäristössä sijaitseviin rakoihin, niihin kohdistuu ensiksi veto- ja heti sen perään puristusaalto. Siirtymät tapahtuvat vetoaallon aikana, jolloin rakopintojen välinen puristusvoima vähenee eivätkä yksittäisen raon kitkajäykkyys pintaominaisuudet vaikuta siirtymän suuruuteen. Maanjäristyksen aikana suurimmat siirtymät kallioraissa aiheutuvat siirroksen katto puolella sijaitseviin rakoihin – ja etenkin niihin, jotka ovat vallitsevaan jännityskenttään nähden lähellä stabiiliutta (Kuva 2). Maanjäristysten aikainen rakojen siirrostuma jää kuitenkin alle käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen suunnitellulle kuparikapselille sallitun 50 mm siirrosrajan ja 1 m/s siirrosnopeuden jopa hypoteettisen suurilla magnitudilla (Mw 7.3).

Kenttähavainnoista

kalliomekaanisiksi parametreiksi

Mallinnetun kallion ja sitä pirstovien rakojen realistisen käyttäytymisen takaamiseksi täytyy maastossa tehdä kattavat rakohavainnot mm. Q'-menetelmällä sekä tämän lisäksi laboratoriotestejä. **Paula Salminen** valotti asiaa esittelemällä kokoelman kalliomekaniikan kaavoja, joissa kenttähavainnot kalliorakojen täytteistä, pinnankarkeudesta, rakojen suuruudesta yms. muuttuivat niiden jäykkyysparametreiksi, kitkakulmiksi, koheesioksi jne. Hauraiden heikkousvyöhykkeiden osalta vyöhykkeen muodostamien rakojen Q'-parametrien perusteella laskettiin heikkousvyöhykkeen Geological Strength Index (GSI), jonka avulla voitiin laskea heikkousvyöhykkeen lujuus- ja muodonmuutosparametrit. Esityksessä läpikäytyjä yhtälöitä on hyödynnetty Olkiluodon rakojen mekaanisten ominaisuuksien määrittelyssä ja empiirisillä yhtälöillä on päästy hyvään vastaavuuteen laboratoriossa tehtyjen testitulosten kanssa.

Pohjavesimallinnuksessa kallioperän ruhjeilla suuri vaikutus

Antti Pasanen esitteli kaivosalueiden pohjaveden mallinnustyötä ja painotti, että pohjaveden kulkeutumiseen vaikuttavat useissa kohteissa merkittävimpana tekijänä kallioperän rikkonaisuus ja vähemmän itse maaperä. Kaivosvesitutkimuksissa onkin ruvettu painottamaan kallioperän rakenteen tuntemista tekemällä kaivosympäristöistä lineamenttitulkintoja hyödyntämällä lentogeofysiikan aineistoja ja laserkeilauksen (LiDAR) avulla laskettuja tarkkoja korkeusmalleja. Tulkintojen tuloksia on todennettu kallioperän ruhjeiksi tutkimalla lineamentteja kenttägeofysiikan menetelmillä sekä kairaamalla. Lopuksi vyöhykkeiden hydrogeologisia ominaisuuksia on vielä määritetty pumppaustesteillä sekä vesinäytteenotoilla.

Rakoverkkomallinnus

Eevaliisa Laine kävi esityksessään läpi rakoverkkomallinnuksen (DFN-mallinnus) pääperiaatteet ja vertaili eri rakosimulointiohjelmistoja keskenään. Päätelmissä hän korosti rakoverkkomallinnukseen liittyviä ongelmia. Tilastollinen rakoverkkomalli perustuu usein liian harvaan tai riittämättömään aineistoon. Rakotihyettä on vaikea arvioida, koska rakopituuksista saadaan tietoa vain kalliopaljastumista ja tunneleista.

FDEM mallinnusta 3D:ssä

Etäyhteyden avulla esityksensä pitänyt

Seminaarissa kiivastakin keskustelua herätti malleihin perustuva johtopäätös siitä, että seismisissä tapahtumissa rakojen lujuusominaisuuksilla ei ole vaikutusta niiden siirrostumiseen.

Omid Mahabadi kertoi erään avolouhoksen FDEM-mallinnustyöstä Irazu-simulaatio-ohjelmistolla. Avolouhoksen seinämien raot sekä vallitseva jännityskenttä eivät johda suuriinkaan muodonmuutoksiin, mutta hydrostaattisen paineen vaikutus seinämien raoissa sai aikaan epästabiilisuutta eräässä louhoksen seinämässä. Kaivoksen täytyy tämän takia varautua kuivatusohjelmalla pienentämään rakopinnoilla vaikuttavaa huokospainetta välttyäkseen kalliolohkojen liikunnoilta tai sortumilta ja niiden aiheuttamilta tuotannon viivästyksiltä.

Esitykset herättivät kiivasta keskustelua

Seminaarissa kiivastakin keskustelua herätti malleihin perustuva johtopäätös siitä, että seismisissä tapahtumissa rakojen lujuusominaisuuksilla ei ole vaikutusta niiden siirrostumiseen. Raon lujuusominaisuudet ovat kuitenkin tarpeellisia mallinnettaessa seismisiä tapahtumia tai kiven ja rakojen muodonmuutoksia pienempien voimien alaisuudessa, kuten tunnelirakentamisessa tai hydromekaanisesti kytketyssä mallinnustyössä. Kysymyksiä herätti myös mallien rakentamiseen käytettyjen parametrien kalibrointi. Yleisimmin parametreja iteroidaan realistisiksi mallintamalla jonkin tunnetun kohdan käyttäytymistä.

Kansallinen ydinjätehuollon tutkimusohjelma (KYT-ohjelma)

Tutkimusohjelma jaksottuu nelivuotiskausiin ja tänä vuonna on KYT2018-ohjelmakauden viimeinen tutkimusvuosi, joka painottuu tutkimustulosten raportointiin ja tulosten yhteenvetoon erityisesti tutkimusohjelman loppuraportissa. Vuonna 2019 järjestetään ohjelman julkinen lop-

puseminaari, jossa tutkijat esittävät tärkeimmät tutkimustuloksensa tutkimusyhteisölle ja muille kiinnostuneille. Ohjelman kansainvälinen arviointiraportti on julkaistu ohjelman verkkosivuilla. Seuraavan tutkimusohjelmakauden (2019–2022) suunnittelu on käynnissä. Suunnitteluryhmän tärkeimpiä tehtäviä ovat luonnostella tutkimusohjelman sisällöllinen puiteohjelma ja laatia ehdotus tutkimusohjelman organisoinniksi. Puiteohjelman valmistelussa otetaan huomioon mm. KYT2018-ohjelman kansainvälisen arvion suositukset, ydinjätehuollon suomalaisten toimijoiden tutkimustarpeet sekä KYT2018-ohjelmasta saadut kokemukset. Uuden puiteohjelman luonnos esitellään julkisessa seminaarissa loppukesästä 2018. Uuden tutkimusohjelman ensimmäiset tutkimushanke-esitykset on jätettävä syksyllä 2018; tarkempi aikataulu ilmoitetaan erikseen.▲

Seminaarin esitelmät ja pitäjät:

Avaus (**Kari Rasilainen**, VTT)

Keynote: Kalliorakojen mekaanisen käyttäytymisen numeerisen mallintamisen lähtötiedot (**Lauri Uotinen**, Aalto-yliopisto)

Keynote: Sekundaaristen rakojen käyttäytymisen numeerinen mallintaminen maanjäristyksessä (**Johannes Suikkanen**, POSIVA) Kallion mekaaniset ominaisuudet geologisista havainnoista (**Paula Salminen**, Pöyry Finland Oy)

Veden kulkeutuminen rakoilleessa väliaineessa (**Antti Pasanen**, GTK)

Rakoverkkomallinnus (**Eevaliisa Laine**, GTK)

A 3D case study on an open pit mine slope stability in a jointed rock mass (**Omid Mahabadi**, Geomechanica)

Puheenjohtaja: **Jussi Mattila** (GTK)

Esitelmät katseltavissa:

<http://kyt2018.vtt.fi/>

Viite:

F. Johansson och H. Stille, "A conceptual model for the peak shear strength of fresh and unweathered rock joints," International Journal of Rock Mechanics And Mining Sciences, vol. 69, s. 31-38, 2014.



Teknologiategollisuuden 100-vuotissäätiön Metallinjalostajien rahaston apurahat vuodelle 2018

Teksti ja kuvat: **LEENA K. VANHATALO**

Metallinjalostajien rahasto jakoi noin 285 000 euroa apurahoja Outotec Oyj:n tiloissa Espoossa pidetyssä julkistustilaisuudessa. Metallinjalostajien ry perusti Teknoligiateollisuuden 100-vuotissäätiön yhteyteen vuonna 2009 rahaston, jonka tarkoituksena on edistää metallien valmistuksen koko jalostusketjun kattavaa teknologian ja liiketoiminnan tieteellistä tutkimusta ja opiskelua yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa. Rahaston jäsenyritykset ovat Outokumpu, Outotec, SSAB, Boliden ja Ovako. Nyt jaettiin apurahoita 83 hakemusta, hakusummaltaan noin 900 000 euroa. Myönnettyjä apurahoja jaettiin 31 kappaletta.

Juho Talonen, Metallinjalostajien rahaston asiamies lausui tilaisuuden tervehdyssanat. Isäntäyhtiön puheenvuorossa Outotec Oyj:n toimitusjohtaja Markku Teräsvasara painotti prosessiosaamista ja sitä, kuinka nykyään on megatrendi saada enemmän metallia pienemmistä pitoisuuksista. SSAB Europe Oy:n toimitusjohtaja Olavi Huhtala puolestaan otti esiin Metallinjalostajien ry:n puheenvuorossa alan työllistävän vaikutuksen suorine ja epäsuorine työpaikkoineen.

Tutkimusryhmille jaettavat apurahat menivät tällä kertaa professori Ari Jokilaaksolle, Aalto-yliopisto (30 000 €)-”Pyro-

metallurgisten prosessien digitalisoidulla reaaliaikaisella mallinnuksella joustavaan eko- ja kustannustehokkaaseen metallien tuotantoon”, professori Erkki Leväselle, Tampereen teknillinen yliopisto (28 500 €)- ”Dynaaminen sorptio - funktionaaliset materiaalit metallien tuotantoprosessien päästöjen vähentämiseen” (tästä tutkimushankkeesta erillinen artikkeli on seuraavilla sivuilla.), professori Mari Lundströmille, Aalto-yliopisto (30 000 €)- ”Uudenlainen hydrometallurgisten menetelmien ja prosessien soveltaminen sekundääristen raaka-aineiden hyödyntämisessä (METSEK)” ja professori Petri Vuoristolle, Tampereen teknillinen yliopisto (25 000 €) - ”Uusien korkeakineettisesti ruiskutettujen toiminnallisten pinnoitteiden käyttömahdollisuudet terästeollisuuden jalostusprosesseissa”.

Jatko-opiskelijoiden apurahat saivat diplomi-insinööri Lassi Klemettinen, Aalto-yliopisto (Elektroniiikkaromun sulatuksen termodynamiikka), diplomi-insinööri Alekski Laukka, Oulun yliopisto, (Mikrooseostamisen vaikutukset AISI 304 ruostumattoman teräksen hilsettymiseen simuloituissa askelpalkkiuunin olosuhteissa), diplomi-insinööri Joonas Lehtonen, Aalto-yliopisto (Ruostumattomiin teräksiin pohjautuvien korkean entropian seosten ominaisuudet), diplomi-insinööri Eemi Nieminen, Aalto-yliopisto (Sähkö-

kemiallisesti tehostetut metallin uutto- ja pelkistysreaktiot neste-neste-rajapinnolla), diplomi-insinööri Ted Nuorivaara, Aalto-yliopisto (Vaahdotusprosessin parantaminen selluloosapohjaisten vaahdotuskemikaalien avulla), diplomi-insinööri Tero Vuolio, Oulun yliopisto (Matemattisia menetelmiä materiaalitehokkaaseen ja joustavaan raakaraudan rikinpoistoon) ja diplomi-insinööri Marina Ängeslevä, Lappeenrannan teknillinen yliopisto (Kankaisten suodinväliaineen ominaisuuksien ja suodatuskäyttötymisen välisestä korrelaatiosta)

Lisäksi myönnettiin 3 000 euron tunnustuspalkinnot erinomaisesti tehdystä diplomityöstä Oulun yliopistosta valmistuneelle diplomi-insinööri Markus Illikaiselle ”Cross-Country Standardization of Operational Procurement Process” ja Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakoulusta valmistuneelle diplomi-insinööri Lassi Klemettiselle ”Kokeellinen hivenainepitoisuuksien määrittäminen kupari-kuona tasapainoista laserablaatiomenetelmällä”.

Myös matka- ja opiskelija-apurahoja jaettiin. Täydellinen listaus apurahoista on Teknoligiateollisuuden 100-vuotissäätiön sivuilla.

Apurahojen jaon jälkeen kuultiin Professori Erkki Leväsen, DI Eemi Niemisen ja DI Lassi Klemettisen esitelmät. Lopuksi nautittiin mahtavasta joulupuffetista.▲

Funktionaalisia materiaaleja metallinjalostuksen päästöjen hallintaan

TTY:n Materiaaliopin laboratoriossa uutta adsorptiotutkimusta

Teksti: **NIINA MERILAITA, MATTI JÄRVELÄINEN, ERKKI LEVÄNEN**
Tampereen teknillinen yliopisto, Materiaaliopin laboratorio

Tampereen teknillisen yliopiston Materiaaliopin laboratoriolle myönnettiin Metallinjalostajilta tutkimusryhmäapuraha, jolla jatketaan dynaamisen sorption tutkimusta, nyt soveltaen sitä metalliteollisuuden päästöjen hallintaan [1]. Tutkimuksen toteuttaa Materiaaliopin laboratorion keraamiryhmä, joka on keskittynyt funktionaalisiiin keraameihin ja keraamien prosessointiin. Ryhmän osaa misalaa kattaa koko keraamimateriaalien valmistusketjun partikkelisynteesisistä valmiisiin rakenteisiin ja niiden toiminnallisiin ominaisuuksiin. Keraamiryhmän tutkimusaiheita ovat mm. neste-partikkeli-seosten karakterisointi, toiminnallisten pintojen tutkimus ja kehitys sekä keraamien 3D-printtaus. Neste-partikkeli-seosten karakterisointiin tutkimusryhmä on kehittänyt menetelmän, jossa korkeataajuisella sähkökentällä seurataan mm. vesi-, kairovos- ja maaliiteollisuuden nesteprosesseja. Toiminnallisten pintojen tutkimuksessa ryhmä kehittää mm. ympäristöystävällistä pintojen funktionalisointimenetelmää. Menetelmässä hyödynnetään ylikriittistä hiilidioksidia, mikä mahdollistaa pinnan ominaisuuksien räätälöinnin liuotinvapaasti. Näiden erityisosa-alueiden tuoman synergian lisäksi dynaamisen sorption tutkimus tulee hyödyntämään ryhmän pitkäaikaista kokemusta huokoisten keraamien valmistamisesta ja soveltamisesta. Keraamiryhmällä on myös ainutlaatuista osaamista huokois-

ten keraamien tulostamisessa litografisella menetelmällä.

Keraamiryhmää johtaa materiaaliopin laboratorion vetäjä, professori **Erkki Levänen** ja ryhmässä työskentelee 2 tohtoria, 7 tohtorikoulutettavaa sekä 2 tutkimusapulaista. Nyt käynnistyvän projektin nimeksi valittiin DYNATOR, joka muodostuu sanoista ”dynaaminen sorptio”. Siinä tutkijana toimii DI **Niina Merilaita** ja tutkimusta ohjaavat TkT **Matti Järveläinen** ja Professori Erkki Levänen. DYNATOR-tutkimuksen tavoitteena on kokeellisesti kehittää ja testata funktionaalisia ja selektiivisiä adsorptiomateriaaleja.

Adsorptio ilmiönä

Adsorptiolla tarkoitetaan kaasumolekyylien tarttumista huokoisen materiaalin pintaan, ja sen käänteisreaktio on nimeltään desorptio. Yhdessä näistä käytetään nimitystä sorptio.

Tapahtumana sorptio on syklinen prosessi, jossa vuorottelevat kaasun adsorboituminen ja desorboituminen. Desorptiossa adsorptiomateriaali regeneroituu lämmön tai paineen avulla. Lämmöllä regeneroituvassa adsorptiossa kaasut adsorboituvat matalassa lämpötilassa ja desorboituvat korkeammassa lämpötilassa, kun taas paineella regeneroituvassa systeemissä lämpötilan pysyessä vakiona desorptio saadaan aikaan laskemalla painetta ja adsorptio painetta nostamalla.

Adsorptio perustuu ilmiöön, jossa mo-

lekyyli (esim. neste/kaasu) kiinnittyy adsorptiomateriaalin pintaan. Tästä käytännön esimerkki on huurteinen ikkuna; ensin ilmassa olevat vesimolekyylit kiinnittyvät ikkunalasin pintaan (adsorptio) ja saavat sen huurtumaan lämpimällä ilmalla tai jäätymään pakkasella. Kun molekyylejä pinnoutuu tarpeeksi lasin pintaan muodostuu vesipisaroi ta (kondensaatio).

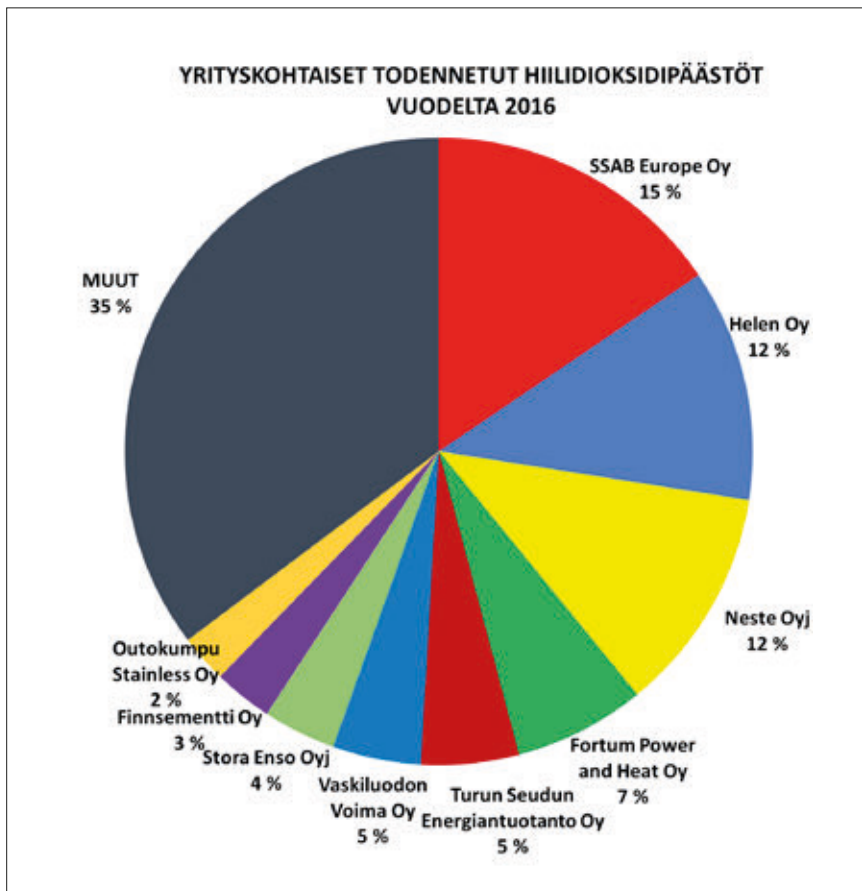
Adsorptiomateriaalit

Adsorptiomateriaaleilla on tyypillisesti pieni huokoskoko ja suuri ominaispinta-ala. Suuren pinta-alan muodostavat mikrohuokokset, jotka ovat halkaisijaltaan alle 2 nm. Mikrohuokosia suurempia huokosia kutsutaan meso- (2–50 nm) tai makrohuokosiksi (yli 50 nm); näitä huokoskokoluokkia esiintyy adsorptiorakenteissa [2, 5].

Kaupallisesti saatavia adsorptiomateriaaleja ovat mm. zeoliitti, metal-organic framework (MOF), aktiivihiili, silikageeli sekä aktivoitu alumiinioksidi. Näistä jokaisella materiaalilla on erilaisia ominaisuuksia sekä sovelluskohteita. Adsorptiomateriaalien ominaispinta-alan koko kuvataan usein urheilutermein arvioiden, että teelusikallisessa aktiivihiiltä on jalkapallokentän pinta-ala tai että grammassa, eli noin herneen kokoisessa määrässä MOF-adsorbenttia voi olla jopa 40 tenniskentän pinta-ala.

Adsorptiorakenteet

Adsorptiomateriaaleista muodostetaan rakenteita, joihin valmistetaan räätälöi-



Kuva 1. Kuvaajassa on esitetty yrityskohtaiset EU:n päästökauppaan kuuluvien suomalaisten laitosten hiilidioksidipäästöt. Vuonna 2016 laitosten yhteispäästö määrä oli 27,2 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Tiedot koostettu Energiaviraston tilastosta [10].

ty virtauskanavisto, jolloin kaasu saadaan leviämään nopeasti koko rakenteeseen ja rakenteen huokoisuus kokonaan käyttöön. Nopeasyklisissä prosesseissa kaasun estoton virtaus on tärkeää. Erilaisten adsorptiorakenteiden avulla voidaan siis vaikuttaa siihen, kuinka helposti adsorboitava kaasumolekyylit saavuttaa adsorptiopinnan.

Adsorptiopaikka on siis kaasulle sama kuin olohuoneessasi oleva nojatuoli sinulle. Adsorptiorakenteen virtauskanaviston avulla pyritään takaamaan molekyylille suoraviivainen reitti adsorptiopaikalle samoin kuin olohuoneesi siisteyden avulla voit taata esteettömän pääsyn nojatuolillesi. Haasteena adsorptiomateriaalien virtauskanaviston räätälöinnissä on niiden nanometrien kokoluokka; olohuoneen sokkeloisuutta taas usein lisää ajanpuute tai liian alhainen siivousinto.

Valmistusmenetelmän valinnalla voidaan vaikuttaa huokoskanaviston muotoon. Kanavistosta voidaan tehdä esimerkiksi putkisto, solukkomainen tai hunajakkeno. Virtauskanavisto voidaan pinnoittaa ad-

DYNSOR-tutkimuksessa kehitetään adsorptiorakenteita metallinjalostajien päästöjen hallintaan.

sorboivalla materiaalilla tai koko rakenne voidaan tehdä adsorboivasta materiaalista. [1] Rakenteeseen adsorboituvat sovelluksesta riippuen huokoskokoja suuremmat tai pienemmät molekyylit lopun kaasun virratessa rakenteen läpi. Tätä mekanismia kutsutaan selektiiviseksi adsorptioksi [5]. Adsorptiomateriaalien karakteristista huokoskokoja voidaan hyödyntää myös kaasujen kaappaamisessa, varastoinnissa ja erottelussa.

DYNSOR-tutkimus, uudenlaisten adsorptiorakenteiden demonstroiminen

DYNSOR-tutkimuksessa kehitetään adsorptiorakenteita metallinjalostajien päästöjen hallintaan. Metallinjalostajille potentiaalisia adsorption sovelluksia ovat mm. tuotantoprosessien päästöjen talteenotto, vedyn varastointi ja kuljetus hiilidioksidivapaassa raudanvalmistuksessa ja esimerkiksi maalipinnoituksen VOC-päästöjen käsittely.

Tutkimus liittyy adsorptiorakenteiden strukturointiin, jossa optimaalinen mikrorakenne voi ratkaista useiden kaasua käytävien tai synnyttävien prosessien ongelmia. Tutkimuksen tavoitteena on kehittää huokoisia rakenteita, joissa on kaksi tai useampi erilaista huokoshierarkia. Ensimmäinen niistä on kokoluokaltaan makroskooppinen, yli 50 nm, ja toimii adsorboituvan kaasun virtauskanavistona, ja toinen mikroskooppinen, alle 2 nm, jonka tehtävänä on toimia varsinaisena kaasumolekyylin adsorptiopaikkana [4].

Sorptioprosessien haasteena on kuitenkin toistaiseksi sorption dynamiikka, eli varastoitavan tai suodatettavan kaasun talteenotonopeus sekä kaasun epätasainen ja hidas purkautuminen, kun sitä vapautetaan adsorptiorakenteen sisältä paineen tai lämpötilan muutoksen avulla.

Adsorptiomateriaalien koko potentiaalia ei hyödynnetä tällä hetkellä, sillä merkittävä osa markkinoilla olevista sorptioon käytettävistä ratkaisuista keskittyy sorption tilavuuden kasvattamiseen tai selektiivisen sorption kehittämiseen, vaikka hypoteesimme mukaan sorptionopeus on vähintäänkin yhtä tärkeässä roolissa. Tätä hypoteesia pyrimme tutkimaan ja vahvistamaan yhteistyökumppaniemme kanssa.

Adsorptiorakenteiden kehitys vaatii innovatiivisia ratkaisuja, sillä mikrometriluokan virtauskanavien valmistaminen materiaaleihin on haastavaa. Huokoinen rakenne voidaan rakentaa useista materiaalityypeistä kuten keraameista, metalleista tai polymeereistä. Tavanomainen huokoinen rakenne koostuu sattumanvaraisesti sijoittuneista huokosista ja virtauskanavista, mutta DYNSOR-tutkimuksessa valmistetaan adsorptiorakenteita, jotka on optimoitu käyttökohteen mukaisesti. Uskomme, että rakenteisiin löydetään valmistusmenetelmä 3D-litografian, pakkasvalun [4] ja ekstruusion [1] alueilta.

Lisähaastetta valmistukseen tuovat perinteisten adsorptiomateriaalien asettamat lämpötilarajoitukset. Useimmat adsorp-

tiomateriaalit menettävät sorptio-ominaisuutensa, jos ne altistetaan korkeille lämpötiloille (esimerkiksi zeoliiteillä noin 800 astetta). Rakenteiden epäorgaaniset komponentit vaativat muodonannon jälkeen sintrauksen huomattavasti deaktivaatiolämpötilaa korkeammalla. Sintraus on muodonantomenetelmä, jossa materiaalista tuotetaan kiinteä kappale lämmön avulla tai puristamalla, mutta kuitenkin materiaalia sulattamatta. Deaktivaatio taas tarkoittaa huokosrakenteen luhistumista.

TTY:n keraamimateriaalien laboratorio on kehittänyt kansainvälisesti huomiota saaneita menetelmiä matalan lämpötilan prosessointiin. Näillä menetelmillä on tutkimustyön kautta mahdollista aikaansaada nopeaan dynaamiseen sorptioon kykeneviä rakenteita. Tavoite on, että nämä rakenteet ovat 3–5 vuoden kuluttua teollisessa käytössä ratkaisemassa mm. CO₂-päästöjen hallintaan liittyviä haasteita. [6,7]

Sopiva adsorptiomateriaali ja rakenne tulee yhdistää, joko valmistuksen yhteydessä tai sen jälkeen, pinnoittamalla valmistettu rakenne adsorptiomateriaalilla. Käytettäessä pinnoitustekniikkaa rakenteiden valmistuksessa voidaan käyttää useampia menetelmiä aktiivisen materiaalin deaktivaatiolämpötilasta välittämättä [1].

Yksi ensimmäisistä tehtävistä on kehittää nopeaa adsorptiota tutkiva mittalaite, jonka avulla mitataan adsorptiorakenteiden toimintaa todellisissa käyttöympäristöissä, jotta sorptionopeus voidaan varmistaa eri käyttökohteissa. Lisäksi TTY:n materiaaliopin laboratorio on hiljattain investoinut 3 Flex Physisorption –kaasuadsorptiolaitteeseen, jolla tässä työssä käytettävien materiaalien ominaispinta-alaa voidaan karakterisoida.

Yhteistyöllä eteenpäin!

DYNSOR-tutkimuksen tavoite on kokeellisesti selvittää nopean adsorption rakenteiden potentiaali, valmistus ja kapasiteetti. Näin kehitämme metallinjalostajien soveluksiin potentiaalisia adsorptiorakenteita. Yksi hankkeen kulmakivistä on tuloksien helppo hyödyntäminen yritysten näkökulmasta.

Työ alkaa metallinjalostajien prosessien kartoituksella. Kiinnostus on prosesseissa, joissa adsorptiomateriaaleja voidaan tulevaisuudessa käyttää tai joissa niitä jo käytetään. Tästä selvityksestä on tarkoituksena löytää konkreettinen tarve ja sovelluskohdet adsorptiorakenteille.

DYNSOR etsii nyt metallinjalostajista ja teknologiateollisuudesta kumppaneita joilla voisi olla sopivia:

- prosesseja, joissa kaasuja käytetään,
- sovelluskohteita, joissa nopealla adsorptiolla voidaan tehostaa toimintaa
- prosessiongelmiä esim. päästöjen tai kaasujen hallinnan kanssa
- materiaaleja nopean adsorption sovelluksiin

Skannaamalla QR-koodin pääset jättämään yhteydenottopyynnön ja vastaamaan halutessasi kyselyyn. DYNSOR-tutkimuksen kuulumisia voit myös seurata sivuilta: www.tut.fi/dynsor.

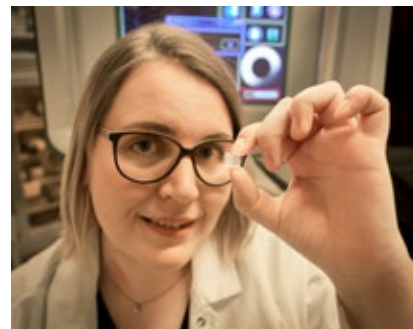


YK:n Pariisin ilmastopimuksen myötä lähes kaikki maailman maat ovat valmiita toimiin ilmastomuutoksen torjumiseksi.

Adsorbenttien kehityksen tarve nousee ilmastomuutoksesta

YK:n Pariisin ilmastopimuksen myötä lähes kaikki maailman maat ovat valmiita toimiin ilmastomuutoksen torjumiseksi. Tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle kahdessa asteessa ja alkaa vähentää maapallon kasvihuonekaasupäästöjä mahdollisimman pian. Pariisin ilmastopimus asettaa ylätason tavoitteita, mutta se jättää, ainakin toistaiseksi, toimeenpanon kansalliselle tasolle. [8]

Vaikka Suomessa metallinvalmistus on teknologialtaan edistynyt ja raaka-aineiden käytön tehokkuudessa ja ominaispäästöjen alhaisuudessa ollaan maailman kärkeä, on metallinjalostuksen kasvihuonekaasupäästöt koko Suomen päästöistä 7%. Ruotsissa ja Suomessa SSAB on suurin yksittäinen hiilidioksidipäästöjen lähde



DI Niina Merilaita

- Valmistunut materiaalitekniikan diplomi-insinööriksi Tampereen teknillisestä yliopistosta
- Niina on opiskellut TU Delft:ssä Hollannissa korroosiota, 3D-printtausta ja materiaalitekniikan soveltamista taiteen tutkimukseen
- Työkennellyt Tukholman yliopistossa Materiaali- ja ympäristökemian laitoksella zeoliittien lämpökäyttäytymistä tutkivassa projektissa
- Vapaa-ajalla Niina valmentaa 9–12-vuotiaita kilpauimareita Uinti Tampereessa ja toimii TEKNAn hallituksessa

TkT Matti Järveläinen

- Väitellyt Tampereen teknillisestä yliopistosta teollisten prosessimittauslaitteiden kehityksestä [5]
- Toimitusjohtajana ColloidTek Oy:ssä, joka kehittää ja myy nesteiden online analysaattoria
- Tutkijatohtorina TTY:llä kiinnostuksen kohteenaan teollisuuden ja tutkimuksen välinen rajapinta
- Harrastaa vapaa-ajallaan kuumailmapallolla lentämistä

[10]. Tuotantoprosesseja tehostamalla ei enää pystytä merkittäviin parannuksiin, vaan on kehitettävä uusia tapoja esimerkiksi valmistaa rautaa vetyperäisesti. Ruotsissa SSAB, LKAB ja Vattenfall ovat aloittaneet projektin, jonka tarkoituksena on vähentää terästeollisuuden CO₂-päästöjä käyttämällä raudan pelkistimenä ilmastoilykstä vetyä ja samalla ottaa vastuu pitkän aikavälin ilmastotavoitteista ja tehdä Ruotsista fossiilista polttoaineista vapaa yhteiskunta. [9] >

Vaikka nopeasti ajateltuna ilmaston lämpenemisestä voi olla jotain hyötyjä suomalaisesta näkökulmasta, niin maailmanlaajuisesti haitalliset vaikutukset ovat suuremmat kuin hyödyt. Ilmaston lämpeneminen voi johtaa laajamittaisiin ja mahdollisesti peruuttamattomiin maailmanlaajuisiin haittavaikutuksiin kuten sään ääri-ilmiöihin ja luonnon monimuotoisuuden heikkeneemiseen. Samalla ilmastonmuutos voi entistään kärjistä yhteiskunnallisia ongelmia vaikuttaen muuttoliikkeeseen ja globaaliin kauppaan. Ilmastonmuutoksen vaikutukset muihin maihin voivat olla myös Suomen talouden kannalta olennaisia, koska ulkomaankauppa tuottaa suuren osan Suomen bruttokansantuotteesta.

EU:n tasolla vähimmäisarvioina esitetään, että ilmastonmuutoksen aiheuttamat vuosittaiset kustannukset nousevat 100 mrd. eurosta vuonna 2020 noin 250 mrd. euroon vuonna 2050.

Ruotsissa ja Norjassa yksityinen sektori ja suuret metallialan toimijat edistävät voimakkaasti hiilidioksidivapaata tuotantoa. Tähän tahtotilaan vaikuttaa ympäristöystävällisten valmistus- ja tuotantoprosessien muuttuminen koko ajan entistä kannattavammiksi. Mahdollisista taloudellisista tappioriskeistä huolimatta yritykset ottavat enemmän vastuuta ja toisaalta kokevat saavansa pitkällä tähtäimellä hyötyä vastuullisista valinnoista.▲

Lähteet:

- [1] Sippola, E. Adsorptiomoduulin suunnittelu ja valmistus energiatekniikan sovelluksia varten. Tampere University of Technology, 2015
- [2] Rouquerol, J., Avnir, D., Fairbridge, C., W., - Recommendations for the characterization of porous solids, Pure & Appl. Chem., Vol. 66, No.8, pp. 1739-1758
- [3] Zeolite database, viitattu 20.1.2018, saatavilla: <http://www.iza-structure.org/databases/>
- [4] Ojuva A, Järveläinen M, Bauer M, ym. The mechanical performance and CO₂ uptake of ion-exchanged zeolite A structured by freeze-casting. J Eur Ceram Soc. 2015;35(9):2607-2618. doi:10.1016/j.jeurceramsoc.2015.03.001.
- [5] Järveläinen, M. (2016). Towards In Situ Methods for Characterization of Porous Materials. (Tampere University of Technology. Publication; Vol. 1411). Tampere University of Technology.
- [6] Anibal Maury-Ramirez, Juha-Pekka Nikkanen, Mari Honkanen, Kristof Demeestere, Erkki Levänen, Nele de Belie, TiO₂ coatings synthesized by liquid flame spray and low temperature sol-gel technologies on autoclaved concrete for air-purifying purposes, Materials Characterization 87, 2014, 74-85
- [7] Juha-Pekka Nikkanen, Elina Huttunen-Saari-

virta, Xiaoxue Zhang, Saara Heinson, Tomi Kanerva, Erkki Levänen, Tapio Mäntylä, Effect of 2-propanol and water contents on the crystallization and particle size of titanium dioxide synthesized at low-temperature, Ceramics International 40, 2014, 4429-4435

- [8] Pariisin ilmastopöytäkirja, Ympäristöministeriö 11.5.2016, viitattu 3.9.2017, saatavilla [WWW]: <http://www.ymp.fi/pariisi2015>
- [9] Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman perusskenaarion taustaoletuksia 15.6.2016, viitattu 24.8.2017 [WWW] Saatavilla: <http://docplayer.fi/24360785-Energia-ja-ilmastostrategian-ja-keskipitkan-aikavalin-ilmastopolitiikan-suunnitelman-perusskenaarion-tausta-oletuksia.html>

- [10] Energiavirasto, Suomen päästökauppasektorin päästöt kasvoivat 1,7 miljoonaa tonnia vuonna 2016, viitattu 20.1.2018, <http://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Yrityskohtaiset+p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6tiedot+2013-2016.pdf/7093dbe2-52fa-42d7-9dd3-f6a411178775>



Vedenpoistohaasteisiin vastaus on Xylem

Flygt, Godwin, Vogel ja Lowara

Pumppujen myynti ja vuokraus

Vantaa: Mikael Fabritius p. 040 727 6059

www.xylem.fi

Professori Pekka Taskisesta emeritus

– Termodynamiikkaa tieteen ja teollisuuden hyödyksi

Teksti: **ARI JOKILAAKSO**, professori (associate), Aalto-yliopisto, kemian tekniikan korkeakoulu, metallurgia
Kuvaaja: **PETTERI HALLI**

Professori **Pekka Taskisen** juhlasymposiumin yhteydessä julkaistiin myös Pekka Taskisen valokuva. Symposiumin ohjelman päätti TkL Markku Kydön katsaus ”Chemical thermodynamics for the benefit of science and industry; Four decades of close co-operation with Pekka Taskinen at the university and in metallurgical industry”. Tästä ja muista symposiumin esityksistä sekä kirjoittajan omista kokemuksista on koottu tiivistetty katsaus Pekan toimintaan termodynamiikan (ja prosessimetallurgian) kentällä.

Alku

Opiskelu Teknillisessä korkeakoulussa Otaniemessä muodosti Pekan akateemisen perustan. Hän valmistui DI:ksi 1973, tekniikan lisensiaatiksi 1977 (kuten vielä 1990-luvulle saakka oli pääsääntöisesti tapana) ja väitteli tohtoriksi 1981. Myös työura alkoi samassa paikassa eri tehtävissä, kunnes hän siirtyi Outokumpu-konsernin palkkalistoille Espoossa ja 1992 alkaen Porin tutkimuskeskukseen. Edettyään siellä *Senior Technology Director – Pyrometallurgy* -positioon saakka 2007 hän palasi (pysyvästi) Otaniemeen ja akateemiseen maailmaan 2008. Tieteellisen ja teollisuuden tutkimustyön kohteina mainittuina vuosina olivat lähinnä värimetallurgian sulatuksen tasapainot ja (pyro)metallurginen valmistus.

Termodynaamisen tiedon hankinta ja mallinnus

Kansainvälinen yhteistyö ja verkottuminen ovat olleet Pekan toiminnassa vahvassa roolissa vuosikymmenten ajan. Hyvänä esimerkkinä tästä on ”NPL-MIRO”-projekti Englannissa (*the National Physical Laboratory - Mineral Industry Research Organisation*), joka alkoi 1990-luvulla ja jossa Pekka on toiminut avainroolissa varmistamassa jatkuvuutta tuotettavan ja tarkan termody-



Kuva ja malli.

naamisen perustiedon hankkimiseksi monen yrityksen ja yliopiston kansainvälisenä yhteistyönä. Viimeisen kymmenen vuoden aikana on Pekan johdolla tuotettu lukuisia väitöskirjoja ja tieteellisiä artikkeleita oksidi- ja sulfidisysteemien faasitasapainoista.

Akateemisessa maailmassa siirryttiin 1990-luvun laman jälkeen ja takia lähes yksinomaan kilpaillun tutkimusrahoituksen käyttöön. Valtion budjetista ei enää tullut perustutkimusrahaa, vaan Irahaa saatiin lähinnä akateemisen henkilöstön palkka- sekä infrastruktuurin ylläpito- ja kehityskustannuksiin. Varsinaiseen tutkimustyöhön ja jatko-opiskelijoiden palkkaukseen tarvittavat varat piti hankkia esim. Tekesin, Suomen Akatemian, yksityisten säätiöiden tai EU:n rahoituskanavien ja –varojen kaut-

ta. Tässä toiminnassa Pekan ansiot ovat erinomaiset. Hän oli junailemassa, kannustamassa ja ohjaamassa rahoitusten hakua teollisuuden tutkimusjohtajan roolissa ja vastaavasti sitten 2008 alkaen professorina. Kymmenessä vuodessa hän on hankkinut TKK:ssa ja Aalto-yliopistossa useita em. rahoituslähteistä saatuja projekteja, yhteensä ainakin 6 miljoonan euron edestä. Mikä parasta, toiminta jatkuu edelleen ja valmistelussa on useiden eurooppalaisten metalliyhtiöiden kanssa uusi kuonaprojekti.

Sulfidirikasteiden reaktiokinetiikka

Outokummun aloitteesta käynnistettiin 1980-luvulla monivuotiseksi jatkunut tutkimusprojekti sulfidisten rikastepartikkelien reaktioista liekkisulatusuunin reaktiokuilun

Teollisuudessa puolestaan 1990-luvulla ehkä tärkein tutkimusaihe Pekalla oli nikkelin liekkisulatuksen, erityisesti DON-prosessin, kivi-kuona -vuorovaikutuksen korkealämpötilakemia ja keskinäiset vuorovaikutukset.



Prof. Ari Jokilaakso ja Prof. Emer. Pekka Taskinen.

kaasu-kiintoaine-suspensiossa. Vaikka Outokummun tutkimuskeskuksessa olin jo 1960-luvulta lähtien hankittu paljon tietoa ko. reaktioista, tarkoituksena oli hankkia yksityiskohtaisempaa tietoa tietokonemallinnuksia varten. ”Laminaarivirtausuuniksi” ristitty laitteisto rakennettiin Otaniemeen ja pääsin itse aloittamaan akateemisen tutkijanurani tässä projektissa, edeten aina väitöskirjaan saakka.

Projektin aikana olin Pekan ohjauksessa koko ajan ja opin tieteellisen työskentelyn ja kirjoittamisen perusteet Pekalta. Pekan siirtyessä yhä tiiviimmin teollisuuden tehtäviin jatkoin tämän projektin vetäjänä 1990-luvulla. Teollisuudessa puolestaan 1990-luvulla ehkä tärkein tutkimusaihe Pekalla oli nikkelin liekkisulatuksen, erityisesti DON-prosessin, kivi-kuona -vuorovaikutuksen korkealämpötilakemia ja keskinäiset vuorovaikutukset. Hän oli tuolloin mukana vaikuttamassa asiantuntemuksellaan Outokummun liekkisulatusosaamisen luotettavuuden vankistamisessa.

CFD ja metallurgia

Kaupalliset ohjelmistot virtaustekniikan ja lämmönsiirron mallinnukseen (CFD) vyöryivät markkinoille 1990-luvulla. Pekka oli mukana miettimässä ja päättämässä, mikä olisi oikea tapa ja paikka lähteä kehittämään näistä CFD-ohjelmistoista työkalua metallurgisten prosessien tutkimukseen. Työ päätettiin aloittaa prosessimetallurgien voimin Otaniemessä. Aiheeseen perehdyttiin aloittaen liekkisulatusuunin reaktiokuilun kaasuvirtausten mallinnuksesta, mutta yhtä suuressa osassa oli kyllä itse työkalun opettelu. Tuloksia saimme nopeasti ja 1990-luvun jälkipuoliskolla oli mahdollista mallintaa kaasun ja rikasteen virtausten lisäksi rikasteen (yksittäisten partikkelien)



Prof. Yongxiang Yang TU Delft ja prof. emer. Pekka Taskinen.

reaktiot (laboratorio- ja minipilot-mittakaavan kokeista), lämmön- ja aineensiirto, termodynamiikka sekä reaktiokinetiikka.

Alun opetteluun jälkeen työ laajennettiin myös jätelämpökattilan virtausten, lämmönsiirron ja pölypartikkelien mallinnukseen sekä Peirce-Smith -konvertterin sulavirtauksiin jne. Tänä päivänä liekkisulatuksen mallinnus on Outotecissa käytössä myynnin ja prosessikehityksen tukena lähes rutiinityökaluna. Projektissa työskenteli usean vuoden ajan monia tutkijoita ja jatko-opiskelijoita ja Pekalla oli merkittävä rooli sparraajana, tieteellisenä neuvonantajana ja mentorina sekä yhteyshenkilönä teollisuuteen.



Kiinalaiset yhteistyöprofessorit Longgong Xia (vas.), Tianzu Yang ja Zhihong Liu Central South University, Changsha, Kiina, lahjoittivat Pekalle arvokkaan taideteoksen. Prof. Xia on myös tehnyt väitöskirjansa Pekan valvonnassa ja ohjauksessa.



Pekka ja prof. Mari Lundströmin antama lahja.

Julkaisu toiminta

Akateemisen uransa aikana Pekka on ollut erittäin tuottelias. Julkaisuluettelosta vuoden 2017 marraskuun ajalta käy ilmi, että erilaisissa lehdissä, konferensseissa tai muissa tilaisuuksissa julkaistuja tieteellisiä artikkeleita tai vastaavia oli 388 kpl (4 'Best Paper' palkintoa), joiden jälkeen on jo julkaistu useita lisää. Nämä on tehty yhteistyössä monien väitöskirjatutkijoiden kanssa; Pekka on ollut valvojana 16 väitöskirjatyössä (+ 4 valmisteilla). Julkaisulistalta löytyy myös 20 patenttia.

Teollisen uransa aikana Outokummussa ja Outotecissa 1983 – 2008 Pekka tuotti yli 600 sisäistä raporttia ja muistiota. Tämä tarkoittaa keskimäärin yhtä julkaisua joka toinen viikko 25 vuoden ajan, loma-ajat mukaan laskien! Esityksessään Markku Kytö käytti ratsuväen vertauskuvaa kertoessaan Pekan ja hänen tutkimustiiminsä toiminnasta lukuisissa tapauksissa, joissa he pelastivat muita sankareita vaikeista

teoreettisista tai käytännöllisistä metallien tuotanto-ongelmista. Millaisia tarinoita nämä luottamukselliset tapahtumat sisältävätäkään?!

Valokuva

TKK:ssa ja Aalto-yliopistossa on ainakin Vuoriteollisuuden/Metallurgian alalla julkaistu muotokuva eläkkeelle läheneistä professoreista. Tämä perinne on jatkunut ja nyt oli vuorossa Pekan muotokuvan paljastaminen. Se toteutettiin taidevalokuvana, kuten kaikki viimeisten vuosien aikana tehdyt kuvat. Valokuvaajana toimi **Nita Vera**. Ohessa kuvia tilaisuudesta.▲

FINNCOBALT

FinnCobalt on käynnistänyt Outokummun kaupungissa sijaitsevan Hautalammen malmion kehityshankkeen. Hankkeen tavoitteena on ottaa tuotantoon entisen Outokummun kupari-kaivoksen alueella sijaitseva koboltti-nikkeli-kuparimalmio ja tuottaa siitä kasvavan sähköautoteollisuuden tarvitsemia akkuihin käytettäviä koboltti- ja nikkelikemikaaleja.

ETSIMME hankkeen kehitykseen seuraavia ammattilaisia:

- * Hankejohtaja
- * Päägeologi
- * Päämetallurgi
- * Pääkaivosinsinööri

ARVOSTAMME vankkaa ammattitaitoa, kokemusta projektityöskentelystä ja kannattavuustarkasteluista sekä hyvää suomen- ja englanninkielistä suullista ja kirjallista ulosantia. Matkustusvalmius ja työskentelyvalmius eri paikkakunnilla ovat eduksi tehtävien menestykselliselle suorittamiselle.



TARJOAMME kilpailukykyiset työehdot (yrittäjä-pohjalta tai palkansaajana) sekä mahdollisuuden osallistua urauurtavaan kaivoskehityshankkeeseen.

Yhteydenotot: Vesa-Jussi Penttilä
Puh. +358 40 0388 080

Hakemukset: careers@finncobalt.com

www.finncobalt.com



Kuva 5. Symposiumin osallistujat yhteiskuvassa.

Metallurgia kiertotalouden ratkaisijana

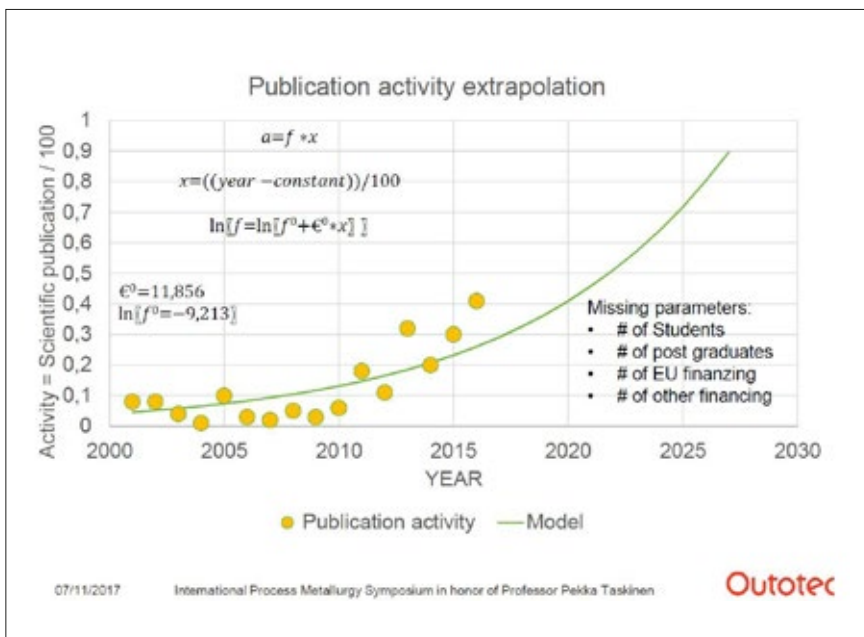
– Professori Pekka Taskisen juhlasymposiumi

Teksti: **ARI JOKILAAKSO**, PROFESSORI (ASSOCIATE), AALTO-YLIOPISTO, KEMIAN TEKNIIKAN KORKEAKOULU, METALLURGIA
MARI LUNDSTRÖM, APULAISPROFESSORI, AALTO-YLIOPISTO, KEMIAN TEKNIIKAN KORKEAKOULU, HYDROMETALLURGIA

Marraskuussa 2017 järjestettiin Otaniemessä *International Process Metallurgy Symposium in honour of Professor Pekka Taskinen – Metallurgy as a tool for challenges in circular economy*. Professori Taskinen jäi kesäkuun lopussa 2017 eläkkeelle täysin palvelleena Aalto-yliopiston Metallurgisen termodynamiikan ja mallinnuksen professorin virasta ja jatkaa erittäin aktiivisena emeritusprofessorina meidän nuorempien onneksi.

Perinteinen symposium

Kansainvälinen juhlasymposiumi Pekka Taskisen eläköitymisen kunniaksi oli jo toinen tässä sarjassa; ”Frasse” eli professori **Olof Forsén** jäi eläkkeelle 2015 ja silloin järjestettiin ensimmäinen juhlasymposiumi hänen kunniakseen, eli vahvasta perinteestä puhutaan. Ohjelma koostui kutsutuista esitelmistä, jotka olivat esittäjien itsensä valitsemista aiheista symposiumin alaotsikon alueelta, eli käsittelivät eri näkökulmista metallurgiaa kiertotalouden ongelmien ratkaisutyökaluna. Osallistujat edustivat laajasti metallurgista teollisuutta sekä tutkimus- ja opetushenkilöstöä eri maiden yliopistoista ja tutkimuslaitoksista. Lisäksi



Kuva 2. Pekan julkaisuaktiivisuus ja sen perusteella laadittu ”malli” aktiivisuuden jatkolle.

mukana oli suuri kansainvälinen joukko jatko-opiskelijoita, joilla oli mahdollisuus suorittaa opintopisteitä tekemällä osallistumisensa lisäksi yhteenvetoraportti ja esitys valitsemistaan neljästä luennosta, mukaan lukien aiheeseen liittyvät keskeiset kirjallisuusartikkelit.

Tasokas ohjelma

Esiintyjät olivat selvästi nähneet vai- vaa ja laatineet korkeatasoisia esityksiä ajankohtaisista aiheista. Lähes kaikissa esityksissä oli myös vahva linkki tai katsaus yhteistyöhön Pekan kanssa – monilla jopa

vuosikymmenten ajalta. Kokonaisuus sai kehuja monilta osallistujilta sekä tieteellisen annin että yleisesti järjestelyjen osalta. Ta- pahtuman puheenjohtajilta, 1. päivänä prof. **Ari Jokilaakso** ja 2. päivänä prof. **Mari Lundström**, sujuva ja aikataulussa pysynyt ohjelman läpivienti vaati tiukkuutta (kuva 1) ja tasapainoilua, koska kysymyksiä ja keskustelua heräsi useiden esitysten jälkeen välillä runsaasti.

Pääpuhujina toimivat TkT **Ilkka Kojo** Outotecista ja prof. **Hürman Eriç** Witwaterstandin yliopistosta Etelä-Afrikasta. Tämän jälkeen ohjelma oli jaettu teemoihin:

Trace Elements, Copper Metallurgy, Industrial Operations, Circular Economy – Recycling, sekä Circular Economy – Improving Yield.

TkT Kojon esitys oli otsikoitu “Who has the gold, he makes the rules?”. Esitys oli onnistunut katsaus termodynamiikan soveltamiseen ja datan luomiseen ja käyttöön sekä Pekan vahvaan, globaaliin rooliin tässä. Erityisesti esitelmässä tuli esille Pekan rooli teollisten tuotanto-ongelmien ratkaisemisessa termodynamiikan avulla. Esityksen päätteeksi TkT Kojo esitti mallin Pekan julkaisuaktiiviteetin kehittymisestä toteutuneiden julkaisujen perusteella, kuva 2.

Prof. Eriç käsitteli kiertotaloutta ja metallien tuotannon roolia siinä. Valaisevin esimerkein hän toi vahvan viestin siitä, kuinka kestävämmällä pohjalla ihmiskunnan ”throw-away” -kulttuuri on. Metallurgia on työkalu kiertotalouden edistämiseksi, mutta sekään ei pelasta, ellei tehdä perustavanlaatuisia muutoksia kulutuskäyttäytymisessä – vähentämällä materiaalin kulutusta, lisäämällä tuotteiden uusiokäyttöä tai vähintäänkin materiaalien kierrätystä. Tämän lisäksi tutkimuksen ja prosessin kehitystarvetta kuvaa hyvin yksi numeerinen esimerkki (esityksessä oli useita havahduttavia esimerkkejä). Prof. Eriç kuvasi, että vuoteen 2040 mennessä teräksen tuotannon ennustetaan saavuttavan 2 600 000 000 tonnin rajan. Vaikka BAT-tekniikoilla toimien saavutettaisiin 30 % päästövähennykset, tämä terästuotantomäärä yksin vuonna 2040 tarkoittaisi 3 640 000 000 tonnin CO₂-päästöjä ilmakehään, mikä on täysin kestämätön tilanne.

”Trace Elements – session” keskittyi eri materiaalien prosessoinnissa mukana ole-



Puheenjohtajilla oli käytössään kyltit, joilla esiintyjä varoitettiin varatun ajan loppumisesta. Viimeinen kyltti (kuvasa) tarkoitti ”välitöntä poistamista esiintymislavalta”, mutta sitä ei tarvittu kenenkään kohdalla.

vien epäpuhtauskomponenttien tutkimuksiin ja käyttäytymiseen eri prosesseissa. Prof. **Zhihong Liu** Central South University, Kiina, puhui aiheesta ”*Arsenic behavior and its removal in copper smelting*”, TkT **Jens Nyberg**, Boliden, käsitteli pyrometallurgiaa sinkin valmistuksessa ”*More pyrometallurgy in zinc production in order to have circular economy*”, ja prof. **Mikko Hupa**, Åbo Akademi, vertasi biomassan polttoa pyrometallurgiaan otsikolla ”*Modern biomass combustion: Almost like pyrometallurgy*”. Yhteinen viesti kaikilla oli selvä: lisää tutkimusta tarvitaan juuri pieninä pitoisuuksina prosesseissa olevien aineiden käyttäytymisen tuntemiseksi. Tämän merkitys kasvaa koko ajan, koska kiertotalous merkitsee yhä monimutkaisempia raaka-aineita ja siten useampia alkuaineita, jotka on saatava talteen tarkemmin kuin ennen. Talteensaannin lisäksi prosessien optimointi ja ohjaus muuttuvien raaka-aineseosten kanssa tarvitsevat tieteellisesti tutkittua tietoa eri alkuaineiden käyttäytymisestä eri prosesseissa olosuhteiden funktiona: lämpötila, kaasujen koostumus, kuonien koostumus jne.

Kuparimetallurgiaan keskittyvässä jaksossa kuultiin viisi esitystä, joissa käsiteltiin kuparin kierrätystä (TkT **Katja Weichert**, Aurubis, Saksa), kuva 3, tinan talteensaantia jauhetuista piirilevyromuista (prof. **Tianzu Yang**, Kiina), platinaryhmän metallien talteensaannin ’koukerointi’ (prof. **Guven Akdogan**, Etelä-Afrikka), kuparisulaton digitalisointia (TkT **Iina Vaajamo**, Outotec) sekä teollista yhteistyötä oksidi- ja sulfidisytemien termodynaamisessa mallinnuksessa (TkT **John Gisby**, Hampton

Yhteinen viesti kaikilla oli selvä: lisää tutkimusta tarvitaan juuri pieninä pitoisuuksina prosesseissa olevien aineiden käyttäytymisen tuntemiseksi.

Thermodynamics, UK). Ehkä selkeimmin kaikkea yhdistävä tekijä, koko symposiuminkin näkökulmasta, on prosessien tai laitosten digitalisaatio. Ilman tutkimustietoa ja tieteelliseen tietoon perustuvia malleja automaatio, digitalisaatio tai keinoäly eivät ole mahdollisia. TkT Vaajamon esitys havainnollisti, kuinka pitkällä digitalisaatiossa ollaan jo pyrometallurgisten prosessien ohjaamisessa.

Ensimmäisen päivän huipentumana oli Pekan jäähyväisluento (”*Farewell Lecture*”), jonka hän oli oivaltavasti otsikoinut nimellä Luento (”*Lecture*”), ilman etuliitettä. Luennon jälkeen paljastettiin Pekan kuva, joka nykyisen käytännön mukaisesti on taidevalokuva. Tarkemmin tästä oheisessa Pekan henkilökuvajutussa.

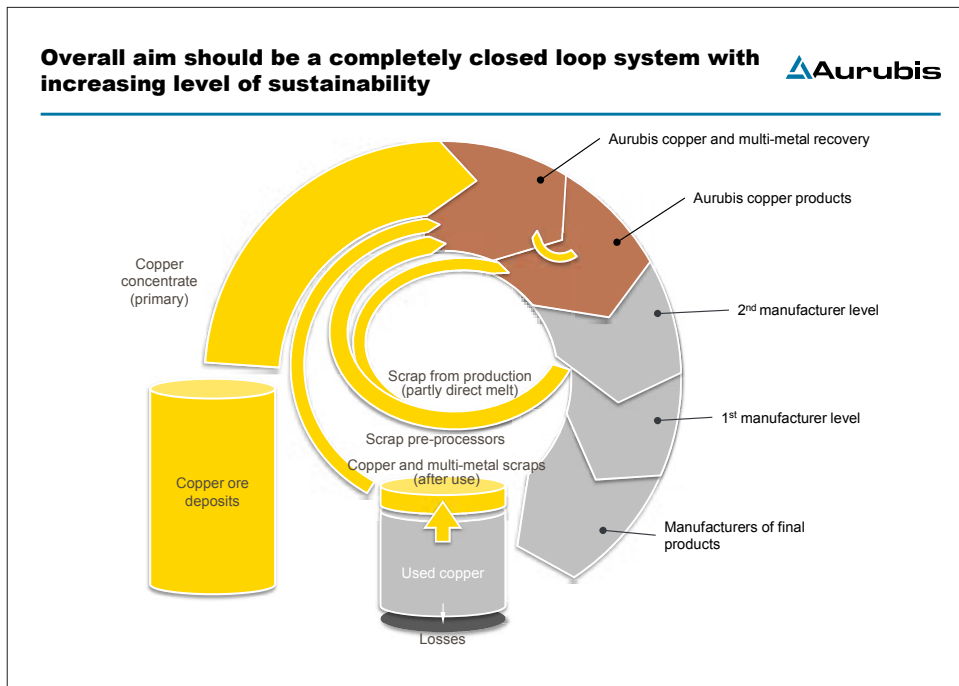
Symposiumin toinen päivä koostui kolmesta osasta. Kaksi ensimmäistä esitystä ”*Industrial operations*”-osiossa toivat esille akateemisen tutkimuksen ja sen tulosten

teollisen soveltamisen tärkeyden. Prof. Ari Jokilaakso (Aalto-yliopisto) esitti katsauksen liekkisulatusprosessin reaktiomekanismien perustutkimuksiin Teknillisessä korkeakoulussa ja Aalto-yliopistossa vuosina 1980 – 2010 sekä uusimpiin tuloksiin, joissa etsitään reaktioiden aikariippuvuuksia sulissa kuona-metalli-systeemeissä. TkT **Elli Miettinen** (Outotec) jatkoi kertomalla, kuinka laboratoriokokeiden tuloksista johdetuilla tietokonemallinnuksilla tuetaan teknologiamyyntiä ja asiakaspalvelua liiketoiminnan osana.

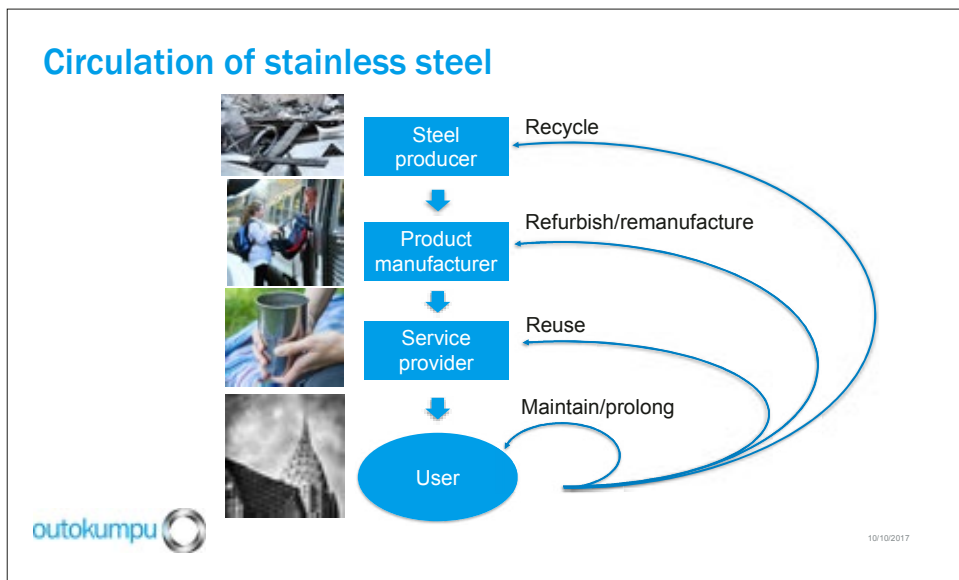
Prof. **Timo Fabritius** Oulun Yliopistosta esitteli tutkimuksia, joissa kiertotaloutta edistetään ja CO₂-päästöjä vähennetään mm. terästeollisuuden sisäisten kiertojen tehostamisella ja materiaalien esikäsittelyllä mikroaaltojen avulla.

Viime aikoina sähköiset kulkuneuvot ja niiden voimanlähteinä käytettävät akut materiaaleineen ovat nousseet tutkimuksen lisäksi uutismedioiden agendalle. Akkujen materiaaleista tehdään paljon tutkimusta, koska ennustetut metallitarpeet ovat 5 – 20 vuoden aikana kasvamassa mittoihin, joihin eivät tunnetut mineraalivarannot tai ko. metallien vuosituotantokapasiteetit riitä. Tätä puolta kiertotalouden uusista piirteistä ja mahdollisuuksista Suomelle valotti TkT **Joni Hautojärvi** (Nornickel). Uutisoinnin ja keskustelun keskiössä olevan litiumin lisäksi on syytä huomata myös nikkelin ja kobolttin kysynnän ennustettu kasvu 30 % (Ni) ja 50 % (Co) vuoteen 2030 mennessä.

Kiertotalouden kahdessa sessiossa keskityttiin kierrätykseen, jossa ensin kuultiin rahoittajan (Tekes, nykyisin Business Finland) edustajan, TkL **Kari Keskinen**,



Kuva 3. Aurubiksen tavoite: suljettu kierto kuparin valmistuksessa.



Kuva 4. Ruostumattoman teräksen kierto, jossa kokonaistavoitteena on pidentää tuotteen/materiaalin käyttöä mahdollisimman pitkään ennen varsinaista kierrätystä takaisin valmistukseen.

puheenvuoro uusista rahoitusinstrumenteista. Aluksi hän kuitenkin totesi muutaman vuosikymmenen aikaisista Pekan projekteista, että ”ne ovat olleet tieteelliseltä tasoltaan korkeita ja niiden tuloksilla on ollut suora linkki teollisuuden käyttöön, minkä ansiosta niitä on ollut helppo esitellä päätöksentekijöille, ja ne ovat olleet helppoja hallinnoida Tekesissä”.

Laaja katsaus kierrätykseen kuultiin prof. **Yongxiang Yang**’ta (TU Delft, Netherlands), jonka yhteistyö Pekan kanssa alkoi jo 1980-luvun lopulla. Prof. **Mari Lundström** esitteli tutkimustuloksia litiumakujen kierrätyksestä, mikä on erityisen merkittävä tutkimuskohde siksi, että litiumin kierrätys

tästä jättejakeesta on globaalistikin alle 1 %. Litiumin kysynnän ennustetaan ylittävän raaka-ainevarat tai tuotantokapasiteetin lähivuosikymmeninä. Kierrätys on ainoa ratkaisu, ellei löydetä muita materiaaleja ja sähkön varastointiin. Prof. **Longgong Xia** (Central South University, Kiina) esitti tuloksia ja käytännön esimerkin tieteen soveltamisesta sulattojohtajan ongelmaan (hopeatappiot).

Kiertotalouden toisessa sessiossa fokus oli saannin parantamisessa ja aiheesta kuultiin neljä erilaista esitystä. Prof. emer. Olof Forsén (Aalto-yliopisto) loi katsauksen pyro- ja hydrometallurgian avulla saavutettavaan systeemi-integroituun kuparitehtä-

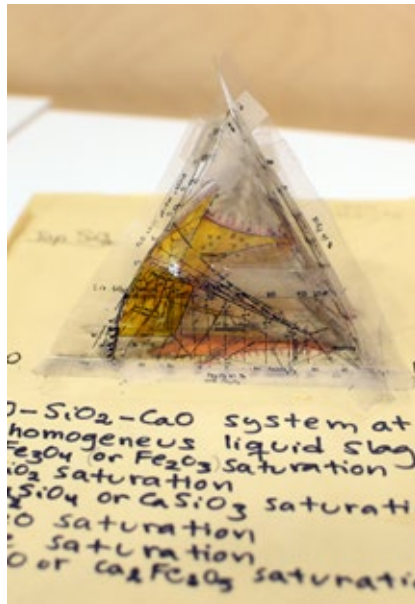
seen. Prof. **Mika Järvisen** (Aalto-yliopisto) aihe puolestaan oli teoreettinen mallinnustutkimus aineensiirron kontrolloimisesta kemiallisista reaktioista metallurgisissa prosesseissa. Teräksen kierrätyksen erityispiirteistä TkT **Juho Talonen** (Outokumpu) kertoi mm., että lähes kaikki ruostumaton teräs kiertää, mutta siihen liittyy äärimmäisen pitkä teräksen palveluaika ennen päätymistä kierrätykseen, kuva 4. Hyvä esimerkki terästen kehitystyöstä ovat autojen polttoainetankit, joita voidaan valmistaa uusista erityislujista teräksistä, jolloin tankin paino on kolme kiloa pienempi kuin perinteisen muovista valmistetun tankin paino. Sessio lopuksi TkT **Hannu Sippola** (Aalto-yli-

opisto) esitteli alijäähtyneen veden todella erikoisia termodynaamisia ominaisuuksia.

Kansainvälisen Symposiumin (yli 20 kansallisuutta edustettuna, kuva 5) kruunasi TkL **Markku Kydön** katsaus Pekan uraan ja yhteistyöhön yliopistossa ja teollisuudessa otsikolla ”*Chemical thermodynamics for the benefit of science and industry; Four decades of close co-operation with Pekka Taskinen at the university and in metallurgical industry*”. Hän esitteli myös työvälineitä ajalta ennen tietokonemalleja ja tietokantoja, kuva 6, faasisapasainojen havainnollistamiseksi.

Tulevaisuus

Symposiumi oli erittäin monipuolinen katsaus metallien kiertotalouden näkökulmasta, vaikka päähuomio oli Pekan termodynaamisessa (ja prosessimetallurgisessa yleisemminkin) asiantuntijuudessa. Kokemuksen jälkipuinneissa huomattiin tarve tämän tyyppiselle kiertotalouden tutkimuksen ja teollisuuden haasteiden katsel-



Kuva 6. Kolmiulotteinen malli faasisapasainoista ajalta ennen tietokonemalleja.

mukselle prosessimetallurgian työkenttänä. Niinpä vuoden 2019 symposiumia on alettu valmistella, vaikka tiedossa ei toistaiseksi olekaan ketään eläköityvää professoria juuri tuona vuonna.

Tätä kirjoitettaessa ei ole vielä tiedossa, kuka on valittu jatkajaksi Metallurgisen termodynamiikan professuuriin. Työtä kuitenkin riittää jatkajalle, sillä sekä kiertotalous että monimutkaistuvat raaka-aineet yleensäkin tuovat yhä lisää uusia alkuaineita prosesseihin. Tämä lisää termodynaamisen tiedon hankinnan ja prosessien (kuona) kemian mallintamisen tarvetta. Metallurgia on avain luonnonvarojen riittävyyden varmistamisessa ja kestäväen kiertotalouden mahdollistamisessa. Suurin haaste etenkin kehittyvissä maissa on saada mm. elektroniikkaromun keräys ja kierrätykseen toimittaminen järjestetyksi ja kehittyneissä maissa kansalaiset tuomaan käytöstä poistetut elektroniikkaromut kierrätyspisteisiin, joita ovat mm. ko. laitteita myyvät liikkeet.▲

Martin luo uusia kontakteja ja ideoita. Hän tarvitsee metalleja onnistuakseen.

Viestintävälineet ja liikenne tuovat ihmisiä lähemmäksi toisiaan ja helpottavat verkostoitumista, ajatustenvaihtoa ja uusien ideoiden syntymistä. Juniin, busseihin ja mobiililaitteisiin tarvitaan kuparia ja sinkkiä, joita käytetään esimerkiksi sähköjohdoissa ja teräsrakenteissa. Martin on tärkeä linkki verkostossa – aivan kuten meidän metallimme.





Professori (emer.) Pekka Taskinen luennoi termodynamiikan ja mallinnuksen tutkimuskohteista.



Professori Ari Jokilaakso esittelee kemian tekniikan ja metallurgian laitoksen opetusta.

Metallurgijaoston syysseminaari Aalto-yliopistolla

Teksti ja kuvat: **ILKKA HARRI**

Metallurgijaoston syysseminaari pidettiin keskiviikkona 29.11.2017 Aalto-yliopiston Kemian tekniikan ja metallurgian laitoksella Otaniemessä. Paikalla oli noin kolmisenkymmentä jaoston jäsentä. Tilaisuuden isäntänä toimi jaoston johtokunnan jäsen, pyrometallurgian professori **Ari Jokilaakso**. Seminaarin teema oli Aalto-yliopiston opetus ja tutkimus metallurgian alalla. Tilaisuuden aluksi kuulumme Aalto-yliopiston kuulumiset. Tällä hetkellä Otaniemen kampus uudistuu voimakkaasti, vuoteen 2021 mennessä kaikki yliopiston ydintoiminnot ovat siirtyneet Otaniemeen. Vuonna 1966 valmistunut Dipoli-rakennus on nyt peruskorjattu ja toimii yliopiston päärakennuksena.

Kemian tekniikan korkeakoulu on

jaettu kolmeen eri laitokseen: kemian tekniikan ja metallurgian laitos, kemian ja materiaalitieteen laitos sekä biotuotteiden ja biotekniikan laitos. Professori Jokilaakso kertoi kemian tekniikan ja metallurgian laitoksen asioista. Kuulimme kandi- ja maisteriohjelmien sisällöistä, professoreista ja rakennusten remonttisuunnitelmista. Muun muassa pyrometallurgian tutkimusuunit siirretään materiaalitekniikan rakennuksesta kemia- ja metallurgian rakennukseen vuoden 2018 aikana.

Professori (emer.) **Pekka Taskinen** luennoi nikkeli- ja kuparikuonien tutkimuksesta. Aluksi hän kertoi kuonakemian tutkimuksen historiasta; miten yksinkertaiset laskennat alkoivat 1980-luvulla kehittyä tietokoneiden avulla kohti suuria tietokantoja. Kuonakemiasta on tehty merkittävä määrä diplomitöitä ja väitöskirjoja. Tut-

kimustyö jatkuu edelleen, Aalto-yliopisto on vetäjänä ehdotetussa noin yhdeksän miljoonan euron kuonatutkimushankkeessa (Horizon 2020). Siinä on Aalto-yliopiston lisäksi mukana viisi yritystä ei-rautametallien toimialalta.

Hydrometallurgian professori Mari Lundström esitelmöi metallien kiertotaloudesta. Tästä saimme konkreettiset esimerkit muutamien case-esimerkkien valossa. Opimme, miten akkujen litiumsisältöä ja NiMH-akkujen harvinaisia maametalleja pyritään saamaan talteen hydrometallurgisin keinoin. Tilaisuuden lopuksi professori Jokilaakso kertoi pyrometallurgian ajankohtaisista tutkimusaiheista; miten arvometallit pyritään saamaan talteen. Niiden talteenotto matkapuhelimista, tietokoneista ja näiden akuista muodostaisi tulevaisuudessa ns. urbaanin kaivoksen. ▲



Älykkäämpiä robottijärjestelmiä kaivosten autonomisiin työkoneisiin

Teksti: TUOMO KIVELÄ

Vaikka robottiautojen kehittäminen on haastavaa, niin autonomisten liikkuvien työkoneiden, kuten vaikkapa tunneleissa toimivien porauslaitteiden, kehittäminen on monessa mielessä vielä haastavampaa. Liikkumisen lisäksi autonomisen työkoneen pitää pystyä tekemään tuottavaa työtä, esimerkiksi poraamaan reikiä kalliioon tai nostelemaan kontteja tai tukkeja alustassa kiinni olevalta robottimaisella työkalulla. Diplomi-insinööri Tuomo Kivelä kehitti väitöstyössään menetelmiä, jotka muun muassa estävät kaivosrobotteja törmäämästä toisiinsa.

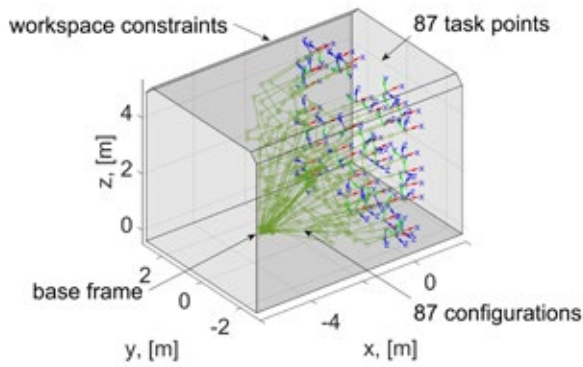
Esimerkiksi rakennusprojektin täytyy jatkuvasti taistella aikaa ja kustannuksia vastaan. Projekti täytyy pystyä hoitamaan kunnolla heti alusta alkaen. Tämä vaatii syvää ymmärrystä rakentamisesta, mutta myös tarvittavat laitteet rakentamiseen. Esimerkiksi tunnelin rakentaminen on erityisen haastava rakennusprojekti ahtaassa ympäristössä. Tämän vuoksi tunnelityö-koneiden tarkoitukseen sopiva rakenne-suunnittelu on tärkeä osa kaivoslaitteen optimaalista suunnittelua.



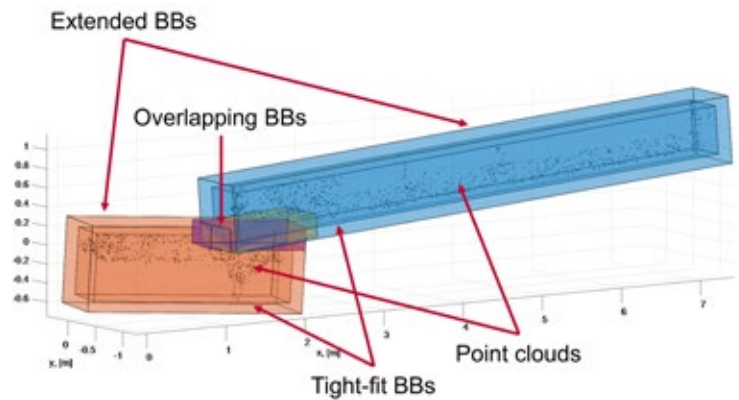
Kuva 1: Tyypillinen maanalainen tunnelinporauslaite varustettuna porauspuomilla.

Yksi tärkeimmistä ominaisuuksista, joita robotilla täytyy olla, on mahdollisuus ylettyä jokaiseen haluttuun paikkaan. Esimerkiksi tunnelinporauksessa, on tärkeää, että kaikki halutut reiät pystytään poraamaan oikeaan kohtaan ja suuntaan porauskaavion mukaisesti. Tämä voidaan ottaa huomioon jo laitetta suunniteltaessa

siten, että robotin rakenne optimoidaan niin, että se ylettyy haluttuihin paikkoihin. Tietenkään jokaiselle porauskaavioille ei tarvitse optimoida omaa robottia, vaan suunnittelussa voidaan käyttää yhtä aikaa useita porauskaavioita, jotka sisältävät kaikki tarvittavat paikat ja suunnat mihin halutaan porata. Optimointiin voidaan myös



Kuva 2: Optimoinnin jälkeiset robotin asennot, joilla kaikki halutut porauspisteet on saavutettu.



Kuva 3: Kahden pistepilven välinen lyhin etäisyys löytyy alueelta, jossa pistepilviä rajoittavat laajennetut suorakulmaissärmiöt (bounding box (BB)) leikkaavat toisensa.

ottaa mukaan muita ominaisuuksia, joita porausrobotilta vaaditaan. Näitä voivat olla esimerkiksi ympäristön rajoitukset ja joidenkin yksittäisten nivelten liikealueet.

Puomissa olevien nivelten lukumäärän ja tyyppin määrittäminen laskennallisilla menetelmillä on erittäin haastavaa. Sen sijaan, että yritettäisiin automaattisesti ratkaista tarvittava nivelten lukumäärä, voidaan valita ennalta kattava valikoima erilaisia puomirakenteita tietyllä määrällä niveliä. Tämän jälkeen jokainen rakenne optimoidaan laskennallisilla menetelmillä. Optimoitujen rakenteiden joukosta löytyy paras ratkaisu kyseiseen ongelmaan. Kuvassa 1 esiintyvän tyyppillisen porauspuomin mitat voidaan optimoida kuvassa 2 esitellylle tapaukselle. Optimoinnin tuloksena saadaan porauspuomille optimaaliset mitat. Tämä mm. parantaa laitteen käytettävyyttä ja pienentää energian kulutusta.

Yksittäisten laitteiden lisäksi on kehitettävä myös kokonainen tunnelinporausautomaatio, jossa useampi porausrobotti työskentelee yhtä aikaa samassa tunnelissa. Robottien pitää osata välttää törmäyksiä sekä tunneliin että toisiinsa ja tunnistaa poikkeustilanteita. Niiden pitää toimia esimerkiksi tilanteessa, jossa yksi roboteista vikaantuu tai jää jälkeen sille suunnitellusta tehtävästä.

Kivelä tutki väitöskirjatyössään tällaisen työkonoiden monirobottijärjestelmän rakennesuunnittelua sekä käytönaikaisten törmäysten estoa. Hän kehitti robottimanipulaattorin eli sarjatyypin robottikäsivarren rakenteen optimointimenetelmiä laskennallisten menetelmien avulla.

- Optimoitu robottikäsivarren rakenne

muun muassa yksinkertaistaa sen ohjausta, parantaa laitteen tuottavuutta ja vähentää tarvittavaa tuotevariaatioiden määrää, Kivelä kertoo.

Väitöstyössä raskaille työkonuille kehitettiin myös digitalisoituun tunneliympäristöön perustuvia edistysellisiä ohjausratkaisuja. Ratkaisut mahdollistavat sen, että samassa tunnelissa työskentelevät porauspuomit voivat liikkua tunnelissa automaattisesti ja keskeytyksettä haluttuun paikkaan. Järjestelmä pystyy myös välttämään porauspuomien törmäyksiä ja etsimään niille tarvittaessa uuden, vaihtoehdoisen kulkureitin.

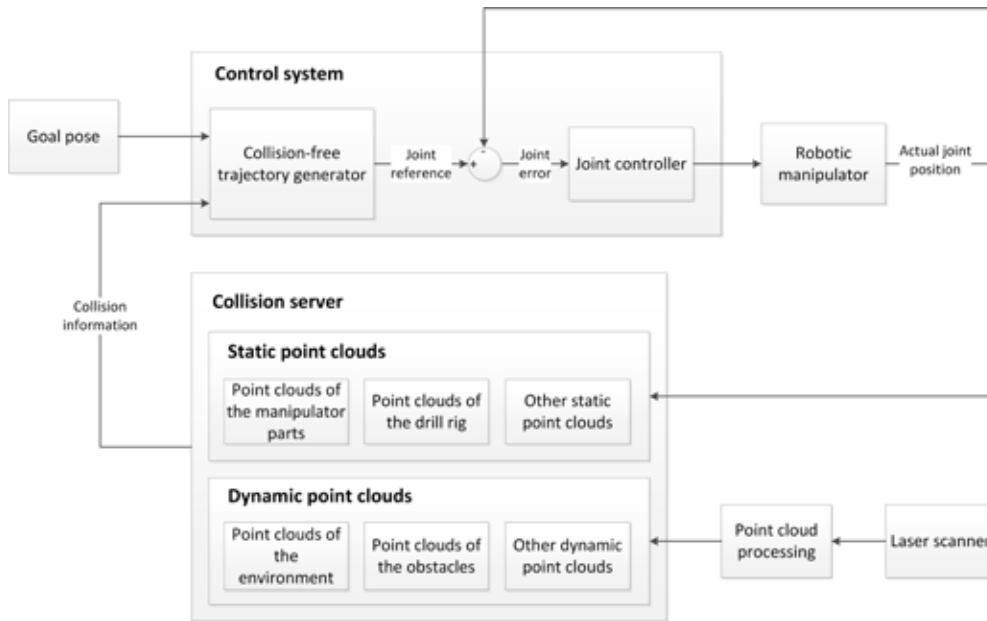
Ohjausratkaisu, joka pystyy luotettavasti välttämään liikkeen aikaiset törmäykset, on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista, joita automaattisesti liikkuvilla koneilla täytyy olla. Jotta törmäykset voitaisiin välttää, täytyy ohjausjärjestelmän jatkuvasti tietää koneiden osien ja ympäristön väliset etäisyydet. Digitalisoitu tunneliympäristö ja 3D mallit koneista mahdollistavat sen, että nämä etäisyydet pystytään laskemaan. Lasketujen etäisyyksien perusteella koneiden liikeratoja voidaan muuttaa niin, että törmäykset vältetään ja päästään haluttuun paikkaan, mikäli se vain on mahdollista.

Lyhimmän etäisyyden laskenta kahden kappaleen välillä perustuu kappaleiden esittämiseen pistepilvinä ja näitä rajoittavilla suorakulmaissärmiöinä (Kuva 3). Suorakulmaissärmiöiden avulla etsitään arvioalue, missä kohtaa lyhin etäisyys löytyy. Tämän jälkeen laskentaa tarkennetaan tarpeen mukaan ottamalla huomioon ainoastaan pistepilvien pisteet, jotka ovat arvioalueen sisällä. Tällä tavoin laskentaa voidaan no-

peuttaa ja lyhin etäisyys suurienkin pistepilvien välillä voidaan laskea tarpeeksi nopeasti, jotta tätä tietoa voitaisiin käyttää ohjausjärjestelmässä välttämään törmäykset. Pistepilvien käyttämistä kappaleiden ja ympäristön kuvaamiseen tukee myös se, että laitteen toimintaympäristö voidaan skannata laserskannerilla, jonka tuottamaa pistedataa voidaan käyttää suoraan ilman laskennallisesti raskasta pistepilvidatan prosessointia. Tällä tavoin pystytään toimimaan ja liikkumaan myös jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä.

Kuvassa 4 on esitetty yksinkertaistettu kaaviokuva törmäyksiä välttävästä koneenohjauksesta. Järjestelmä koostuu kolmesta osa-alueesta: ohjausjärjestelmästä, robotista ja törmäyspalvelimesta. Törmäyspalvelin sisältää kaikki pistepilvet, joiden välisistä etäisyyksistä ollaan kiinnostuneita. Pistepilvet voivat olla joko staattisia (esim. robotin osat) tai dynaamisia (esim. ympäristö). Staattisten pistepilvien muoto ei voi muuttua, mutta asemaa voidaan muuttaa esimerkiksi robotin antureiden tuottaman tiedon perusteella. Dynaamisten pistepilvien sekä muoto että asema voivat olla muuttuvia. Dynaamisen pistepilven muoto voidaan päivittää esimerkiksi laserskannerin avulla.

Ohjausjärjestelmä lähettää törmäyspalvelimelle kyselyn, ovatko jotkin kappaleet mahdollisesti törmäämässä toisiinsa ja kuinka kaukana ne ovat toisistaan. Törmäyspalvelin tekee tarvittavat laskutoimenpiteet ja palauttaa ohjausjärjestelmälle nämä tiedot. Tämän jälkeen ohjausjärjestelmä laskee robotille ohjausreferenssin, jonka mukaan robotilla ohjataan siten, että mahdolliset törmäykset vältetään ja päästään kohti ha-



Kuva 4: Törmäyksiä välttävän ohjausjärjestelmän arkkitehtuuri.

luttua asemaa. Itse robotti sisältää tarvittavat toimilaitteet liikkeiden suorittamiseen ja anturit, joilla saadaan tieto robotin tilasta. Anturitietoa käytetään sekä robotin itsensä ohjaukseen että päivittämään pistepilvien asemaa törmäyspalvelimella.

Kehitetyt menetelmät on suunniteltu vaativassa tunneilympäristössä, jossa ihmisen kapasiteetti ei riitä esimerkiksi neljän robotin kaikkien mahdollisten törmäysten ennakoimiseen. Menetelmät soveltuvat myös yksinkertaisempiin automaattisiin robottijärjestelmiin, kuten puutavaranostureihin ja perinteisiin robottisoluihin, joiden mahdolliset törmäyskohdat, kuten esimerkiksi lattia ja liikealue, ovat helpompia ennakoita.

Yhteistyössä teollisuuden kanssa

Tuomo Kivelä on ensimmäinen, joka valmistuu TTY:n vuonna 2014 perustamasta Teollisuuden innovaatioiden tohtorikoulusta (DSII). Tohtorikoulussa yhdistyvät uudella tavalla väitöskirjatyo, perehtyminen innovaatiomenetelmiin, liiketoimintahaasteiden ratkaiseminen sekä ammatillisten verkostojen luominen.

Kivelän väitöstyö on tehty tiiviissä yhteistyössä Sandvikin kanssa. Työn tieteellinen ohjaus on tullut yliopistosta.

- Toimintamalli, jossa tutkimus yhdistetään tuotekehitykseen ja liiketoimintaan osoittaa, kuinka yhteistyö yritysten ja yliopistojen välillä voi parhaimmillaan toimia, iloitsee Sandvikin tutkimus- ja teknologiajohtaja **Jani Vilenius**.

Teollisuuden innovaatioiden tohtori-

kouluun valitaan vuosittain 6 - 10 uutta jatko-opiskelijaa ja yritysaihetta. Tällä hetkellä yrityskumppaneina mukana ovat muun muassa Bosch Rexroth (Saksa), Ekokump-

panit, FIMA ry, Koja, Metsäteho, Parmaco, Sandvik, SSAB, Suomen Hyötytuuli, Vaisala, Volvo CE (Ruotsi) ja Wärtsilä.▲



Tuomo Kivelä väitteli tohtoriksi

Diplomi-insinööri Tuomo Kivelän (34) automaatiotekniikan alaan kuuluva väitöskirja ”Increasing the Automation Level of Serial Robotic Manipulators with Optimal Design and Collision-free Path Control” (Sarjatyypisen robottimanipulaattorin automaatiotason lisääminen optimaalisella suunnittelulla ja törmäykset välttävällä ohjauksella) tarkastettiin Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) teknisten tieteiden tiedekunnassa perjantaina 1.12.2017. Vastaväittäjinä toimivat professori **Shaoping Bai** (Aalborg University, Denmark) ja professori **Aki Mikkola** (Lappeenrannan teknillinen yliopisto). Tilaisuutta valvoi professori **Jouni Mattila** TTY:n automaation ja hydrauliiikan laboratoriosta. Väitöskirjaan voi tutustua osoitteessa <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-4062-2>.



ENNENNÄKEMÄTÖN PORAUKSEN PEITTOALA

Poraustehokkuuden uusi aikakausi on alkanut: uusi Ranger DX900i on nyt täällä! Se on luokkansa tehokkain ja polttoainetaloudellisin porauslaite. Ylävaunun 290 asteen kääntö mahdollistaa 55 m² porauksen peittoalan. Nämä yhdessä porauslaitteen älykkäiden ominaisuuksien kanssa tekevät uudesta Rangerista alan johtotähden.

OTA YHTEYTTÄ – SANDVIK PALVELEE

Juuso Aalto, puh. 0400 220 094

Ville Keinänen, puh. 040 353 9929

ROCKTECHNOLOGY.SANDVIK

SANDVIK

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Lehti ilmestyy 2 numerona vuodessa. Kirjoitusten lainaukset sallittuja vain erikoisluvulla, jolloin lehden nimi on täydellisenä mainittava. — Toimitusvaliokunta: vuorineuvos Eero Mäkinen (puheenjohtaja), dipl. ins. Fjalar Holmberg, professori Risto Hakki, professori Kauko Järvinen, fil. maist. Aarno Kahma, dipl. ins. Olli Simola ja dipl. ins. Eskil Strandström. — Päätoimittaja teollisuusneuvos Herman Stigzelius, Kauppa- ja teollisuusministeriön kaivostoimisto, Mannerheimintie 9 B, puh. 61 196. Apulaistoimittaja tri. ins. Paavo Asanti, Valtion teknillinen tutkimuslaitos, puh. 30 771.

ILMOITUSHINNAT: Kansilehdet 8000:—, muut lehdet kokosivu 6500:—, puolisivu 4000:— ja neljännessivu 2500:—.

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS r.y. — Utgivare: BERGSMANNAFÖRENINGEN r.f.
Painatus ja jakelu: Tällmäns kirjapaino, Helsinki. — Irtonumeroiden myynti: Otsaosen toimisto, Keskuskatu 1, Helsinki.

Äänenkannattajamme tulevaisuus

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen'in perustamisvuotena 1943 ilmestyi sen äänenkannattaja Vuoriteollisuus — Bergshanteringen kahtena numerona. Seuraavana vuotena oli lehden ilmestyminen vilkaimmillaan ja lehti ilmestyi kolmena kaksoisnumerona. Vuonna 1945 ilmestyi 2 kaksoisnumeroa, 1946 ainoastaan yksi kaksoisnumero ja 1947 samaten yksi kaksoisnumero, joka jacttiin jäsenille vasta kuluvan vuoden elokuussa.

Yhdistyksen hallitus on kaikkien jäsenten toivomuksesta nyt päättänyt yrittää elvyttää lehden toimintaa. Erillinen toimitusvaliokunta on asetettu ja päätoimittajan avuksi on määrätty apulaistoimittaja. Lehdelle on myöskin tehty julkaisuohjelma, jonka mukaan se toistaiseksi ilmestyy 2 kertaa vuodessa, mikäli mahdollista maalisi- ja syyskuun aikana paitsi kuluvana vuonna, jolloin 1 numero ilmestyy lokakuussa ja toinen numero toivottavasti voidaan jakaa jäsenille joulukuun aikana. On myöskin suunniteltu tehdä lehden sisältö monipuolisemmaksi julkaisemalla selostuksia yhdistyksen toiminnasta, henkilö-tietoja sen jäsenistä, kuulumisia teollisuudestamme, referaatteja Te-

knillisen korkeakoulun vuoriteollisuusosastossa tehdyistä diplomitöistä y.m. yhdistyksen jäseniä kiinnostavaa uutisainehistoa. Lehden alkuaikoina julkaistiin myöskin kirjallisuusselostuksia, mutta toimitus arvelee, että tällainen kirjallisuuspalvelu voi kasvaa ylivoimaiseksi tehtäväksi — onhan tämä yritys jo kerran valunut läekkaan.

Esitetyn julkaisuohjelman toteuttaminen riippuu kumminkin aivan ratkaisevasti yhdistyksen jäsenten ja kannattajapiirin myötävaikutuksesta. Lehtemme julkaiseminen ei voi esimerkiksi koskaan taloudellisesti tulla kannattavaksi yritykseksi — painoksen suuruuden ollessa ainoastaan noin 300 kappaletta, joten painatuskustannuksien peittämisestä olemme riippuvaisia teollisuutemme taloudellisesta tuesta. Toivottavasti suuret ja keskisuuret teollisuusyrityksemme ammattialalamme edelleen haluavat ylläpitää oman ammattikuntansa äänenkannattajaa tekemällä tarpeeksi suuria lahjoituksia. Lieneekin tämän teollisuuden oman edun mukaista että alan ammattimiehet tämän lehden palstoilla ovat tilaisuudessa tutustumaan toistensa töihin ja harrastuksiin.

Lehtemme taloudellinen asema on myöskin suuresti riippuvainen ilmoittajapiirien suhtautumisesta lehteemme, sillä mitä enemmän ilmoituksia pystytään saamaan sitä vähemmän tappiota lehden julkaiseminen tulee tuottamaan. Sen jatkuvan ilmestymisen turvaaminen on varmaan ilman minkäänlaisia perusteluja hyvin lähellä monien ilmoittajien sydäntä, mutta lienee kumminkin epäroiville syytä huomauttaa, ettei painoksen suuruus vaan lukijakunnan ostokyky määrää ilmoittamisen kannattavuuden, ja että lehtemme lukijakunnan muodostavat vuori-, metalli-, kalkki-, sementti- ja kiviteollisuutemme määräävät johtohenkilöt, joidenka käsien kautta hyvinkin huomattava osa teollisuutemme ostoista tapahtuu.

Lehtemme menestyminen edellyttää vielä, että jokainen yhdistyksen jäsen omalla tavallaan auttaa lehden ilmestymistä lähettämällä toimitukselle runsaasti teknillistieteellisiä kirjoituksia, lyhyitä uutisia omien teollisuuslaitostensa kehityksestä, tietoja itsestään kuten paikan- ja osoitteenmuutoksista, muistokirjoituksia edesmenneistä jäsenistä, y.m. lukijakuntaa kiinnosta-

Vuoden 2017 Henri Coriou –palkinto Aalto-yliopiston professori Hannu Hänniselle

Teksti: TUOMO TIAINEN

Euroopan korroosioyhdistysten kattojärjestö EFC (European Federation of Corrosion) on myöntänyt vuoden 2017 Henri Coriou –palkinnon Aalto-yliopiston koneenrakennuksen materiaali-tekniikan professori Hannu Hänniselle tunnustuksena hänen merkittävästä panoksestaan ydinvoimalaitosten korroosion ja rakennemateriaalien tutkimuksessa. Mitäli luovutettiin Tšekissä, Prahassa 4. syyskuuta 2017 järjestetyssä EUROCORR&ICC 2017 –kongressissa.

Hannu Hänninen aloitti tutkijan uransa vuonna 1977 VTT:n reaktorimateriaalien tutkimusryhmässä. Hänen fysikaalisen metallurgian alaan kuuluva väitöskirjansa hyväksyttiin Teknillisessä korkeakoulussa vuonna 1980. Vuodesta 1990 lähtien hän on toiminut Teknillisen korkeakoulun koneenrakennuksen materiaali-tekniikan professorina. Vuodesta 2010 alkaen hän on johtanut Aalto-yliopiston insinöritieteiden korkeakoulun koneenrakennustekniikan laitoksen koneenrakennuksen materiaali-tekniikan tutkimusryhmää, jonka yhtenä erityisalueena on ydinvoimalaitosten rakennemateriaalien turvallisuus.

Hänninen on ollut ydinvoimalaitosten korroosiotutkivan yhteisön jäsen jo yli neljä vuosikymmentä. Hän ja hänen tutkijaryhmänsä ovat perehtyneet erityisesti kevytvesireaktorien rakennemateriaalien ympäristövaikutteiseen murtumiseen ja väsymiseen sekä ydinjätteen loppusijoitus-säiliöiden korroosioon sijoitusolosuhteissa. Osaamisalueisiin kuuluvat myös fuusioreaktorit sekä neljännen sukupolven reaktorit. Hänninen on opettanut yliopistossa yli kolmekymmentä vuotta ja ohjannut sinä aikana yli 40 väitöskirjatyötä sekä useita post-doc –tutkijoita.

Hannu Hännisellä on laaja kansainvälinen yhteistyöverkosto. Hän on aktiivinen jäsen useissa ydinvoimalaitosten korroosiotutkimuksissa kansainvälisissä työryhmissä ja komiteoissa. Esimerkkejä ovat puheenjohtajuus kevytvesireaktoreiden materiaalien ympäristövaikutteista murtumista käsittelevässä yhteistyöryhmässä (IGC-EAC, perustettu 1978) sekä asiantuntijajäsenyys

Palkinnon luovutti Hannu Hänniselle EUROCORR&ICC 2017 –kongressin puheenjohtaja Stefan Ritter (oikealla).



Hänninen on ollut ydinvoimalaitosten korroosiotutkivan yhteisön jäsen jo yli neljä vuosikymmentä.

ydinjättekysymyksiä käsittelevässä Ruotsin kansallisessa neuvostossa (Kärnavfallsrådet, jäsen vuodesta 2002 alkaen).

Henri Coriou liittyi vuonna 1949 CEA (Commission for Atomic Energy and Alternative Energies, Ranska) –organisaatioon ja toimi CEA:n korroosio-osaston johtajana vuosina 1972-1984. Hän perusti vuonna 1967 EFC:n Nuclear Corrosion –työryhmän ja toimi sen puheenjohtajana vuoteen 1984

asti. Henri Corioun tärkein tutkimusaihe oli Ni-Cr-Fe –seosten korroosio ydinvoimalaitosolosuhteissa. Hänen elämäntyöstään on julkaistu kirja: EFC Publication 67, Stress Corrosion Cracking of Nickel-based Alloys in Water-cooled Nuclear Reactors – The Coriou Effect, eds. D.Feron and R.Staehle, 2016. EFC perusti vuonna 2016 Henri Coriou –palkinnon ja sen ensimmäinen saaja oli prof. David Tice Englannista.

Hannu Hänninen tutustui Henri Coriouhun 1970-luvun lopulla, kun VTT:lle rakennettiin autoklaavilaboratorio ydinvoimalaitosmateriaalien tutkimista varten todellisissa voimalaitosolosuhteissa. EFC:n Nuclear Corrosion –työryhmä oli aluksi ranskalais-ruotsalainen ja Suomen tultua mukaan Saksan kanssa 1970-luvun lopulla ovat vähitellen kaikki muutkin Euroopan maat osallistuneet työryhmän toimintaan. ▲



Kurssipäivä numero 17

Oppia ikä kaikki!

Teksti ja kuvat **LEENA K. VANHATALO**

Viisi kokenutta rikastamotyöntekijää kokoontui aamu-kahdeksaksi tammi-kuisena pakkaspäivänä ”koulun penkille” Dragon Miningin Vammalan rikastamon ruokalaan rikastamotöiden sijaan. Menossa oli toiseksi viimeinen koulutuspäivä 18 kerran tutkintotavoitteisesta koulutuskokonaisuudesta, joka alkoi maaliskuussa 2016 ja päättyy tutkintoäyttöihin helmikuussa 2018. Silloin kaikilla kymmenellä koulutukseen osallistuneella Vammalan rikastamon työntekijällä on suoritettuna kemianteollisuuden ammattitutkinto. Pääteemoja tutkinnossa ovat olleet rikastustekniikka, kunnossapito, rikastusautomaatio sekä turvallisuus- ja ympäristöasiat.

Tämän päivän aiheena oli muun muassa ollut kertausta siitä, miten näyttötutkintoon pitää valmistautua. Kurssilaisten keskuudessa onli havaittavissa pientä jännittyneisyyttä asiasta, mutta kouluttaja Teemu Mäkinen rohkaisi kurssilaisia tekemään kirjalliset

osuudet ennen näyttöä valmiiksi. Näyttötutkinto jakaantuu eri osa-alueisiin ja jos jostain syystä jokin osuus ei tulisikaan hyväksytyksi suoritetuksi vain hylätty osuus tarvitsee uusia. Kurssin vetää Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymän (KPEDU) pitkäaikainen kouluttaja, kemianteekniikan diplomi-insinööri Teemu Mäkinen. Hän on vuodesta 2002 lähtien kouluttanut erityisesti kaivosrikastamoiden työntekijöitä, ja suurin osa koulutuksista on yrityskohtaisia koulutuksia eri puolilla Suomea.

Mäkinen kertoo, että KPEDU on toteuttanut vuosien varrella erittäin monenlaisia rikastamopuolen yrityskohtaisia ja osin muitakin koulutuksia. Koulutukset räätälöidään yleensä aina yrityskohtaisesti. Dragon Mining Vammalan rikastamon tapauksessa kyseessä on tutkintotavoitteinen koulutus ja samankaltaisia koulutuksia on järjestetty KPEDUn toimesta aiemmin mm. Pampalon ja Suurikuusikon rikastamoilla. Koulutuksien sisällöissä on pieniä eroja yrityskohtaisten erojen vuoksi. KPEDUssa

on järjestetty kemianteollisuuden ammattitutkintokoulutusta koko koulutusjärjestelmän olemassaolon ajan (yli 20 vuotta) kemianteollisuuteen, rikastamoille ja metallien jatkojalostajille. Jatkossa samainen koulutus kulkee prosessiteollisuuden ammattitutkinnon nimellä, ja senkin osalta on jo uusia rikastamokoulutuksia suunnitteilla.

Kysymykseen, miksi juuri KPEDU on päätenyt järjestämään kyseisiä koulutuksia, Teemu Mäkinen valottaa historiaa: ”KPEDU on vastannut jo 1980-luvulta lähtien Kokkolan epäorgaaniseen kemiaan tukeutuvan suurteollisuuden koulutustarpeisiin. Aivan vuosittuhannen alussa Pyhäsalmen ja Hituran rikastamoilta kysyttiin, pystyisimmekö järjestämään alan koulutusta heidän työntekijöilleen. Tästä rikastamopuolen koulutukset lähtivät liikkeelle ensin pienemmällä volyyymilla, ja suunnilleen vuodesta 2006-2007 eteenpäin koulutus on ollut maanlaajuista ja laajaa lukuisille muillekin rikastamoille. Koulutuksien kirjo on leventynyt sittemmin kattamaan

KEMIANTEOLLISUUDEN AMMATTITUTKINTO

KAIKILLE PAKOLLISET OSAT

- 1 § Prosessin tuntemus
- 2 § Yrityksen tuntemus
- 3 § Turvallisuuden ja ympäristön hallinta
- 4 § Käynnissäpito

KEMIAN PERUSTEOLLISUUS	KEMIAN TUOTETEOLLISUUS	LÄÄKE- JA BIO-TEOLLISUUS
PAKOLLISET OSAT	PAKOLLISET OSAT	PAKOLLISET OSAT
5 § Prosessin ohjaus 6 § Ennakkohuolto ja kunnonvalvonta	5 § Prosessin ohjaus	17 § Hyvät tuotantotavat 5 § Prosessin ohjaus tai 18 § Lääketuntemus
VALINNAISET OSAT valittava yksi osa	VALINNAISET OSAT valittava kaksi osaa	VALINNAISET OSAT valittava yksi osa
7 § Koeajotoiminta ja tuotekehitys 8 § Energian käyttö 9 § Prosessilaitteiden käynnissäpito 10 § Automaatiojärjestelmät 11 § Ammatinohjaus	12 § Energia ja käyttöhyödykkeet 13 § Koeajotoiminta 14 § Logistiikka ja tuotetietous 15 § Laadunvalvonta 16 § Ympäristönsuojelu 11 § Ammatinohjaus	19 § Validointi 7 § Koeajotoiminta ja tuotekehitys 14 § Logistiikka ja tuotetietous 15 § Laadunvalvonta 16 § Ympäristönsuojelu 11 § Ammatinohjaus



Rikastamon päällikkö Heikki Miettunen

Kemiantekniikan ammattitutkinto -nimisen tutkinnon perusteet

rikastamotyöntekijöiden koulutusten ohella myös työnjohtokoulutuksia ja muita asiantuntijakoulutuksia. Lisäksi koulutuksia on järjestetty esim. muutamissa Suomen ammattikorkeakouluissa alihankintana. Tähän mennessä asiakkainamme ovat olleet lähes kaikki 2000-luvulla toimineet rikastamot Suomessa metallimalmi- ja teollisuusmineraalipuoli mukaan luettuna.”

Rikastamon päällikkö Heikki Miettusella oli hyvät kokemukset vastaavasta koulutuksesta Hituran kaivoksen ajoilta, joten hän rupesi järjestämään koulutusta myös Vammalan rikastamolle siirryttyään nykyisen työnantajan palvelukseen vuonna 2015. Kaikkiaan kurssilaisia on 10, mutta jotta kurssipäivistä ei olisi häiriötä tuotantoon, ryhmä on jaettu kahtia. Miettunen kertoi, että halukkuutta koulutukseen löytyi hyvin ja ryhmä saatiin kasaan. Kaivostoiminta on aina määräaikaista ja jatkoa on luvassa usein vain esimerkiksi kahden vuoden jaksoissa. Silti uskoa riittää uusien malmivarojen löytymiseen ja jatkuvuuteen. Jatkuvuuden

Tähän mennessä asiakkainamme ovat olleet lähes kaikki 2000-luvulla toimineet rikastamot Suomessa metallimalmi- ja teollisuusmineraalipuoli mukaan luettuna.

kannalta henkilöstön ammattitaidon kartuttaminenkin on tärkeää. Myös Valkeakosken Kaapelinkulma tuo haluttua jatkuvuutta Dragon Miningille, joka teki Vammalan rikastamolla uuden malmitonniennätyksen 93,3 prosenttiin käyntiasteella.▲



Kouluttaja Teemu Mäkinen

Metallurgin mietteitä

Teksti: **JUSSI SIPILÄ**
TKT, Tosikko.

Paljon on tietoa kaalistani kadonnut eläkkeelle siirtymisen jälkeen. Siksi tuntuukin tarpeelliselta kiteyttää vielä jäljellä olevia jäänteitä, ennen kuin nekin haihtuvat pitkäaikaisen harrastukseni (vanha swing ja muukin ikäisteni tanssimusiikki) pyörteisiin. Samalla ehkä vapaudun mieltäni kaivavasta painolastista. Kollegani tuntevat minut itsestään selvyyksien kyseenalaistajana. Toivottavasti en ole heille aiheuttanut pysyviä traumoja. Minun tavallani ajattelevien vahvasti nousujohteinen urakehitys saattaa jopa nousta kokonaan pystyyn.

Metallurgisessa työympäristössä toiminta-ajatus on tyypillisesti ”lisää tonneja ja entistä halvemmalla”. Taloudellisesti toimintapiste asettuu hinta-määrä-akseliston siihen laitaan, jossa suuri tonnimäärä x edes jonkinlainen hinta = mustille lukeville asettava tulos. Markkinat ovat hyvin kilpailullut. Tähän sisältyy lähes tiedostamattomana tarve päästä eroon tuottamattomasta työvoimasta. Poliitikoilta täysin tiedostamattomaksi on jäänyt tätä tarvetta kuvaava mittari (joka on työttömyytemme perimmäinen syy): kun henkilö palkataan nimellispalkalla 100, niin hänelle jää käteen n. 60, mutta työnantajan kustannus on luokkaa 165 plus joukko velvollisuuksia. Runsas satanen jää julkishallinnon pelimarkoiksi; siinä on ainakin kolmannes liikaa. Kaikki kuitenkin kuluu, myös se, joka on eläke/sairausvakuutuksen muodossa otettu työntekijältä lainaksi. Tehottomuuden keräytymistä kuvaa hyvin esimerkki leivän hinnassa: viljelijän osuus on vain 4%, kun hävikkikin on 6%!

Tämän päivän toimintaympäristö on aivan toinen kuin metallurgin urani alkuvuosina. Liiketoimintaa joudutaan kalliin työvoiman ympäristössä etsimään tonnien lisäämisen sijasta korkeamman lisäarvon toiminnasta, ja uusille tuoteideoille on huutava tarve. Keksijöitä on harvassa, keksintöjen tyrmääjiä sankoin joukoin. Mutta Fortuna ei suosi sitä, joka ei ole valmis epäonnistumaan.

Eläinkunnan kiertotaloudessa toisen jäte on toisen ravinto, raaka-aine. Kun Talvivaaran uraanin talteenoton yhteydessä



Jussi Sipilä, DI -69, TkL -74, TKT -79.
Tosikko.

- Kirjoittaja on tehnyt metallurgisten prosessien prosessitutkimusta, automaatiotratkaisuja, ja niiden myynti- ja projektinjohtotyötä Suomessa ja ulkomailla.
- Oy Lohja Ab, Virkkalan sementtitehtaan prosessitutkimusinsinööri
- Ahlstrom Automation Oy, myynti-/osastopäällikkö
- Ovako Engineering, projektipäällikkö
- Metso Automation, myynti-insinööri
- Outotec Oy, liekkisulattojen myynti- ja kehitystehtäviä, pros. suunnittelun päällikkö

puhuttiin myös muiden metallien, esim. scandiumin talteenotosta, tunsin suurta mielihyvää ja taisinpa kaataa itselleni siitä hyvästä pienen brandyn, täysin ansaitsemattoman. Uutinen oli kuin vastaus mieltäni pitkään askarruttaneeseen kysymykseen. Tämän päivän teollisuus tarvitsee myös sofistikoituneempia metalleja kuin teräs, nikkeli, sinkki ja kupari. Typpi Oy:n aikanaan kehittämät talteenottomenetelmät tehtiin nimenomaan harvinaisten maametallien erottamiseksi.

Kaivettuani aiheesta lisää tietoa löysin v. 2014 Jyväskylän yliopistossa tehdyn pro

gradu-työn ”Harvinaisista maametalleista ja niiden erotusmenetelmistä”, (Antti Tiihonen, ansiokas työ!). Muutama harhakäsitys kumoutui:

- Harvinaiset maametallit eivät ole harvinaisia; niitä on maankuoressa saman verran kuin Cu+Ni+Zn+Pb+Sn.

- Pääosa niiden tuotannosta tehdään muiden prosessien jätteistä ja savikerrostumista. Ja arvannette lopun mietteistäni: näitähän meillä on!

Harvinaisten maametallien markkinoita hallitsee nyt Kiina. Maa rajoittaa näiden metallien vientiä vahvistaakseen omaa elektroniikan tuotantoaan; jotkin näistä metalleista on kuvattu kriittisiksi huonon saatavuuden takia. Voidaan hyvin otaksua, että harvinaisten raaka-aineiden tuotanto vetää puoleensa niitä tarvitsevaa teollisuutta. Tämä tuskin on vain uskonasia, siihen vaikuttaa myös tahtotilamme. Suomi olisi ihan teellinen maa tällaiselle yritystoiminnalle.

Meillä pitäisi olla kiinnostusta kiinalaisten nyt hallitsemille apajille, varsinkin kun osaamisemme erotustekniikassa on vientikelpoisella tasolla. Alla kuvaamani aiheesyyt puoltavat sellaisen uuden metallurgisen liiketoiminnan mahdollisuuksien kartoittamista, jossa toimintapiste asettuu yllä kuvatun koordinaatiston vastakkaiseen nurkkaan, siis jossa säällittävä tonnimäärä x huikea hinta (100...4000 Eur/kg ja nousee) = mustat luvut viivan alla:

- Malmin rikastamisessa louhinta ja jauhatusta ovat niin kalliita tuotantovaiheita, että ne estävät ppm-tason pitoisuuksiin perustuvan toiminnan pääliiketoimintana (ellei tuoteta kultaa tai platinametalleja). Suomessa on kuitenkin toimivien ja toimintansa lopettaneiden kaivosten varastoimana merkittäviä määriä rikastushiekkaa siististi läjitettynä. Niissä jauhatuskustannus jo on maksettu. Hiekka on metallimalmin jätettä ja ”hiven”metallien löytymisen potentiaali on olemassa, kunhan niitä analysoidaan ilman ennakoasenteita, ja avoimin mielin annetaan sattumallekin mahdollisuus. Niiden arvo voi tänään olla aivan toinen kuin syntyhetkellään. Muistan Gustav Rosenlevin tutkimusyksikköään esitellessään, kertoneen, että selkeästi paras hyödynnettävyyttä

heillä oli perustutkimusluonteisten projektien tuloksilla. Tavoitetutkimuksissahan tulos on etukäteen määritelty ja haetaan vain keinoa saavuttaa se. Kaikki tulokset peilataan tavoitetta vasten ja ”muut tulokset” hylätään. Perustutkimuksissa tavoite on laajempi ja tulosten hyödynnettävyydelle on laajempi potentiaali; sattumallakin on mahdollisuutensa. Teflon keksittiin vahingossa, samoin Post-It-tarjojen liima.

- Sellaista käsitettä kuin europiumkaivos tai scandiumkaivos tuskin on, ehkä Kiina lukuunottamatta. Tällaiset harvinaiset metallit jalostetaan ymmärtääkseni pääosin muiden mineraalien valmistuksen jätteistä, myös Kiinassa.

- Prosesseissa syntyy sähkösuodinpölyjä, joita mahdollisuuksien mukaan kierätetään; kierrätys nostaa pölyjen ”haittakomponenttien” pitoisuuksia. Useiden

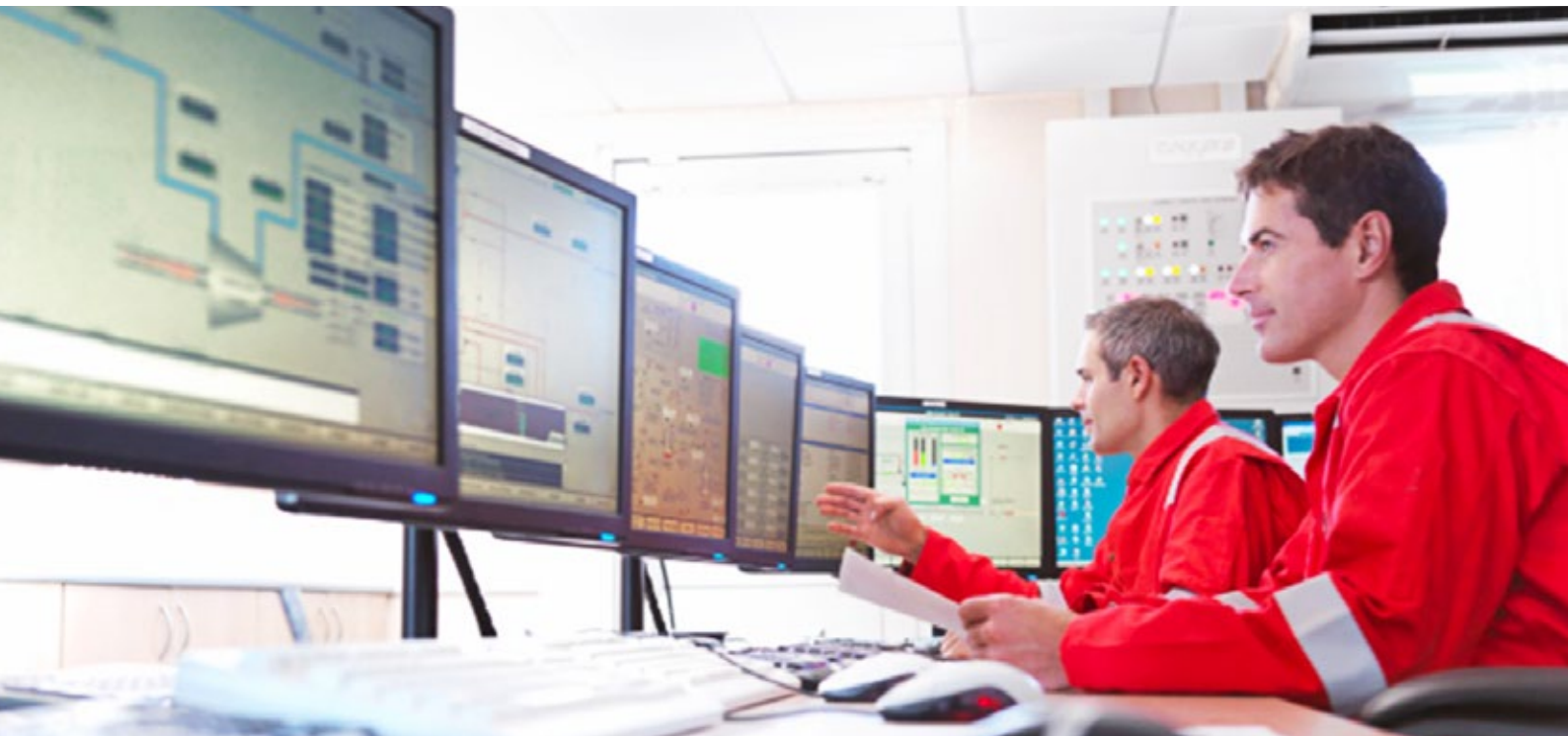
raskaampien metallien (=arvokkaampien) metallien kloridit ja jopa oksiditkin höyrystyvät matalahkoissa lämpötiloissa ja rikkastuvat pölyhiukkasten pintaan otollisesti talteenotolle. Terästehtaiden pölyistä löytyy ehkä muutakin kuin rautaa, kalkkia ja sinkkiä; sähkösuotimia käyttää lukuisa määrä muitakin teollisuuslaitoksia.

- Maassamme on runsaasti savikerrostumia; nekin kuuluvat tähän potentiaaliin.

Tällainen potentiaalisten raaka-ainesten kartoitustyö voi tuskin tulla tehdyksi ilman julkista tukea (vierastan ajatusta, että kiinalaiset rahoittaisivat senkin). Maassa on analysointikapasiteettia sekä korkeakouluissa, tutkimuslaitoksissa että teollisuuden laboratorioissa. Kertynyttä analyysiaineistoakin on olemassa, vailla hyödyntäjää. Tulosten hyödyntäjää ei tiedetä, joten kustannusten kattajaa ei voida osoittaa. Paitsi että

jokainen tietää, että tämä maa niitä tuloksia tarvitsee. Uskon tällaisessa selvityksessä toteutuvan Gustav Rosenlevin kokemukset: perustutkimus kannattaa.

PS: Ensimmäinen öljykriisi potkai si minut ensimmäiseen työpaikkaani, ja samalla ”sivuraiteelle” eli hyödyntämään instrumentointia ja automaatiota metallurgina. Pidän tätä onnenpotkuna. Sain tehdä tätä kiinnostavaa työtä metallurgisten tuotantoprosessien parissa, ja toiminnalle oli aitoa tarvetta. Kysyin eräällä laitoksella sitä henkilöä, jonka tehtävänä on ajoittain jalat pöydälläkin miettiä miten voitaisiin estää eilisen prosessihäiriön esiintyminen tulevaisuudessa, pysyvästi. Minulle kerrottiin, että organisaatiossa ei enää ole sellaista henkilöä. Hänetkin siis oli todettu tuottamattomaan työvoimaan kuuluvaksi ja hänen työnsä ulkoistettu. Ihmettelin.▲



KBR Ecoplanning is a technology and engineering company providing evaporation and crystallization technologies to industrial clients in the fertilizer, chemicals, metallurgical and other markets. Ecoplanning is part of KBR (NYSE: KBR) and has broad experience in regeneration of acids, unique expertise in evaporation, and crystallization – from concept to complete plant design.

KBR
ECOPLANNING

FLEX WP3 Adaptive Refining Metallurgy

– Joustava metallien jalostus

Teksti: **VILLE-VALTTERI VISURI**, TUTKIJATOHTORI, PROSESSIMETALLURGIAN TUTKIMUSYKSIKKÖ, OULUN YLIOPISTO
AGNE BOGDANOFF, KEHITYSPÄÄLLIKKÖ, SSAB EUROPE OY

Johdanto

Tulevaisuudessa yksi kilpailukykyisen terässulaton vaatimuksista on kyky vastata joustavasti muuttuvaan kysyntään. Sulattoprosessien on pystyttävä vastamaan muuttuviin asiakasvaatimukseen ja strategiaan muutoksiin uhraamatta kustannustehokkuutta tai tuotetun teräksen laatua.

Tavoite

Business Finlandin (ent. Tekes) rahoittaman FLEX-tutkimusohjelman kolmas työpaketti (WP3) keskittyy hiiliteräksen ja ruostumattoman teräksen sulametalurgiaan. Projektin tavoitteena on vähentää terässulan koostumuksen ja lämpötilan hajontaa, tehostaa energiatehokkuutta ja parantaa saantoa. Projektissa tehtävän tutkimus- ja kehitystoiminnan avulla luodaan myös edellytyksiä uusien terästuotteiden valmistukseen.

Prosessien tilan arviointiin tarvitaan uusia mittausmenetelmiä, joiden avulla mahdollisiin häiriöihin voidaan reagoida oikea-aikaisesti. Kehittyneiden tilastometaattisten menetelmien avulla prosessin tilaa voidaan arvioida hyödyntämällä tietoa useista epäsuorista mittauksista. Uusien mittausmenetelmien ohella lisätietoa saadaan prosessimalleista ja -simulaattoreista, jotka mahdollistavat uusien tuotantopraktiikoiden kokeilun aiempaa nopeammin ja vähemmällä kustannuksilla.

Terästenvalmistajien erikoistuessa entistä lujuempaan teräslajeihin teräksen puhautuksen yhteys laatuun ja mekaanisiin ominaisuuksiin on korostunut. Tämän vuoksi on tärkeää selvittää, miten sulkeumia voidaan hallita jo terässulaton. Laboratorio-olosuhteissa tehtävien yksityiskohdainten tutkimusten lisäksi sulkeumien karakterisointiin tarvitaan uusia menetelmiä, jotka ovat riittävän nopeita online-käyttöön tehdasympäristössä. Sulkeumien muodostamien klustereiden koon ja muodon vaihtelu saattaa olla suurta eikä näiden parametrien vaikutusta mekaanisiin ominaisuuksiin tunneta täysin. Teräksen sulkeumapuhtaus



LD-konverterin panostus Raahen terästehtaalla.

onkin laatuominaisuus, jolle ei ole yksiselitteisiä määritelmiä, joilla tuotteita voitaisiin vertailla tai asettaa paremmuusjärjestykseen. Tästä syystä terästeollisuudessa on tarvetta myös uusille sulkeumienhallinta- ja laadunennustummalleille.

Tehtävät

FLEX WP3-projektissa yliopistot tuovat projektiin osaamista erityisesti korkealämpötilaprosessien mallintamiseen ja kokeelliseen tutkimukseen liittyen. Teollisuuspartnerit tarjoavat puolestaan teollisen kontekstin, tarvittavat materiaalit sekä syvällistä prosessiasiantuntemusta uusien prosessipraktiikoiden kehittämiseen. Projektissa hyödynnetään pk-yritysten asiantuntemusta simulaatio-ohjelmistojen jalkauttamisessa ja käytettävyyden kehittämisessä.

Aalto-yliopistossa projektiin liittyvää tutkimusta tehdään Metallurgian ja Energiatekniikan tutkimusryhmissä. Metallur-

gian tutkimusryhmä keskittyy OES-PDA-menetelmän soveltamiseen sulkeuma-analytiikassa. Tavoitteena on kehittää tehdaskäyttöön soveltuva nopea työkalu, jonka avulla saadaan tietoa sulatuskohtaisesta sulkeumakuvasta. Energiatekniikan tutkimusryhmässä tehtävällä tutkimuksella pyritään kartoittamaan nykytietämys fosforinpoistosta AOD- ja LD-prosesseissa. Tätä tietoa voidaan hyödyntää arvioitaessa prosessien kyvykkyyttä.

Oulun yliopistosta projektiin osallistuu kolme tutkimusyksikköä: Prosessimetallurgia, Biomimetikka ja älykkäät järjestelmät sekä Mekatronikka ja konediagnostiikka.

Prosessimetallurgian tutkimusyksikössä tutkitaan yhteistyössä Outokumpu Stainless Oy:n kanssa uusia menetelmiä AOD-kuonan fluksaamiseen. Kammiouunissa tehtävillä kokeilla tutkitaan fluksatun kuonan aiheuttamaa kulumista vuorausmateriaalista valmistettuun upokkaaseen. Hiiliteräksen valmistukseen liittyen tutkitaan

korkea-alumiinisen teräksen sulkeumaku-
vaa. Kenttäemissiopyyhkäisyelektronimi-
kroskoopin (FESEM) avulla terässulatolta
kerätyistä metallinäytteistä saadaan tietoa
sulkeumakuvan kehittymisestä prosessivai-
heiden välillä. Lisäksi näytteistä analysoi-
tujen sulkeumien määriä ja koostumuksia
verrataan termodynamiikkaohjelmistolla
(FactSage) laskettuihin yhdisteiden stabiili-
suuksiin ja sulasulkeumien koostumuksiin.

Biomimetikan ja älykkäiden järjestel-
mien tutkimusryhmässä mielenkiinnon
kohteena on erityisesti tuotteen mekaanis-
ten ominaisuuksien ennustaminen sulkeu-
maklusterien jakauman ja prosessiparamet-
rien pohjalta.

Mekatroniikan ja konediagnostiikan
tutkimusyksikön tutkimusaiheena on senso-

rifuusion soveltaminen kunnonvalvontaan
ja prosessien ennustamiseen terässulatolla.
Pääasiallisena tutkimusmenetelmänä on
uusien värähtelymittausten ja tuotannossa
entuudestaan mitattavien suureiden ana-
lysointi monimuuttujamenetelmillä. SSAB
Europe Oy:n ja Prosessimetallurgian tut-
kimusyksikön kanssa yhteistyönä tehtävän
tutkimuksen sovelluskohteita ovat vakuumi
ja LD-konvertteri.

SSAB Europe Oy:n tutkimusaiheita ovat
sulkeumien online-analytiikka, seostuk-
sen vaikutus sulkeumapuhtauteen, uusiin
mittauksiin perustuvat ohjausmenetelmät
vakuumilla ja konvertterilla sekä jatkuva-
valun simulointi.

Outokumpu Stainless Oy:n tärkeim-
mät tutkimusaiheet WP3-projektissa ovat

kuonapraktiikan kehittäminen AOD- ja
ferrokromikonvertteriprosesseissa sekä
valukoneen toiminnan kehittäminen si-
mulointityökalujen ja lämpökamerasovel-
lusten avulla.

Casim Consulting Oy jatkokehittää mal-
linnusohjelmistoja jatkuvavalun simuloin-
tiin. CastManager-järjestelmällä voidaan
laskea valunauhan lämpötilajakauma rea-
aliaikaisesti. Järjestelmään sisältyvällä
IDS-ohjelmistolla tuotetaan puolestaan
valuun liittyviä laatuindeksejä.▲

Partnerit

Aalto-yliopisto, Casim Consulting Oy,
Outokumpu Stainless Oy, SSAB Europe
Oy ja Oulun yliopisto.



KALKKIMAA 100 VUOTTA 

Korkealaatuiset tuotteet kaivos-, rakennus- ja betonteollisuudelle



Suomen TPP Oy

Suomen TPP Oy on kallion lujitukseen ja tiivistykseen, maanalaisen tilojen ilmanvaihtoon sekä betonin lujuuskuituihin erikoistunut yritys. Toimintamme periaatteena on kustannustehokkuus ja korkealaatuisten tuotteiden toimittaminen asiakkaidemme tarpeiden mukaisesti.

Edustamme tunnettuja tuotteita maailman johtavilta valmistajilta.

- Kalliopultit ja injektointipultit
- Täydellinen valikoima vajeripultitus tuotteita
- Cementa Ab:n injektointisementit
- HIC teräskuidut ja Forta Ferro makrokuidut
- Tammet kaivosverkot
- Zitron puhaltimet
- Protan Ventiflex tuuletusputket
- Alvenius pikaliitinputket

Suomen
TPP

Suomen TPP Oy :: info@suomentpp.fi :: www.suomentpp.fi



PEKKA SUOMELA

Kaivosteollisuus ry hallituksen pj.

Tiekartta eduskuntavaaleihin 2019

Kaivosteollisuus ry:n hallitus pohti syksyllä 2017 strategiaistunnoissaan Suomen kaivosteollisuuden tilannetta ja tulevaisuuden näkymiä. ”Olemme vedenjakajalla. Toisaalta energiamurros ja raaka-aineiden hyvä hintakehitys ovat nostaneet tunnelmia teollisuudessa myös Suomessa. Asioista keskustellaan edelleen kriittisesti, mutta samalla aikaisempaa monipuolisemmin”, Kaivosteollisuus ry:n puheenjohtaja Tommi Halonen toteaa. ”Kaivosyhtiöt ovat tiedostaneet hyvin sen, että ne voivat hankkia liiketoiminnalleen yhteiskunnallisen hyväksynnän ainoastaan toimimalla mahdollisimman eettisesti, ekologisesti ja turvallisesti”, Halonen jatkaa. Sidosryhmien pitkäjänteinen työskentely Kestävän kaivostoiminnan verkostossa alkaa tuottaa tuloksia.

Seuraavat eduskuntavaalit vuonna 2019 keskusteluttivat Kaivosteollisuus ry:n hallitusta. Tavoitteemme vaaleihin ovat selkeät. Viestimme on, että kaiken teollisuuden ja myös kaivosten verokohtelun tulee olla ennustettavaa ja yhdenvertaista. Olipa sitten kyse luonnonvarojen käyttöä koskevasta keskustelusta tai teollisuuden energiaverotuksesta, kaivoksille on tärkeä johdonmukainen ja ennustettava kehitys. Edellisen hallituksen aikana meitä kohtasi poukkoileva verokeskustelu, joka ei herättänyt luottamusta uusien investointeja suunnittelevien keskuudessa.

”Hyvinvoinnin ketju alkaa toimivasta kaivosteollisuudesta”, toteaa Halonen. ”Ilman kaivosteollisuutta emme voi ylläpitää nykyaikaista yhteiskuntaa. Tämän perusajatuksen haluan kirkastaa kaikille.”

Kaivosalaa koskevan ymmärryksen lisääminen ja sitä kautta alan imagon parantaminen ovat tärkeitä askeleita kohti vaaleja. Tässä viestiämme tukevat työllistyminen ja aluetaloudelliset hyödyt: kaivosalan työpaikat tuottavat merkittävästi töitä myös muille aloille. Korostamme myös

yhteistyötä alan jatkojalostuksen kanssa. Kaivosteollisuus mahdollistaa metallien jalostamisen Suomessa ja avaa kasvumahdollisuuksia aina sähköautojen akkuihin asti.

Suomi elää viennistä ja kansainvälisistä yhteyksistä. Kaivosala on malliesimerkki siitä, miten kansainvälisyys on luonnollinen lähtökohta koko toimialalle. ”Suomalainen kaivososaaminen on maailman huippua ja kaivosteknologiamme on suomalaisen viennin vetureita. Maailmalla meidät tunnetaan edelläkävijyydestämme”, kiteyttää Tommi Halonen Kaivosteollisuus ry:n viestin.



Tommi Halonen

Kaivosteollisuus ry:n hallitus 2018

Kaivosteollisuus ry valitsi syyskokouksessaan 27.11.2017 uuden hallituksen. Uudeksi puheenjohtajaksi valittiin Vice President **Tommi Halonen** Oy Forcit Ab:sta. Uudeksi varapuheenjohtajaksi valittiin toimitusjohtaja **Joni Lukkaroinen** Terrafame Oy:stä.

Muut Kaivosteollisuus ry:n hallituksen jäsenet ovat **Jukka Jokela** (toimitusjohtaja AA Sakatti

Mining Oy/Anglo American), **Jyrki Salmi** (kaivoksen johtaja Outokumpu Chrome Oy), **Peter Bergman**, (Boliden Kevitsa Mining Oy), **Kari Vyhtinen** (Chief Operating Officer Nordkalk Oy Ab), **Sami Niiranen** (toimitusjohtaja Epiroc Oy), **Mikko Korteniemi** (kaivoksen johtaja Agnico Eagle Finland Oy Kittilän kaivos), **Teija Kankaanpää** (kaivoksen johtaja, Yara Suomi Oy Siilinjärven kaivos), **Juha Haverinen** (geologi Magnus Minerals Oy) ja **Kari Föhr** (sales director, Outotec Oyj).▲



KIMMO JÄRVINEN

Toimitusjohtaja
Metallinjalostajat ry
p. 043 825 7642

Suomen kilpailukyky on paljon muutakin kuin kiky

Suomi esiintyy mielellään EU:ssa ja kansainvälisesti vapaan kaupan ja avoimen markkinatalouden kannattajana. Kiistatta onkin niin, että Suomen kaltaiselle pienelle ja korkean kustannustason maalle avoimuus kansainvälisessä kaupassa on elinehto. Ei ole mahdollista, että Suomi ja suomalaiset yritykset pystyisivät toimimaan kannattavasti ilman vapaan ja reilun kaupan takaavia, sääntöihin perustuvia EU-kauppasopimuksia.

Suomen tavaroiden ja palveluiden viennin arvon kasvu on viime vuosina kuitenkin pysähtynyt noin 76 miljardin suuruusluokkaan. Tilastokeskuksen ja Eurostatin tilastot todistavat vääjäämättä, että Suomen kansantalous lähti kasvuun 3-4 vuotta myöhemmin kuin muissa EU-maissa, eikä kasvu ole vielä sen nopeampaa kuin EU:ssa keskimäärin. Investointiaste on edelleen alhaisempi kuin muissa EU-maissa eikä energiaintensiivisen teollisuuden pudonnutta vientiä ole pystytty korvaamaan. Hienoa on tietenkin, että meillä on vihdoin kasvua.

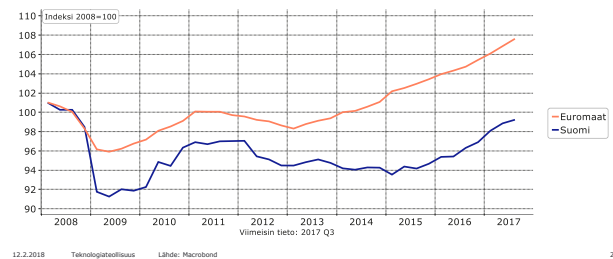
Kannattaa perehtyä Teknologiateollisuus ry:n uusimpaan Teknologiateollisuuden Talousnäköymät 24.1.2018 julkaisuun. Näyttää vahvasti siltä, että Suomen kilpailukyky ei ole riittävä, jotta pystyisimme pysymään muun Euroopan tahdissa avoimessa kilpailussa. Suomen tulee tarjota yrityksille sellainen toimintaympäristö, jotta ne investoivat uuteen tuotantokapasiteettiin tai sijoittaisivat toimintonsa Suomeen. Ainoastaan siten voimme taata hyvinvointivaltion tulevaisuuden ja tarjota suomalaisille nykyisen tasoisen elintason ja elämän laadun. Tästä syystä on korkea aika vahvistaa Suomessa toimivien ja Suomeen sijoittavien yritysten toimintaedellytyksiä kaikilla oleellisilla osa-alueilla.

Energiaverokeskustelun pitää perustua kansainväliseen vertailuun

Suomen kilpailukyky on paljon muutakin kuin työvoimakustannukset ja kiky. Energian ja sähkön reaalikustannus on suomalaiselle elinkeinoelämälle yksi tärkeimmistä kustannuksista, ja se määrittelee omalta osaltaan merkittävästi yritysten kilpailukykyä. Tämä koskee niin perusteellisuutta, palveluelinkeinoja kuin informaatioteollisuuttakin. On paradoksaalista, että samalla kun Suomi pyrkii julistautumaan sähköautoilun ja datacentereiden luvatuksi maaksi ja avoimeksi vapaan kaupan puolestapuhujaksi Euroopassa, käynnissä on puutteellisiin tutkimustuloksiin perustuva keskustelu siitä, että voisimme kasvattaa suomalaisen energiaverojärjestelmän taakkaa yrityksille.

Sähkön hankintakustannus käyttäjälle muodostuu sähkön markkinahinnan lisäksi mm. verkkomaksuista, veroista ja erilaisista tukimaksuista sekä näistä saatavista alennuksista. Maksujen alen-

Bruttokansantuote kasvaa myös Suomessa, mutta takamatkaa muihin euromaihin on 8 prosenttia

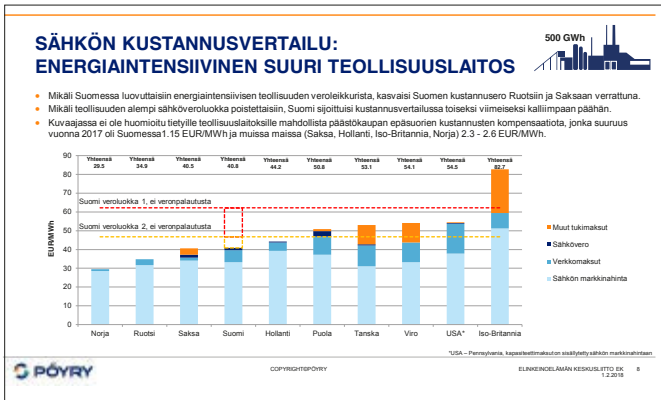


nusten tai palautusten ehdot ovat monissa maissa monimutkaisia ja riippuvat useista tekijöistä. Energiaintensiiviselle teollisuudelle sovelletaan kaikissa vertailumaissa erilaisia verohelpotuksia, joilla pyritään vaikuttamaan sähkön kokonaiskustannuksien kautta teollisuuden kansainväliseen kilpailukykyyn. Tyypillisiä keinoja ovat teollisuuden alennettu sähköverokanta, (osittainen) vapautus sähköverosta sekä erilliset veronpalautusmekanismit.

Juuri valmistuneen tutkimuksen perusteella teollisuuden mak-sama sähkön kokonaiskustannus ja erilaiset veroluonteiset maksut ovat Saksassa, Norjassa ja Ruotsissa Euroopan edullisimmat ja selkeästi Suomen teollisuuden maksamia kustannuksia pienemmät. Palvelusektorilla Suomi asettuu kustannusvertailussa keskivaiheille. Erilaisten verojen ja tukimaksujen osuus kokonaiskustannuksissa on merkittävä kaikissa vertailumaissa. Erityisesti tämä näkyy Saksassa ja Tanskassa. Datakeskuksille on Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa asetettu verohelpotuksia, mikä parantaa merkittävästi maiden houkuttelevuutta konesali-investoinneissa.

Suomen valtio saa enemmän verotuloja – vai saako sittenkään?

Suomen muita korkeampi sähkövero asetettiin aikanaan verotulojen lisäämiseksi ja valtion budjettivajeen paikkaamiseksi. Koska Suomen elinkeinorakenne on muita eurooppalaisia kilpailijamaita energiaintensiivisempi, huomattiin heti alussa, ettei teollisuuden todellista energiaverorasitusta kannata asettaa 14 kertaa korkeammaksi kuin kilpailijamaissa. Silloin nämä Suomen kansantaloutta pystyissä pitävät yritykset siirtyisivät muualle ja Suomen valtion kokonaisverokertymä supistuisi merkittävästi. Tästä syystä kehitettiin energiaveroleikkuri, joka takaa sen, ettei Suomen teollisuuden maksama energiavero ole ”kuin” neljä kertaa korkeampi kuin kilpailijamaissa.



Samalla logiikalla EU on päästökauppadirektiivissään pää-
tynyt kompensoimaan energiantensiiviselle teollisuudelle niin
suorien kuin epäsuorienkin päästökauppakustannusten vaikutus-
ta. Komissio oivalsi heti päästökaupan käynnistyttyä, ettei paljon
energiaa ja sähköä kuluttavalle teollisuudelle kannata yhteisen
edun nimissä asettaa merkittävästi suurempia kustannuspaineita

kuin kilpailevalle, EU:n ulkopuoliselle vastaavalle teollisuudelle
jolla ei ole päästökauppaa vastaavaa lisäkustannusta.

Suomi on avoin markkinatalous ja useimpien suomalaisten
yritysten viitekehystenä ovat kansainväliset markkinat ja markki-
nahinnat. Suomen energiaveroleikkuri ja epäsuorien kustannusten
kompensatio eivät ole yritystukia, eikä niillä voida vaikuttaa
esimerkiksi Suomessa myytävien metallituotteiden hintoihin,
koska hinta määräytyy maailmanmarkkinoilla. Edellä mainitut
elementit ovat, kuten päästökauppalakikin sanoo, paikallisten
haittojen kompensatioita, joiden tarkoituksena on taata se, että
yritykset pystyvät kilpailemaan tasavertaisesti kansainvälisillä
markkinoilla.

Energiaveroleikkurilla ja kompensatioilla mahdollistetaan
suomalaisen teollisuuden kilpailukykyinen toiminta avoimessa
markkinataloudessa, ja siten korkein mahdollinen verotuotto
myös yhteiskunnalle. Kompensatioiden poistaminen merkitsisi
teollisuuden energiaveron kasvamista 14-kertaiseksi ja on itsestään
selvää, että tämä merkitsisi yritystoiminnan loppumista, josta
seuraisi myös työllisyyden ja verotulojen merkittävä pudotus. ▲



**Astrock can take care of geophysics needed for
mineral exploration as a whole**

www.astrock.com



Teknikum Oy
PL 13, Sastamala
Puh. 03 519 11
www.teknikum.com

Polymeeriteknologian asiantuntija





PERTTI VOUTILAINEN

Hulluuden huippu

Sanotaan, että ihmisen hulluus on ehtymätön luonnonvara. Pienessä porukassa pohdiskeltiin, mikä saattaisi olla sen äärimmäisin ilmenemismuoto. Kovasti yksimielisinä todettiin, että nuorten neitokaisten tapa kulkea jalassaan farkut, joista jo uutena on polvien seutu revitty rikki, on hyvä esimerkki äärimmäisestä hulluudesta. Vaikka kuinka yrittäisin miettiä, en keksi mitään järjellistä syytä moiseen käytökseen. Jos joku keksii, ilmoittautukoon. Onneksi ilmiö näyttää koskevan ainoastaan naispuolista väestöä. Miesten puolella vastaavaan syyllistyvät vain iskelmätähdet, joiden imagoon kuuluu karvaisuus ja kummalliset kuteet. Maailman lopun elkeitä ovat mielestäni molemmat ilmiöt.

Hulluihin tekoihin on viimeisimmän vuoden aikana laskettu myös Amerikan presidentin monet kannanotot. Käsitkseni tässä asiassa lieventyi, kun äskettäin luin amerikkalaisen tutkimuslaitoksen julkistamia tietoja, joiden mukaan amerikkalaiset arvostavat ”torakoita, juurihoitoa, täitä, paksusuolen tähytystä ja liikenneuhkia enemmän kuin maan eduskuntaa, kongressia”. Siinäpä siis populistiselle politiikalle oiva perusta. Eipä ollutkaan Trump tyhmä haukkuessaan virkaanastujaisissaan pataluhaksi Washingtonin poliittisen eliitin. Se puhe lankesi otolliseen maaperään. Ja sen sanoma voi kannatella presidenttiä vallan kahvassa kauemmin kuin yleensä luullaan. Maan talous on hyvässä mallissa, joten ei siltäkään taholta ole ongelmia odotettavissa. Ei haittaa, vaikka hyvää hedelmää kantavat uudistukset ovat ainakin osittain jo Obaman kaudella alkuun pantuja. Kun vaihtoehtoiset totuudet ovat nykyään sallittuja, voidaan omaksi ansioksi laskea toistenkin hyvät teot.

Samankaltainen on tilanne Suomessakin. Kaikkien viisaiden ennustajien näkemysten vastaisesti taloutemme on yhtä äkkiä lähtenyt laukkaamaan niin, että tuskin ehtii muste ennusteraporteissa kuivua, kun jo uutta ja entistä parempaa kehitystä on luvassa. Mutta kenen ansiota tämä on? Hallitus röyhittää rintaansa ja sanoo, että ministerien viisaat teot ja kilpailukyky sopimus meidät pelastivat. Samaan hengenvetoon se kuitenkin ilmoittaa, että Kiky on puhtaasti työmark-

kinaosapuolten välinen sopimus, josta syystä valtio ei voi sen aiheuttamia menetyksiä – kuten lomarahojen leikkauksia – lähteä kompensoimaan. Oppositio on kaikesta eri mieltä, mutta vailla omia ansioita. Eiköhän olisi parasta unohtaa tämä kiista ja keskittyä tulevaan. Voin luvata, ettei tämä autuus kestä ikuisesti. Kun kipeästi tarvittut rakenteelliset uudistukset talouspolitiikkaan ovat edelleen suurelta osin tekemättä, pelkään, että edessämme on seuraavan laman aikana entistä pahempi ahdistus. Nyt jos koskaan olisi aika säästää eikä tuhlaata.

Presidentti saatiin valituksi vaivatta. Demokratia toimi moitteettomasti, ja laidasta laitaan ollaan lopputulokseenkin tyytyväisiä. Aivan toinen on samaan aikaan tilanne hankkeessa, jossa työttömiä yritetään aktivoida hakemaan työtä. Ay-liike on noussut kapinaan demokraattisessa järjestyksessä tehtyjä päätöksiä vastaan. Eduskunta on säätänyt lain, joka tietenkin on tarkoitettu noudatettavaksi. Veronmaksajien tukea nauttivat instituutiot kuitenkin häpeämättä nousevat laillista esivaltaa vastaan ja aiheuttavat suurta haittaa yhteiskunnan toiminnalle. Minä en tätä voi ymmärtää. Anarkiaan emme saa vajota.

Samantapainen episodi koettiin, kun sanomalehti julkaisi otteita salaisista asiakirjoista. On kiistatonta, että näiden papereiden julkitulo on tapahtunut rikollisella tavalla, jota hyvin voidaan verrata varkauteen. Ja varastettuun tavarahan ryhtymisen ainakin ennen sanottiin olevan rikollista. Jälleen loppuu ymmärrykseni niitä kohtaan, jotka sanovat tämän olevan luvallista. Virkamiehelle on lailla annettu oikeus leimata asiaperi punaisella leimalla, jos sen julkaiseminen on vastoin valtakunnan yleistä etua. Ja lakia tulee kaikkien noudattaa. Taidanpa entistä kiivaammin alkaa kannattaa Trumpia, joka panee kuriin amerikkalaista mediaa. Kokemuksesta tosin tiedän, että turpiin siltä porukalta tulee.

Paljon on vielä tehtävää, ennen kuin maailman meno on kohdallaan.

Voiko oppositiossa vaikuttaa? Kyllä; voi vaikuttaa idiootilta.

Satu spinodaalierkautumisesta

OLIPA KERRAN kaksi valtiota, jotka elivät lähekkäin hyvässä sovussa keskenään. Niiden kansalaiset hyörivät arkisissa askareissaan, eikä mikään häirinnyt kummankaan valtion sisäistä rauhaa.

Eräänä päivänä kummankin valtion rajan yli vaelsi suuri joukko vieraiden maiden kansalaisia, kumpaankin eri ilmansuunnista. Vieraita oudokuttiin ja heihin pyrittiin tutustumaan paremmin. Osoittautui, että toiseen valtioon, kutsutaanpa sitä vaikka valtioksi A, tulleet olivat peräisin maasta, jossa oli kutakuinkin samanlainen yhteiskuntajärjestys. Muutenkin he tuntuivat kohtuullisen mukavilta ja näyttivät sijoittuvan vaivattomasti uuteen kotimaahansa. Lähemmin tutustuttaessa kuitenkin havaittiin, että heidän luonteessaan oli joitakin salaperäisiä piirteitä, jotka saivat tulokkaat sittenkin tuntumaan vähän vierailta. Nykyisin sanottaisiin, että henkilökemiat eivät oikein kohdanneet. Tästä huolimatta vieraiden sallittiin sijoittua uuteen valtioonnsa haluamallaan tavalla ja he sekoittuivat luontevasti alkuperäisväestöön.

Toiseen valtioon, joka voidaan nimetä valtioksi B, tulleet kansalaiset tuntuivat olevan peräisin yhteiskuntarakenteeltaan täysin erilaisesta maasta. Heidän tapansa olivat erilaiset ja aluksi kanssakäymistä heidän kanssaan arasteltiin. Aikaa myöten he kuitenkin osoittautuivat mukaviksi ja ystävällisiksi ihmisiksi, joiden kanssa oli helppo tulla toimeen. Niinpä hekin aikaa myöten sulautuivat uuteen yhteiskuntaansa, kuitenkin alkuperänsä ja totutut tapansa säilyttäen. Saattoipa ilmaston lämpenemiselläkin olla osuutta asiaan. Molemmissa valtioissa oltiin lopulta jopa hyvillään uusista tulokkaista, jotka ottivat mielihyvin vastaan sellaisiakin töitä, joita alkuperäisväestö katseli vähän vieroksuen.

Muutaman ajan kuluttua päätettiin kummassakin valtiossa, lähekkäisiä kun olivat, järjestää juhlat vahvistamaan uusien tulokkaiden vastaanotto uuteen kotimaahansa. Koska tulokkaiden määrä oli suurehko ja he olivat jakautuneet varsin tasaisesti kautta maan, päätettiin järjestää paljon pieniä paikallisia tapahtumia, jotta mahdollisimman monet uusista tulokkaista voisivat juhliin osallistua. Näin myös tehtiin.

Juhlat olivat hyvin onnistuneita ja tulokkaat kokoontuivat sankoin joukoin kukin oman alueensa tapahtumiin. Kestytystä riitti moneksi päiväksi ja sekä tulokkaat että alkuperäisväestön kansalaiset viihtyivät hyvin. Kaikki hyväkin loppuu kuitenkin aikanaan ja juhlien päätyttyä tuli aika palata takaisin kodeiksi muodostuneille asuinsijoille.

Valtiossa B paluu sujui oikein hyvin. Tulokkaat kulkivat kukin koteihinsa ja pian kaikki taas oli kuten ennenkin. Tulokkaat elivät alkuperäisväestön joukossa tasaisesti jakautuneina ja juhlien muistelemisen toi paljon mielihyvää arjen askareisiin.

Valtiossa A alkoi kuitenkin tapahtua kummia. Sen sijaan,



että uudet tulokkaat olisivat palanneet takaisin asuinsijoilleen, he jäivätkin juhlapaikoille. Samanaikaisesti alkoivat ne tulokkaat, jotka eivät olleet juhliin voineet osallistua, vaelttaa myöskin juhlapaikoille, jolloin heidän määränsä siellä lisääntyi ja suhteellinen osuus paikallisväestöstä kasvoi. Lopulta he alkoivat muodostaa väestönsä muodostamiin keskitymiin omia pienoisyhdyskuntiaan.

Perusrakenteiltaan ne olivat valtion alkuperäistä rakennetta vastaavia ja liittyivät juoheasti ympäristöönsä, mutta sisäisesti niillä oli kuitenkin omat sääntönsä ja tapansa toimia.

Lopulta joissakin yhdyskunnissa alettiin puhua jopa omasta lainsäädännöstä. Kanssakäyminen alkuperäisväestön kanssa alkoi käydä kankeaksi ja koko valtion toiminta muuttui vaikeammaksi ja ikään kuin jähmettyi paikalleen.

Tarkkaavainen lukija on varmaan jo arvannut, että sadussa valtiot symboloivat metalliseoksia ja niiden kansalaiset seosten atomeja. Kaksikomponenttisissa seoksissa, joihin osallistuvilla metalleilla on sama kiderakenne ja pieni atomien sekoittumisenergia, voi sopivissa olosuhteissa tapahtua sadun A-valtion kaltainen ilmiö. Sen sijaan, että seosatomit vaeltaisivat juhlien jälkeen B-valtion tulokkaiden tapaan konsentraatiogradientin alamäkeen kuin lapset liukumäessä ja konsentraatioerot tasoittuisivat diffuusion ansiosta, alkavatkin atomit kiivetä A-valtion tulokkaiden tapaan kohti suuremman pitoisuuden alueita eli konsentraatiogradientin ylämäkeen.

Seurauksena pitoisuuserot voimistuvat ja rakenteeseen syntyy lopulta tiheästi kohtuullisen jyrkkärajaisia pitoisuusvaihteluja, jotka ovat rakenteeltaan koherentteja ja toimivat varsinaisten koherenttien erkaumien esiasteina. Hilavakioiden erilaisuus aiheuttaa rakenteeseen koherenssijännityksiä, lisää sen lujuutta ja tekee esimerkiksi muodonmuutoksia välittävien dislokaatioiden liikkeen vaikeaksi haitaten myöskin muiden rakennemuutosten aikaansaamista.

Tätä poikkeukselliseen vastamäkidiffuusioon johtavaa ilmiötä kutsutaan nykyään spinodaalierkautumiseksi ja sitä käytetään hyväksi muun muassa kupariseosten lujuuden kasvattamisessa. Itse asiassa on voitu osoittaa, että vaikka atomit spinodaalierkautumisessa kulkevatkin normaalidiffuusiosta poiketen konsentraatiogradientin ylämäkeen, ne ovat silti matkalla kemiallisen energiogradientin alamäkeen. A-valtion alkuperäisten tulokkaiden oli sittenkin helpompi olla omiensa joukossa, kun henkilökemiat paremmin kohtasivat.

Opetus: Ihmiset ja atomit eivät sittenkään ole kovin erilaisia, eiväthän?

Sen pituinen se.


ALANSA OSAAJAT

 **AngloAmerican**


VASTUULLINEN GLOBAALI KAIVOSTOIMIJA

Toimimme vastuullisesti, osallistavasti ja ympäröivää yhteisöä kunnioittaen sekä paikallista elinkeinoelämää tukien. Sakatti on uusi ja ainutlaatuinen monimetalliesiintymä, jossa on suuri potentiaali tulevaisuuden metalleille.





Conceptual & Feasibility studies
Permitting
Environmental & Water technology
Basic & Detailed engineering
Project & Construction management
Site management
Engineering services for maintenance



www.ctse.fi

Kulutusteräskeskus

 **Miilux[®]**

Kovaa reunasta reunaan

Hannu Rantasuo p. 044 771 3695
Olli Mattila p. 044 771 3693
Juha Huttunen p. 010 585 6394
www.miilux.fi

 **Continental**
The Future in Motion

Kuljetinhinnat ja tarvikkeet.
Asennus- ja huoltopalvelut.

www.contitech.fi

ContiTech

If you can think it – we can do it!

From raw materials – all the way through the metallurgical and forming processes – Swerea MEFOS takes on challenges and creates progress.

We offer pilot facilities and experimental equipment for large-scale research and development.

www.swereamefos.se **swerea|MEFOS**





NORNICKEL

HARJAVALTA

Nikkelijalostuksen maailmanluokan asiantuntija

www.nornickel.fi

LABORATORIOKUMPPANISI POHJOISMAISSA

 **LABTIUM**

WWW.LABTIUM.FI

Ilmoittajamme tässä lehdessä

ABB	46
Agnico Eagle	2.kansi
AGA	27
AA Sakatti Mining	81
Arctic Drilling Company	26
Astroek	78
Atlas Copco	46
Boliden	62
Brenntag	82
Contitech	81
CTS Engtec	81
Expomark	3
Epiroc	3.kansi, 19
FinnCobalt	57
Ferrován Oy	29
Flinkenberg	28
Forcit	4
GRM Services	16
GTK	2
Jyväskylän Messut	8
KATI	17
KBR Ecoplanning	73
Keliber	26
Kokkolan Satama	13
Labtium	81
Metso	takakansi
Miilux	81
New Paakkola	17
Nordic Publishing	9
Nornickel	81
Normet	6
Oulu Mining School	22
Orica	22
Ovako	40
Palsatech	17
POHTO	17
Pretec	4
Pyhäsalmi Mine	4
Sandvik	67
SMA Mineral	75
Suomen TPP	75
Swerea Mefos	81
Teknikum	78
Terrafame	31
Weir	6
Wihuri	36
Xylem	54
Yara	14



VUORIMIESYHDISTYKSEN TOIMIHENKILÖITÄ 2017

PUHEENJOHTAJA/ President

DI Jari Rosendal, Kemira Oyj Porkka-
lankatu 3, 00180 HELSINKI
040 595 1456,
etunimi.sukunimi@kemira.com

VARAPUHEENJOHTAJA/

Vice president

TkT Kalle Härkki, Outotec (Finland)
Oyj PL 86, FI-02201 Espoo
040 513 3383,
etunimi.harkki@outotec.com

PÄÄSIHTEERI/ Secretary General

TkL Ari Juva Adjutantinkatu 8 b 19,
02650 Espoo 0400457907 etunimi.
sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

WEBMASTER

TkT Topias Siren, 050 354 9582
topias@smcoy.fi

RAHASTONHOITAJA/Treasurer

DI Leena K. Vanhatalo Vasamantie
122, 33450 Siivikkala 050 383 4163
leena.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

GEOLOGIJAOSTO/ Geology section

FM Jyrki Bergström pj/chairman Ime-
ryns F&PA +33 6 7440 7609 etunimi.
sukunimi@imerys.com FM Ilkka Ylan-
der, sihteeri/secretary 040 865 0081
etunimi.sukunimi@ylander.com

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO/ Mining and Excavation section

DI Mari Halonen pj/chairman Forcit
Oy, 040 869 0417 etunimi.sukunimi@
forcit.fi DI Visa Myllymäki, sihteeri/
secretary YIT Rakennus Oy,
0400 365 593
etunimi.sukunimi@gmail.com

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/ Mineral processing section

DI Hannele Vuorimies, pj/chairman
Epiroc Finland Oy Ab, 040 187 6060
etunimi.sukunimi@epiroc.com Ins.
Simo Pyysing, sihteeri/secretary Weir
Minerals, 040 350 5542
etunimi.sukunimi@mail.weir

METALLURGIJAOSTO/ Metallurgy section

DI, KTM Ilkka Harri, pj/chairman Stén
& Co Oy Ab, 040 356 4588
etunimi.sukunimi@sten.fi DI Päivi
Tikkanen, sihteeri/secretary Ovako
Imatra Oy Ab, 040 504 1579
etunimi.p.sukunimi@iki.fi

BRENNTAG

Kaivosteollisuuden raaka-aineet



Brenntag Nordic Oy kuuluu Brenntag-
konserniin, joka on kemikaalijakelun
globaali markkinajohtaja.

Kaivosteollisuudessa Pohjoismaissa
hyödynnämme globaalia
osaamistamme ja kokemustamme.
Esittelemme asiakkaille
menestystarinoita muista maanosista.

PÄÄTUOTTEET

- Aktiivihielet
- Ditiiofosfaatit
- Jauhinkuulat ja tangot (myös kromiseosteiset)
- Ksantaatit (PAX, SEX, SIPX ja SIBX)
- Kupari- ja sinkkisulfaatti
- Pölyämisenestoaineet
- Yleisesti kokooja-, kerääjä-, painaja-, vaahdotus-, aktivaattori- ja pH-säätö kemikaalit rikastukseen

PALVELUT

- Kemikaalitestaukset ja konsultaatio
- Starttipaketit uusille kaivoksille
- Varastointi- ja logistiikkapalvelut

YHTEYSTIEDOT

Brenntag Nordic Oy

Antti Takala

Puhelin 040 6731 800

antti.takala@brenntag-nordic.com

<http://www.brenntag-nordic.com/fi/>

Kevät keikkuen tulevi..

Tämä lehti ilmestyy Vuorimiespäivien alla. Jos se jaetaan suunnitelmien mukaisesti, niin vielä ehtii jopa ilmoittautua ja varata pöytäpaikan eri tilaisuuksiin. Kutsu on postitettu helmikuun alussa ja se on luettavissa myös kotisivuillamme, missä myös ilmoittautuminen tapahtuu.



Portugalissakin puut ovat valkeita tammikuussa...ainakin mantelipuut

Vuorimiespäivät pidetään taas kahden vuoden tauon jälkeen Marina Congress Centerissä ja illallistanssiaiset Dipolissa. Lauantain lounas nautitaan ja juhlitaan perinteisesti Crowne Plazassa. Kahden viime vuoden palaute Vuorimiespäivistä Messukeskuksessa oli oikein myönteistä. Paikkojen vaihtoon päädyttiinkin nostalgiasyistä. Dipoli on ollut remontissa ja uskomme, että monet haluavat nähdä remontoitua Dipolin ja ”verestää siellä vanhoja silmiään”. Jos ja epäilemättä kun kaikki taas menee hyvin, meillä on jatkossa kaksi hyväksi koettua vaihtoehtoa, mistä valita. Ja taksit saavat perjantai-aamuna paljon keikkoja, kun osa porukasta kumminkin unohtaa, missä ne pippalot tällä kertaa pidetään.

Vuorimiespäivien pääteema on ”Maailmantalouden ja -politiikan muutosten vai-

kutukset Suomen vuoriteollisuuteen”. Tätä ruotii talouden näkökulmasta Suomen Pankin pääjohtaja **Erkki Liikanen** ja turvallisuuskysymysten kannalta Pääesikunnan päällikkö, kenraaliluutnantti **Timo Kivinen**. Isäntäyhteyksien puheenvuoron käyttää YARA:n Executive Vice President **Petter Østbo**. Teemaa jatketaan sitten jaostojen kokouksissa iltapäivällä.

Materia-lehteä tehdään tänä vuonna 5 numeroa. Seuraavassa lehdessä raportoidaan mm. Vuorimiespäivien tapahtumista. Se ilmestyy ennen toukokuussa järjestettäviä Pohjoisen Teollisuus-messuja ja myös jaetaan siellä. Kolmoslehti tulee kesälukemiseksi ja nelonen on marraskuussa järjestettävien FinnMateria-messujen messuopas. Juuri ennen vuoden vaihdetta ilmestyy vielä tämän vuoden viitonen.

Molemmat mainitut messut ovat Vuorimiesyhdistyksen yhteistyömessuja. Niillä on tärkeä merkitys alan uutuuksien esittelyssä ja jäsenistömme verkostoitumisessa. Niitä luonnollisesti referoidaan myös lehdessämme. Messut ovat myös yhdistyksen talouden kannalta erittäin tärkeitä. Ne mahdollistavat tänä vuonna tehtävän merkittävän kotisivujen ja jäsenrekisterin uudistamisprojektin. Käykää siis messuilla Oulussa ja Jyväskylässä!

Mutta sitä ennen nähdään Vuorimiespäivillä!!

Tapaamisiin!

Ari Juva
pääsihteeri

TAMPEREEN TEKNILLISEN YLIOPISTON MATERIAALITEKNIKAN TUTKINTO-OHJELMASTA VALMISTUNEITA DIPLOMI-INSINÖÖREJÄ

25.8.2017 alkaen: **Krista Hotti**: ”Otso-nikäsitellyn farkkukankaan pesunkesto”, **Arto Kivelä**: ”Sähköjohtavat polymeeripohjaiset pinnoitteet”, **Jukka Pohjonen**: ”Roll-up Phenomenon in Woodfree Heavy Grammage Papers”, **Jyri Roppola**: ”Preparation and Characterization of All-Cellulose Composites”, **Pasi Seppälä**: ”Electrical Performance of Carbon-Based Hybrid Filler Systems in Thermoplastic Polymer Blends”, **Janne Hämäläinen**: ”Semi-Crystalline Polyolefins in Fused Deposition Modeling”, **Pekka Laurikainen**: ”Characterization of the Ageing of Glass Fibre-Reinforced Polymers”, **Seppo Lähdesmäki**: ”Mate-

riaalin valinta puettavaan elektroniseen mittalaitteeseen”, **Tuire Marin**: ”Selective Laser Sintering of Polyolefins”, **Niko Merivirta**: ”Improvement of Quality Control of Extruded Tubes with On-line Optical Measuring Technique”, **Juuso Toriseva**: ”Material Performance Dependence on Polyolefin Film Temperature in Processing”, **Päivi Rita**: ”Elastomeerin ja polymeerin välinen tartunta”, **Joonas Tuominen**: ”Oktametyylisyklotetrasiloksaanin käyttö lähtöaineena optisen kuidun valmistuksessa”, **Pohjola Juuso**: ”Borosilicate Scaffold Processing for Bone Tissue Engineering”, **Safonova Irina**: ”Characterization of the Doped

Silicon Dioxide and Its Implications on the Resistive Switching Phenomena in the Electrochemical Metallization Cells”, **Mustafa Nurullah Yurtsever**: ”Aqueous Dispersions of Graphene”, **Katri Ekholm**: ”Erosiokorroosion ja vesipisara-erosion hallinta vastapaineturbiinissa”, **Lauri Ilmakunnas**: ”Vaihtoehtoiset materiaalit puuvillalle kodintekstiileissä”, **Mart Kroon**: ”A Comparative In Vitro Study of Cell Growth on Textile Scaffolds for Tissue Engineering Applications”, **Juha-Matti Virpi**: ”Laser Method for Dimensional Measurement in Projectile Production”

Vuorimiespäivät 2018 ja
yhdistyksen 75. vuosikokous
Helsingissä ja Espoossa
23.-24.3.2018



Bergsmannadagarna 2018 och
föreningens 75:te årsmöte
i Helsingfors och Esbo
23.-24.3.2018

Tervetuloa – Välkommen
Vuorimiesyhdistys -
Bergsmannaföreningen r.y.

PERJANTAI 23.3.2018
Marina Congress Center, Katajanokanlaituri 6, Helsinki

8.00 Ilmoittautuminen
9.00 Vuosikokous, Europaea-sali
Yhdistyksen puheenjohtaja, DI Jari Rosendal
Alamme teollisuuden tila Suomessa vuonna 2017
Yhdistyksen sääntöjen 18. §:n mukaiset asiat. Kunnianosoitukset.
Sääntömuutos (ks sivu 17)

TAUKO

11.00 Pääesitelmät, Europaea-sali, teemana
Maailmantalouden ja -politiikan muutosten vaikutukset Suomen vuoriteollisuuteen
Erkki Liikanen, pääjohtaja, Suomen Pankki
Maailman taloustilanteesta
Timo Kivinen, kenraaliluutnantti, Pääesikunnan päällikkö
Maailman turvallisuustilanteesta
Petter Østbo; Executive Vice President, Production,
Yara International ASA
YARA: The outlook



12.30 LOUNAS

14.00 **JAOSTOJEN VUOSIKOKOUKSET JA ESITELMÄT**, teemana
Maailmantalouden ja -politiikan muutosten vaikutukset Suomen vuoriteollisuuteen

GEOLOGIJAOSTO, Nordia-Sali, toinen kerros

Jukka Jokela, Sakatti Project Manager,
AA Sakatti Mining Oy
Metallien tarve globaalissa muutoksessa
Pentti Grönholm, Chief Geologist, Keliber Oy
Litiumista uutta kaivos- ja liiketoimintaa Suomeen

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO, Nautica-sali, pohjakerros

Jaakko Koppinen, President PA underground drilling,
Sandvik Mining and Rock Technology
Sandvikin näkemys tulevaisuudesta
Olli Riekkinen, CEO, Millisecond Oy
Mistä ketteryyttä kaivoksille?

3

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO, Ravintolasali, toinen kerros
Markku Teräsvasara, toimitusjohtaja, Outotec Oyj
Gloobaalien megatrendien tarjoamat kasvumahdollisuudet
Pertti Lamberg, toimitusjohtaja, Keliber Oy
Litiumia tulevaisuuden energiaratkaisujen tarpeisiin

METALLURGIJAOSTO, Europaea-Sali

Kaarlo Haavanlammi,
Development Director – Hydrometallurgy, Outotec (Finland) Oy
Sähköautojen nikkeli-, koboltti- ja litiumakkukemikaalien markkinat ja valmistusprosessit
Mauri Kauppi, Vice President, Ferrochrome Development,
Outokumpu Chrome Oy
Case: Ferrokromi

SEURALAISTEN OHJELMA,

Kansallismuseo, Mannerheimintie 34, Helsinki
PERJANTAI 23.3.2018

11.00 kokoontuminen Kansallismuseon aulassa
Opastettu kierros **"Suomen tarina"** -näyttelyssä
Lounas Kansallismuseon "Ateljeessa" n klo 12.15-13.30

ILLALLISTANSSIAISET DIPOLI, Otakaari 24, Espoo

18.45 Sisäänkäynti juhlaovesta (frakkki tai smokki)
Baarit auki ala-aulassa ja yläkerran lämpiössä
19.15 Siirtyminen juhlasaliin
19.30 Tilaisuus alkaa

LAUANTAI 24.3.2018

Royal at Crowne Plaza, Mannerheimintie 50, Helsinki

12.00 Baari avataan, Talvipuutarha
13.00 Lounas, lounaan jälkeen juhla jatkuu Talvipuutarhassa klo 20 asti

MAKSUT

Vuosikokous on maksuton
Perjantai 23.3.: lounas 45 €, seuralaisten ohjelma 39 €, illallinen 82 €
Lauantai 24.3.: lounas 57 €

5

SÄÄNTÖMUOTOSEHDOTUS

Yhdistyksen hallitus esittää, että vuosikokouksessa hyväksytään seuraava sääntömuotoehdotus. Ehdotus koskee nuoren jäsenen hyväksymiskriteerejä, joiden sanamuotoa halutaan tarkentaa nykyistä terminologiaa vastaavaksi. Muutettavat kohdat lihavoitu

5§

Varsinaiseksi jäseneksi voidaan hyväksyä 2§:n aloilla toimiva henkilö, joka on suorittanut koti- tai ulkomaisen **yliopiston** loppututkinnon tai jolla muuten voidaan katsoa olevan vastaava ammattitaito tai poikkeustapauksissa muullakin alalla toimiva huomattavan ansioitunut henkilö.

Nuoreksi jäseneksi voidaan valita 2§:n alaan liittyvää ylempää korkeakoulututkintoa suomalaisessa yliopistossa opiskeleva joka on joko suorittanut alemman korkeakoulututkinnon tai on opinnoissaan suorittanut vähintään alemman korkeakoulututkintoa vaadittavat opinnot. Nuori jäsen on oikeutettu osallistumaan yhdistyksen toimintaan, mutta ei äänestysiin.

8§

Hakemus nuoreksi jäseneksi on jätettävä jäsenhakemuskaavakkeella sille jaostolle, johon hakija haluaa kuulua. Jäsenhakemukseen on liitettävä opintorekisteriote ja **suoritetun kandidaatin tutkintotodistuksen kopio.** Nuoreksi jäseneksi ottamisesta päättää yhdistyksen hallitus jaoston esityksestä. Nuoren jäsenen jäsenyysaika on enintään viisi vuotta. Nuori jäsen siirtyy varsinaiseksi jäseneksi ilmoitettuaan jaostolle tutkinnon suorittamisesta. **Jos nuori jäsen ei jäsenyysaikana suorita tutkintoa, hänet katsotaan eronneeksi yhdistyksestä.**



17



Valmiina tulevai- suuteen.

United. Inspired.

Maailma muuttuu – niin mekin

Epiroc on perustettu kaivos- ja louhinta-asiakkaiden sekä infrarakentajien ratkaisujen ja palveluiden tuottajaksi, ja se jatkaa Atlas Copcon laatua ja yli 140-vuotista kokemusta. Panostamme automaatioon ja digitalisaation ja olemme valmiina palvelemaan asiakkaitamme entistä paremmin.

epiroc.com

 **Epiroc**

Part of the
Atlas Copco Group

Nordberg® GP7™ -välimurskain on vaivaton tapa uudistaa Symons 7'

Nordberg® GP7™ -välimurskain on odotettu tuoteuutuus malmin ja kiviainesten tehokkaaseen, luotettavaan ja taloudelliseen murskaukseen. Murskaimessa yhdistyvät erinomainen tuottavuus, suuri kita-aukko ja jyrkkä kitakulma. Tehoalueeltaan 560 kW:n GP7 on painoluokkansa tehokkain murskain tarjoten ihanteellisen tavan korvata Symons 7' ja samalla lisätä tuotannon tehokkuutta.

Kysy lisää Metson suurten kapasiteettien GP7-uutuudesta: Timo Sarvijärvi, 050 317 0906, timo.sarvijarvi@metso.com, Joakim Colpaert, 045 317 5198, joakim.colpaert@metso.com ja Jouko Tolonen, 050 355 7580, jouko.tolonen@metso.com

www.metso.com/fi

