

MATERIA

5-2024 | Joulukuu

GEOLOGIA
KAIVOS
LOUHINTA
RIKASTUS
PROSESSIT
METALLURGIA
MATERIAALIT

YLI 80 VUOTTA VUORITEOLLISUUDEN ASIALLA





Teemme tulevaisuuden yhdessä.

Haluamme toimia vastuullisesti ympäristön, työntekijöittemme ja koko Lapin hyväksi. Rakennamme Kittilässä kestävää tulevaisuutta. Tulevaisuus tarvitsee yhteistyötä ja innovointia. Tule mukaan.

   @AgnicoEagleFinland



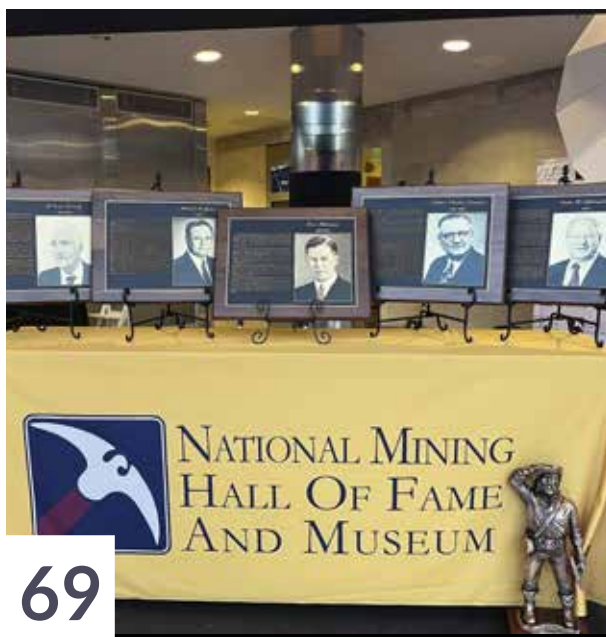
AGNICO EAGLE
FINLAND



8

GTK:n toteuttamien ulkoministeriön rahoittamien Kirgisian ja Uzbekistanin kehitysysteistyöprojektien johtoryhmän jäsenet paikallisista geologian ministeriöistä osallistuivat FinnMateria -messuille tutustuen suomalaisten yritysten tuotteisiin ja palveluihin. Valmetin tuotteisiin tutustumisen yhteydessä otetussa ryhmäkuvassa Markus Rossi (Valmet), Jani Ristola (Valmet), Jaana Lohva (GTK), Niina Luoma (Valmet), Lasse Moilanen (Mining Finland), Zafar Saidov (Head of the Minister's Secretariat, Ministry of Mining Industry and Geology MINGEOLOGY), Obidjon Kodirov (Head of Science and Innovation Department; MINGEOLOGY), Murod Akhmedov (Deputy Director, Institute of Mineral Resources), Elyor Fozilov (Deputy Director, Subsurface use center) ja Argady Rogalsky (Deputy Director, KyrgyzGeology).

MATERIA 5 – 2024 | JOULUKUU



69

- 5 Lukijalle **Ari Oikarinen**
- 7 Pääkirjoitus: **Pentti Vihanto**: Yhteiskunnan halut
- 8 **Leena K. Vanhatalo**: FinnMateria kokosi kaivosalan väkeä Jyväskylään
- 12 **Anna-Rikka Pehkonen-Ollila**: Kairauspäivät 2024
- 13 **Tuomo Tiainen**: Vetytalouden mahdollisuudet Suomessa
- 17 **Tuomo Tiainen**: Tekoälyllä tuottavuutta
- 20 **Tuomo Tiainen**: Materiaalitieteen päivä 2024
- 27 **Tuomo Tiainen**: FinDDR:n Levytekniikan teemapäivä – Steel Forum 2024 Turussa 10.10.2024
- 30 **Jari Honkanen**: Louhintatärinän hallinnan ohjeistus on uudistettu
- 37 Veljekset Toivanen murskaa energiatehokkaasti Sandvikin kalustolla Sotkamo Silverin kaivoksella
- 39 **Tero Luukkonen, Katja Kilpimaa, Sima Kamali**: Suolavedet kiven sisään
- 40 **Leena K. Vanhatalo**: Kaivosmuseo sai uuden laitteen kokoelmiinsa
- 41 **Markus Latvala, Anu Keränen**: TerraEye – tekoälyohjattua satelliittimonitointia kaivosalueilla
- 44 **Erkka J. Frankberg, Stella Zakeri, Nonna Nurmi, Michael Isakhani Zakaria, Antonia Ressler, Veli-Mikko Mäkelä, Erkki Levänen**: Ceramic additive manufacturing for industrial applications
- 48 **Ville-Valtteri Visuri**: Uutisia Oulun yliopistosta
- 49 Tutkimus: 70 % kaivosalan päätöksentekijöistä uskoo, että nykyisillä teknologioilla voidaan vähentää päästöjä merkittävästi



- 50 **Kristina Karvonen:** Geomeasure
- 52 **Väitös: Marja Rinne, Mari Lundström:**
Elinkaariarviointi metallurgin työkaluna
- 54 **Väitös: Ville-Valtteri Visuri, Susanna Airaksinen:** Vetysiirtymä ja ruostumattomien terästen hilsettymisen hehkutus- ja aihionkuumennusprosesseissa
- 55 **Leena K. Vanhatalo:** Kaivosalan koulutusta 70-vuotta
- 57 **Iina Vaajamo, Suvi Rannantie, Miikka Marjakoski:**
Metallurgit Kokkolassa
- 58 Toimitusneuvoston uusia jäseniä: **Ville-Valtteri Visuri ja Maria Vanhatalo**
- 59 **Heli Rautjärvi:** Kaivos- ja louhintajaoston sekä rikastus- ja prosessijaoston yhteinen syysekskursio Swedex'24 Ruotsiin 25.-27.9.2024
- 64 **Riina Salmimies, Elsi Strand:** Suodin-Sieppari – haastavien prosessivesien käsittelyyn uusi ratkaisu
- 66 **Ulla Sipola, Ted Nuorivaara:** Vuori-ilta 23.9.2024
- 68 **Erik Johansson:** Vuoriosaston riemuteekkarit V74 juhliivat Otaniemessä
- 68 **Leena K. Vanhatalo:** Puumailatennuksen SM2024
- 69 **Minna Hakapää:** Eero Mäkinen ensimmäisenä suomalaisena Mining Hall of Fameen
- 70 **Arto Hakola, Klas Swanljung:** Eero Mäkinen -seminaari ja näyttelyn avajaiset 23.11.2024
- 72 DIMECC on-line: **Kaisa Kaukovirta:** ESG-työkalu edistää yritysten kestävä kehitystä ja riskienhallintaa
- 73 Metallinjalostajat: **Saku Vuori:** Minne menet Yhdysvallat?
- 74 Kaivosteollisuus: **Pekka Suomela:** Mineraalitalous kasvun tekijänä
- 75 Kolumni: **Pertti Voutilainen:** Julkisuuden ykkösnimi
- 76 Pakina: **Tuomo Tiainen:** Kitkahitsauksen kimpussa, osa 1
- 78 OIKAISU: **Iina Ahtonen, Matti Härkönen, Kyösti Karttunen, Jarkko Rätty:** Oulun yliopiston Mittaustekniikan yksikkö kehittää mittausteknologian sovellutuksia teollisuuden tarpeisiin
- 80 Pääsihteeriltä: **Ted Nuorivaara**
- 80 Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöitä 2024

Ilmoittajamme tässä lehdessä

Agnico Eagle Finland Oy	2. kansi
Arctic Drilling Company Oy Ltd	67
Astroock Oy	15
Aurubis Finland Oy	26
BOLIDEN	67
Brenntag Nordic Oy	80
Epiroc Finland Oy AB	3. kansi
Erimek Oy	56
Eurofins Mineral Testing Oy	15
FinMeas Oy	26
Oy Forcit AB	47
Geovisor Oy	56
GRM-services Oy	19
Hannukainen Mining Oy/Tapojärvi Oy	63
Lux Oy Ab	3
Miilux Oy	6
Nordic Bulk AS	6
Nordkalk Oy Ab	11
Orica Finland Oy	56
Palsatech Oy	77
Roxia Oy	4
Sandvik Mining and Construction Finland Oy	16
Sibelco Nordic Oy Ab	51
Suomen Maa-autot Oy	53
SRK Consulting (UK) Limited	77
Suomen TPP Oy	4
Valmet Flow Control Oy	11
Weir Minerals Finland Oy	takakansi

Preparation Technologies for Metallurgy



Tailor-made Solutions

- Preparation of pellets and micropellets
- Sinter mix preparation
- Recycling of valuable residues like dusts, ashes, sludges, slurries
- Fine grinding
- Preparation of carbon paste for graphite electrodes, anodes, cathodes
- Coal preparation



www.eirich.com

Suomessa Eirichit myy Lux
www.lux.fi



Suomen TPP tarjoaa korkealaatuiset tuotteet kaivos-, rakennus- ja betonteollisuudelle

- Laaja valikoima erilaisia kalliopultteja kallion lujitukseen mm. vaijeripultti, harjateräspultti
- Kaivosverkot maanalaisten tilojen tukemiseen
- Ventiflex-tuuletusputket maanalaisiin tunneleihin
- Teräskuidut ja makrokuidut betonin lujitukseen
- Betonin vedeneristysaineet
- Injektointisementit kallion ja maaperän injektointiin
- Raitisilma-, poistoilma- ja peräpuhaltimet savunpoistoon ja tuuletukseen

Suomen TPP Oy | Kärkikuja 3, 01740 Vantaa
0400 407 235 | info@suomentpp.fi | www.suomentpp.fi
Suomen TPP on osa Masino Groupia



ROXIA
PERFORMANCE — DRIVEN BY PEOPLE



Tornisuodattimien kuntotarkastukset

- Huollot ja kuntotarkastukset vuosien ammattitaidolla
- Uudelleenkehitettyt varaosat
- Prosessioptimoinnit ja käyttökoulutukset

Ota yhteyttä:

Roope Kupias, Asiakastukipäällikkö, Huollot & Varaosat
roope.kupias@roxia.com
puh. 040-860 4720



+358 201 113 311

info@roxia.com

www.roxia.com

MATERIA

JULKAISIJA / PUBLISHER

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.
82. 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 materiaalitekniikan erilaiset sovellutukset. Osa lehden artikkeleista 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. 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.

PÄÄTOIMITTAJA / EDITOR IN CHIEF

DI Ari Oikarinen 050 568 9884
ari.e.oikarinen@gmail.com

TOIMITUSSEITEERI / MANAGING EDITOR

DI Leena K. Vanhatalo 050 383 4163
leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi

ERIKOISTOIMITTAJAT / SPECIALISTS

TkT, prof.(emer.) Tuomo Tiainen 050 439 6630
tuomo.j.tiainen@gmail.com
DI Sini Anttila Northvolt AB 040 709 1776
sini.anttila@northvolt.com

TOIMITUSNEUVOSTO / EDITORIAL BOARD

DI Mari Halonen pj / 040 869 0417
mari.halonen@forcit.fi
TkT Miia Kiviö Aurubis Finland Oy 040 641 6529
m.kivio@aurubis.com
DI Mauri Kostiaainen 040 963 8798
mauri.kostiaainen@lux.fi
DI Jannis Mikkola 040 747 9670
jannis.mikkola@sitowise.com
FM Anna-Riikka Pehkonen-Ollila 050 528 0771
anna-riikka.pehkonen-ollila@ains.fi
DI Tommi Sappinen 040 776 8470
tommi.sappinen@svy.info
DI Arto Suokas 040 091 8850
arto.suokas@gmail.com
FM Maria Vanhatalo BASF Battery Materials
Finland Oy 040 414 4040 maria.vanhatalo@jci.fi
Apul. prof. Ville-Valtteri Visuri 050 412 5642
Ville-Valtteri.Visuri@oulu.fi
DI Pia Voutilainen 040 590 0494
pia.voutilainen@cupori.com
Scandinavian Copper Development Ass.

OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET / CHANGES OF ADDRESS & SUBSCRIPTIONS

Leena K. Vanhatalo 050 383 4163
leena.vanhatalo@vuorimiesyhdistys.fi

**VMY:n jäsenistö myös verkkosivujen
jäsenrekisterin kautta.**

PAINO/PRINTING HOUSE Punamusta

TAITTO Merja Minkkinen, Punamusta,
Sisältö- ja suunnittelupalvelut

KANSI Heli Rautjärvi jututti FinnMateria-messuilla
Kilpisen koulun 8A-luokkalaista Tarua ja Seelaa.
(Kuva julkaistaan tyttöjen ja heidän vanhempiansa
luvalla.)

KUVA Leena K. Vanhatalo

Hyvä lukija,

vuoden loppu on käsillä, ja toivottavasti jokaisella on hie-
man aikaa rauhoittua, levätä ja ladata akkuja tulevalle
vuodelle. Ainakin allekirjoittaneelle tauko tulee ihan
tarpeeseen, ja rauhoittuminen sekä pieni paikallaan
olo tekevät varmasti hyvää jokaiselle.

Tässä lehdessä on vielä kuitenkin pientä luettavaa
vuodenvaihteen ratoksi. Lukekaapa juttu siitä, miten
suomalainen kaivosalan suurmies on saanut nimensä
USA:n National Mining Hall of Fameen. Siinä on suo-
malaiselle alan osaamiselle ylpeyden aihetta.

FinnMateria-messut ovat Vuorimiesyhdistyksen yhteis-
työkumppani, ja vuoden 2024 messuista on katsaus lehdessä.

Siitä selvää, mitä messuilla on nähty ja koettu, ja mitä muita tapahtumia messujen yh-
teydessä oli. Kairauspäivästä on erillinen artikkelikin lehdessä. Seuraavan kerran mes-
sut pidetään kahden vuoden päästä 4.-5.11.2026. Silloin tapahtuma laajenee kattamaan
epäorgaanisten materiaalien koko elinkaaren, kun kiertotalouden on tarkoitus olla kat-
tavasti edustettuna messuilla.

Lehdessä on myös muuta messusisältöä, nimittäin Tuomon katsaus Alihankinta-
messuilla ja sieltä erityisenä nostona artikkeli, joka perustuu P2X Solutionsin toimitus-
johtajan Herkko Plitin messuilla pitämään esitelmään vetytaloudesta. Tuomo on ehtinyt
kirjoittamaan myös Materiaalitieteen päivästä Tampereen yliopistossa ja Levytekniikan
teemapäivästä Turussa.

Mielenkiintoisena artikkelina voisin nostaa esille Jari Honkasen jutun louhintatäri-
nän hallinnan ohjeistuksen päivittämisestä. Työ on ollut pitkäjänteistä ja aikaa vievää, ja
nyt lopulta tuotos on julkaistu. Ohjeistus on taas ajantasainen, ja hyvä niin.

Lehdessä on kiinnostava artikkeli tekoälyohjatusta TerraEye satelliittimonitoroin-
nista, joka kannattaa lukea. Samoin on esitelty Suodin-Sieppari-projektia ja Sandvikin
ratkaisuja Sotkamo Silverin kaivoksella. Mukana on myös Oulun yliopiston uutisia sekä
prosessimetallurgian tutkimusyksiköstä että suolavesien käsittelystä Kuitu- ja partikke-
litekniikan tutkimusyksikössä.

Pitkille vapaille on hyvä olla myös jotain hieman kevyempää luettavaa, ja sitä lehdessä
toki on tarjolla. On puumailaturnausta, riemuteekkareita ja metallurgijaoston sysretkeä.
Mukana on myös kertomus kaivos- ja louhintajaoston sekä rikastus- ja prosessijaoston
yhteisestä Ruotsiin suuntautuneesta syyskursiosta. Muun uutisoinnin ja katsausten
lisäksi esitellään MATERIA-lehden toimitusneuvoston uusia jäseniä, ja onhan lehdessä
juttu Vuorimiesyhdistyksen opiskelijatapahtumastakin, Vuori-illasta. Ja tietenkin lehdes-
tä löytyvät vakiopalstat ja muutakin luettavaa, joten käykää kiinni vaan.

Toivotan kaikille lukijoille hyvää tulevaa vuotta. ▲

FRISCO

Artikkelien aineistopäivä ja Ilmoitustilavaraukset Article and Booking ads deadline	Ilmestymispäivä/ Published	Ilmoitusmyynti / Ad Marketing DI Satu Honkanen, Tmi SatUp 040 560 2926 satulhonkanen@gmail.com
M1 29.1.	7.3.	
M2 8.4.	16.5.	
M3 16.6.	29.8.	
M4 8.9.	17.10.	
M5 10.11.	19.12.	



*Miilux Oy kiittää
asiakkaita ja
yhteistyökumppaneita
kuluneesta vuodesta ja
toivottaa kaikille
rauhallista joulua ja
menestystä vuoteen
2025!*

Miilux® Mining Service

Valmistamme kaivoskoneiden kauhoja ja lavoja sekä tarjoamme niille täyden huoltopalvelun ympäri vuoden.

- HARD FROM EDGE TO EDGE - www.miilux.fi  **MTG**

No limits innovation



**NORDIC
BULK**

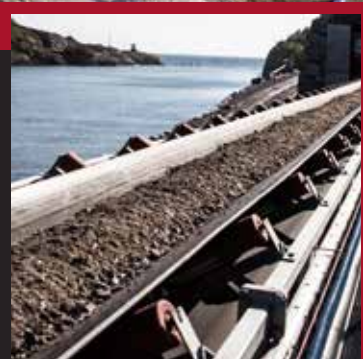
NORDIC BULK **Nordic company for material handling**

Contact us:

Telephone: (+47) 51 97 41 60
Email: post@nordicbulk.com
www.nordicbulk.com

Ota yhteyttä:

Puhelinnumero: (+358) 40 5888 664
Sähköposti: petri@nordicbulk.com
www.nordicbulk.com



Yhteiskunnan halut

Vuorimiesyhdistys on toteuttanut perustehtäväänsä aktiivisesti kuluneen vuoden aikana ja pyrkinyt löytämään myös yhdistyksen käytötaloutta tervehdyttäviä toimenpiteitä. Jaostot ovat järjestäneet jäsenistölle seminaareja, koulutuspäiviä sekä ekskursioita, joihin on voinut osallistua sekä fyysisesti että etänä. Erityismainintana todettakoon Geologijaoston viime vuonna lanseeraama konsepti, ”etäekskursio”, joka mahdollistaa vierailun kiinnostavaan kohteeseen varsin minimaalisella hiilijalanjäljellä. Liki kuukausittain järjestettävillä etäekskursioilla osallistujat ovat päässeet tutustumaan niin Lapin merkittäviin kaivoshankkeisiin kuin geologian hyödyntämiseenkin yhdyskuntasuunnittelussa ja Posivan ydinjätteen loppusijoitustarpeissa.



Fyysisiä kohtaamisia yhä tarvitsemme, ja on ilahduttavaa, että FinnMateria messut kokosivat jälleen jäsenistöä, alan toimijoita sekä messuvieraita Jyväskylään kokonaiskävijämäärän kasvaessa edellisestä kerrasta. Vuorimiesyhdistys toimii FinnMateria messujen yhteistyökumppanina.

Jaostojen yhteisenä ponnistuksena toteutettava opiskelijatapahduma Vuori-ilta sai innostuneen vastaanoton tänä syksynä Aalto-yliopistossa Otaniemessä. Opiskelijoissa ja nuorissa ammattilaisissa on alan, mutta myös yhdistyksemme tulevaisuus. Kehitämme aktiivisesti keinoja kohdata ja tuottaa lisäarvoa opiskelijoille sekä ammatillisen uransa eri vaiheissa oleville jäsenille. Uutena ulottuvuutena yhdistys on aloittamassa Mentorointi-palvelun, jossa yhdistyksen jäsenillä on mahdollisuus kontaktoida ja sopia keskenään mentorointisuhteesta. Eri alojen asiantuntemusta ja kokemusta jäsenistöstämme löytyy laajasti. Olitpa työelämässä tai eläkkeellä, mentorina sinulla on mahdollisuus auttaa, mutta myös itse saada, kuten hyvissä keskusteluissa ja vuorovaikutussuhteissa parhaimmillaan tapahtuu.

Syksyn jahtikaudella ovat puhuttaneet petopolitiikka, maailmanpolitiikka sekä Suomen mahdollisuudet menestyä. Alamme arvoketjujen valtavaa positiivista potentiaalia kestävässä kansantalouden veturina hehkuttaessani sain hyvän keskustelumme päätteeksi pitkään yhteiskunnallisella näköalapaikalla vaikuttaneelta jahtika-veriltani yllättävän toteamuksen, ”totta, mutta kun suomalainen yhteiskunta ei sitä halua.”

Itse uskon suomalaisten haluavan edistää globaalia oikeudenmukaisuutta ja hyvän elämän perusedellytysten ulottamista kaikkien ihmisten arkeen. Uskon myös suomalaisten vastuuntunnon ilmastonmuutoksen ja luontokadon torjunnassa olevan korkea. Käytännön tasolla todistamme kuitenkin haluttomuutta tukevia argumentteja, vaikkapa keskustelussa sulfaattisuolan osallisuudesta ei-toivottuihin kemiallisiin reaktioihin meren hapettomissa syvänteissä tai journalistin halussa luopua eettisistä hyvän journalismin periaatteista kaivosten allas- ja patorakenteita koskevassa uutisoinnissa.

Oman tulkintani mukaan arvoketjujemme kategorinen vastustus johtuu joko itsekkyydestä tai tietämättömyydestä, joista jälkimmäisen uskon olevan yksilö- ja yhteiskunnallisella tasolla se kantava syy. Meidän tuleekin ammattilaisina jatkaa faktoihin ja tieteelliseen maailmankuvaan perustuvaa argumentointia ja lisätä viestintää tietoisuuden lisäämiseksi. Samalla tulee aktiivisesti jatkaa tutkimusta ja uusien kiertotaloutta edistävien sekä kuormitusta vähentävien teknologioiden kehitystä.

Vuorimiesyhdistyksen perustajiin kuulunut Outokummun ensimmäinen ja pitkäaikaisin toimitusjohtaja, ministeri, geologi ja kaivosinsinööri Eero Mäkinen nostettiin Yhdysvaltain kansalliseen Mining Hall of Fameen marraskuun alussa. Tämä on fantastinen kunnianosoitus Eero Mäkisen elämäntyölle, mutta myös ainutlaatuinen arvostus suomalaiselle vuoriteollisuudelle.

Eero Mäkinen oli aikanaan merkittävä yhteiskunnallinen vaikuttaja. Hänen esimerkkiään seuraten kannustan kaikkia aktiiviseen yhteiskunnalliseen vaikuttamiseen ja osallistumiseen. Ensi keväänä on jälleen kuntavaalit, joissa avautuu vaikuttamisen foorumi. Osallistuminen paikallistason keskusteluun ja päätöksentekoon on oiva väylä oikean tiedon välittämiseen ja yhteiskunnallisen halun herättelyyn.

Kiitos kaikille aktiivisille jäsenille ja Materia-lehden lukijoille kuluneesta vuodesta.

Hyvää ja rauhallista loppuvuotta sekä menestystä uuteen vuoteen! ▲

PENTTI VIHANTO,
VUORIMIESYHDISTYKSEN PUHEENJOHTAJA



FinnMateria kokosi kaivosalan väkeä Jyväskylään

FinnMateria-messut järjestettiin Jyväskylässä ensimmäisen kerran keväällä 2007. Syksystä 2008 alkaen tapahtuma on koronaa lukuun ottamatta järjestetty joka toinen syksy. Tänä syksynä messut järjestettiin 6.-7. marraskuuta, ja paikkana oli totutusti Jyväskylä.

Messujen ennakkotilaisuuksia

Ensimmäisen messupäivän aattona geologijaosto järjesti Paviljongissa perinteisen ja suositun Kairauspäivän. Tästä tapahtumasta on erillinen raportti toisaalla tässä lehdessä.

Mining Finland järjesti **Responsible mining and mineral processing** -seminaarin. Seminaarissa oli lukuisia lähes hissipuheeksi laskettavia puheenvuoroja. Tämä oli onnistunut ratkaisu ja aikataulussakin pyrittiin. Mining Finlandin tilaisuuden avasi ministeri **Mauri Pekkarinen** sanoilla: ”Globalisaatio on ollut meille eurooppalaisille paradigma, johon me kaikki uskoimme pitkään”. Hän muistutti, että moni asia on kuitenkin muuttunut. Esimerkkeinä ovat Venäjän hyökkäyssota, Kiinan protektionismi ja USAn tullipolitiikka.

EU:n kriittisten raaka-aineiden asetuksen (CRMA) tarkoitus on vahvistaa omaa eurooppalaista tuotantoa, lisätä kriittisten ja strategisesti tärkeiden raaka-aineiden jalostusta sekä varmistaa raaka-aineiden hankinta turvallisista ja ystävällisistä maista. Tavoitteena on myös vauhdittaa raaka-aineiden kier-

rätystä ja materiaaalitehokkuutta, lisätä alan tutkimusta ja innovaatioita sekä edistää kestävää kaivos- ja jalostustoimintaa. Vuoteen 2030 mennessä tavoitteena on varmistaa, että EU:n riippuvuus yhdestä maasta ei ole yli 65 % minkään strategisen raaka-aineen osalta, ei jalostamattomana eikä missään jalostusvaiheessa.

Pekkarinen päätti puheensa sanoihin: ”Toivon, että tässä tapahtumassa voidaan hyödyntää mahdollisimman paljon uusien eurooppalaisten säädösten tarjoamia mahdollisuuksia ja etsiä rakentavia ja kestäviä tulkintoja monille vielä selvennystä vaativille yksityiskohdille.

Ruotsi ja Suomi ovat johtavia maita Euroopan kaivosteollisuudessa ja merkittäviä myös metalliteollisuudessa. Meillä on myös loistavia läpimurtoja kierrätysteknologiassa. Siksi juuri teillä, tämän tapahtuman osallistujilla, on tärkeä rooli, kun Eurooppa pyrkii vahvistamaan strategista autonomiaansa, edistämään vihreää ja digitaalista siirtymistä ja varmistamaan Euroopan teknologisen turvallisuuden.

Ei ole moraalisesti ja eettisesti oikein luottaa raaka-aineiden hankinnassa muuhun maailmaan. Ei varsinkaan, jos raaka-aineet löytyvät omasta maaperästä.”

Kutsuvierastilaisuudessa jaettiin palkintoja

Tiistai-iltana järjestettiin Rocktales Evening -kutsuvierastilaisuus 705 vieraalle. Tilaisuuden avasi Kaivosteollisuus ry:n toiminnanjohtaja **Pekka Suomela**: ”Hyvät naiset ja herrat! On suuri ilo ja kunnia toivottaa teidät kaikki tervetulleiksi FinnMateria 2024 -tapahtumaan! Tämä vuosi on erityinen, sillä olemme saavuttaneet ennätysyleisön, ja tapahtumamme on kasvanut kansainväliseksi kohtaamispaikaksi.

FinnMateria on vakiinnuttanut paikkansa mineraalialan tärkeimpänä tapahtumana Suomessa. Tänä vuonna teemamme on ”Uuden ajan ratkaisut”, ja olemme koonneet yhteen alan johtavat asiantuntijat, innovaattorit ja yritykset jakamaan tietoa ja kokemuksia. Tämä on ainutlaatuinen tilaisuus verkostoitua, oppia uutta ja löytää uusia yhteistyömahdollisuuksia.”



Pekka Suomela



Kimmo Tiilikainen



Arttu Pöyry ja Heikki Välimaa



Raimo Pylvänäinen



MTG:n Thierry Viallet, Mikko Lehtonen, Turo Tuominen, Mikko Harjula ja Olli Mattila

Hän viitasi puheessaan myös maailmantalouden syklisyyteen, geopolitiisiin muuttuksiin, luontokatoon ja pyrkimykseen päästä eroon fossiilitaloudesta. Myös Suomela muistutti CRMA-asetuksen merkittävydestä. Asetus asettaa tavoitteita ja vaatimuksia, jotka koskevat muun muassa raaka-aineiden hankintaa, kierrätystä ja varastointia. Tavoitteena on vähentää Euroopan riippuvuutta tuontiraukka-aineista ja edistää kestävä kehitystä. Lopuksi hän mainitsi valmisteilla olevan mineraalistrategian kunnianhimoisista tavoitteista.

Tilaisuudessa jaettiin myös historian ensimmäiset FinnMateria-messujen Löydös-palkinnot tunnustuksena pitkäaikaisesta työstä, jonka myötä FinnMateria on kasvanut Pohjoismaiden johtavaksi kaivannaisalan messutapahtumaksi. Palkinnon saivat emeritus pääjohtaja Elias Ekdahl sekä myyntipäällikkö Raimo Pylvänäinen, jotka molemmat olivat myötävaikuttamassa FinnMateria -messujen syntymiseen. FinnMateria oli Vuorimiesyhdistyksen ensimmäisiä yhteistyömessuja.

Tilaisuudessa jaettiin myös Women in Mining ry:n Louhi-kiertopalkinto. Se myönnettiin tänä vuonna yritykselle, joka on ollut näkyvästi esillä tasa-arvon, yhdenvertaisuuden ja monimuotoisuuden edistämistoimissa. Palkinnon sai Yara Suomi Oy. Palkintoa olivat tulleet vastaanottamaan kaivoksen johtaja Antti Savolainen ja henkilöstöpäällikkö Pia Nyqvist-Lindström. Palkinnon luovuttivat WIM:n puheenjohtaja Hanna Junttila ja viimevuotinen palkinnon saaja Hannele Vuorimies.

Lopuksi vieraat saivat kuunnella Petteri Sariolan musiikkiesitystä, ja tutustuminen messualueeseen voi alkaa. Ilta oli antoisa ja täynnä vanhojen tuttuja kohtaamisia ja uusien kontaktien luomista.

Messut käyntiin

Keskiviikkona 6.11. alkaneilla kaksipäiväisillä Pohjoismaiden johtavilla kaivosteollisuuden, metallinjalostuksen, kiviaineteollisuuden, kiertotalouden ja maanrakentamisen erikoismessuilla vieraili 2 165 kaivannaisteol-

lisuuden ammattilaista yli 130 näyttelleasetajan osastoilla. Messujen tärkeää antia on vanhojen suhteiden ylläpitäminen ja uusien tuttavuuksien syntyminen.

FinnMateria-messujen tämän vuoden teeman mukaisesti investoinnit uusiin innovaatioihin ja tutkimukseen sekä kansainvälinen yhteistyö ovat avaimia kestävä kaivannaisteollisuuden tulevaisuuden rakentamiseen. Ne myös avaavat uusia liiketoimintamahdollisuuksia.

Kansainvälisten suhteiden merkitys ja suomalaisten yritysten kasvava rooli näkyivät FinnMateria-messuilla. Tapahtumaan osallistui näyttelleasetajia kymmenestä eri maasta. Suomen lisäksi messuille saapui näyttelleasetajayrityksiä Belgiasta, Kiinasta, Latviasta, Norjasta, Puolasta, Qatarista, Saksasta, Sveitsistä ja Tanskasta.

Messuilla oli mahdollisuus kuunnella asiantuntijapuheenvuoroja ajankohtaisista teemoista kuten digitalisaatiosta, uuden teknologian hyödyntämisestä ja kiertotaloudesta. Keynote-puhujina messuilla olivat AA Sakatti Mining Oy:n toimitusjohtaja **Pertti Lamberg**, Finnpartnershipin Global Gateway-projektin johtaja **Julian Blom**, Geologian Tutkimuskeskuksen pääjohtaja **Kimmo Tiilikainen** sekä Helsingin yliopiston ympäristövastuun työelämäprofessori **Hannele Pokka**.

Kaksi vuotta seuraaviin messuihin

Seuraavan kerran FinnMateria-messut järjestetään 4.-5.11.2026 Jyväskylän Paviljongissa. Vuonna 2026 tapahtuma laajenee kattamaan epäorgaanisten materiaalien koko elinkaaren. Kaivannaisteollisuuden lisäksi tapahtumassa on jatkossa aiempaa kattavammin edustettuna myös kiertotalous. ▲

Uusi yritys rantautumassa Suomeen

Yksi näytteilleasettajista oli Nordic Bulk, ja tapasin Suomen majohtajan Petri Iso-Järvenpään.

Nordic Bulk on suomalaisille uusi nimi ja yritys. Mikä on Nordic Bulk ja millainen on yrityksen historia ja synty?

”Nordic Bulk AS on tunnettu yritys Pohjois-Euroopassa, mutta Suomessa vielä tuntematon toimija. Nordic-alkuisia yrityksiä on paljon, ja varsinkin kun Suomessa toimii Nordic Bulk Oy -niminen yritys bulkkimateriaalin käsittelyn alueella, sekaantumisenkin vaara on helposti olemassa. Nordic Bulk AS on norjalainen yritys. Me toimimme kaivos- ja mineraaliteollisuuden sekä yleisemmin bulkkimateriaalin käsittelyn ja kiertotalouden parissa.”

”Nordic Bulkin tarina alkaa 1980-luvulta, jolloin yksi Nordic Bulkin perustajista, Kars-tein Øvstebø käynnisti ja pyöritti louhoksia useilla paikoilla Stavangerin läheisyydessä, Etelä-Norjassa.”

”Alussa Nordic Bulkin toiminta laitekaupassa perustui varaosiin kaivostoiminnan ja materiaalinkäsittelyn palvelijana. Vuosien varrella hankittu osaaminen on mahdollistanut toiminnan kasvamisen EPC-toimittajan rooliin, erityisesti yhdistämään materiaalin käyttäytymisen ja prosessitekniikan, käytännönläheisen osaamisen. Tällä hetkellä Nordic Bulkin toiminta on perustunut jo vuosikymmeniä prosessikokonaisuuksien avaimet käteen -toimituksiin kokoluokassa 0-100 M€.”

”Edelleen varaosat ja oikeiden ratkaisujen tunnistaminen valintoihin ovat meille tärkeitä. Etsimme jatkuvasti laite- ja varaosaratkaisuja, jotka helpottavat asiakkaidemme arkea.

Nordic Bulk on ”Solution provider”, joka tarjoaa ratkaisuja hyödyntäen hankkimaamme laajaa kokemusta laitosten käytöstä.”

Mitkä ovat Nordic Bulkin tyypillisiä toimituksia?

”Nordic Bulkilla on alansa suurin varaosien ja tarvikkeiden varasto Norjassa asiakkaiden nopeaan palvelemiseen. Huoltoinsinöörimme auttavat tekemään asiakasta hyödyttäviä valintoja ja ratkaisuja asiakkaiden tarpeisiin. Me toteutamme kuitenkin asiakkaille ennen kaikkea vaativia projekteja bulkkimateriaalin käsittelyyn. Erityisesti kaivos- ja louhosprojektit sekä kivenkäsittely ovat tyypillisiä toteutuksia. Kiertotalous ja esimerkiksi pesulaitokset ovat selvästi nousseet esille keskusteluissa ja toteutuksissamme. Esimerkkinä on erilaisten pilaantuneiden maa-ainesten, kaivosjätteiden tai rejektikasojen uudelleen hyödyntäminen pesun kautta myytäväksi tuotteeksi.

Meille tyypilliset toteutukset ovat asiakkaalle tapauskohtaisesti suunniteltuja ratkaisuja. Omat tuotteemme ja suunnittelemaamme asiakkaiden tarpeisiin vastaavat modifioinnit ovat toimintamme ydintä.”

Millaisia tavoitteita Nordic Bulkilla on Suomen suhteen?

”Tuomme osaamisemme ja kokemuksemme EPC-projektien toteutukseen. Uskomme, että näkemyksemme ja tapamme toteuttaa projekteja auttavat asiakkaita. Nordic Bulkin toimintatapaa on hiottu vuosia ja se

on todistettu tehokkaaksi tavaksi toteuttaa menestyksekkäitä projekteja.

Olemme nöyryinä asettumassa Suomeen. Tiedämme että markkina on vaativa. Maailman geopolittinen tilanne on viime vuosina muuttunut, ja esimerkiksi termit kiertotalous/talteenotto ja Critical Raw Material Act tuovat uusia mahdollisuuksia.”

”Tavoitteena ja toiveena on, että myös suomalaisten asiakkaiden puolelta löytyisi proaktiivista rohkeutta ottaa yhteyttä tulevaisuuden rakentamisessa. Markkinoita avatesani kerron mielelläni meistä, vaikka yhteydenotto tulisivatkin tulevan asiakkaan puolelta.

Olemme tulossa Suomeen ajatuksella, että oma paikallinen yhteyshenkilö on avainroolissa. Siksi olemme avanneet Suomeen myyntikonttorin. Olemme silloin askeleen lähempänä markkinoita, ja kynnys asiakkaiden yhteydenottoihin on mahdollisimman matala.”

Miten Nordic Bulkin toimintatapa näkyy käytännössä? Eroaako se jotenkin suomalaisista toimijoista, ja onko havaittavissa kulttuurieroja?

”Nordic Bulkin pääkonttori on Norjan Stavangerissa, joka on myös Norjan ”öljypääkaupunki”. Tämä näkyy siinä, että Nordic Bulkille tulleet öljyteollisuudessa työskennelleet osaajat ovat tuoneet mukanaan koeltuja toimintatapoja ja osaamista suurista kompleksisista projekteista. Osaamisellaan Nordic Bulk on tavallaan kokoaan suurempi. Siksi uusien markkinoiden avaamiseen Suomeen suhtaudutaan luottavaisesti.”

”Toiminnassamme vastuullisuus on saatettu ja nollavahinkotavoitteemme työmaila on toteutunut jo pitkään. Projektien aikais- ta tyhjäkäyntiä on mahdollisimman vähän. Olemme oppineet tuomaan laitteet työmaille oikea-aikaisesti ja mitoittamaan työvoiman juuri sopivasti. Tämä mahdollistaa tehokkaat työmaaoperaatiot. Auditoinne yhteistyökumppanimme prosesseilla, joilla pystymme vastaamaan vastuullisuuteen ja laatuun. Nordic Bulkin juuret ovat laitosten käytössä ja ongelmien ratkaisemisessa.”

Lopuksi Iso-Järvenpää kertoi: ”Itseäni on ilahduttanut se, että Nordic Bulk on ensimmäinen työnantajani, joka toteuttaa tärkeinä pitämiäni henkilöstö-, organisaatio- ja ihmisjohtamisen periaatteita. Norjalaisilla on rohkeutta rekrytoida alan ulkopuolelta henkilöitä rikastamaan toimintakulttuuria. Asenne ratkaisee, mutta sen on annettava kasvaa yrityksessä. Asennetta ei voi ostaa, vaan sitä on kasvatettava yrityksessä arjen tekoina, joista asiakkaat hyötyvät. Se on yrityskulttuuria.”



Maksims Selakovs ja Petri Iso-Järvenpää

TEKSTI JA KUVAT LEENA K. VANHATALO

Liity matkaamme kohti kiertotaloutta

Raaka-aineiden tehokkaaseen käyttöön perustuva kiertotalous on yksi Nordkalkin strategian tärkeimmistä painopistealueista.



Skannaa
QR-koodi ja
katso video!

Nordkalk



Virtauksensääätöratkaisut kaivos- ja metalliteollisuuteen

Kun luotettavuus ja toimintavarmuus ratkaisevat

Tuo uutta virtaa liiketoimintaasi alan johtavilla venttiili- ja pumppuratkaisuilla: Flowrox™, Neles™, Jamesbury™ ja Neles Easyflow™. Hyödynnä kymmenien vuosien kokemuksemme.



Lue lisää osoitteesta
valmet.com/flowcontrol

Valmet 
FORWARD



Kairauspäivät 2024

Geologijaoston järjestämät kairauspäivät pidettiin FinnMateria-messujen yhteydessä Jyväskylässä 5.11.2024. Tämän vuoden aihe ”Kairaus ja viestintä” oli kerännyt paikalle runsaslukuisesti osallistujia.

Tapahtuman aloitti **Toni Eerola** (GTK) esitelmällään ”Suomalaisen kaivoskriittisen liikkeen kehitys ja vaikutukset uraanikiistasta vihreään siirtymään”. Esitelmä taustoitti erinomaisesti päivän aihetta käymällä läpi ympäristöheräämistä sekä kaivoskriittisen liikkeen syntyä ja vaikutuksia Suomessa. Uraanikiistoista alkanut keskustelu 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen puolessa välissä laajeni toisen vuosikymmenen alussa koko kaivosalaa koskevaksi kaivoskeskusteluksi, jota käydään edelleen. Käyty keskustelu on johtanut mm. viranomaisresurssien

parantamiseen ja kestäväen kaivostoiminnan verkoston syntyyn.

Jussi Lähde (Latitude 66) käsitteli esityksessään ”Tieto vähentää tuskaa- malmin-etsinnän hyväksyttävyyden on rakennettava faktoilla” viestinnän tärkeyttä paikallisella tasolla sekä viestinnän oikea-aikaisuutta.

Matti Rautakoski Oy Kati Ab:sta kertoi kairaukseen liittyvästä häiriötilanteesta urakoitsijan näkökulmasta ja **Pertti Lamberg** AA Sakatti Mining Oy:sta puolestaan kaivosyhtiön näkökulmasta. Viime talvena saatiin lukea lehdistä, kuinka kairauksia pyrittiin estämään Sakatin alueella Sodankylässä. Häiriöitä oli

pitkin talvikautta joulukuusta maaliskuulle, ja enimmäkseen alueella oli noin 50 aktivistia. Matin esityksessä käytiin läpi mm. kairausurakoitsijan varautumista häiriöihin sekä sitä, millä tavoin työntekijät kokivat tilanteen. Pertti kertoi neuvotteluista aktivistien kanssa, yhteistyöstä poliisin kanssa sekä kokemuksesta vartijoiden käyttämisestä kairauksen turvaamiseen. Aihe herätti erittäin vilkasta keskustelua esitysten päätteeksi.

Akordi Oy toimi ympäristökonfliktien neuvottelujen välittäjänä. Lounaan jälkeen **Juha Kotilainen** avasi sitä, millaisella yhteistoiminnalla voidaan rakentaa luottamusta ja milloin yhteistoimintaa tarvitaan. Case -esimerkkinä kuultiin Sodankylän kaivostoiminnan vesistövaikutusten yhteisöuutinnan kehittämisestä kaivosyhtiöiden ja paikallisyhteisöjen edustajien kesken.

Aleksi Autti kävi läpi kairausurakoinnin tarjoutien sisältöä ja haasteita. Haasteista osa olisi taklattavissa kattavalla tarjouspyynnöllä ja omalla tarjouspohjalla, jolloin yhtiö saa vertailukelpoiset tarjoukset eri toimijoilta. Ennen varsinaista aihetta alustuksena kuultiin myös Artic Drilling Company Oy:n kokemuksista häiriötekijöistä kairauksella Ruotsissa.

Iltapäivän kahvitaun jälkeen **Leena Hirvonen** piti lyhyen viestintäkoulutuksen, jossa käytiin läpi mm. uutiskriteeristöä, miksi lehden toimitus toimii niin kuin se toimii, miten toimia haastattelupyynnöiden kanssa ja millä tavoin tuoda omia näkökulmia ja juttuaihioita esille toimittajille. ▲



TEKSTI JA KUVAT: ANNA-RIIKKA PEHKONEN-OLLILA

Vetytalouden mahdollisuudet Suomessa

Artikkeli pohjautuu P2X Solutions Oy:n toimitusjohtaja **Herkko Plitin** (kuva 1) Alihankinta 2024 -messuilla pitämään esitelmään. Se jatkaa Materia-lehden *Energia ja vety* -teemanumerossa (Materia 3/2024) käynnistettyä Vihreä siirtymä -teeman käsittelyä.

Yhteiskunta muuttuu, ja sähkön tuotanto uudistuu

Pyrkimys kestävään tulevaisuuteen on vai-vihkaa käynnistänyt suuren yhteiskunnallisen muutoksen. Fossiilisista energialähteistä ollaan siirtymässä erilaisten hybridiratkaisujen kautta uusiutuvilla energialähteillä tuotettuun sähköön ja tulevaisuudessa kenties myös vetyyn energian kantajana. Muutos on hyväksytty normaalina menettelynä kestävä tulevaisuuden saavuttamiseksi.

Samaan aikaan myös sähkön tuotanto on uudistumassa. Tavoitteena on tuotannon hiilineutraalisuus, jotta kasvihuonekaasujen aikaansaama ilmastonmuutos ja siihen liittyvät luonnonkatastrofit saataisiin kuriin. Luonnonkatastrofien aiheuttamien kustannusten arvioidaan olevan luokkaa 75-100 Mrd. euroa tapausta kohti.

Tuulivoiman ja aurinkoenergian käyt-

tö sähkön tuotantoon on maassamme voimakkaassa kasvussa (kuva 2), ja fossiilisten polttoaineiden käyttö on vähenemässä. Tämä merkitsee myös sähköntuotannon puhdistumista. Vuodesta 2010 vuoteen 2022 siirtymäessä sähkön tuotannon aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ovat Suomessa vähentyneet lähes 19 miljoonasta tonnista runsaaseen neljään miljoonaan tonniin. Samaan aikaan kilowattituntia kohti laskettu CO₂-päästö on laskenut yli 225 grammasta vajaaseen 70 grammaan (kuva 3).

Ennusteen mukaan vuonna 2025 Suomen sähköenergiasta noin 31 % tuotetaan tuuli- ja aurinkoenergialla, 35 % ydinvoimalla, 15 % vesivoimalla ja 19 % muulla lämpövoimalla (mukaan luettuna fossiiliset polttoaineet). Kapasiteetin kasvun myötä Suomi on muuttumassa sähköenergian tuojasta sen viejäksi 2020-luvun puolenvälin



TUOMOTAINEN

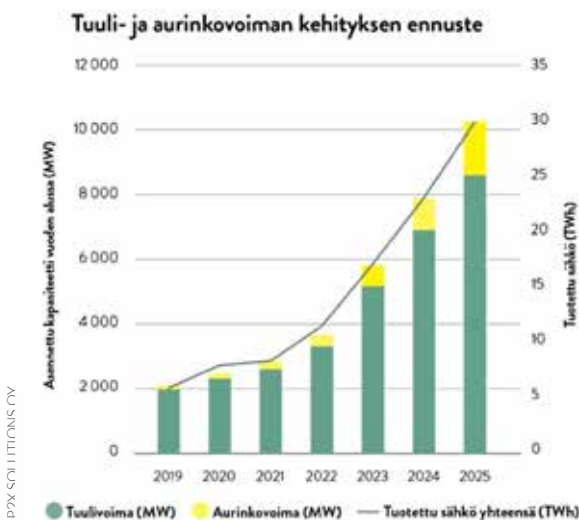
Kuva 1. P2X Solutions Oy:n toimitusjohtaja Herkko Pliti

tienoilla (kuva 4).

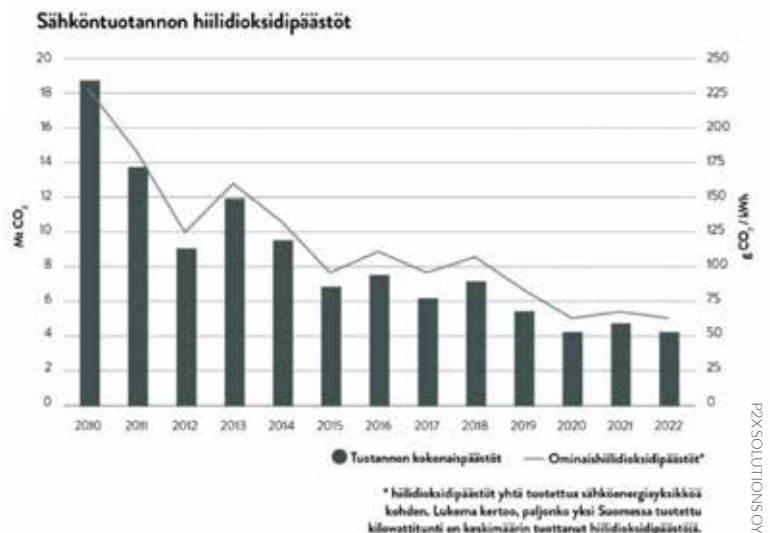
Energiasektorin haasteet

Energiasektorilla on edessään kolme suurta haastetta: energian siirto, energian varastointi sekä energian hinta ja sen heilunta eli volatiliiteetti.

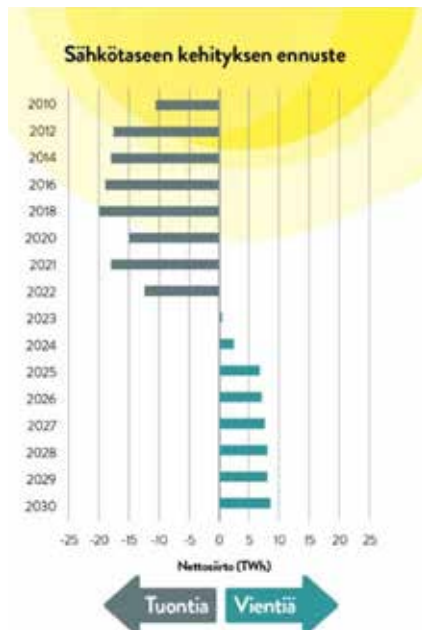
Energian siirrosta valtaosa tehdään tällä hetkellä sähkön eli elektronien välityksellä. Tulevaisuudessa siirtoa joudutaan yhä enem-



Kuva 2. Tuuli- ja aurinkovoiman ennustettu kehitys Suomessa vuosina 2019-2025



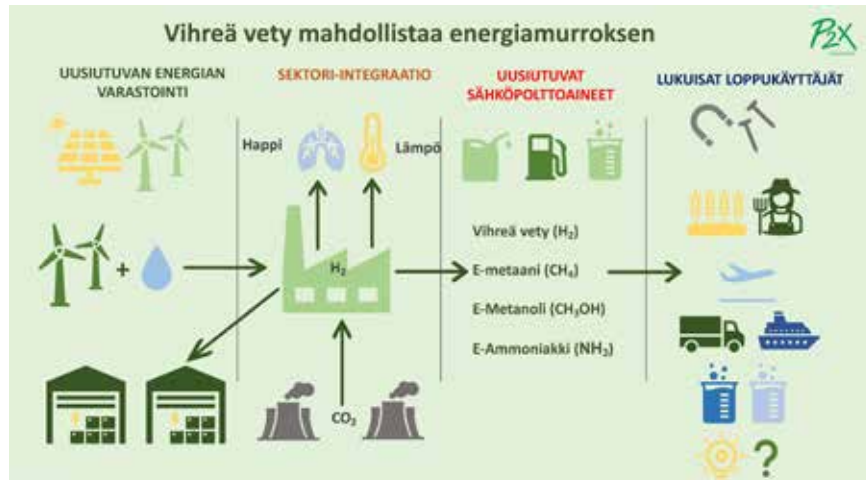
Kuva 3. Sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjen kehitys Suomessa vuosina 2010-2022



Kuva 4. Suomen sähkötaseen ennustettu kehitys vuosina 2010-2030

män toteuttamaan molekyyliden eli kaasujen tai nesteiden välityksellä. Suunnitteilla on mm. laajan, Suomesta ja Ruotsista Saksaan ulottuvan vedyn siirtoverkoston rakentaminen kolmena erillisenä infrastruktuurihankkeena (ks. esim. *Materia* 3/2024 ss. 31-32).

Yleisellä tasolla uusiutuvien energialähteiden käyttö lisää tuotannon heiluntaa. Esimerkiksi Suomessa tuuli- ja aurinkovoiman ongelmana on niiden vaihteleva saatavuus. Erityisesti tämä näkyy talvikautena, jolloin energiaa tarvitaan runsaammin lämmitykseen. Tuotannon ja kulutuksen välillä val-



Kuva 5. Vihreän vedyn rooli energiamurroksessa

litseva epätasapaino tuo mukanaan tarpeen energian varastointiin.

Akkujen, lämpövarastojen yms. avulla voidaan hoitaa osa varastointitarpeesta, mutta riittävän varastointikapasiteetin rakentamiseksi vety on otettava mukaan varastointivälineisiin ja -tapoihin. Teknologiset ratkaisut tähän ovat vielä suunnitteilla. Puhtaan vedyn varastointiin ja siirtoon liittyviä materiaaliongelmiä voitaneen ratkaista mm. jatkojalostamalla vety hiilidioksidin avulla synteettisiksi polttoaineiksi ennen varastointia ja siirtoa.

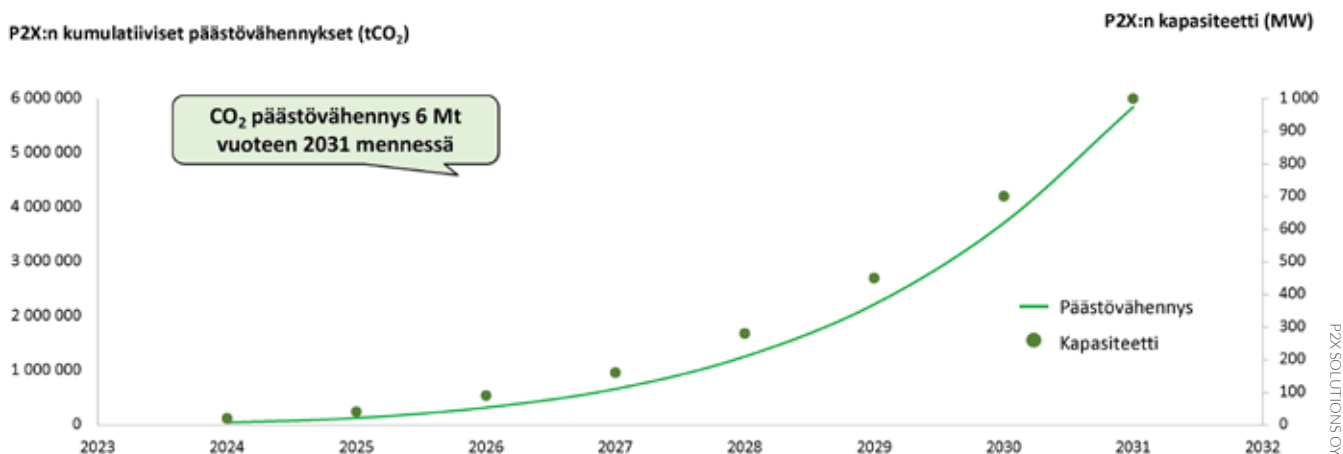
Sähkömarkkinoilla hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan, ja yllä kuvattu tuotannon volatiliiteetti heijastuu myös hintoihin. Vetytalous helpottaa hintaheilahtelujen tasoittamista, koska vedyn tuottamiseen

elektrolyysiprosessilla tarvitaan paljon sähköä. Runsaan tarjonnan eli halvan sähkön aikaan voidaan tuottaa vetyä ja sen jatkojalostustuotteita varastoon ja purkaa varastoja sähkön niukan tarjonnan ja korkean hinnan vallitessa.

Tuulen ja vedyn avioliittoa voidaan sitten pitää jopa välttämättömyytenä. Myös metsäteollisuus ja sen tuottaman biogeenisen hiilidioksidin talteenotto on otettava mukaan puhtaan energian tuotannon kokonaiskuvaan.

Oma lukunsa on sitten uusiutuvista energianlähteistä tuotetun energian hinta. Uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen sähkön ja vedyn tuotannossa vaatii mittavia investointeja, samoin uusien

1GW:n elektrolyyserikapasiteetti ja 6Mt päästövähennyspotentiaali vuoteen 2031 mennessä



Kuva 6. P2X Solutions Oy:n tavoitteena oleva elektrolyyserikapasiteetin kasvu vuoteen 2031 mennessä

energiansiirtojärjestelmien rakentaminen. Jos vety halutaan ennen varastointia ja siirtoa jatkojalostaa helpommin käsiteltäviksi tuotteiksi, tarvitaan tähänkin merkittäviä investointeja. Investointien kustannukset tulevat väistämättä näkymään sekä uusiutuvan energian että sitä käyttäen valmistettujen päästöttömien tuotteiden hinnoissa.

Toisaalta fossiiliselle energialle ja sisällyttämällä hiilelle tulee tiukentuvan regulaation myötä myös muodostumaan hinta. Todennäköisesti hinta nousee sitä korkeammaksi, mitä puhtaampaa energiantuotantoa tavoitellaan. Tämä tasoittaa osaltaan fossiilisen ja uusiutuvan energian välistä hintaeroa.

Suomen mahdollisuudet

Globaali pyrkimys hiilineutraalisuuteen tuo mukanaan kiristyvää regulaatiota ja kunnianhimoisia tavoitteita vähähiilille tuotteille. Hiili-intensiivisissä tuotteissa ja tuotannossa tavoitellaan 80 prosentin vähennystä vuoteen 2050 mennessä vuoden 2020 tasoon verrattuna.

EU:n ilmailupolttoaineita koskeva regulaatio edellyttää, että vuoteen 2050 mennessä hiilineutraalin (käytännössä synteettisten)

polttoaineiden osuuden kaikista käytetyistä polttoaineista tulee olla vähintään 70 %. Tämä kaikki merkitsee mittavia investointeja hiilineutraalin energian tuotantoon ja jakeluun.

Suomen vahvuuksina investointien siirtymistä ajatellen ovat eurooppalaisessa mittakaavassa halpa sähkö, uusiutuvien energialähteiden osuuden voimakas lisääntyminen sähkön tuotannossa sekä vakaa sähköverkko. Meillä on myös runsaasti tarjolla puhdasta vettä vedyn tuotantoon ja biogeenista hiilidioksidia synteettisten polttoaineiden tuotantoon.

Myös politiikkaa tarvitaan

Systeemitason muutoksiin tarvitaan myös poliittista tahtoa. Poliitiikka mahdollistaa muutoksen, ja teollisuus sekä investoinnit toteuttavat sen. Kysynnän luominen tapahtuu poliittisten päätösten kautta.

Vihreän muutoksen poliittinen tahtotila on jo globaalisti olemassa. Dubain ilmastokokouksessa 2023 jopa öljymaat olivat valmiita luopumaan fossiilisista polttoaineista. Myös Kiina ja Intia ovat asettaneet hiilineutraalisuuden tavoitteekseen: Kiina

vuonna 2050 ja Intia vuonna 2080. Hiilelle tulee hinta kaikkialla, ja rahoituksen saanti fossiilisiin hankkeisiin vaikeutuu.

Vihreä vety tulevaisuuden tekijänä

Vihreä vety mahdollistaa energiamurroksen (kuva 5). Suomessa hallituksen tavoitteena on, että vähintään 10 % vihreän vedyn globaalista tuotannosta tulisi Suomesta. Maassamme on jo suunnitteilla tai käynnissä yli 40 vetyprojektiä, jotka vastaavat 8 000 MW tehontarvetta, 1 000 000 tonnin vedyntuotantoa vuodessa ja 20 Mrd. euron investointeja. Pitkällä tähtäyksellä tavoitellaan 35 miljardin euron investointeja ja 100 000 uutta työpaikkaa.

P2X Solutions Oy:n 20 MW:n vihreän vedyn tuotantolaitos Harjavallassa avaa Suomen vetytalouden käynnistyessään tämän vuoden loppuun mennessä. Käynnissä ovat lisäksi hankkeet suurempien laitosten skaalaamiseksi Joensuuhun (40 MW) ja Ouluun (100 MW). Yrityksen tavoitteena on kasvattaa elektrolyyserikapasiteettinsa 1 000 megawattiin vuoteen 2031 mennessä (kuva 6). Tämä vastaa kuuden miljoonan tonnin kumulatiivista hiilidioksidin päästövähennystä. ▲

TEKSTI: TUOMO TIAINEN

Laboratory services
for exploration
and mining



eurofins | **Labtium**

WWW.EUROFINS.FI MYYNTI@EUROFINS.FI



AngloAmerican

Sakatti Project –
technology, digitalisation
and sustainability
working hand in hand

finland.angloamerican.com

@AngloAmericanFI @Finland – Anglo American



ASTROCK

GEOPHYSICAL CONSULTING AND CONTRACTING

Hyvää joulua ja menestystä vuodelle 2025!



Haluamme kiittää asiakkaitamme ja yhteistyökumppaneitamme kuluneesta vuodesta. Toivotamme kaikille mukavaa joulun aikaa ja menestystä tulevaan vuoteen!

rocktechnology.sandvik.fi



OLEMME MUKANA
HYVÄ JOULUMIELI-
KERÄYKSESSÄ 2024

Tekoälyllä tuottavuutta

Alihankinta 2024

Pohjoismaiden suurin teollisuustapahtuma Alihankinta 2024 järjestettiin Tampereen Messu- ja urheilukeskuksessa 1.-3.10.2024. Vuodesta 1988 alkaen jo 36. kerran järjestetty tapahtuma kokosi yhteen yli tuhat näytteilleasettajaa ja noin 23 000 teollisuuden ammattilaista. Näistä yli 17 000 oli kävijöitä. Messujen teemaa ”Tekoälyllä tuottavuutta” käsiteltiin monipuolisesti sekä messujen ohjelmatarjonnassa että messuosastoilla. Messujen pääkumppanina oli Fastems Oy, teemakumppanina Sandvik ja ohjelmakumppanina DIMECC Oy.

Avajaisissa jaettiin palkintoja

Tervetulosanat lausui Tampereen Messut Oy:n toimitusjohtaja **Tuomas Räsänen**. Avajaisissa kuultiin tapahtuman pääkumppanin Fastems Oy:n liiketoimintajohtajan **Heikki Hallilan** avauspuhe, jossa hän nosti esille kolme teollisen menestymisen perustekijää. Ensimmäisenä oli automaation, digitalisaation ja tekoälyn hyödyntäminen, toisena tekemiseen kohdistuva intohimo ja kolmantena toiminta ripeästi, mutta ei hosuen. Avajaisissa kuultiin myös työmi-



Tapahtuman tervetulotoivotuksen esitti Tampereen Messut Oy:n toimitusjohtaja Tuomas Räsänen.



Uuden Alihankinta-brändin logo ja logosymboli

nisteri **Arto Satosen** ja Business Finlandin pääjohtaja **Lassi Noposen** tervehdyspuheenvuorot.

Perinteiseen tapaan avajaisissa palkittiin myös Vuoden Päähankkija ja Alihankkija. Vuoden 2024 päähankkijan palkinnon sai äänieristettyjen puhelinkoppien sekä työtilojen suunnitteluun ja valmistukseen erikoistunut tamperelainen **Framery Oy**. Start up -vaiheesta nopeasti kansainväliseksi menestystarinaksi kehittyneen ja asemansa toimialansa globaalina markkinajohtajana vakiinnuttaneen Frameryn innovatiivisuus, voimakas taloudellinen kasvu ja tuloksellisuus sekä henkilöstön hyvinvoinnin ja ympäristön huomioon ottava vastuullinen toimintatapa olivat palkitsemisen perusteina.

Vuoden 2024 alihankkijana palkittiin ohutlevyosiin ja kevyisiin metallirakenteisiin erikoistunut porvooolainen **Brione Oy**, joka tarjoaa asiakkailleen palvelut tuotteiden suunnittelusta toimitukseen saakka. Innovatiivinen ja rohkea alansa edelläkävijä panostaa uusimpaan teknologiaan, tuotekehitykseen ja laatuun. Taloudellinen kannattavuus, toimitusvarmuus ja asiakastytyväisyys sekä vastuullisuuden ja kestävä kehityksen huomioon ottaminen olivat palkitsemisen muina perusteina.

Uusi brändi julkistettiin

Avajaisten yhteydessä julkistettiin Alihankinta-tapahtuman uusi brändi, joka nostaa suomalaisen teollisuuden jalustalle. Uusi brändi kiteytyy lauseeseen ”Alihankinta mahdollistaa menestyksen” ja tuo teräksen kiillon uuteen logosymboliin. Teollisen muotoilun innoittama brändi korostaa messujen halua olla jatkossakin teollisuuden tärkein tapahtuma ja oman alansa edelläkävijä. Se tulee jalkautumaan eri kanaviin loppuvuoden aikana.

Tekoälyn monipuolista tarkastelua

Messujen ohjelmatarjonnassa tekoälyä ja sen luomia mahdollisuuksia tarkasteltiin kaikkiaan noin 40 esityksessä tai tapahtumassa pääaulan Heat Stagella sekä B-hallin AI-Stagella. Teemaa käsiteltiin keynote-luentojen, yksittäisten esitysten ja paneelikeskustelujen keinoin. Esityksissä käsiteltiin monipuolisesti tekoälyn potentiaalia yritysten toiminnan tehostamisessa ja tuottavuuden kasvattamisessa, tekoälyn käyttöönottoon liittyviä haasteita sekä case-esimerkkejä tekoälyn käytöstä.

Olenaisina asia tekoälyn hyödyntämisessä on taustadata; sen määrä, laatu, tavoitettavuus ja prosessoitavuus. Puutteellinen tai virheellinen data johtaa tekoälyn todennäköisesti harhateille. Datan keräämiseen,

prosessointiin ja varastointiin on tarjolla erilaisia työkaluja. Tekoälyn käytön helpottamiseksi on jo olemassa tekoälyavustajia, jotka muuntavat puhutun tai kirjoitetun kysymyksen tekoälykielille, etsivät vastauksen taustadasta ja kääntävät sen jälleen puhe- tai kirjoituskielille. Näiden avustajien avulla on mahdollista päästä erilaisten prosessien ytimeen, kun tarjolla oleva data on riittävän monipuolista ja laadukasta.

Konkreettisenä esimerkkinä tekoälyn ja tekoälyavustajien käytöstä mainittiin eräässä esityksessä matkalaskun tekeminen. Prosessi alkaa sillä, että tekoälyä pyydetään tekemään matkalasku liitteinä olevista dokumenteista. Tekoäly hakee taustadasta matkalaskun laatimista koskevat säädökset, rajaehdot ja yrityskäytännöt. Niiden ja liitedokumenttien perusteella tekoälyavustaja laatii matkalaskun, jonka toinen tekoälyavustaja tarkastaa ja tulostaa tai lähettää suoraan maksutukseen.

Myös muita teemoja käsitellyssä

Messujen hengästyttävässä ohjelmatarjonnassa käsiteltiin myös muita teemoja. Esityksissä käsiteltiin mm. tuotannonohjausta, laadunvalvonnan automatisointia sekä optisia ja koskettamattomia mittausmenetelmiä. DIMECC Oy:n koordinoimaa valmistavan teollisuuden uutta Make in Finland -ekosysteemiä esiteltiin kahden tunnin mittaisessa seminaarissa. Omat esityksensä olivat myös Tampereen yliopiston ja International House Tampereen yrityslähettilästoiminnasta sekä vetytalouden mahdollisuuksista Suomessa. Jälkimmäisestä esityksestä on oma referaattinsa toisaalla tässä lehdessä.

Näyttelyosastoilla riitti pohinää

Messu- ja urheilukeskuksen viisi hallia täyttävillä näyttelyosastoilla oli vilkasta toimintaa, ja käytävät täyttyivät hallista ja osastosta toiseen rientävistä kävijöistä. Jotakin näyttelyosastoja oli sijoittunut myös ulkotiloihin pääsisäänkäynnin läheisyyteen. Kansainvälisiä yrityksiä oli esillä luonnollisesti Pohjoismaista, Virosta ja Latviasta, mutta myös kauempaa oli messuille lähdetty. Etäisin kohdalle osunut yritysosasto oli Pohjois-Intian Hindustanista saakka.

Näyttelyosastojen yleisvaikutelmaksi jäi se, että varsinaisia tuotantovälineitä ja niiden avulla järjestettyjä demonstraatioita oli esillä aikaisempia vuosia vähemmän. Osastoilla luotettiin enemmän tuotteiden ja esitteiden sekä tarjoilujen ja varsinkin kahdenvälisen keskustelujen voimaan yritysten markkinoinnissa. Halutut käyntikohteet oli monista halleista ja näytteilleasettajien suuresta lukumäärästä huolimatta helppo löytää selkeän



Käytävät ja näyttelyosastot täyttyivät kävijöistä.



Näyttelyosastot olivat tyylikkäitä.

ja loogisesti järjestetyn, lähes 500-sivuisen messuoppaan avulla.

Vuoden Teollisuusteko 2024

Vuoden Teollisuusteko 2024 -palkinto jaettiin vakiintuneen tavan mukaan messujen toisena päivänä. Tunnustus on jaettu vuodesta 2021 lähtien, ja sen aikaisemmat voittajat ovat olleet AGCO Power, Valmet Automotive ja Sandvik. Tämän vuoden valintaraadin muodostivat johtaja **Erkki Ahola**, Uudet teknologiat -kokonaisuus, Teknoliateollisuus ry, päätoimittaja **Harri Junttila**, Tekniikka & Talous -lehti, projekti-päällikkö **Sami Siurola**, Alihankinta-messut sekä teollisuuden tiiminvetäjä **Heini Wallander**, Business Tampere.

Palkinnon voitti liikkuvien työkonien elektroniikkajärjestelmiä ja ohjelmistoja suunnitteleva ja valmistava järjestelmätoimittaja **Epec Oy** Seinäjoelta. Palkinnon perusteluina ovat Epec Oy:n merkittävät innovaatiot sekä mittava investointi uuteen, Suomen oloissa harvinaiseen elektroniikka-

tehtaaseen. ”On tärkeää, että Suomesta löytyy kyvykäs toimija, joka voi tehdä rauta- ja sofitaratkaisuja liikkuville työkoneille”, perusteli voittajan esitellyt valintaraadin jäsen **Erkki Ahola** Epecin palkitsemista.

Palkinnon vastaanottivat edellisen vuoden voittajan Sandvikin teknologiajohtajalta **Jani Vileniukselta** Epecin toimitusjohtaja **Jyri Kylä-Kaila** ja toimitusketjun johtaja **Eeva Koskela**. He olivat juhlan kunniaksi pukeutuneet pohjalaiseen kuosiin, johon kuului kummallakin Iisakki Järvenpää Osa-keyhtiön puukkokokonaisuus Helahoito. Vastineeksi Sandvikille luovutettiin puukkokokonaisuuden helaosio. Kiitospuheessaan palkinnon vastaanottajat totesivat mm., että Etelä-Pohjanmaalla ”tavallista yritetähän, mutta priimaa tuloo”.

Finalisteiksi Epecin ohella valinnassa ylsivät lasiteknologia-yhtiö **Glaston** sekä pienkuormaimia valmistava **Avant Tecno**. Glastonin kehittämä automatisoitu tasolasin karkaisujärjestelmä antaa avaimet liiketoiminnan kehittämiseen ja laajenta-

miseen. Avant Tecnon merkittävä panostus pienkuormaimien sähköistämiseen muun muassa omalla akkupaketisuunnittelulla ja -tuotannolla soveltuu esimerkiksi muillekin.

Messutapahtuma kehittyi ja kasvaa edelleen

Jo nyt Pohjoismaiden suurimman teollisuustapahtuman aseman vallannut Alihankinta haluaa kasvaa ja kehittyä edelleen. Tapah-tumaan on tulossa uutta myös sisällöllisesti. Syyskuun alussa lanseerattu, työelämäpro-fessori **Matti Apusen** juontama BOX by Alihankinta -podcast laajentaa teollisuuden ja teknologia-alan keskustelua messutapahtuman ulkopuolelle ja tavoittelee sekä alan ammattilaisia että laajempaa yleisöä. Tulosa ovat myös uudet verkkosivut sekä uusia digitaalisia ratkaisuja.

Seuraavatkin messut jo kalentereihin

Alihankinta järjestetään seuraavan kerran 30.9. – 2.10.2025 Tampereen Messu- ja urheilukeskuksessa. Teemana on ”Kilpailukykyä kestävästi”. ▲

TEKSTI JA VALOKUVAT: TUOMO TIAINEN



Vuoden teollisuusteko 2024 -palkinnon voittajan Epec Oy:n toimitusjohtaja Jyri Kylä-Kaila ja toimitusketjun johtaja Eeva Koskela vastaanottivat palkinnon ja onnitelut.



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

- Maapeitteen 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.
- Irtikairaus-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



Kuva 1. Yleisö kokoontuneena odottamaan päivän avausta

Materiaalitieteen päivä 2024

Tampereen yliopiston (TAU) Materiaalitieteiden ja ympäristötekniikan yksikön (MSEE) Materiaalitieteen päivä järjestettiin kolmannen kerran Hervannan kampuksella 11.10.2024. Seminaari oli samalla aikaisemman (ja nykyisen yksikön osana toimivan) Materiaaliopin laitoksen 55-vuotisjuhlatapahtuma. Päivään osallistui kaikkiaan 125 materiaalitieteen harrastajaa tai siitä kiinnostunutta henkilöä (Kuva 1).

Seminaarissa esiteltiin monipuolisesti materiaalitutkimuksen ja koulutuksen tilaa ja tulevaisuutta Tampereen yliopistossa. Päivä täyttyi esitelmäis-
tunnoista, postereista ja laboratoriokierrok-
sista. Puheenjohtajana toimi yksikön johtaja,
professori **Mikko Hokka**.

Avauksessa Research Hubia ja ekosysteemejä

Päivän avauspuheenvuorossaan tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnan dekaani, prof. **Martti Kauranen** kertoi, että tekniikan ja luonnontieteiden tiedekuntaan kuuluu kolme tutkimusyksikköä: automaatio ja kone-
tekniikka, fysiikka sekä materiaalitiede ja
ympäristötekniikka.

Tiedekunta on hyvässä vauhdissa. Tiedekuntaan on vuosina 2023-2024 nimitetty n. 15 uutta professoria, joista kahdeksan MSEE-yksikköön. Hervannan kampuksella on aloitettu uuden Research Hubin raken-

nustyöt. Projektin kokonaisbudjetti on luokkaa 100 M€, josta rakennus vie noin 80 M€ ja tavoitteena on uusia tutkimusinfraa 10-20 M€ arvosta. Rakennukseen sijoittuvat kaikki kevyet kokeellista tutkimusta tekevät laboratoriot. Business Finlandin uusien rahoitusinstrumenttien myötä tullaan panostamaan yliopiston ja teollisuuden välistä yhteistyötä edistäviin ekosysteemeihin. Niitä on tarkoitus luoda myös materiaalialalle.

Tiedekunnan tutkimuksesta vastaava varadekaani, professori **Minnamari Vippola** esitteli tarkemmin tiedekunnan tutkimusinfrastruktuuria sekä sen kehittämistä ja tulevaa Research Hubia. Hub-hankkeeseen ryhdyttiin, koska Hervannan kampuksen laboratoriot ovat hajallaan eri rakennuksissa, ja osa rakennuksista on nykykriteerien mukaan huonokuntoisia sekä laboratorio-
käyttöön huonosti sopivia.

Sähkötalon purettavien kolmen siipirakennuksen paikalle tulevassa kolmikerroksis-

essa uudisrakennuksessa on tilaa 9 000 m². Sen lisäksi Sähkötalon säilyviä osia uudistetaan 18 500 m² alalta. Hanke on käynnistetty vuoden 2022 viimeisellä neljänneksellä, ja sen on suunniteltu valmistuvan vuoden 2027 kolmannella neljänneksellä.

Pitkälle kehitettyä materiaalien prosessointia

Päivän ensimmäisen istunnon aiheena olivat pitkälle kehitetyt materiaalien prosessointimenetelmät.

Terminen ja kylmäruiskutuspinnoitus

Apulaisprofessori **Heli Koivuluoto** kertoi termisen ja kylmäruiskutuspinnoituksen viimeisimmistä tutkimustrendeistä. Yhden-
toista henkilön tutkimusryhmässä kehitetään
monitoiminnallisia liekkiruiskutuspinnoitteita (esim. pietosähköiset tai kulumis-
kestävät jäänestopinnoitteet, polymeeri/
keraamikomposiittipinnoitteet), termisestä

ruiskutettuja monikerroksisia betonirakenteiden jäänestopinnoitteita merivesiolosuhteisiin sekä suspensioliekkiruiskutettuja nanorakenteisia superhydrofobisia pinnoitteita. Kylmäruiskutuspinnoituksessa tutkitaan ja kehitetään mm. kulumiskestäviä alumiini-kvasikidekomposiitteja ja niiden muodostumismekanismeja, ruiskutusprosessin on-line monitorointia ja hallintaa, laseravusteista kylmäruiskutusta, multifunktionaalisia korjauspinnoitteita sekä kylmäruiskutuksen käyttöä AM-menetelmänä. Tulevaisuuden suunnitelmissa on mm. pinnoitteiden kehittäminen vetyteknologian tarpeisiin.

Käänteisesti toimivat keraamiset kiinteäoksidiipolttokennot

Apulaisprofessori **Imran Asgharin** (kuva 2) uusiutuvan energian teknologioiden tutkimusryhmässä on yhdeksän jäsentä, joista kaksi toimii myös Aalto-yliopistossa ja heistä toinen lisäksi DTU-yliopistossa Tanskassa. Asghar tarkasteli laajassa esityksessään ensiksi käänteisesti toimivien vedyn ja sähkön tuotantoon käytettävien keraamisten kiinteäoksidiipolttokenttien oksidielektrolyytin ionijohtavuuden parantamiseen ja toimintalämpötilan alentamiseen tähtääviä ratkaisuja. Siirtymällä happi-ionijohtavista elektrolyyteistä protonijohtaviin elektrolyytteihin tai moni-ionijohtaviin elektrolyytteihin saavutettiin ennätyksellinen 0,5 S/cm ionijohtavuus ja 1,1 W/cm² tehoiteus 550 °C lämpötilassa, kun happi-ionijohtavien elektrolyyttien tyypillinen toimintalämpötila-alue on 700 – 1000 °C. Hän tarkasteli myös oksidielektrolyyttien valmistusta 3D-tulostusta ja elektrodien valmistusta mustesuihkutyyppistä laitteistoa käyttäen.



Kuva 2. Apulaisprofessori Imran Asghar puhui keraamisista kiinteäoksidiipolttokennoista.

Toiseksi Ashgar tarkasteli käänteisesti toimivan yksikerroksisen keraamisen polttokennon valmistusta ekstruusiotyypistä 3D-tulostusta käyttäen. Yksikerroksisessa polttokennossa perinteinen anodi-elektrolyytti-katodiyhdistelmä on alempien valmistuskustannusten, yksinkertaisemman rakenteen ja paremman termisen stabiiliteetin saavuttamiseksi korvattu yksikerroksisella levyllä, joka on valmistettu elektrolyytti- ja elektrodikeraamien homogeenisesta seoksesta. Lisäämällä protonijohtavaa elektrolyyttiä sisältävän yksikerroksen levyyn molemmille puolille huokoinen kerros ja käyttämällä virran keräämiseen kulan sijasta NiCoAlLi-oksidiilla pinnoitettua nikkelivaahtoa saavutettiin tällaisella yksikerrospolttokennolla 801 mW/cm² tehoiteus 550 °C lämpötilassa.

Tutkitut 3D- ja mustesuihkutulostus ovat osoittautuneet käyttökelpoisiksi teknologioiksi käänteisesti toimivien keraamisten polttokennojen valmistukseen. Jatkossa keskitytään ”tulostusmusteen” kehittämiseen lujempien materiaalien aikaansaamiseksi sekä polttokennojen suorituskykyä ja pitkäaikaiskestävyyttä rajoittavien tekijöiden ymmärtämiseen ja eliminoimiseen.

Uusia akkuratkaisuja keraamien prosessoinnilla

Tutkijatohtori **Amandeep Singh** kertoi esityksessään keraamien kehittyneiden prosessointimenetelmien soveltamisesta kiinteän tilan Li-ioniakkujen tuotantoon. Kiinteän tilan Li-ioniakut ovat turvallisia ja niillä saavutetaan suuri energiatiheys sekä pitkä kestoikä. Akut eivät sisällä haihtuvia tai myrkyllisiä liuoksia, niiden paloherkkyys ja itsepurkautuvuus ovat vähäisiä ja niillä on hyvä mekaaninen sekä terminen stabiilisuus.

Haasteina ja suorituskykyä alentavina tekijöinä ovat erilaiset rajapintailmiöt. Niistä ensimmäinen on litiummetallin pinnalta tapahtuva Li-dendriittien kasvu, joka kiinteän tilan elektrolyytin läpi edettyään johtaa paikallisiin oikosulkuihin. Toiseksi kiinteän tilan elektrolyytin rajapinnoille muodostuva kiinteä välifaasi lisää akun sisäistä vastusta ja alentaa suorituskykyä. Kolmas rajoittava tekijä on litiummetallin laajeneminen lataus-purkusyklien lukumäärän kasvaessa suureksi.

Useimmilla kiinteän tilan elektrolyteillä on joko hyvä ionijohtavuus tai korkea stabiilisuus Li-metallia vastaan, mutta ei samanaikaisesti molempia. Näihin haasteisiin haetaan Tampereella ratkaisuja soveltamalla kehittyneitä keraamien prosessointimenetelmiä sekä erityisesti PLD (Pulsed Laser

Deposition)-pinnoitusmenetelmää akkujen komponenttien valmistukseen.

Työtä tehdään kahdessa EU:n rahoittamassa Horizon-tutkimusohjelmaan kuuluvassa projektissa. Niistä ensimmäinen SOLVE-hanke on käynnistynyt kesäkuussa 2024 ja jatkuu toukokuun 2028 loppuun. Sen tavoitteena on sähköiseen liikenteeseen tarkoitettujen korkean suorituskyvyn ja turvallisuusasteen kiinteän tilan akkujen valmistusmenetelmien kehittäminen. Mukana hankkeessa on 16 eurooppalaista partneria, ja Suomesta hankkeeseen osallistuvat TAU ja Pulsedon Oy. Toinen eli HyList-hanke käynnistyy vuoden 2025 alussa ja jatkuu vuoden 2027 loppuun. Se tähtää suuren varauskapasiteetin ja korkean energiatheyden kiinteän tilan akkujen kehittämiseen tie- ja ilmailuliikenteen tarpeisiin. Mukana on 13 eurooppalaista partneria ja Suomesta hankkeeseen osallistuvat TAU ja Pulsedon Oy.

Tutkijatohtori Singh esitteli lopuksi lyhyesti keraamimateriaalien tutkimusryhmän ja sen tutkimusalueet. Hän kävi myös läpi yllä kuvattujen hankkeiden läpiviemiseen tarvittavaa laboratoriorien laitevarustusta.

Muovijäte bioteknologiaalla arvokkaiksi biomuoveiksi

DI **Pauli Hakala** (kuva 3) esitteli upPE-T-hankkeen, jonka tavoitteena on muuttaa PE- ja PET-muovijäte bioteknologian keinoin arvokkaiksi biomuoveiksi. Yli 98 % muoveista tuotetaan uusiutumattomista raaka-ainelähteistä eivätkä kaikki biopohjaiset muovitkaan ole biohajoavia, kierrätettäviä tai uudelleen käytettäviä.

Vuonna 2019 Euroopassa 19% ruoka- ja juomapakkausten muovijätteestä meni kaa-



Kuva 3. DI Pauli Hakala tutkii muovijätteen muuttamista arvokkaiksi biomuoveiksi bioteknologian keinoin.

topaikoille ja 39,5 % jätteestä poltettiin energiaksi. Pääkierrätysmenetelmistä mekaaninen kierrätys huonontaa muovin laatua ja kemiallinen kierrätys vaatii paljon energiaa ja pitkiä prosessointiaikoja. Hankkeen tavoitteena on muuntaa PE- ja PET-jäte arvokkaammiksi biomuoveiksi biologisten prosessien kautta.

PET-muovi voidaan hydrolysoida entsyymien avulla TPA (Terephthalic Acid)- ja EG (Ethylene Glycol)-kemikaaleiksi, joita voidaan käyttää lähtömateriaaleina käymispohjaisissa biomuovien tuotannossa. Hakala kävi esityksessään läpi muovien entsyymaattisen hajottamisen etuja ja haittoja. Luonnossakin tavattava ja laboratoriossa toistettavissa oleva prosessi tuottaa vain määrättyjä tuotteita, toimii matalissa lämpötiloissa eikä tarvitse sähköä tai harvinaisia metalleja, Haasteina ovat moniportaiset reaktiot, entsyymien kapea toimintalämpötila-alue, herkkyys ympäristöolosuhteille, oman entsyymien tarve jokaiselle reaktiolle, entsyymien monimutkainen kolmiulotteinen rakenne sekä usein alhaiset reaktionopeudet.

PET-muovien tapauksessa on laboratoriomittakaavassa päästy täydelliseen biopohjaiseen hajottamiseen sekä biomuovien valmistamiseen hajoamistuotteista. PE-muoville ei toistaiseksi ole löydetty tehokasta molekyyllitasolle päättyvää biohajotusprosessia. Entsyymiavusteisessa hajotuksessa saatavat nopeudet ovat nykyisillä entsyymeillä varsin pieniä. Tavoitteena on hajottaa myös PE-muovi alifaattisiksi alkoholeiksi, aldehydeiksi tai hapoiksi, joista voidaan valmistaa biohajoavaa PHBV-biomuovia käymisprosessien kautta. Tuotettu biomuovi voidaan compound-prosessoida erilaisiksi pakkausmateriaaleiksi.

Jatkossa suurimpina haasteina ovat PE-muovien alhaiset hajoamisnopeudet, käymisprosessien optimointi ja skaalaus suurempiin tuotemääriin sekä uusien biomuovien hyväksyttäminen ja sertifiointi markkinoilla. Näiden voittamiseksi on parannettava entsyymien tehoa ja käymisprosessien tuottavuutta, kehitettävä kustannustehokkaita skaalausstrategioita ja laajennettava projektin tulokset myös pakkaussektorille.

Istuntojen välissä laboratorioikierroksia

Istuntojen välisillä tauoilla järjestettiin opastettuja laboratorioikierroksia. Käyntikohteina olivat jäätutkimuslaboratorio, vety- ja polttonennoteknologian laboratorio, Hopkinson Split Bar -laboratorio nopean muodonmuutoksen tutkimuksiin (kuva 4) sekä tribologian ja pintamodifioinnin laboratorio, keraamien ainetta lisäävien val-



Kuva 4. Laboratoriokäynneillä tutustuttiin mm. Hopkinson Split Bar -laboratorioon prof. Mikko Hoka johdolla.

mistusmenetelmien laboratorio, termisen ja kylmäreiskutuspinnoituksen laboratorio ja lämpöanalyysilaboratorio. Ensimmäisen laboratorioikierrastauon jälkeen nautittiin tukevat sämpylät kahvin kera.

Materiaalien suorituskyky tarkastelussa

Päivän toisen esitelmäistunnon teemana oli materiaalien kyky vastata niille asetettuihin vaatimuksiin.

Laakeriseosten tribologinen ja kiinnileikkautumiskäyttäytyminen

Apulaisprofessori **Auezhan Amanov** käsitteli esityksessään tällä hetkellä viisihenkisen tribologiatutkimusryhmän tutkimusteemoja.

Pintamuokkausmenetelmistä tutkitaan tällä hetkellä pintojen voimakkaan plastisen muodonmuutoksen tekniikkaa, joka synnyttää ultraäänien avulla pintaan jopa 1mm paksuisen, voimakkaasti muokkautuneen kerroksen, nanorakenteisen pintakerroksen sekä puristusjännitystilaa. Menetelmän parametrejä optimoidaan tekoälyä hyväksikäyttäen pinnan tribologisten ominaisuuksien sekä korroosio- ja väsymiskestävyyden parantamiseksi.

Muita tutkimusaktiviteetteja ovat puhtaan volframien tribologiset ominaisuudet, ilmailuteollisuuden materiaalien fretting-kulumisen tutkiminen numeerisin ja kokeellisin menetelmin erityisesti pintamuokkauksen vaikutusten selvittämiseksi, lyijyttömien liukulaakeriseosten kartoitus lyijytinapronssien korvaamiseksi, suurten kartiohammaspyörien pintaväsymismurtumien synty, eteneminen ja vaikutus kestoikään sekä polttoainevoitelujen keraamisen pinnoitteiden tribologiset ominaisuudet silmälläpitäen mm. lentoliik-

teen korkeapaineisia polttoainejärjestelmiä.

Lopuksi Amanov toivotti tribologias-ta kiinnostuneet tervetulleiksi Tampereella 9.-12.6.2026 järjestettävään kansainväliseen NORDTRIB 2026 -konferenssiin.

Metalliseoskehityksen nykytrendit

Väitöskirjatutkija **Shahroz Ahmed** totesi esityksessään, että teräs tulee jatkossakin säilymään globaalin infrarakentamisen keskeisimpänä metallimateriaalina. Sen tuotannossa siirrytään askel askelelta kohti kestäviä fossiilittomia valmistusmenetelmiä. Tämä merkitsee mm. sitä, että kierrätysmateriaalin eli teräsromun käytön osuus teräksen valmistuksessa tulee lisääntymään nykyisestä 30 prosentista 50 prosenttiin vuoteen 2050 mennessä. Tästä aiheutuu haasteita mm. kierrätysmateriaalin laadulle, lajittelulle ja saatavuudelle.

Lisääntyvä kierrätys merkitsee myös sitä, että kierrätysmateriaalin mukana kulkeutuvien epäpuhtauksien pitoisuudet tuotettavassa teräksessä pyrkivät kasvamaan. Erityisesti tämä koskee sellaisia metallisia epäpuhtauksia kuin kupari ja tina, joiden poistaminen teräksulasta on vaikeaa. Kasvavat epäpuhtauspitoisuudet saattavat heikentää tuotetun teräksen käyttöominaisuuksia. Tämän vuoksi tutkittiin kupari- ja tinapitoisuuksien vaikutusta kahden teräslajin: muovattavan niukkahiilisen teräksen ja dual phase-teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin.

Muovattavasta teräksestä oli tutkittavana neljä eri versiota: ensimmäinen oli referenssiteräs ilman kuparia ja tinaa, toinen teräs kohonnein kuparipitoisuuksin, kolmas kohonnein tinapitoisuuksin ja neljäs, jossa molemmat pitoisuudet olivat samanaikaisesti koholla. Lämpökäsittelyn jälkeen näytteiden mikrorakenteet tutkittiin ja niiden lujuus-

ja sitkeys- sekä muovattavuusominaisuu-
det mitattiin vetokokeilla, taivutuskokeilla
ja Nakajima-testillä. Epäpuhtauksien jakau-
tumista tutkittiin APT (Atom Probe Tomo-
graphy)-mittauksin pinnasta sisään päin mää-
ritetyillä pitoisuusprofileilla.

Dual Phase-teräsnäytteistä tutkittiin epä-
puhtauksien jakautumista APT-mittauksin
sekä perustilaisista että normaaleilla kuu-
mennusnopeuksilla toteutetun sekundaarisen
lämpökäsittelyn jälkeisistä näytteistä. Suurella
kuumennusnopeudella toteutetun sekundaä-
risen lämpökäsittelyn läpikäyneiden näytteiden
APT- mittauksia ei ole vielä tehty. Muov-
tavuutta tutkittiin Nakajima-testien avulla.

Tulokset viittaavat siihen, että epäpuh-
tauspitoisuuksien kasvu johtaa lievästi kas-
vavaan hajontaan tutkittujen teräslajien me-
kaanisissa ja muovattavuusominaisuuksissa.
Suhteellisen pienen otoksen vuoksi tulosten
varmistamiseen tarvitaan suurempien näy-
temäärien tilastollista tutkimusta.



Kuva 5. Tutkijatohtori Jason Govilas esitteli kestävän komposiittiteknologian tutkimusta.

Kestävää komposiittiteknologiaa

Kestävän teknologian näkökulmasta tarkas-
teltuna komposiittimateriaalit ovat kevyitä
ja pitkäaikaiskestävyydeltään hyviä. Haitta-
puolina ovat uudistumattomat raaka-aineet,
energiaintensiivinen valmistus ja haasteellisen
kierrätys. Tutkijatohtori **Jason Govilas**
(kuva 5) tarkasteli laajasti luonnonkuitujen
sekä kierrätyskuitujen ja niistä valmistettujen
komposiittien mikromittakaavassa tapahtu-
vaa karakterisointia, jonka tavoitteena on
näiden kestävien (sustainable) komposiitti-
lujitteiden käyttäytymisen ymmärtäminen
ja niiden laajemman käytön edistäminen.

Haasteina näiden kuitujen ja niistä val-
mistettujen komposiittien karakterisoinnissa
on ensinnäkin tarkasteltavien kohteiden koko
(kuva 6). Yleisimpien lujitekuitujen halkaisi-
jat ovat luokkaa 1/7 – 1/3 hiuksen halkaisi-



Kuva 6. Komposiittitutkimuksissa joudutaan tarkastelemaan pieniä yksityiskohtia. Kuva: Jason Govilas

jasta. Luonnonkuitujen sisäinen rakenne on
usein hyvin monimutkainen yksityiskohtien
ollessa nanomittakaavaisia.

Komposiittitasolla matriisin ja kuidun
rajapinta on ensisijaisen tärkeä komposiitin
ominaisuuksien kannalta ja se voi koostua
useista monimutkaisista kerroksista. Luon-
nonkuitujen pintarakenne riippuu kuidun
tyypistä ja prosessoinnista. Kierrätyskuitujen
pintarakenteeseen taas vaikuttavat käytetyt
kierrätysmenetelmät.

Lisähaasteen tuo mukanaan kuitujen me-
kaanisten ominaisuuksien vaihtelevuus. Luon-
nonkuitujen kasvatus- ja prosessointimenet-
elmät sekä kierrätyskuitujen kierrätysprosessi
voivat johtaa merkittäviin vaihteluihin niiden
ominaisuuksissa ja käyttäytymisessä.

Mikromittakaavassa tapahtuva karakte-
risointi on luotettavin suora tapa kaikkien
tekijöiden vaikutusten selvittämiseksi. Kuitu-
jen moninaisuus ja monimutkaisuus vaativat
kokonaisvaltaista (mekaniikkaa, automaa-
tiota, mallintamista ja kemiaa jne. sisältä-
vää) lähestymistapaa. Kuitujen mekaanisten
ominaisuuksien karakterisointiin käytetään
standardisoitua mikroskaalan vetokoeita ja
kuidun poikittaissuunnassa tapahtuvaa pu-
ristuskoeita, johon ei vielä ole standardia tai
kaupallisia koestuslaitteita.

Kasvipohjaisten kuitujen mekaanisten
ominaisuuksien on osoitettu olevan vastaa-
vien synteettisten kuitujen tasolla. Kompo-
siittimateriaalin kuitujen kierrätykseen on
yleensä mahdollista löytää kierrätysmenet-
elmä, jolla ei ole tilastollisesti merkittävää vai-
kutusta kuidun mekaanisiin ominaisuuksiin.
Menetelmävalinta on kuitenkin kompromissi
hinnan, ympäristöystävällisyyden, teknolo-
gisen valmiustason ja saatavuuden välillä.

Kuidun ja matriisin välisen rajapinnan
ominaisuuksien karakterisoinnissa ns. micro-

bond-testi on luotettavin menetelmä. Tässä
testissä useita matriisipisaroita kovetetaan
kuidun pinnalle. Erityisellä mikrorobotilla
yksittäistä pisaraa kuormitetaan kahdella
terällä paikoilleen kiinnitetyn kuidun suun-
nassa, kunnes pisara irtaantuu kuidusta.

Tuloksena saadaan määritetyksi kuidun
ja matriisin välisen rajapinnan leikkauslu-
juus, joka on avainasemassa komposiitin
lujuuden ja jäykkyyden kannalta. Menetel-
mällä on tutkittu mm. kierrätysmenetelmän
vaikutusta kuitu/matriisirajapinnan ominai-
suuksiin. Melko suurella otoksella (100 kui-
tua, 3 000 yksittäisen pisanar mittauksia) on
todettu, että kierrätysmenetelmällä on mini-
maalinen tai olematon vaikutus rajapinnan
ominaisuuksiin.

Kuitujen ja komposiittimateriaalien mor-
fologia on myös avainasemassa niiden käyt-
tämisen ymmärtämisen kannalta. Morfolo-
giaa tutkitaan optisen mikroskopian, optisen
tomografian ja mikrotomografian avulla.

Tampereen yliopistossa tehdyn laajan
väitöstutkimuksen kohteina olivat kuitu/
matriisirajapinnan mikrotestausmenetelmi-
en karakterisointi ja validointi sekä rajapi-
nan sidoslajuuden potentiaalin selvittäminen
väsymis- ja iskunkestävien biokomposiittien
kehitystyössä. Tutkimuksessa käytettiin nu-
meerisia ja kokeellisia menetelmiä kuitu/
matriisirajapinnan karakterisointimenetel-
mien kehittämiseksi. Aramid- ja kierrätetyillä
hiilikuiduilla lujitettujen komposiittien me-
kaanisen adheesion tutkiminen kuului myös
hankkeen ohjelmaan.

Tampereen yliopisto on johtava tutki-
muslaitos lujitekuitujen mikromittakaavai-
sessa karakterisoinnissa erityisesti micro-
bond-testauksen parissa tekemänsä työn
ansioista. Jatkotyössä kehitetään edelleen
kokeellisia tutkimusmenetelmiä, pyritään

standardisoimaan olemassa olevia testausmenetelmiä ja kehitetään tutkimustyötä tukevia menetelmiä kuten mallinnusta ja datankäsittelyä.

Muovitutkimus laajenee uusille alueille

Apulaisprofessori **Mikko Kanerva** keskittyy esityksessään tarkastelemaan polymeerimateriaalien ja komposiittien tutkimuksen tulevaisuuden näkymiä. Mallinnus- ja simulointityön voimakas kehittyminen on avannut uusia mahdollisuuksia materiaalien ja niistä tehtyjen tuotteiden käyttäytymisen ja toimivuuden ennustamiseen todellisissa olosuhteissa.

Materiaalimallien avulla voidaan tutkia materiaalien käyttäytymistä niiden valmistus- ja prosessointivaiheissa tuotteiden valmistuksessa käytettäviksi raaka-aineiksi tai puolivalmisteiksi ja määrittää tuloksena syntyvät materiaaliominaisuudet. Tuotemalleihin taas voidaan sisällyttää varsinaisen tuotteen valmistuksessa käytettävät prosessointivaiheet ja niiden vaikutukset materiaaliominaisuuksiin yksityiskohtien tarkkuudella.

Yhdistämällä tuotemalliin tuotteeseen kohdistuvat rasitukset käytön aikana ja materiaalien vasteet näihin rasituksiin voidaan ennustaa tuotteen käyttäytymistä todellisen käytön olosuhteissa, kestoikää jne. Koska materiaalien tutkimuksessa ja käyttösovelluksissa tarvitaan eri asioita, edellytyksenä ovat luotettavat digitaaliset linkit eri mallinnus- ja simulointivaiheiden ja -ohjelmistojen välillä.

Esimerkkinä materiaali- ja tuotemallien käytöstä Mikko Kanerva mainitsi kartongin valmistuksen, jossa tarvitaan sekä materiaali- että tuotemalli valmistusprosessidatan muuntamiseen tuoteominaisuuksiksi. Materiaalivikojen kriittisyyden arviointiin komposiittimateriaaleissa taas tarvitaan validoituja materiaalitestejä, joiden tulokset sijoitetaan tarkkoihin murtumismalleihin tunnetun vian kriittisyyden arvioimiseksi.

Materiaalimallien avulla voidaan kehittää myös virtuaalitestausmenetelmiä tilanteisiin, joissa esimerkiksi testattavan kohteen pienen koon vuoksi testiä ei voida instrumentoida nykyisellä sensoriteknikalla. Tällaisten mikromittakaavaisten virtuaalitestien tulokset voidaan skaalata suurempaan mittakaavaan ja validoida todellisia testejä käyttäen. On muistettava, että kaiken mallintamisen ja simuloinnin tulosten kokeellinen validointi on olennaista niiden luotettavuuden varmistamiseksi.

Koska materiaaleihin kohdistetaan yhä enemmän ja moninaisempia vaatimuksia, on optimoinnin merkitys noussut yhä tär-

keämmäksi. Muun muassa kierrätettävyyden ja kierrätyskustannusten korostuminen materiaaleihin kohdistetuissa vaatimuksissa on johtanut varsinkin polymeerimateriaalien ja -komposiittien puolella kasvavaan kiinnostukseen luonnonmateriaaleja kohtaan. Tämä muuttaa merkittävästi materiaalitekniikan ”pelikenttää”.

Siinä, missä synteettiset materiaalit ovat tarkan koostumuksen ja tarkasti määritellyn prosessoinnin kautta standardisoitavissa ja usein pitkää kestoikää varten räätälöityjä, ovat luonnonmateriaalien kasvuolosuhteet usein tuntemattomia ja materiaalit kasvuolosuhteisiinsa sopeutuneita. Siten luonnonmateriaaleille ei voida asettaa tiukkoja standardeja. Niillä on myös monia tuhoutumismekanismeja, jotka usein vastaavat materiaalien biologista kierrättämistä.

Luonnonmateriaalien tapauksessa ratkaisujen tulee olla biologian ja insinööritöiden yhdistelmiä. Luonnon prosessit tulevat liittymään osaksi aiemmin täysin teollisia prosesseja. Tuloksena syntyy insinööritöiden käyttöön räätälöityjä luonnonmateriaaleja, jotka edustavat entistä paremmin kestävää kehitystä.

Materiaalitutkimuksen menetelmistä

Toisen laboratoriokierroksen jälkeen oli päivän kolmannen esitelmäistunnon aika. Istunnon teemana olivat materiaalitutkimus ja sen menetelmät.

Materiaalien mekaaninen karakterisointi ja monifysikaaliset koemenetelmät

Materiaalitieteen tutkimusinfrastruktura ja -laiterakentamisesta vastaava tutkimusympäristöasiantuntija **Matti Isakov** kävi ensin läpi yksikön laiteinfran ja resurssit yleisellä tasolla. Laiteinfrassa on paljon tiettyihin erikoissovelluksiin itse rakennettuja tutkimuslaitteistoja. Isakov esitteli niistä mm. käytännön sovellusten ainepaksuuksia vastaavien näytteiden testaukseen rakennetun kiertotäivutusväsytyiskoelaitteiston (ks. esim Materia n:o 3/2022, ss. 43-44).

Toisena esimerkkinä hän esitteli miniatyyrimittakaavan testauslaitteiston, jolla on mitattu kansainvälisessä yhteistyössä komposiittimateriaalien matriisimateriaalien ominaisuuksia ainepaksuuksilla, jotka vastaavat komposiitin kuitujen välissä olevan matriisikerroksen paksuuksia. Laitteistolla on havaittu merkittävää sitkeyden lisääntymistä ohuilla ainepaksuuksilla johtuen mm. paikallisten leikkautumisnauhojen muodostumisesta sekä molekyyliarakenteen uudel-

leen suuntautumisesta. Näitä ilmiöitä ei ole havaittu bulkkimateriaaleissa.

Toisena esimerkkinä kansainvälisestä yhteistyöstä Isakov kertoi monifysikaalisista tutkimusmenetelmistä, joissa aineen koetuksen yhteydessä tutkitaan mekaanisten ominaisuuksien lisäksi materiaalien mikro-rakennemuutoksia mm. röntgendiffraktion ja suurnopeusröntgenkuvantamisen avulla. Tällaisia mittauksia on toteutettu yhteistyössä mm. ruotsalaisten ja ranskalaisten tutkimuslaitosten (synkrotronikeskusten) kanssa.

Tällä hetkellä on rakenteilla koelaitteisto, jolla voidaan tutkia materiaalien mekaanisia ominaisuuksia *in situ*-kartoituksena korkeapaineisessa vetykaasuatomosfäärissä ja korotussa lämpötilassa. Vedyn maksimipaine on 400 bar, maksimilämpötila 220 °C ja kuormitusvoima-alue -10...50 kN. Tavoitteena on kartoittaa vedyn vaikutusta materiaaliominaisuuksiin olosuhteissa, jotka vallitsevat vedyn siirto- ja varastointilaitteistoissa. Suunniteltu valmistusajankohta on vuoden 2025 lopussa.

Barkhausen-kohinan (BN)

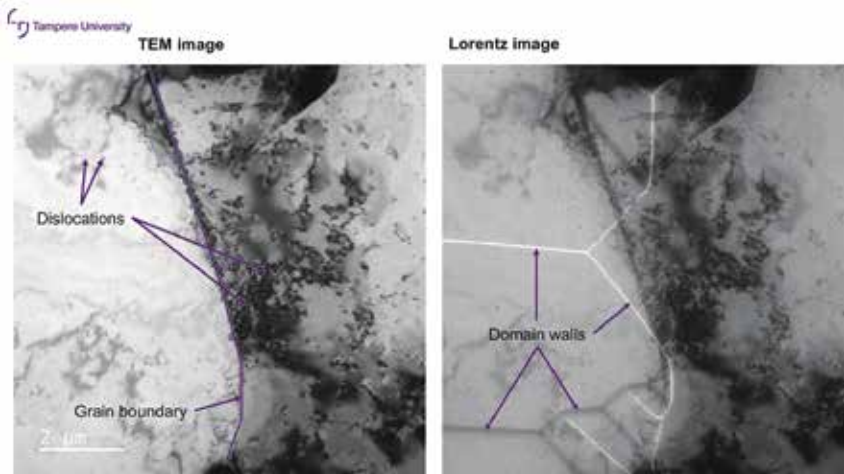
perusolemusta selvittämässä

Barkhausen-kohinamittaus on ferromagneettisten materiaalien ainetta rikkomaton testausmenetelmä, joka on laajassa teollisessa käytössä mm. erilaisten pintakäsittelyjen (hionta, lämpökäsittelyt jne.) laadunvalvonassa sekä sisäisten jännitysjakaumien kartoituksessa. Mittauksia tehdään erityisesti erilaisille voimansiirtokomponenteille kuten hammaspyörät, akselit, laakerit jne. Moniin sovelluksiin on kehitetty täysin automaattisia mittausjärjestelmiä.

TkT **Suvi Santa-aho** (kuva 7) Minnamari Vippolan johtamasta Materiaalikalak-



Kuva 7. TkT Suvi Santa-aho selvittää Barkhausen-kohinan syntymekanismeja. Kuva: Kati Valtonen



Kuva 8. TEM- ja Lorentz-mikroskopiolla tuotetut kuvat. Kuvat: Suvi Santa-aho

terisoinnin ryhmästä kertoi tutkimustyöstä, jonka tavoitteena on selvittää Barkhausen-kohinan syntymekanismeja ja kohinaan vaikuttavia mikrorakenteellisia tekijöitä aina nanomittakaavan tasolle asti. Tutkimusta tehdään Suomen tutkimusneuvoston (aiemmin Suomen Akatemia) rahoittamassa projektissa, jossa yhteistyökumppaneina ovat Suomesta Stresstech Oy ja Aalto-yliopisto, DTU Tanskasta, Modenan yliopisto Italiasta, Zilinan yliopisto Slovakiasta, European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) Ranskasta ja TU Dortmund Saksasta.

Magneettiset materiaalit jakautuvat magneettisiksi domeeneiksi kutsuttuihin alueisiin. Domeenin sisällä kaikkien atomien magneettikentät ovat suuntautuneet samalla tavalla, ja suuntaus muuttuu domeenista toiseen siirryttäessä. Domeeneja erottavat toisistaan domeenirajat, jotka muistuttavat analogisesti kiderakenteen raerajoja. Ulkoisen magneettikentän vaikuttaessa materiaaliin domeenirajat liikkuvat rakenteen sisäisen energiatilan minimoimiseksi.

Barkhausen-kohinamittauksessa tutkittavaan materiaaliin kohdistetaan ajan funktiona muuttuva magneettikenttä, joka pakottaa domeenirajat liikkeelle. Liikkuessaan ne vuorovaikuttavat mikrorakenteen yksityiskohtien kuten dislokaatioiden, pinousvikojen, erkaumien ja sulkeumien jne. kanssa, ja näiden vuorovaikutusten seuraukset (mm. domeenirajojen lukittuminen) ilmenevät mitattavissa olevana Barkhausen-kohinana.

Yhdistämällä Barkhausen-kohinamittaukset, sisäisen rakenteen mikroskopiattutkimukset ja mikromagneettinen simulointi voidaan paremmin ymmärtää mikrorakenteen yksityiskohtien vaikutus BN-signaaliin. Tutkittavan yksityiskohdan mittakaavasta ja luonteesta riippuen tarvitaan erilaisia tutkimustekniikoita: SEM+EBSD, atomi- ja mag-

neettivoimamikroskopia (AFM ja MFM), TEM- ja *in situ* Lorentz-mikroskopia sekä elektroniholografia.

Suvi Santa-aho esitteli TAU:n Mikroskopia-yksikössä tehtävää tutkimustyötä keskittyen TEM-mikroskopiaan ja sen *in situ* Lorentz -modifikaatioon, jolla voidaan tutkia liikkuvien domeenirajojen dynamiikkaa muuttuvan magneettikentän vaikutuksesta (kuva 8). Tulokset mahdollistavat teollisissa sovelluksissa mitattavan BN-signaalin paremman ymmärtämisen ja analysoinnin sekä BN-mittausten metodologian kehittämisen entistä paremmaksi.

Huoneenlämpötilassa plastisesti muovattava lasi

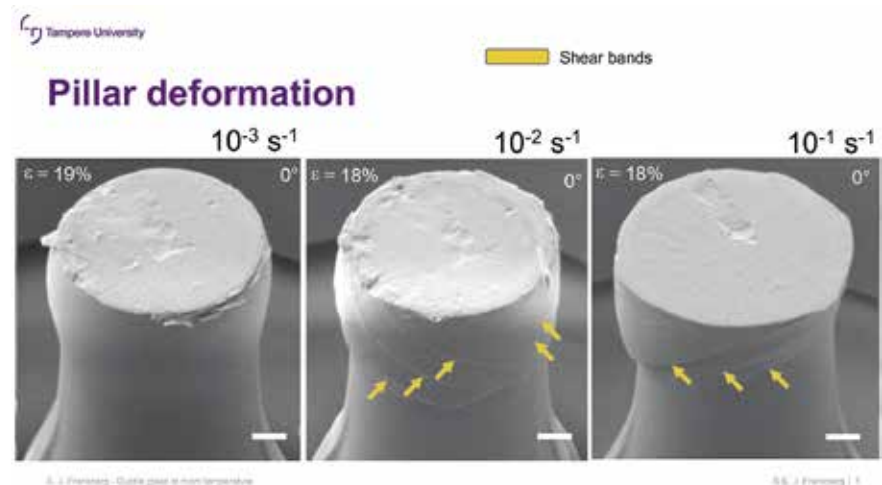
Perinteinen käsitys on se, että keraamiset materiaalit ovat peruuttamattomasti hauraita. Akatemian tutkijatohtori **Erkka J. Frankberg** kollegoineen on kuitenkin osoittanut, että tietyt amorfiset keraamit eli lasit voivat huoneenlämpötilassa muokkautua

plastisesti merkittävässäkin määrin ennen murtumistaan (ks. myös Materia 5/2021 ss.16-18). Tämänkertaisessa esityksessään Frankberg tarkasteli PLD (Pulsed Laser Deposition) -menetelmällä valmistetun amorfisen Al_2O_3 -lasin plastisuusominaisuuksia.

Piialustalle kasvatettiin PLD-menetelmällä tarvittavan paksuinen kerros amorfista alumiinioksidia. Kerroksesta työstettiin fokusoitua ionipommitusta käyttäen mikropilareita, joiden halkaisija oli 2-11 μm ja korkeus halkaisijaa suurempi. Mikropilareita kuormitettiin huoneenlämpötilassa puristusjännityksellä painamalla niitä tasomaisella timanttipainimella. Kokeissa mitattiin kuormitusvoimaa pilarin kokoonpuristuman funktiona eri kuormitusnopeuksilla. Mittaukset tehtiin myötönopeusalueella 10^{-3} --- 10^3 1/s.

Tuloksena todettiin, että amorfisessa Al_2O_3 -materiaalissa tapahtui selvää plastista muodonmuutosta ilman muokkauslujittumista. Plastisen muodonmuutoksen alkuun liittyvä myötölujuus kasvoi myötönopeuden lisääntyessä. Kokeet keskeytettiin, kun plastinen muodonmuutos oli luokkaa 15 % nimellisenä myötymänä (engineering strain) ilmaistuna (kuva 9). Säröjen ydintymiseen saakka viedyissä puristuskokeissa myötymät olivat luokkaa 40-50 %, mutta näissäkään tapauksissa näytteissä ei havaittu katastrofaalista murtumaa.

Kuormitettujen pilareiden mikroskooppitarkasteluissa nähtiin sekä liukunauhoja että suurimmilla myötönopeuksilla myös säröjä. Kuormitustilannetta simuloitiin sekä FEM-menetelmällä että atomimittakaavan simulointeina. FEM-menetelmällä saatiin kokeellisia tuloksia hyvin vastaavia jännitys-



Kuva 9. Amorfisten keraamimikropilarien plastinen muodonmuutos eri myötönopeuksilla. Kuvat: Erkka J. Frankberg, Alosious Lambai, Gaurav Mohanty

myötymäkäyriä, kun malliin otettiin mukaan liukutasojen muodostumisen mahdollistava materiaa livaste.

Atomimittakaavan simuloinneissa todettiin, että muodonmuutos eteni paikallisten muodonmuutoskeskittymien syntyminenä maksimileikkausjännityksen alueille ja näiden keskittymien ydintymisnopeus oli plastisuutta kontrolloiva tekijä.

Kun nyt havaitun mikromittakaavan plastisuuden mekanismit ja niihin vaikuttavat tekijät opitaan ymmärtämään, on todennäköistä, että plastisuusominaisuudet saadaan säilymään myös kappalekoon kasvaessa. Jona kin päivänä sitkeät keraamit saattavat olla arkipäivän todellisuutta.

Tulevaisuus tarkastelussa

Päättöpuheenvuorossaan professori **Mikko Hokka** tarkasteli Materiaalitieteen ja ympäristötekniikan yksikön nykytilaa ja tulevaisuutta. Tieteellisen vaikuttavuuden osalta yksikön tilanne on selvästi valtakunnallisen keskita-

son yläpuolella (toinen Aallon jälkeen). Myös yhteiskunnallinen vaikuttavuus on hyvällä tasolla vilkkaan teollisuusyhteistyön ansiosta.

Menestys on pitkälti seurausta määrätietoista panostamisesta materiaalien karakterisointiin. Myös tutkimusinfrastruktuuri on saatu hyvälle tasolle mm. materiaalitutkimuksen (testaus ja karakterisointi, terminen analyysi), materiaalien suorituskyvyn (kehittynyt materiaalimekaniikka, tribologia ja kuluminen), kehittyneen materiaali prosessoinnin (polymeerien ja komposiittien prosessointi ja reologia, keraamien prosessointi, pinnoitusteknologiat) sekä uudistuvien ja vihreän vedyn energiateknologioiden alueilla.

Tulevaisuuden haasteina ovat toimintavarmuuden turvaaminen ja kehittäminen erityisesti opetussektorilla, energiatransformaatio (varsinkin vetytalouteen liittyvät monet materiaalihaasteet) sekä kestävä raaka-ainetalouden turvaaminen. Tässä työssä tukea saadaan samassa yksikössä toimivalta ympäristötekniikalta.

Eri valmiustasoilla olevien teknologioiden suhteen yksikön toimintavalmiudet ovat hyvät tasoilla 1-3 sekä 7-9. Tasoilla 4-6 olevien teknologioiden osalta kehitettävää on eniten.

Menestyksen avaimina tulevaisuudessa ovat uusiutumiskyky (uudet ihmiset, uudet ideat), RDI-rahoitus, yhteistyö ja co-research sekä entistä tiiviimpien yhteistyöverkostojen ja materiaalilähtöisten ekosysteemien rakentaminen. Tutkimusinfra kehittäminen, sitoutuminen erinomaisuuteen kokeellisessa tutkimustyössä ja tulosten analysoinnissa sekä keskittyminen myös käytön aikana tapahtuvaan ja *in situ* -tutkimustyöhön ovat muita menestyksen avaimia. Tohtorikoulutuksen tehokkuutta ja vaikuttavuutta on entisestään kehitettävä.

Lopuksi Mikko Hokka kiitti päivän esiintyjä, järjestelyvastaavia sekä yleisöä ja toivotti hyvää syksyn jatkoa ja turvallista kotimatkaa. ▲

TEKSTI JA VALOKUVAT: TUOMO TIAINEN



Maailman parasta kuparia, tehty Porissa.

Aurubis Finland Oy
Aurubis.fi
Nordiccopper.com



FinMeas

YMPÄRISTÖ- JA PATOTARKKAILUJÄRJESTELMÄ

DATA JA DOKUMENTIT SAMAAAN JÄRJESTELMÄÄN

- Automaattisten ja manuaalimittausten data
- Rajapinnat eri tietolähteiden välillä

REAALIAIKAINEN MITTATIE TOJEN HALLINTA

- Datan visualisointi ja analysointi
- Hälytykset sallittujen raja-arvojen ylittyessä

AUTOMATISOITU RAPORTOINTI

- Raportoinnin automatisointi
- Manuaalisten työvaiheiden minimointi

www.finmeas.com

FinDDRG:n Levytekniikan teemapäivä – Steel Forum 2024 Turussa 10.10.2024

Suomen Levynmuovauksen yhteistyöryhmä (Finnish Deep Drawing Research Group) ry:n tarkoitus on Suomessa toimivien ohutlevyä valmistavien, muovaavien ja tutkivien tahojen etujen edistäminen. Yhdistyksen jokavuotinen Levytekniikan teemapäivä järjestettiin tänä vuonna Turussa. Päivään sisältyi esityksiä levynmuovauksen ajankohtaisista aiheista sekä tutustumiskäyntejä lähialueen ohutlevyjä käyttäviin yrityksiin. Päivään osallistui yhteensä 32 henkilöä.

Avaussanoissaan yhdistyksen varapuheenjohtaja **Meri Rosenberg**, SSAB Europe Oy esitteli yhdistyksen, sen toiminnan päälinjat sekä päivän ohjelman. Yhdistys mm. jakaa vuosittain kannustuspalkintoja levynmuovauksen tutkimisen ja soveltamisen alueella tehdyistä opinnäytetöistä. Avaussanoihin sisältyivät myös ajo-ohjeet iltapäivän yritysvierailukohteisiin.

Lujien terästen muovattavuus (Olli Oja, SSAB Europe)

Terästen kehitystä on jo pitkään motivoinut ajoneuvoteollisuuden pyrkimys rakenteiden keventämiseen ja turvallisuuden parantamiseen lujuutta kasvattamalla. Uutena motivaattorina on mukaan tullut ilmastonmuutoksen torjuminen, johon ajoneuvoteollisuudessa pyritään mm. materiaalien ja ajoneuvotuotannon hiilineutraalisuuden ja liikenteen sähköistämisen kautta.

Henkilöautojen korirakenteen toiminnalliset alueet on esitetty kuvassa 1. Niissä käytettävät teräslajit on esitelty Materia-lehden edelliseen numeroon sisältyneessä Olli Ojan esityksessä (ks. Materia 4/2024 ss. 56-57). Teräksen lujuudet vaihtelevat käyttöalueesta ja halutusta toiminnosta riippuen välillä 355 – 2 000 N/mm². Yleinen trendi on, että teräksen lujuuden kasvaessa sen sitkeys ja sitä kautta muovattavuus alenevat.

Nykykaikaisen henkilöauton korirakenteen valmistaminen edellyttää sen kaikissa osissa teräkseltä hyvää muovattavuutta. Muovattavuuteen voidaan jossain määrin

vaikuttaa muovausmenetelmän valinnalla. Lujien ja muovattavien terästen kehityksessä ovat yhä enemmän nousseet esille muotikarkaistavat teräksset.

Muovausmenetelmistä Oja esitteli lyhyesti rullamuovauksen. Se on jatkuvatoiminen muovausmenetelmä, jossa kelalta tuleva raina-aihio muovataan peräkkäisillä vastakkain pyörivillä rullapareilla vaihteittain edeten halluttuun profilimuotoon. Menetelmä sopii pitkille kappaleille tiukoillakin toleransseilla, ja sillä saadaan aikaan särmäystä monimutkaisempia profilimuotoja.

Se on myös kustannustehokas suurilla sarjoilla, mutta soveltuu suurten investointi- ja työkalukustannusten vuoksi huomomin pienten sarjojen tai yksittäiskappaleiden tuotantoon. Sillä voidaan muovata esim. sähköau-

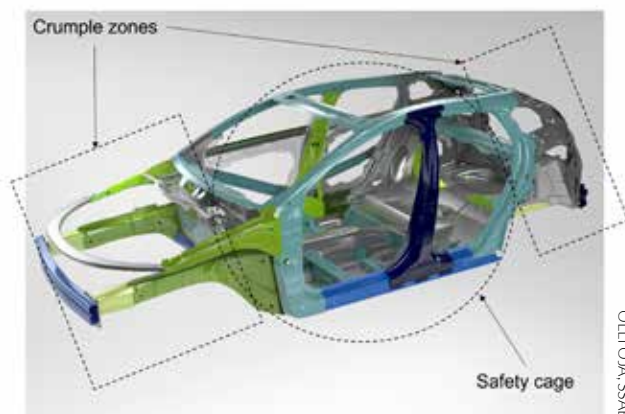
tojen akkujen suojakotelon kannen poikittais-suuntaiset jäykisteprofiilit lujista teräksistä.

Muotikarkaistavat (PHS) teräksset ovat martensiittisiä teräslajeja. Terästehtaalla kylmävalssattu teräslevy karkaistaan (austenointi, sammutus ja matalan lämpötilan päästö) jatkuvatoimisella linjalla. Sen jälkeen levyrulla hehkutetaan kellouunissa ns. interkriittisellä alueella ja jäähdytetään hitaasti. Käsittelyn jälkeen teräs on pehmeässä tilassa ja sen mikrorakenne on muovattavuuden ja asiakkaan muovausprosessissa syntyvän lujuuden kannalta optimaalinen.

Autoteollisuuteen menevät ohutlevyteräksset käsitellään usein ns. galvannealing-prosessissa. Siinä teräs kuumasinkitään ja hehkutetaan jatkuvatoimisessa prosessissa niin, että sen pintaan syntyy pinnassa hyvin kiinni pysyvä ja hyvin maalaukseen soveltuva sinkkikerros.

Asiakkaan prosessissa teräs austenoidaan uudelleen ja muovataan kuumamuovauksena austeniittialueella joko muottiin tai rullamuovauksena lopulliseen muotoonsa. Muovauksen jälkeisessä jäähdytyksessä teräs karkenee lopulliseen lujuuteensa. Viimeisimmät tutkimustulokset osoittavat, että aihion esijäähdytys austeniittialueella matalampaan muovauslämpötilaan poistaa galvannealed-käsiteltyjen booripitoisten terästen muovausprosessissa

Protective sections in the typical body-in-white



Kuva 1. Henkilöauton korirakenteen toiminnalliset vyöhykkeet

aiemmin esiintyneen pinnoitteen säröily-taipumuksen.

Lujien terästen murtumisominaisuudet ja muovattavuus

Senior Specialist, Knowledge Service Center, SSAB Europe **Vili Kesti** esitteli vuosina 2021-2023 toteutetun EU-rahoitteisen kansainvälisen Tough Steel -tutkimushankkeen ja siinä SSAB:n osahankkeessa saadut tulokset. Hanketta koordinoi EURECAT (Manresa, Espanja).

Hankkeessa oli mukana kahdeksan partneria neljästä eri maasta. SSAB:n osahankkehakemus hyväksyttiin mukaan vuonna 2022. Hankkeen tavoitteena oli karakterisoida murtumissitkeyttä AHSS-terästen materiaaliominaisuutena ja kehittää sen avulla ko. terästen säröilyyn liittyvien ongelmien ymmärtämistä ja eliminointia.

SSAB:n osahankkeessa tutkittiin viittä ainepaksuuteen 3 mm kuumavalsattua AHSS-teräslajia, joilla oli saman alueen lujuustaso, mutta erilaisia mikrorakenteita. Teräksiä testattiin vetokokeilla, niiden mikrorakenteet tutkittiin SEM-mikroskopiolla ja niille tehtiin EWF(Essential Work of Fracture)-murtumissitkeystestit joko väsyttämällä tai mekaanisesti tehdyllä alkusäröllä varustetuilla koesauvoilla.

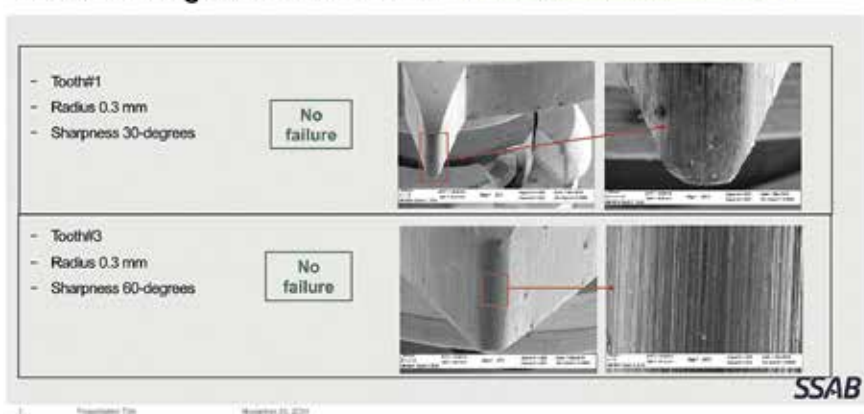
EWF-testi on suunniteltu nimenomaan ohutlevyjen (< 3mm) murtumiskäyttäytymisen testaamiseen, sillä perinteiset murtumissitkeystestit eivät toimi hyvin ohutlevyillä. Testissä määritetään murtumisprosessiin vaadittava energia, ja sen tuloksista voidaan erottaa ydintymiseen vaadittava sekä itse särön etenemiseen ja kasvuun vaadittava energia.

Terästen muovattavuutta testattiin ISO 16630-reiänlaajennustestillä. Lisäksi kahdelle teräkselle, joilla oli erilaiset EWF-arvot, tehtiin lävistys- ja mekaanisia leikkaustestejä sekä tarkkuusmeistaustestejä omalla spesifisellä koekappaleella.

Osahankkeen tuloksina voitiin todeta, että kolmella tutkitulla teräslajilla oli erittäin hyvä EWF-murtumissitkeys, kun kaksi muuta terästä olivat selvästi matalammalla tasolla. Mekaanisesti lovetut EWF-näytteet tuottivat hyvin samanlaiset tulokset kuin esiväsytyt. Terästen murtumissitkeyden ja reiänlaajennuskyvyn välillä oli selvä positiivinen korrelaatio yhtä teräslajia lukuun ottamatta.

Murtositkeydeltään erilaisten terästen välillä oli myös selvä ero leikatun reunan laadussa hyvän murtositkeyden tuottaessa paremman leikkausjäljen. Tarkkuusmeistauksessa ei hyvän murtositkeyden teräksellä esiintynyt leikkaautumispinnoissa vaurioita samoilla tes-

Fineblanking: Material B



Kuva 2. Tarkkuusmeistauksena lujasta AHSS-teräsohutlevystä B valmistetun hampaan kärjen SEM-kuva kahdella eri hampaan kärkikulmalla ja kahdella eri suurennuksella. Kärjessä ei ole materiaaliveikoja. Murtumissitkeydeltään alhaisemman ohutlevyteräksen A vastaavassa tarkkuusmeistauksessa leikkauspintoihin syntyi repeämättyypisiä materiaaliveikoja.

tiparametreilla, joilla vaurioita havaittiin heikomman murtositkeyden teräksellä (kuva 2).

Tulokset viittaavat siihen, että lujille teräksille mitattuja EWF-arvoja voidaan käyttää niiden muovattavuuden sekä mahdollisesti myös lävistys- ja meistauskäyttäytymisen arvioinnissa. Teräksen mikrorakenteen vaikutus sen EWF-arvoihin vaatii vielä lisätutkimuksia.

Panostusta muovausosaamiseen

Projektipäällikkö **Raimo Ruoppa** Lapin ammattikorkeakoulusta esitteli ensin Lapin ammattikorkeakoulua ja sen toimintaa sekä resursseja. Toimintaa on Kemissä, Torniossa ja Rovaniemellä, opiskelijoita on noin 6 000 ja henkilöstöä 411. AMK-koulutuksia on 23 ja YAMK-koulutuksia 11. Vuoden 2023 liikevaihto oli 49,1 M€ ja TKI-toiminnan volyymi 19,3 M€.

Uudistuva teollisuus -osaamisryhmän Konetekniikka-sektorissa keskeisiä osa-alueita ovat digitaalinen tuotanto, valmistusketjut ja koneautomaatio sekä robotiikka, lisäävä valmistus ja kiertotalous. Materiaalien testaus ja valinta sekä valmistustekniset ominaisuudet kuten hitsattavuus ja muovattavuus ovat myös toiminnan painopistealueita.

Vuoden 2024 alusta käynnissä on ollut kaksi kolmivuotista metallien muovausteknologiaan liittyvää EAKR-rahoitteista kehityshanketta FormFuture ja FormInvest. EU-rahoitus hankkeille on myönnetty Lapin liitosta ja Lapin AMK on mukana omarahoitusosuudella. Hankkeiden yleisinä tavoitteina ovat mm. kehittyneiden muovausteknologoiden laajempi käyttöönotto Lapissa, muovausten simulointiosaamisen kehittäminen

ja fossiilivapaiden terästen edellyttämän materiaaliolosuhteiden kartuttaminen.

FormFuture-hankkeessa vahvistetaan Lapin AMK:n osaamista ja tutkimusympäristöjä edistyneiden muovausteknologioiden käyttöönoton ja yrityksiin tapahtuvan teknologiatiedon siirron vaatimalle tasolle. Hankkeen kokonaisbudjetti on 393 147 euroa.

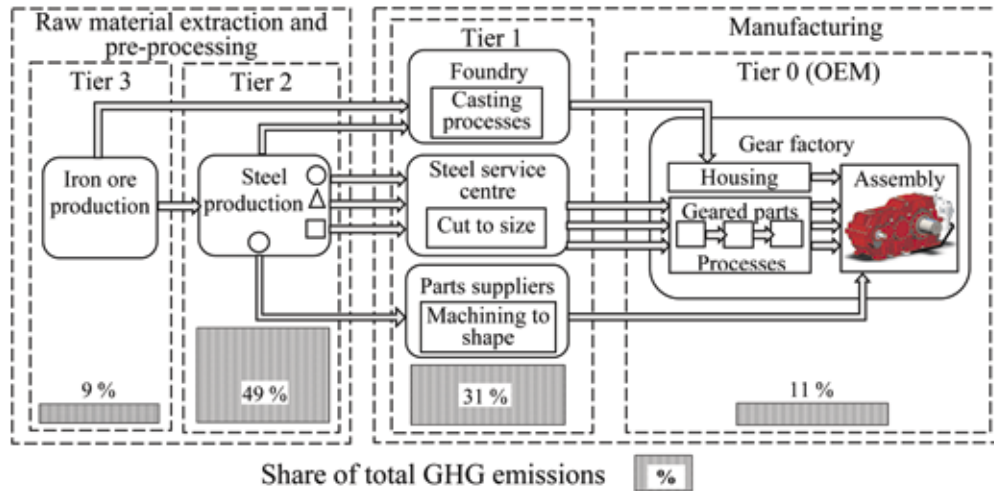
FormInvest-hankkeen tavoitteena on päivittää Lapin AMK:n muovaustutkimuksessa käytettävä optinen venymämittauslaitteisto ja aineenkoetuskoneen ohjelmisto. Lisäksi hankitaan muovausten simulointiohjelmisto, jonka avulla muovaustapahtumaa voidaan tutkia ennen työkalujen valmistusta, ja päivitetään käytössä oleva 3D-skannausjärjestelmä. Hankkeen kokonaisbudjetti on 251 720 euroa.

Hankkeen yritysysteistyö on käynnistetty jo sen valmisteluvaiheessa. Tuloksia tullaan julkaisemaan tutkimusartikkeleina, tietopaketteina ja hankkeen omilla verkkosivuilla.

Valmistuksen hiilijalanjäljen laskentaa

Aihetta käsittelee esityksessään projektitutkija **Jaakko Peltokorpi** Aalto-yliopiston Materiaalista tuotteiksi -tutkimusryhmästä. Hän toteaa, että EU:n teollisuuden KHK(kasvihuonekaasu)-päästöjen arvioidaan olevan n. 21 % EU:n kokonaispäästöistä, ja CO₂ kattaa 86 % EU:n teollisuuden KHK-päästöistä.

Hiilijalanjälkilaskenta on pitkälti samaa kuin kasvihuonekaasupäästöjen laskenta, johon on organisaatiotasolla olemassa ISO 14064 ja GHG Protocol -standardit. Kestävyysraportointidirektiivi (CSRD) 2024 velvoittaa yrityksiä laskemaan omat päästönsä.



Kuva 3. Toimitusketjun (Scope 3) hiilijalanjäljen laskennassa tarkasteltavat kohteet ja niiden prosenttiosuudet KHK-päästöistä kirjallisuudesta saatujen arvojen perusteella laskettuina

Valmistavalle teollisuudelle ei vielä ole saatavilla standardeja tai ohjeita.

Hiilijalanjälkilaskennan (kg CO₂ekv.) lähtötiedoiksi tarvitaan tarkasteltavan kohteen kulutustiedot (raaka-aineet, energia, vesi jne.), päästökerroin (CO₂e/kulutettu yksikkö) kulutettavalle suurelle (raaka-aineet, energia, vesi jne.) sekä päästöjen GWP (Global Warming Potential)-arvo. Kulutettavan suureen hiilijalanjälki saadaan kertomalla luvut keskenään.

Kohteen kokonaishiilijalanjälki saadaan sen kuluttamien suureiden hiilijalanjälkien summana ja yrityksen/konsernin hiilijalanjälki siihen kuuluvien kohteiden jalanjälkien summana. Laskenta käsittää Scope 1-3 KHK-päästöt.

Esimerkkinä Peltokorpi käytti suomalaista teollisuusvaihteiden valmistajaa. Metallituotteiden valmistuksen KHK-laskennassa päästötietoja kerätään tehdas-, valmistusprosessi- ja toimitusketjutasoilla. Esimerkissä tehdasosalla kulutusten määrittäminen vuositasona oli kohtuullisen helppoa ja suoraviivaista. Työn helpottamiseksi on olemassa valmis tiedonkeruupohja.

Valmistusprosessitasolla tietoja syötteistä ja syntyvistä hukasta voidaan kerätä joko suoraan mittaamalla (aikaa vievää) tai käyttämällä prosessille mahdollisesti laadittuja elinkaaritietokantoja (rajallinen saatavuus ja pääsy tietokantoihin). Olemassa on myös prosessien elinkaaritiedon mallipohjia. Työhön vaaditaan prosessien ymmärtämistä.

Toimitusketjutasolla (Scope 3) tiedot kerätään raaka-aineiden louhinnasta ja esikäsittelystä, välituotteiden valmistuksesta sekä lopputuotteen valmistuksesta (kuva 3) [1]. Kuvassa 3 esitetyt päästöosuudet on laskettu lähdeoteoksesta [2] saaduilla teollisen laitevalmistuksen keskimääräisillä arvoilla. Tämän esityksen esimerkissä tiedot

kerättiin teräksen tuotannosta (tasot 2 ja 3 kuvassa 3) joko tietokannoista tai toimittajalta sekä välituotteiden valmistuksesta (taso 1) niiden toimittajalta. Pääsy toimittajatietoihin on usein rajallista. Tässäkin työssä tarvitaan sekä ymmärrystä prosesseista että sinnikkäitä toimittajakyselyitä.

Esimerkissä saatiin tulokseksi, että toimitusketjun (tasot 1-3 kuvassa 3) päästöt olivat 85 % ja tehtaan (taso 0) päästöt 15 % teollisuusvaihteiden tuotannon kokonaispäästöistä. Tulos on lähellä kuvassa 3 esitettyjä kirjallisuudesta saaduilla arvoilla laskettuja päästöosuuksia (toimitusketju 89 %, tehdas 11 %). Yleisellä tasolla tarkasteltuna vaikeimmin määritettävissä oleva toimitusketjujen (Scope 3) osuus muodostaa yleensä varsin suuren osan tietyn tuotteen valmistuksen kokonaishiilijalanjäljestä.

Tutustumiskäyntejä iltapäivän ohjelmassa

Lounaan jälkeen suunnitettiin ensin Koneteknologiakeskus Turun tiloihin. Keskus tekee tutkimus- ja tuotekehitystoimintaa yhteistyössä Turun seudun korkeakoulujen kanssa ja tarjoaa yrityksille tutkimus- ja tuotekehitys- sekä mittaus- ja kalibrointipalveluja ja prototyyppien valmistusta monipuolisella laitteistollaan. Vuonna 2023 keskus työllisti yhdeksän henkilöä.

Seuraavana vierailukohteena ollut Stera Technologies Oy on Naantalissa sijaitseva kansainvälisesti toimiva teknologiayritys, joka työllistää yli 900 henkilöä Suomessa ja Virossa seitsemällä paikkakunnalla. Yritys tarjoaa sopimusvalmistusta, Stera laite- ja jakokaappituotteita sekä SteraSmart tuotantoautomaattioratkaisuja ja langattomia tuotantoympäristön seurantajärjestelmiä. Yrityksellä on laaja kokemus levytyökeskus- ja särmästyövälineiden valmistuksesta ja huollosta.

Tutustumiskäyntien seuraava kohde oli Turussa toimiva suomalaisomistuksessa oleva Stairon Oy, joka valmistaa prosessilaitteita eri teollisuuden aloille uutta teknologiaa ja dataohjattuja prosesseja hyödyntäen. Vuonna 2024 tapahtuneen Mesekon Oy:n oston jälkeen Stairon Oy:n liikevaihto on noin 25 M€ ja se työllistää noin 150 henkilöä.

Viimeisenä tutustumiskohteena oli niin ikään Turussa toimiva Mobimar Oy, joka suunnittelee ja valmistaa korkealaatuisia työvälineitä mm. öljyntorjunnan, meripelastuksen, väylänhoidon sekä tuulivoimalahuollon tarpeisiin. Yritys on panostanut erityisesti uudentyyppisten monirunkoalusten kehittämiseen. Esimerkkinä tästä on vuonna 2012 luovutettu trimaraanirunkoinen CTV-miehistönkuljetusalus merituulivoimaloiden huoltoon. Yrityksen tuotevalikoimaan kuuluvat lisäksi Septikon- ja öljyntorjuntajärjestelmät sekä 28 - 65 matkustajalle tarkoitetut Mark V -turistisukellusveneet. Lähes puolet maailman turistikellusveneistä on Mobimar Oy:n valmistamia. ▲

Lähdeteokset

1. Peltokorpi, J., Vatanen, S., & Glock, C. H. (2023, June). Greenhouse Gas Accounting for Manufacturers. In: International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (pp. 912-919). Cham: Springer Nature Switzerland
2. Langefeld, B. Climate Protection in the Manufacturing Sector: Challenges and Solutions. <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Climate-protection-in-the-manufacturing-sector-Challenges-and-solutions.html>. Accessed 31 Jan 2023

TEKSTI: TUOMO TIAINEN

Louhintatärinän hallinnan ohjeistus on uudistettu

RIL 253-2024 julkaisu ohjeistaa louhintatärinän lisäksi myös kaiken muun rakentamisen, kuten paalutuksen, ponttauksen, tiivistystöiden sekä purkutöiden aiheuttaman tärinän hallintaa. Tärinän ohjearvojen lisäksi se antaa ohjeistusta mm. tärinämittauksen ja tärinäkatselmuksien tekemiseen, herkkien laitteiden tärinävaimennukseen sekä siihen, miten tärinän vaikutuksia tulee arvioida ennen tärinää aiheuttavaa työtä, sen aikana sekä työn päätyttyä. Ensi kertaa mukana on myös ohjeistus ilman kautta välittyvälle ”tärinälle” eli ilman ylipaineaalloille tai kansanomaisemmin ilmanpaineiskuille. Rakentamisen lisäksi hyvää tärinän hallintaa tarvitaan tietysti myös kaivosteollisuudessa, erityisesti avolouhoksilla.

Nykyisten tärinän ohjearvojen taustaa

Suomessa käytettävät louhintatärinän ohjearvot pohjautuvat suomalaisiin, ruotsalaisiin ja norjalaisiin tutkimuksiin ja kokemuksiin. Kaikissa pohjoismaissa käytettävien ohjearvojen perusta on ruotsalaisissa Langeforsin ja Kihlströmin 50–60-luvuilla tekemissä tutkimuksissa, joiden pyrkimys oli löytää louhintatärinälle sellaiset mitattavat kriteerit, joita käyttäen louhintatyötä voidaan toteuttaa ilman vaurioita.

Ensimmäiset viralliset suomalaiset ohjearvot esitettiin Sosiaali- ja Terveysministeriön turvallisuusohjeissa 16:0 vuonna 1973. Ne olivat tuolloin kiinteitä eli niissä ei otettu huomioon taajuutta tai etäisyyttä. Taajuuden merkitystä tärinän vahinkovaaraan alettiin tutkia ja ottaa huomioon 70–80-luvun kansainvälisissä tutkimuksissa. Taajuuden havaittiin olevan riippuvainen tärinän kulkeman matkan pituudesta sekä maa- ja kallioperän ominaisuuksista, erityisesti kiinteydestä. Niinpä kaikissa pohjoismaisissa ohjeistuksissa ja standardeissa otettiin 90-luvun alussa käyttöön etäisyysidonnaiset ohjearvot, joissa otettiin huomioon myös maaperän kiinteyden ja rakennuksien rakenne. Etäisyyden kautta taajuuden huomioon ottavat ohjearvot julkaistiin ensimmäistä kertaa virallisesti Työministeriön Turvallisuusmääräyksissä 16:0 vuonna 1993. Ne perustuivat pitkälti ruotsalaiseen standardiin ja TkT **Raimo Vuolion** vuonna 1990 julkaistuun väitöskirjaan.

Tämän jälkeen louhintatärinälle käytettävät ohjearvot Suomessa ovat pysyneet hyvin pitkälti samalla tasolla ja ovat sitä edelleen. Myös uusiman päivityksen ohjearvot



(RIL 253-2024) ovat hyvin samankaltaiset kuin Ruotsissa käytettävät (SS 4604866:2011), vaikka ohjearvojen määrittäminen on hiukan erilainen. Ruotsissa ohjearvomäärittäminen perustuu etäisyysidonnaiseen perusarvoon, jota kerrotaan usealla erilaisella kertoimella, joilla otetaan huomioon maaperä, rakennustapa, etäisyys ja toiminta-aika. Suomen menetelmä on samankaltainen, mutta etäisyyttä ei hoteta huomioon kertoimella vaan valitsemalla etäisyysidonnainen perusarvo suoraan taulukosta tai taulukon arvoista interpoloimalla. Lopputuloksena suomalaiset ohjearvot ovat olleet aina 90-luvun jälkeen hyvin lähellä ruotsalaisia arvoja, paitsi pitkäkestoisissa työmaissa, koska Suomessa toiminta-aikaa ei teknisten perusteiden puuttuessa huomioida ohjearvojen määrittelyssä nor-

maalisti lainkaan. Pitkäkestoisuus vaikuttaa kyllä häiriöön, mutta sen ei ole todettu vaikuttavan vahinkovaaraan.

Kaivoksien ohjearvoissa maiden välillä on kuitenkin eroja. Suomessa kaivoksilla ja kiviainelouhoksilla on käytetty aina samoja ohjeistusten mukaan määriteltyjä ohjearvoja kuin rakennustyömailla. Ruotsalaisessa standardissa ohjeistetaan kaivoksille ja kiviaineslouhoksille etäisyysidonnaisten ohjearvojen määrittäminen, mutta käytännössä ohjearvot määritellään eri periaatteilla, lähinnä mukavuusohjearvoihin perustuen kiinteiksi ohjearvoiksi ympäristölupaprosessin yhteydessä. Samankaltaisuus rakennustyömaillakin on koskenut vain rakenteille annettavia ohjearvoja.

Muissa ohjearvoissa, kuten esim. laitteille ja kovettuvalle betonille erikseen määriteltävissä ohjearvoissa on aina ollut eroja. Norjan ja Ruotsin etäisyysidonnaiset ohjearvot eivät lisäksi alene enää 350 m jälkeen, vaan pysyvät siitä eteenpäin vakioina 1 km asti. Tätä suuremmille etäisyyksille heidän käyttämänsä standardit eivät määrittele ohjearvoa. Suomen ohjearvot on määritelty laskeviksi aina 2 km etäisyydelle asti jo aiemmin ja päivityksen yhteydessä määrittelyä jatkettiin 10 km etäisyyksille asti.

Iso ero pohjoismaisissa käytännöissä on aina ollut se, että Ruotsissa ja Norjassa ohjearvot on esitetty maakohtaisissa standardeissa, jolloin ne ovat saaneet automaattisesti ns. virallisen statuksen. Suomessakin ohjearvot ilmoitettiin aina vuoteen 2011 asti voimassa olevaan lainsäädäntöön perustuvissa sekä viranomaisien vahvistamissa ja julkaisemissa ohjeissa ja määräyksissä. Valtioneuvoston päätös räjäytys- ja louhintatyön järjestys-

ohjeista 410/1986 kumoutui vuonna 2011 uuden Valtioneuvoston asetuksen räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011 tullessa voimaan. Samalla myös kaikki VNp 410/1986 perusteella annetut turvallisuusmääräykset kumoutuivat, mukaan lukien Turvallisuusmääräykset 16:0, jossa aiemmat tärinäohjearvot olivat.

Viranomaiset eivät halunneet enää tämän jälkeen julkaista määräyksiä tai ohjeita tärinän ohjearvoista. Suomessa ei myöskään nähty tarvetta standardille, jossa ohjearvot julkais- taisiin, vaan niistä tehtiin RIL:in julkaisu RIL 253-2010 Rakentamisen aiheuttamat tärinät, jonka kirjoittivat Aimo Vuento ja Matti Hakulinen. Nämä ohjearvot olivat julkaisunsa jälkeen ainoat Suomessa käytettävät ohjearvot ja ohjeistukset rakentamisen tärinän hallin- nalle. Julkaisun ohjearvot louhintatärinälle olivat käytännössä hyvin samankaltaiset kuin aiemmatkin Suomessa käytetyt.

Uusiin rakennustapakertoimiin tuli pie- niä muutoksia. Rakennustapakertoimeen vaikutti jatkossa myös niitä määrittävän vastuullisen tärinäkonsultin eli tärinäasiantuntijan pätevyys. Kokenut FISEn hyväksymä ja rekisteröimä konsultti sai käyttää suurem- pia rakennustapakertoimia, jotka olivat ver- rannollisia myös aikaisemmissa ohjeistuksissa käytettyihin. Kokemattomampi asiantuntija joutui ohjeen mukaan käyttämään hieman pienempiä kertoimia, jolloin ohjearvot oli- vat alempia. Menetelmän tarkoituksena oli mm. motivoida hankkeita käyttämään ko- keneita ja ammattitaitoisia konsultteja pel- kän raa'an hintakilpailuttamisen sijaan. Käytännössä tämä menetelmä kuitenkin aiheutti paljon sekaannusta, varsinkin kiistatilanteissa, koska eihän rakennusten tärinäkestävyys tietenkään voinut riippua konsultin kokemuksesta.

RIL 253-2010 sisälsi lisäksi paljon mui- takin kauan kaivattuja ohjeita tärinän hal- lintaan, kuten ohjearvoja myös muun raken- tamisen kuten paaluttamisen aiheuttamalle tärinälle. Lisäksi julkaisu ohjeisti ensimmäistä kertaa tärinävaikutusten arvioinnista, katsel- musten tekemisestä, tärinän mittaamisesta sekä muista tärinän hallintaprosessin mene- telmistä. Aiemmat ohjeistukset eivät ohjeis- taneet näistä mitään. Ainoastaan tärinämit- tauksesta oli aiemminkin annettu lyhyt ohje, jonka mukaan ”tärinä mitataan sieltä, mistä se tulee rakennukseen, ja että tärinäanturi kiinnitetään rakenteen kantavaan osaan.” TkT Raimo Vuolion kirjoittamat louhinta- tekniikan käsi- ja oppikirjat tosin kuvasivat oikeita käytäntöjä jo paljon ennen RIL 253 ohjeen julkaisua.

Päivitysprosessi

RIL 253-2010 oli käytössä yli 10 vuotta, ja siinä ajassa sen mukaisesti määriteltyjen ohjearvojen ja tehtyjen toimenpiteiden toi- mivuudesta saatiin hyvä kuva. Ohjeistukset olivat pääsääntöisesti toimivia, mutta joiden- kin kuvauksien havaittiin jättävän sellaista tulkinnan varaa, joka aiheutti kiistoja ja jopa tarkoitushakuisia väärinkäytöksiä. Myös ai- ka ja tekniikka olivat menneet eteenpäin, ja jotkut ohjeistukset eivät olleet enää teknisesti ajan tasalla. Joitain tarpeelliseksi koettuja ohjeistuksia myös puuttui.

INFRA ry:n louhintajaostossa keskus- teltiin ohjeen päivitystarpeista ensimmäi- sen kerran vuonna 2020, jolloin tehtiin myös aloite ohjeen päivittämistarpeen ja -mahdol- lisuuden selvittämisestä. Allekirjoittaneen pohjatytöön perustuen pientyöryhmä Jari Honkanen (Forcit Consulting, EXcontrol), Vesa Holmström (Kalliotekniikka) ja Ka- ti Kaskiala (Infra Ry) lupasi käydä vuoden 2010 ohjeistuksen läpi ja listata kaikki löytä- mänsä päivitystarpeet. Läpikäynti kesti puoli vuotta, ja kommentteja syntyi noin 200 kpl. Ne käytiin läpi RIL:in kanssa pidetyssä ko- kouksessa vuoden 2021 lopussa. RIL hyväksyi päivitystarpeen nopeasti, ja käsikirjoittajiksi valikoituvat allekirjoittanut ja Holmström. Projektin ohjausryhmään valittiin Suomen parasta kokemusta laaja-alaisesti sekä kon- sulttiyrityksistä että urakoitsijoilta.

Kirjoittaminen pääsi vauhtiin lopulta toukokuussa 2022 ja se kesti ”vain” vajaan vuoden. Alustavasta käsikirjoituksesta lähe- tettiin laajat lausuntopyynnöt keväällä 2023. Lausuntoja tuli paljon, ja niitä vastaanotettiin myös pitkän aikaa, aina loppuvuoteen 2023 asti. Lausuntojen käsittely ja niistä seuranneet muutokset sekä kuvien päivitys olivat lopul- ta valmiit vasta keväällä 2024 jonka jälkeen kirja vihdoinkin julkaistiin – lähes 4 vuotta päi- vitysaloitteen tekemisen jälkeen.

Lopputulos ja keskeisimmät muutokset

Päivitystyössä kävi kuten aina, työ paisui. Päivitykset eivät rajoittuneet aluksi kirjat- tuihin 200 kohtaan. Tarpeita havaittiin mo- ninkertaisesti, kun ohjetta alettiin lukea läpi tiheällä kammalla. Varsinaiset päivitystarpeet eivät olleet sinällään kovin työllistäviä, lu- kuun ottamatta sitoutumattoman betonin ja ruiskubetonin ohjeistuksen päivitystä, joka oli erittäin työläs osuus. Em. ohjeistukset muuttuivat lopulta täysin toisenlaisiksi ver- rattuna aiempiin ja niihin haettiin vertai- lukohtaa naapurimaita myöten. Vasta aika näyttää, ovatko uudet ohjeistukset toimi-

vampia. Näiden lisäksi työläimmät työvai- heet olivat ne muutamit täysin uudet luvut, joiden puuttuminen ja lisäystarve havait- tiin vasta kirjoitusprosessin aikana. Näitä olivat mm. ohjeistus tärinävaurioepäilyjen käsittelylle, vastuuvakuuttamisen ohjeistus, sekaperustalle, paaluille ja painumattoman kerroksen varaan perustetun rakennuksen ohjearvomäärittelyn ohjeistus sekä työmaan tärinämittauspisteiden sijoittelun ohjeistus.

Tärinävaikutusten arviointi

Liian suuri ja hallitsematon tärinä voi aiheut- taa vahinkovaaraa työmaan tai kaivoksen ym- päristön rakenteille ja laitteille. Myös jotkut tärinäherkät toiminnot voivat häiriintyä tai estyä. Riskit voivat kohdistua myös ihmisten henkeen ja terveyteen tai yritystoimintaan. Esimerkiksi sairaalan läheisyydessä tehtävä louhintatyö voi vaarantaa hallitsemattomana potilasturvallisuuden leikkaussalitoimin- nassa, ja konepajojen laatu voi vaarantua tarkan työstön aikaisesta tärähtelystä. Siksi on tärkeää tunnistaa, mitä huomioon otet- tavaa tärinää aiheuttavan toiminnan ympä- ristössä on.

Tärinän haittavaikutusten hallinta perus- tuu ennen toiminnan aloittamista tehdylle tä- rinävaikutusten arvioinnille, jota tarvittaessa päivitetään myös työn aikana. Arviointityön lopputulos on dokumentti, jossa listataan kaikki työn vaikutuspiirissä olevat varottavat ja huomioon otettavat kohteet sekä niiden edellyttämät tärinänhallintamenettelyt, ku- ten katselmus-, tärinävaimennus-, ilmoitus-, ja mittaustoimenpiteet. Kun ympäristövaiku- tuksia käsitellään laajasti, dokumentin nimi on yleensä louhintatyön ympäristöselvitys tai riskianalyysi. Tällöin dokumentti sisältää toiminnan muidenkin ympäristövaikutusten vaikutusten arviointia. Tällaisia saattavat olla esimerkiksi kiven sinkoilun riski sekä pölyn, melun ja ilmanpaineen vaikutukset.

Ohjeistuksen päivityksen yhteydessä täri- nävaikutusten arvioinnin tekotapaa, sisältöä ja suositeltua etäisyyttä tarkennettiin huom- tavasti ja siinä otetaan huomioon myös maa- nalainen työ sekä normaalia rakennustyötä laajempi ja suurimittakaavaisempi tärinää aiheuttava työ, kuten esimerkiksi kaivostoi- minta (*Taulukko 4.2.*).

Tärinävaikutusten arviointi on tärkeää teettää hyvissä ajoin ennen tutkittavan toi- minnan aloittamista, sillä siinä määritellään oleellisia rajoituksia ja ennakkoitoimenpiteitä itse toiminnalle. Nämä rajoitukset ja toimen- piteet vaikuttavat toiminnan suunnitteluun ja menetelmävalintaan, joten on oleellista tunnistaa ne ennen toiminnan suunnittelun

Taulukko 4.2. Perusteet värinävaikutusten arvioinnin aluerajaukseksi räjäyttämällä tehtävissä louhintatöissä.

Syntyvän värinän luonne	Vaativuusluokka 1	Vaativuusluokka 2	Vaativuusluokka 3
Pienimuotoinen avolouhinta (pengerkorkeus < 2 m). Värinä voi olla havaittavissa 50–150 metrin etäisyydellä.	Lähimmät kohteet eri suunnissa, ei kuitenkaan yli 100 metrin etäisyydellä.	Noin kaksinkertainen etäisyys lähipiin kohteisiin nähden, kuitenkin vähintään 50 metriä ja korkeintaan 100 metriä.	Alue 100–150 metrin etäisyydellä sekä erityisen värinäherkät kohteet 150–200 metrin etäisyydellä.
Keskisuuri avolouhinta (pengerkorkeus 2–10 m). Värinä voi olla havaittavissa 150–500 metrin etäisyydellä.	Lähimmät kohteet eri suunnissa, ei kuitenkaan yli 300 metrin etäisyydellä.	Alue 100–300 metrin etäisyydellä pengerkorkeudesta riippuen.	Alue 100–400 metrin etäisyydellä pengerkorkeudesta riippuen sekä erityisen värinäherkät kohteet 200–600 metrin etäisyydellä.
Massalouhinta, pengerkorkeus yli 10 metriä. Värinä voi olla havaittavissa jopa kilometrien päässä. Joissain tapauksissa ilmanpaineaalto voidaan havaita kauempana kuin värinä.	Lähimmät kohteet eri suunnissa, rakennus- ja kiviaineslouhinnassa korkeintaan 500 metrin etäisyydellä ja kaivosten avolouhinnassa korkeintaan 5 km:n etäisyydellä.	Alue 200–1 000 metrin etäisyydellä pengerkorkeudesta tai kokonaisräjähdysainemäärästä riippuen.	Alue 200–2 000 metrin etäisyydellä pengerkorkeudesta tai kokonaisräjähdysainemäärästä riippuen sekä erityisen värinäherkät kohteet 300–3 000 metrin etäisyydellä.
Maanalaisesta louhinnasta syntyvä värinä*	Lähimmät kohteet eri suunnissa, tunnelilouhinnassa korkeintaan 500 metrin etäisyydellä ja tuotantolouhinnassa korkeintaan 1 km:n etäisyydellä.	Alue 100–1 000 metrin etäisyydellä oletetusta reikäpituudesta ja momentaanisesta panostuksesta riippuen.	Alue 150–1 000 metrin etäisyydellä oletetusta reikäpituudesta ja momentaanisesta panostuksesta riippuen sekä erityisen värinäherkät kohteet 200–1 500 metrin etäisyydellä.

* Kun louhitaan alle 100 metrin syvyydessä pinnasta, etäisyys määritellään vain vaakasuunnassa.

aloittamista. Louhintatyöhön liittyen tällaisia ovat esimerkiksi panos- ja räjäytyskoot, räjäytysajat, ilmoitustarpeet, jne.

Värinän vahinkovaara rakenteille ja laitteille

Värinän vahinkovaaraa rakenteille ja laitteille hallitaan katselmus-, mittaus-, ja vaimennustoimenpiteillä. Kaikkia näitä toimenpiteitä koskevia ohjeistuksia on päivitetty. Rakenteiden vahinkovaaraa on lisäksi käsitelty huomattavasti aiempaa laajemmin. Esimerkiksi erilaisten rakenteiden vikatyypeistä, värinävaurion mekanismeista ja luonnollisista vauriomekanismeista lisättiin tietoa auttamaan niiden erottamista toisistaan. Myös vanhojen rakennusten ja rakennusmateriaalien värinäherkkyydestä sekä värinän vaikutuksesta maaperän tiivistymiseen ja painumiin lisättiin tietoa.

Värinäkatselmuks

Rakenteiden katselmuks

avulla seurataan rakenteiden ja rakennusten vikaantumisen kehittymistä. Vikaantuminen kuuluu lähes kaikkien rakenteiden normaaliin kehittymiseen ja ikääntymiseen. Katselmuksien tehtävä on tuottaa dokumentointia, jonka avulla pystytään erottamaan, muuttuuko tämä normaali kehitys oleellisesti värinää aiheuttavan työn aikana. Siksi on yleistä ja suositeltavaa katselmoida työmaiden ympäristön rakennuksia ja rakenteita riittävällä laajuudella ennen työn aloitusta.

Katselmoinnin osalta uudessa ohjeessa on tuotu esiin ja selvennetty sitä tosiasiaa, että katselmuksissa ei päästä kuitenkaan ikinä 100 % tarkkuuteen. Rutiininaimaisten ennen työmaan aloittamista tehtävien värinäkatselmuksien tarkoitus on lähinnä tuottaa aineistoa, jolla todennetaan ja tarkkaillaan rakennuksen vikaantumisen kehittymistä värinää aiheuttavan rakentamisen aikana. Katselmuksissa ei voida taata tarkkaa dokumentointia kaikista yksittäisistä halkeamista, sillä on lukuisia syitä mikä vaikuttavat havainnointitarkkuuteen ja dokumentointiin. Katselmussäde ohjeis-

tetaan määrittämään erikseen tehtävän värinävaikutusten arvioinnin yhteydessä. Jos sellaista ei tehdä, ohjeistetaan käyttämään säteenä värinävaikutusten arvioinnille suositeltuja etäisyyksiä (taulukko 4.2.). Jo tämä ohje sinänsä kannustaa tekemään erillisen arvioinnin värinän riskeistä ja hallinnasta, sillä tarvittavat katselmussäteet ovat luonnollisesti normaalisti pienempiä kuin suositellut selvitysalueiden säteet.

Värinää aiheuttava työ saattaa aiheuttaa hyvin paljon häiriötä, yhteydenottoja ja myös vaurioepäilyjä. Niinpä yksi oleellinen värinän ja vahinkovaaran hallinnan työkalu on työaikaisten ja sen jälkeisten värinävaurioepäilyjen käsittely. Alkukatselmuks

Värinän ohjearvot

Toinen rutiinitoimenpide, jota käytetään yleisesti lähes kaikessa värinää aiheuttavan työn hallinnassa, on värinän mittaus. Mittausten avulla saadaan tärkeää tietoa värinän välittymisestä ja voimakkuudesta työtä tekevien ja sitä suunnittelevien henkilöiden käyttöön. Värinävaikutusten arvioinnissa määritellään värinälle ohjearvot, joihin mittaustuloksia verrataan. Päivityksessä on tullut joitain muutoksia myös ohjearvoihin ja niiden määrittelyyn. Värinän ohjearvo rakenteille määritellään edelleen etäisyyden, perustamistavan ja rakennustavan eli rakennusmateriaalien värinäherkkyyden, perusteella. Etäisyys ja perustamistapa, jotka vaikuttavat värinän taajuuteen ja vahinkovaaraan, määrittelevät värinän perusohjearvon.

Perusarvot louhintavärinälle

Perusarvoihin tehtiin vain pieniä vanhojen pyöristysvirheiden korjauksia ja lisäksi taulukkoon lisättiin joitain etäisyyksiä (Taulukko 3.2.). Yli 2 km etäisyydet lisättiin erityisesti kaivosteollisuuden avolouhoksia varten, joissa saatetaan käyttää isoja reikä- ja reikäpanoskokoja. Tällöin värinä- ja erityisesti ilmanpainevaikutukset voivat olla havaittavissa ihmisaistein pitkälläkin etäisyyksillä, joka saattaa aiheuttaa tarvetta myös mitauksiin näillä etäisyyksillä.

Taulukko 3.2. Louhintätärinän heilahdusnopeuden perusarvo v_1 (mm/s) etäisyyden suhteen erilaisille maa- ja kalliopohjille perustetuille rakennuksille. Taulukon ylimmäisessä vaakasarakkeessa on esitetty rakennuksen perustusten alapinnassa oleva maa- tai kalliopohja. Kun sora tai moreeni on löyhää, arvioidaan kerroin v_1 sarakkeen 3 perusteella.

1	2	3	4	5
Etäisyys (m)	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m ²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
1	9	18	35	140
5	9	18	35	85
10	9	18	35	70
20	8	15	28	53
30	7	14	25	45
40	6	13	23	41
50	6	12	21	37
75	5	11	19	32
100	5	10	17	28
200	4	9	14	22
500	3	7	11	15
1 000	3	6	9	12
2 000	3	5	7	9
5 000	3	4	5	6
10 000	3	3	4	5

Uuteen ohjeeseen tehtiin myös muutama muu muutos ja lisäys, jotka vaikuttavat maa-perän kautta välittyvän värinän ohjearvojen määrittäisiin. Esimerkiksi sekaperustalle tai eri pituisille paaluille perustetun rakennuksen ohjearvon määrittämiselle annettiin nyt ensimmäistä kertaa ohjeistus. Se noudattaa jo pitkään alalla yleisesti vallinnutta käytäntöä, jonka mukaan ”Rakennus tai rakenne, joka on perustettu lyhyille kallioiden lyödyille tai poratuille paaluille tai kalliolle asennetun matalan painumattoman laakerikerroksen, esim. tasauskerroksen tai murske, päälle käytetty yleensä värinän suhteen kalliovaraisen rakennuksen tavoin. Jos värinän taajuussisältö vastaa kalliionvaraista tai tiivistä maata, voidaan ohjearvoja soveltaa vastaavalla tavalla.

Mikäli samassa rakennuksessa tai rakenteessa todetaan useita eri perustamistapoja, suositellaan yleisesti värinän mittaamista eri perustamistapojen kohdilta. Joissain tapauksissa, kuten monimuotoisissa tai pitkänomaisissa rakennuksissa ja hyvin erilaisissa perustamisolosuhteissa, tulee erityisesti kiinnittää huomiota mittauspisteiden välisiin siirtymäeroihin. Värinäasiantuntija määrittää, voidaanko kunkin mittauskohdan osalta käyttää sen perustamistavan mukaista ohjearvoa vai määritetäänkö ohjearvo muilla perusteilla varovaisemmaksi. Silloin, kun mitataan vain yhdestä mittauspisteestä, on turvallista suorittaa mittaus kiinteimmän perustamisolosuhteen kohdalta ja määritellä ohjearvo löyhimmän perustamisolosuhteen mukaan.

Jos rakennuksen perustamistapa ei ole tiedossa, voidaan perustamistapa arvioida muun ympäristön perusteella varovaisuusperiaatetta noudattaen, jolloin käytetään pehmeimmän

oletettavan maa-perän perusarvoa. Perustamistapa-arviota voidaan tarkentaa mittaus-tulosten perusteella tarvittaessa.”

Myös se tuotiin selvemmin esille, että ohjearvot eivät ole vaurioraja-arvoja eikä niiden ylittyminen johda heti vaurioiden syntymiseen. Suunnitteluohjearvoihin on luonnollisesti sisällytetty turvalliset varmuuskertoimet. Niiden suuruusluokaksi on ilmoitettu muussa kirjallisuudessa noin 1,5, ja tämä tieto lisätään nyt myös ohjeeseen.

Rakennustapakerroin

Louhintatyön värinän ohjearvo määritellään kertomalla perusarvo rakennustapa-

kertoimella. Kerroin perustuu rakennuksessa käytettyjen rakennusmateriaalien värinäherkkyyteen, lähinnä vetomurtolujuuteen. Värinän ohjearvoa määrittelevän asiantuntijan pätevyys, eli lähinnä koulutus ja kokemus, vaikuttaa siihen, miten suuria kertoimia hänellä on lupa käyttää.

Yksi keskeisimmistä muutoksista oli rakennustapakerroin soveltamisen päivitys (Taulukko 3.1.), joka ei kuitenkaan vaikuta millään tavalla lopullisiin aa- ja a-luokan värinäasiantuntijan ohjearvotasoihin. Entinen menetelmä, jossa oli kaksi eri rakennustapakerrointa eri pätevyyden omaaville käyttäjille, muutettiin. Käyttöön tuli yksi uusi ohjearvotaso niille, joilla ei ole muodollista pätevyyttä lainkaan. Uuteen rakennustapataulukon sisällytettiin vain yksi rakennustapakerroin, joka vastaa entistä ”täyttä arvoa” eli aa-pätevyyden omaavalle värinäasiantuntijalle sallittua arvoa. Tätä arvoa on kuitenkin alennettava kertoimella, jos ohjearvon määrittelijällä ei ole aa-luokan värinäasiantuntijan pätevyyttä. Kertoimia on kaksi. A-luokan värinäasiantuntijat pienentävät rakennustapakerrointa varmuuskertoimella 0,85, eli aa-luokan värinäasiantuntija voi antaa 15 % korkeampia ohjearvoja, jos katsoo sen turvalliseksi. Lopputilanne on kuitenkin sama kuin entisessäkin määrittelytavassa. Uutena lisäyksenä on varmuuskerroin 0,75 sellaisen käyttöön, joilla ei ole muodollista värinäasiantuntijapätevyyttä lainkaan, mutta jotka joutuvat määrittelyä kuitenkin käytännössä tekemään, kuten panostajat.

Itse rakennustapakerroin tehtiin myös yksi merkittävä muutos. RIL 253-2010 ohjeessa kalkkihiekkatiilen, kevytsoraharkon tai ke-

Taulukko 3.1. Rakennustapakerroimet värinän ohjearvojen määrittämiseksi perustuksissa. Taulukossa esitetyistä rakenteista poikkeavien, kuten esim. huonossa kunnossa olevien rakenteiden värinäkestävyys, on arvioitava tapauskohtaisesti.

Rakentamisen vaihe	Rakennustapakerroin F_k
1. Raskaat teräsbetoni- ja teräsrakenteet, kuten sillat ja laiturit.	2,00
2. Teräsbetoniset, teräksiset ja puurakenteiset teollisuus- ja varastorakennukset. Ruiskubetonoidut kalliotilat, (ks. myös kohta 3.9). Yleensä staattisesti määrätty rakenteet, joissa ei asuta tai työskennellä.	1,50
3. Pilariperustuksille rakennetut elementtirakenteiset teräsbetonirakenteet. Teräs- ja puurakenteiset toimisto- ja asuinrakennukset. Muut puu- ja teräsrakennukset. Johdot ja maakaapelit (ks. myös kohta 3.9).	1,20
4. Massiiviseinäiset tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoiset teollisuus-, toimisto- ja asuinrakennukset. Lasiseinäiset teräsrunkoiset sekä tiiliverhotut puurunkoiset rakennukset. Ruiskubetonioimattomat kalliotilat (ks. myös kohta 3.9).	1,00
5. Rakennukset, joissa on kevytbetonia, kalkkihiekkatiiltä tai muuta vaurioherkkää materiaalia kantavissa rakenteissa tai julkisivussa. Värinä- ja värähtelyherkät historialliset rakennukset, kuten kirkot tai korkeita holveja käsittävät rakenteet.	0,65

vytbetonin käyttö missä tahansa rakenteessa aiheutti tarpeen soveltaa perusarvoa alentavaa rakennustapakerrointa. Käytännössä nykyaikainen rakennustapa on jo kauan ollut sellainen, että lähes kaikki kevyet väliseinät rakennetaan nimenomaan jostain näistä materiaaleista. Ne jäävät kuitenkin usein täysin huomioon ottamatta rakennustapakerroimisesta, koska niistä ei saada tietoa isännöitsijöiltä ja kiinteistöjen omistajilta, eikä niitä pysty havaitsemaan ulospäin tärinävaikutusten arviointia tehtäessä. Ongelmia näissä kevyissä väliseinärakenteissa ei kuitenkaan ole esiintynyt yhtään sen enempää. Syyksi arvioitiin se, että kevyisiin väliseiniin ei välity suuria rakennetta vääntäviä ja taivuttavia voimia rakennusten rungoista, koska niiden liitokset eivät ole yhtä jäykkä kuin runkoliitokset. Tämän perusteella arvioitiin, että kevyissä väliseinissä käytettyinä em. materiaalien käyttö ei tarvitse alentaa koko rakennuksen ohjearvoa. Uudessa ohjeistuksessa alentava vaikutus on rajattu näiden materiaalien käyttöön kantavissa rakenteissa ja julkisivuissa.

Kalliotilojen osalta taulukossa 3.1 kohdissa 2. ja 4. esitetyt kertoimet soveltuvat sellaisenaan kiinteässä kalliosta tapauksiin, joissa kalliotila ei ole yleisökäytössä tai niihin ei ole sijoitettu putoavista kivistä vahingoittuvia kriittisiä esineitä tai laitteita. Muissa tapauksissa on tärinän ohjearvot kalliotilalle määriteltävä tapauskohtaisesti erikseen.

Ohjearvot muun rakennustyön aiheuttamalle tärinälle

Muulle rakennustyölle on määritetty kiinteä taulukko-ohjearvo, joka ei ole etäisyysidonnainen tai rakennustavasta johtuva, mutta johon maaperän kiinteys vaikuttaa. Päivityksen yhteydessä tämän taulukon soveltamisalueisiin lisättiin myös tärinää aiheuttavat purkutyön menetelmät.

Sitoutumaton betoni ja ruiskubetoni

Sitoutumattomalle betonille ja ruiskubetonille kehitettiin yhdessä ”betoniryhmän” kanssa kokonaan uusi ohjearvomäärittely. Entisen ohjeistuksen ohjearvot perustuivat yksinomaan betonin lujuuden kehitykseen. Käytännössä tästä kehityksestä oli kuitenkin vaikea saada tietoa louhinnan suunnitteluun. Tutkiessamme Ruotsin ohjeistusta havaitsimme sen olevan huomattavasti sallivamman verrattuna Suomen ohjeistukseen, ja sitä oli käytetty naapurimaassa jo 20 vuotta ilman ongelmia.

Uuteen ohjeistukseen (Taulukot 3.4. ja 3.5.) päätettiin sisällyttää kaksi eri tapaa määritellä sitoutumattoman betonin ohjearvo ja

Taulukko 3.4. Rakennustapakertoimet kovettuvalle valubetonille louhintatärinän yhteydessä, kun betonin lujuudesta ei ole tietoa. Jos valmiin rakenteen rakennustapakerroin on pienempi, noudatetaan sitä. Taulukosta valitaan aika valuhetkestä ulkolämpötilan perusteella ja sen jälkeen rakennustapakerroin betoniluokituksen (CEM I/II/III) mukaisesti.

	Aika, kun $T \geq 15\text{ °C}$	Aika, kun $T < 15\text{ °C}$	CEM I/II	CEM III
Tuore betoni	0–3 h	0–3 h	1	1
Nuori betoni	3–18 h 18–36 h	3–24 h 1–2 d	0,2 0,4	0,2 0,2
Melkein kovettunut	36–48 h 2–3 d 3–7 d	2–4 d 4–7 d 7–14 d	0,7 1 1,2	0,4 0,8 1
Kovettunut betoni	7–14 d > 14 d	14–28 d > 28 d	1,2 Valmiin rakenteen rakennustapakerroin	

Taulukko 3.5. Rakennustapakertoimet kovettuvalle valubetonille louhintatärinän yhteydessä, kun betonin lujuus on tiedossa. Jos valmiin rakenteen rakennustapakerroin on pienempi, noudatetaan sitä.

	Lujuus MPa Lieriölujuus	CEM I/II/III
Tuore betoni	täryrajaan asti	1
Nuori betoni	< 5 5–9	0,2 0,4
Melkein kovettunut	9–13 13–17	0,7 1,0
Kovettunut betoni	17–20 > 20	1,2 Valmiin rakenteen rakennustapakerroin

Ruotsin ohjeistuksesta rohkaistuneena molempien tasoa päätettiin nostaa hiukan entisestä tasosta. Koska Suomessa ei ole tehty laajaa tutkimusta sitoutumattoman betonin tärinäherkkyyden saralla, jäi ohjearvotason nosto kuitenkin hyvin maltilliseksi, ja myös ero Ruotsiin jäi edelleen merkittäväksi. Eroa entiseen määrittelyyn uusi määrittely perustuu rakennustapakertoimeen eikä itse perusarvoon, joka määritetään kuten min-kä tahansa rakenteen perusarvo, etäisyyden ja perustavan pinnan tiiviyyteen pohjautuen. Näin ollen myös rakenteen etäisyys ja perustamiskerros vaikuttavat jatkossa sitoutumattoman betonin ohjearvoon. Näin oli myös vanhemmissa Turvallisuusmääräykset 16:0 mukaisissa ohjearvoissa. Menetelmä sinänsä oli siis jo aiemmin testattu Suomessa.

Toinen, sallivampi määrittelytapa perustuu edelleen betonin lujuuden kehitykseen ja sen perusteella määritettyyn rakennustapakertoimeen. Toinen, varovaisempi puolestaan perustuu ajan kulumiseen valuhetkestä, josta on helpommin saatavissa tietoa. Lujuuskehityksestä saatava tiedon tarkkuus on tietysti epävarmempi pelkkää aikaa mitattaessa, vaik-

ka menetelmä ottaa huomioon myös lämpötilan, joten siksi tällä tavalla määriteltävän rakennustapakertoimen on oltava varovaisempi. Molemmat menetelmät tunnistavat lisäksi uudet käytössä jo olevat vähähiiliset sementtilaadut (CEM III), jotka perustuvat osin uusien kierrätysmateriaalien käyttöön.

Kovettumattoman ruiskubetonin päivitetty ohjearvo (Taulukko 3.7.) perustuu niin ikään rakennustapakertoimelle, joka määritetään asennuksesta kuluneen ajan perusteella ottamalla huomioon myös ruiskubetonirakenteen käyttötarkoitus työnaikaisena turvalujituksena tai lopullisena lujitusrakenteena.

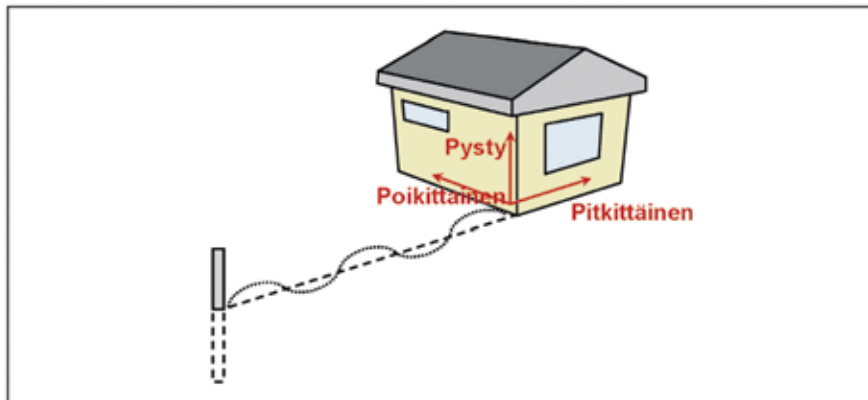
Tärinämittaus

Tärinämittauksen ohjeistusta päivitettiin kuvaamalla mittauslaitteistot ja prosessit nykyaikaisten etäkäyttöisten mittareiden ja nettipohjaisten tulospalveluiden käytön mukaiseksi. Merkittävä päivitys oli pelkän pystykomponenttimittauksen käyttösuosituksen rajaaminen vain avolouhintaan vaatavuusluokan 1–2 työmailla, missä ei ole erityisen tärinäherkkiä ja varovaisuutta edellyttäviä kohteita lähellä, ja 10–70 metrin etäisyyksille.

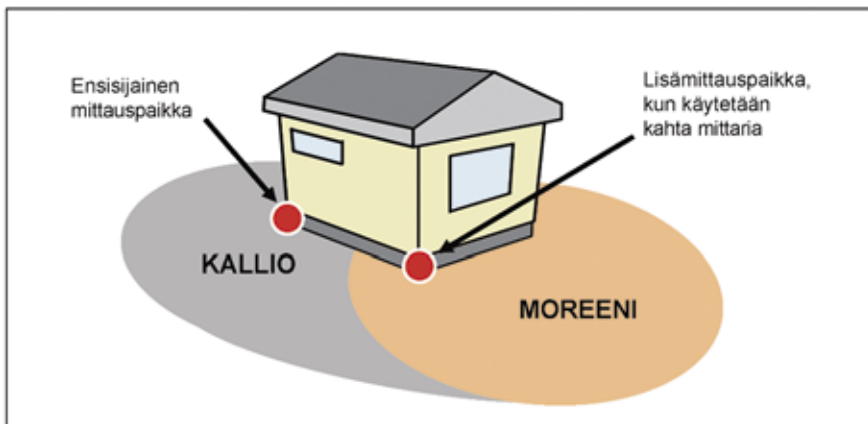
Taulukko 3.7. Rakennustapakertoimet ruiskubetonille. Jos valmiin rakenteen rakennustapakerroin on pienempi, noudatetaan sitä.

	Aika	Turvallisuus	Lopullinen lujuus*
Tuore/nuori betoni	< 6 h	ei louhintaa	0,3
Melkein kovettunut	6–8 h		1,0
Kovettunut betoni	> 8 h	1,5	

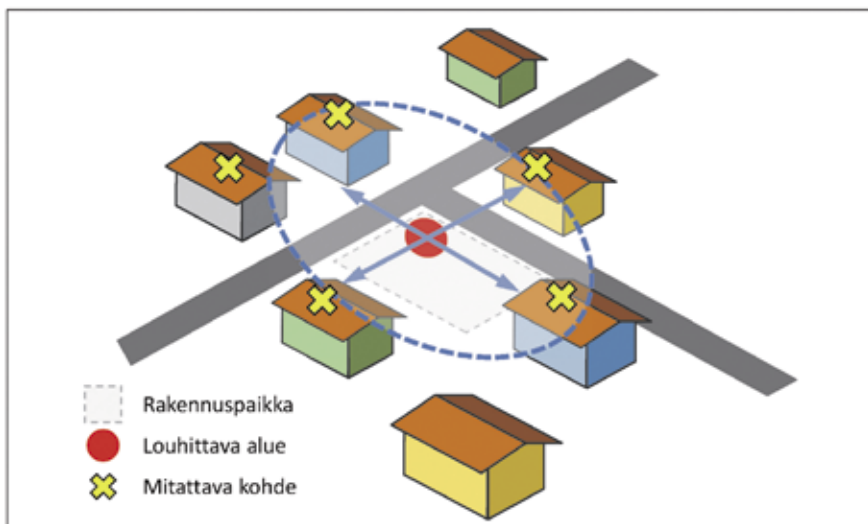
* Lopullista lujuutta ei suositella asennettavaksi 40 metriä lähemmäksi louhintaa. Koskee myös ruiskubetonilla tehtyjä valurakenteita.



Kuva 3.2. Tärinän mittaustureiden sijoittaminen tärinälähteeseen ja rakenteeseen nähden.



Kuva 3.3. Sekaperustuksellisessa rakennuksessa mittaustapa sijoitetaan ensisijaisesti kiinteimmän perustamisolosuhteen kohdalle.



Kuva 5.2. Mitattavat kohteet valitaan louhittavan alueen ja rakennuspaikan sijainnin mukaan...

Myös mittaustapa valitaan erityisesti sekaperustaisessa rakennuksessa ohjeistettiin tarkemmin (Kuvat 3.2 ja 3.3).

Mittaustapa lisäksi on oleellista valita myös ne rakennukset oikein, mistä mittausta tehdään. Tärinä välittyy eri tavalla eri ilmansuuntiin, johtuen maa- ja kallioperän vaihteluista sekä muista tärinän välittymiseen vaikuttavista tekijöistä, joten myös tärinää saattaa olla tarpeen mitata eri suunnista. Jos ympäröivien rakenteiden etäisyydet tärinälähteistä eivät poikkea toisistaan runsaasti, suositellaan mittaamista kaikista lähimmistä rakenteista eri ilmansuunnissa. Päivitykseen sisällytettiin mittaustapojen valinnalle tarkempi ohjeistus. ”Jotta tärinän välittyminen voidaan riittävän aukottomasti todeta, suositellaan tärinän mittaamista eri ilmansuunnista. Tämän vuoksi mittausta saattaa olla tarpeellista myös lähimpien rakennusten välisektoreilla enintään 2 kertaisella etäisyydellä kohteesta, joka sijaitsee yli 45 asteen verran sivussa lähemmästä mittaustapaista ja enintään 1,5 kertaisella etäisyydellä kohteesta, joka sijaitsee alle 45 asteen verran sivussa lähemmästä mittaustapaista.” (Kuva 5.2.)

Ilmanpaineen hallinta

Räjäytyksistä johtuva ilmanpaineen äkillinen kasvu voi aiheuttaa lisääntyneitä vahinko-vaaraa räjäytyspisteiden tai maanalaiselle louhintatyömaalle johtavien suuaukkojen läheisyydessä. Normaalisti riski rajoittuu julkisivujen paineensäietokyvyn heikoimpiin osiin, eli lasipintoihin. Ilmanpaineiskut aiheuttavat kuitenkin runsaasti yhteydenottoja pitkiltäkin etäisyyksiltä, varsinkin paineen välittymiselle otollisissa sääolosuhteissa. Erityisesti suurimittakaavaista avolouhintaa tekevät, kuten avokaivokset ja kiviaineslouhokset, ovat joutuneet toteamaan tämän. Tämän vuoksi ohjeeseen lisättiin myös ohjeistus ilmanympäristön suuruudelle ja sen mittaamiselle.

Ohjeistusta ei tarvinnut etsiä pitkältä, koska Ruotsissa sellainen jo oli. Koska Suomessa ei ollut alueelta omaa tutkimusta, niin oli selkeintä ottaa käyttöön ohjeistus, joka mukaili naapurimaassa pitkän aikaa käytössä ollutta ja käytännössä toimivaksi todettua ohjeistusta: ”Ilmanympäristöä voidaan mitata joko rakenteiden vierestä (heijastuspaine P_r) tai vapaasta tilasta rakennuksen läheltä (vapaa-ilmanpaine P_s). Heijastuspainetta mitataan seinän vierestä siten, että etäisyys seinään on alle 15 cm ja mittauskorkeus vähintään 1,5 m. Heijastuspaineen taso on tyypillisesti noin kaksinkertainen vapaa-ilmanpaineeseen nähden, kun heijastuspaine on luokkaa alle 1000 Pa.

Yleinen ohjearvo heijastuspaineelle on 500 Pa, kun etäisyys on yli 20 metriä. Vapaa-ilmapaineelle suositus on vastaavasti 250 Pa. Maanalaisissa töissä on syytä huomioida, että etäisyys lasketaan tunnelin tai kuilun suuaukosta, josta paine purkautuu vapaaseen ilmaan. Yleinen ohjearvo ei koske rakennusten sisällä tehtävää louhintatyötä.”

Pitkillä etäisyyksillä talon asukas ei pysty käytännössä välittämättä erottamaan maaperän ja ilman välityksellä saapuvaa ”tärinää” toisistaan. Vaikka ilmanpaineilmiöt eivät edusta sanan varsinaisessa merkityksessä tärinää, niin myös ilman kautta rakenteisiin välittyvä värähtely muuttuu rakenteiden värähtelyksi eli tärinäksi välittyessään rakennukseen julkisivun kautta. Usein tilanne on sellainen, että maaperän kautta rakennukseen välittyvä tärinä on niin pieni, että sitä ei pysty kunnolla havaitsemaan, mutta ilmanpaineisku aiheuttaa silti vielä voimakasta rakenteiden värähtelyä. Tällöin on helppo tulkita virheellisesti, että ilmanpaineen aiheuttama ilmiö johtuu tärinästä. On kuitenkin tärkeä erottaa em. ilmiöt toisistaan mittaamalla, koska niiden suuruutta, häiritsevyyttä ja vahinkovaaraa pienennetään aivan eri keinoilla. Silloin kun kyse on pitkällä havaittavista ilmanpaineilmiöistä, niin kyse on useimmiten nimenomaan häiriöistä, jotka tosin saattavat tuntua ihmisistä hyvinkin pelottavilta ja vaarallisilta. Ei ole epätavallista, että täysin vaarattomalle tasolle mitatut ilmanpaine- ja värähtelutasot koetaan hyvinkin vahinkovaaralliseksi rakenteille. Ihmiset ja eläimet ovat herkkiä aistimaan tärinää, tosin siihen reagointi on hyvin yksilöllistä.

Pätevyysvaatimukset

Suomi on ainoa tiedossani oleva maa, jossa on otettu käyttöön tärinäasiantuntijan pätevyysluokittelu. Se on erittäin hyvä ja toimiva järjestelmä, sillä se motivoi alalla toimivia ammattilaisia pätevöitymään ja myös rakennushankkeisiin ryhtyviä etsimään hankkeisiin riittävän pätevöityneitä asiantuntijoita. Vaativissa tärinäasiantuntijan tehtävissä mikään ei korvaa riittävää ja sopivaa koulutusta sekä kokemusta. Tärinäasiantuntijan perustehtäviin pääsee kuitenkin kiinni huomattavasti

Taulukko 2.1. Tärinään liittyvien tehtävien yleispiirteinen vaativuusluokitus. Vaativuusluokkaa määriteltäessä on otettava huomioon myös pohjasuhteet ja rakennusten sekä rakenteiden perustamistavat.

	A Lyhytaikainen tärinävaikutuksen kesto, pienet suoritemäärät	B Tavanomainen tärinävaikutuksen kesto, keskimääräiset suoritemäärät	C Pitkä tärinävaikutuksen kesto, suuret suoritemäärät
Tärinän vaikutusalueella ei ole tärinästä häiriintyviä erityisiä luonnonarvoja tai ihmisiä tai vaurioituvia rakenteita tai rakennuksia	1	1	2
Kohde on asutulla alueella, tavanomaisia rakennuksia tai rakenteita	2	2	3
Lähellä on tärinäherkkiä rakenteita ja erityistä varovaisuutta edellyttäviä kohteita	3	3	3

matalammalla kynnyksellä. Suomen järjestelmä toimii hyvin ohjeistaen kokeneimpien asiantuntijoiden käyttämistä haastavimmissa tehtävissä. Tätä kirjoittaessa Suomessa on FISE:n rekisteröimiä tärinäasiantuntijoita yhteensä 62 kpl, joista korkeimpia aa-luokan pätevyyskysymyksiä on 38 henkilöllä.

Korkeinta aa-luokan tärinäasiantuntijan pätevyyttä on edellytetty vastuukonsultilta jo ennestään kaikilla vaativuusluokan 3 työmailla, joiden lähellä on tärinäherkkiä tai varovaisuutta edellyttäviä kohteita tai jotka ovat pitkäkestoisia ja sijaitsevat asutuilla alueilla. Korkeinta pätevyyttä on edellytetty myös taajuussuodatuksen hyödyntämisessä, korkeimpien rakennustapakertoimien käytössä ja jälkeensä tehtävässä vahinkoarviointityössä. Uudessa ohjeessa korkeimman pätevyyden tarvetta on laajennettu muihinkin erityistä kokemusta ja soveltamiskykyä tarvittaviin tehtäviin. Tällaisia ovat esimerkiksi taajuusmittausten perusteella tehty ohjearvomääritykset paalutetuille ja täyttöpäätelä perustetuille rakennuksille, sekaperustaisten rakennusten ohjearvonostot, ylärakenteiden ohjearvomääritykset sekä laitteiden, koneiden ja toimintojen tärinäherkkyyden ja ohjearvojen määritykset.

Vaativuusluokitus on esitetty *taulukossa 2.1.* eikä siihen ei ole tullut muutoksia.

Pitkäkestoisien toimintansa vuoksi kaivokset kuuluvat yleensä vaativuusluokkiin 2 tai 3 riippuen toimintaympäristöstään. Koska naapurisuhteet ovat kuitenkin elintärkeitä kaivosteollisuudessa, suosittelemme lämpimästi hyödyntämään aina kokeneita aa-luokan tärinäasiantuntijoita tärinän hallinnan toimenpiteiden määrityksiin sekä myös niiden toteuttamiseen. Heitä löytyy suhteellisen kattavasti koko Suomesta aina Oulua myöten, mutta valitettavasti Lapin toimijoiden täytyy tilata asiantuntijansa hiukan poron kusemaa pidemmältä.

Yhteenveto

RIL 253-2024 ohjetta on päivitetty runsaasti verrattuna edelliseen versioon. Päivitystarpeet ovat peräisin käytännössä havaituista puutteista ja muutostarpeista. Muutoksia on hyvin monen tasoisia, mutta niiden määrä ja laatu ovat kokonaisuutena merkittäviä. Vaikka minulle ei käsikirjoittajana makseta mitään myyntirojalteja, niin uskallan suositella kaikille ohjetta säännöllisesti työssään käyttäville uuden version hankkimista RIL:in verkkokaupasta. Kirjasta on nyt saatavilla myös e-kirja. ▲

TEKSTI: JARI HONKANEN



SANDVIK UJ310-murskausyksikön alhainen melutaso on yllättänyt myös ympäristön.

Veljekset Toivanen murskaa energiatehokkaasti Sandvikin kalustolla Sotkamo Silverin kaivoksella

Kainuussa luotetaan Sandvikin kestävään kaivosteknologiaan niin louhinnassa, lastauksessa kuin murskauksessakin. Sotkamo Silver Oy ja kaivoksen pääurakoitsija Veljekset Toivanen Oy hyödyntävät Sandvikin uusimpia ratkaisuja ja tekevät hyvää yhteistyötä tuottaen maailmalle hopeaa ja muita arvometalleja, jotka päätyvät lopulta mm. aurinkopaneelien valmistukseen.

Sotkamo Silver tuottaa rikastamon syötettä energiatehokkaasti yksivaiheisella suljetun piirin murskausprosessilla. Murskausprosessi on erityisen yksinkertainen ja luotettava, joka on tärkeää Sotkamo Silverin kaivoksen toiminnan häiriöttömyydelle. ”Valittu murskaustekniikka on meille ihanteellinen paitsi energiatehokkuutensa ja luotettavuutensa, myös alhaisen melutasonsa vuoksi.” kertoo yhtiön operatiivinen johtaja **Pasi Määttä**. ”Yhtiömme haluaa olla vastuullinen kaikilla osa-alueilla, ja olemme onnistuneet siinä erinomaisesti.” Määttä kiteyttää.

Lopullinen jalostus tapahtuu toisaalla, mutta alkuvaiheen kaivosprosessit ja esijalostus tapahtuvat paikan päällä. ”Varsinaisen kaivosoperoinnin meillä tekee Veljekset Toivanen Oy, ja tämä yhteistyö on toiminut erinomaisesti. Kummallakin osapuolella on kova ammattitaito ja halu kehittää kaivostoimintaa entistä tehokkaammaksi.” toteaa Määttä.



Veljekset Toivasen kaivostoimintojen päällikkö Ari Keskitalo arvostaa laitetoimittajan nopeaa palveluvastetta ja proaktiivista, ammattitaitoista yhteistyötä.

Veljekset Toivanen Oy:n kaivostoimintojen päällikkö **Ari Keskitalo** kuvaa yhteistyötä Sotkamo Silverin kanssa erittäin välittömäksi ja suoraviivaiseksi:

”Kummankin yrityksen hierarkia on matala, ja näin kommunikaatio on helppoa ja päätökset syntyvät nopeasti. Meillä on korkea osaamisen taso ja me uskallamme haastaa myös omaa ajatteluamme. Näin myös kehittämishankkeet ovat nopeita, kun niissä yhdistyy perusteellinen prosessiosaaminen ja käytännön kokemus.”

Sotkamo Silver Oy:n kaivokselle murskausmenetelmäksi valittiin Sandvikin UJ310-murskausyksikkö ja sen lisänä oleva QE342 Hybrid-seulontayksikkö. Materiaalivirta pysyy erittäin puhtaana tehokkaiden hihnamagneettien avulla. Sandvikin myyntipäällikkö **Pekka Jauhiainen** kiittää Veljekset Toivanen Oy:n edistyksellistä ajattelutapaa ja avointa yhteistyötä jo investoinnin suunnit-



Sandvikin DT923i
tunnelijumbossa
yhdistyvät
huippuluokan
porausteho ja älykkäät
ominaisuudet.

teluvaiheessa: ”Kun minulle esitettiin toive poikkeuksellisen yksinkertaisen murskausjärjestelmän tarjoamisesta, kävimme tavoitellun prosessin perusteellisesti läpi yhdessä asiakkaan kanssa ja tulimme siihen lopputulokseen, että tämä järjestelmä olisi ihanteellinen ratkaisu heidän tarpeeseensa. Siinä tarvittiin kummankin osapuolen korkeaa prosessi- ja teknologiaymmärrystä, jolloin ratkaisun löytäminen oli loppujen lopuksi helppoa. Nyt voidaan todeta, että järjestelmä on täyttänyt asiakkaan toiveet juuri odotetulla tavalla.”

Valittu murskausmenetelmä mahdollistaa leukamurskaimen asetuksen pitämisen pienenä, noin 100 mm:n tasolla ja ratkaisulla vältetään 2-vaiheen murskaus kokonaan. Ratkaisu on paitsi kustannustehokas myös helppokäyttöinen ja toimii ilman hydraulikkaa. Huoltotarve on siten minimaalinen.

Ari Keskitalo näkee kokonaisuuden hyödyt laajasti: ”Koko murskauslinja seuloineen on hyvin yksinkertainen ja järeärakenteisena erittäin luotettava. Sen operointikin on helppoa. Myös laitoksen melutaso on häm-

mentävän alhainen, jopa siinä määrin, että ympäristössä epäillään meidän tuotantomme olevan pysähtyneenä. Hankinnan yhteydessä keskusteltiin myös laitoksen huollosta, jolla saamme lisää ennustettavuutta ja luotettavuutta. Sandvikin tuki ja palveluvaste ovat tällä alueella erittäin hyviä. Me ostimme aina ammattitaitoa. Myös varaosien saatavuus on erinomainen Sandvikin Kajaanin toimipisteen läheisyyden ansiosta.”

Veljekset Toivanen Oy:n Sandvik-kalusto ulottuu myös maan alle. Siellä on käytössä useita Sandvikin laitteita, uusimpina DT923i-tunnelijumbo, DL421-pitkäreikäporaustelaite, DS512i-kalliopultituslaite ja myös LH517i-lastauskone. Operaattorit ovat ottaneet uudet laitteet vastaan hyvillä mielin. Automaatiota tutkitaan myös Sotkamo Silverin tulevaisuuden vaihtoehtona, ja siihen Sandvikin i-sarjan laitteet tarjoavat mahdollisuuden.

”Automaatio nostaa työviihtyvyyden, kiinnostavuuden ja turvallisuuden seuraavalle tasolle ja parantaa edelleen tuottavuutta. Nämä seikat ovat meille urakoitsijana erittäin

tärkeitä. Vaikka asiat ovat ilman automaatiotakin jo nyt hyvällä tolalla, aina voi parantaa ja kehittää. Ja niin pitääkin”, toteaa Keskitalo.

Hyvin huollettuina kaikille laitteille odotetaan myös pitkää käyttöikää. ”Maanalaisille laitteille on solmittu Sandvikin kanssa huoltosopimus, jotta saamme taatusti laitekanalle korkeamman käyttöasteen. Näitä investointeja miettiessämme haluamme ottaa huomioon myös kotimaisuuden. Kun lasimme kaikki nämä asiat yhteen, oli valinta erittäin selkeä”, kertoo Keskitalo. ▲

TEKSTI: SANDVIK

Veljekset Toivanen Oy:n kalustossa on useita Sandvikin laitteita, ja viimeisimpinä on otettu käyttöön:

DT923i-tunnelijumbo
DL421-pitkäreikäporaustelaite
DS512i-kalliopultituslaite
LH517i-lastauskone
UJ310-esimurskausyksikkö
QE342 Hybrid -seulontayksikkö

Sotkamo Silver Oy:n hopeakaivoksen juuret juontavat 1980-luvun alkuun. Silloin Kajaani Oy varmisti itselleen valtausoikeudet esiintymään, joka myöhemmin osoittautui noin 40-400 m leveäksi, 550 m pitkäksi ja ainakin 650 m syväksi.

Vuonna 2007 oikeudet siirtyivät Sotkamo Silver Oy:lle, joka panosti vahvasti esiintymän kehittämiseen. Varsinainen kaivostoiminta alkoi menestyksekkäästi vuonna 2019.

Yhtiön oma henkilökunta suunnittelee ja valvoo kaivostoimintaa noin 50 henkilön voimin. Varsinaisesta kaivostyöstä vastaa kaivosurakoitsija.

Lisätietoja: Pekka Jauhiainen, myyntipäällikkö, Sandvik Mining and Construction Finland Oy, puhelin: 0400204082, sähköposti: pekka.jauhiainen@sandvik.com

Suolavedet kiven sisään

Useat vihreän ja digitaalisen siirtymän vaatimat teollisuuden alat kuten akkumateriaalien tuotanto, kaivostointa tai tuhkien jalostaminen tuottavat runsaasti suolapitoisia jätevesiä. Julkisuudessa runsaasti esillä olleita esimerkkejä tällaisista toiminnoista Suomessa ovat BASF:n akkumateriaalien tuotantolaitos Harjavallassa, Terrafamen kaivos Sotkamossa ja Fortumin tuhkanjalostamo Porissa. Suolapitoisia vesiä muodostuu myös käänteisosmoosilaitoksilla, missä puoliläpäisevä kalvo jakaa syöteen suolavapaaseen veteen ja konsentraattiin.

Suolapitoisissa jätevesissä pääkomponentteina ovat yleensä natrium, sulfaatti ja kloridi. Nämä suolat eivät ole varsinaisesti myrkyllisiä tai sinänsä ympäristölle haitallisia – samoja suoloja on merivedessä. Tyypillisesti suolapitoiset jätevedet pyritään käsittelemään siten, että muut haitta-aineet kuten haitalliset metallit poistetaan, minkä jälkeen suolavesi johdetaan vesistöihin, joihin se laimenee. Suolavedet voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia eliöstölle vähäsuolaisessa Itämeressä ja erityisesti sisävesistöissä. Äärimmäisenä esimerkkinä Talvivaaran kaivosonnettomuuden (2012) jälkeen havaittiin suoloilla saastuneissa järvissä pysyvää veden kerrostuneisuutta, mikä voi aiheuttaa pohjaan happikatoa.

Oulun yliopistossa tutkitaan uutta menetelmää, jossa väkevät suolavedet voitaisiin stabiloida betonirakenteisiin käyttäen portlandsementin sijasta alkaliaktivoitua sideainetta. Menetelmässä alumiinisilikaattipitoinen raaka-aine sekoitetaan pienen natriumhydroksidimäärän ja suolaveden kanssa. Lokakuussa 2024 Desalination-tiedelehdessä julkaistussa tutkimuksessa [1] havaittiin, että masuunikuona soveltuu raaka-aineeksi suolabetonin sideainetta valmistettaessa. Muita tutkittuja raaka-aineita olivat metakaoliini sekä masuunikuonan ja metakaoliinin seos. Nämä raaka-aineet valittiin tutkimukseen, koska niiden kemiallinen käyttäytyminen on aiemmasta tutkimuskirjallisuudesta hyvin tunnettua. Uutena tuloksena havaittiin, että suolaveden pääkomponentit – natrium, sulfaatti ja kloridi – eivät enää juurikaan liuennet muodostuvasta rakenteesta veteen, ja sen puristuslujuus oli erittäin lupaava, noin 40 MPa 28 päivän iässä. Tällaista lujuutta voisi jo hyödyntää useissa rakennussovelluksissa. Rajoituksena kuitenkin on, että tavanomaisia raudoituksia tämäntyyppisessä betonissa ei voida käyttää suolan aiheuttaman ruostumisriskin vuoksi. Lisäksi yllättävä tulos tut-



Suolavettä ja siitä masuunikuonan kanssa valmistettuja sideainepalikoita



Tutkija Sima Kamali ja tutkimuksissa käytetty suolavesi

kimuksessa oli, että korkea suolapitoisuus paransi alkaliaktivoitun massan ominaisuuksia, esimerkiksi lujuutta, verrattuna suolattomaan veteen. Suolojen havaittiin tehostavan masuunikuonan liukoisuutta. Käytännössä tämä mahdollistaa erittäin pienen natriumhydroksidimäärän käytön, mikä alentaa menetelmän kustannuksia.

Masuunikuonan ja natriumhydroksidin tiedetään muodostavan kalsium-alumiini-silikaatti-hydraattia, joka vastaa muodostuvan sideainen lujuudesta. Kehitetty menetelmä voisi olla erityisen kiinnostava, mikäli masuunikuona voitaisiin korvata halvemmilla ja paremmin saatavilla raaka-aineilla. Tällainen voisi olla alumiini-, pii-, ja kalsiumpitoinen kaivosten rikastushiekka: esimerkiksi tietyissä rikastushiekoissa esiintyvä kalkkimaasälpä (anortsiitti) muodostaa samoja kalsium-alumiini-silikaatti-hydraatti-tyyppisiä sideaineita alkaliaktivoinnissa jauhatuksen jälkeen kuin masuunikuona [2]. Näin ollen kaivosympäristöissä voitaisiin yhdistää kaksi haasteellista jätevirtaa, rikastushiekat ja suolavedet, ja saada aikaan hyödynnettävää materiaalia. Muodostuvaa massaa voisi olla mahdollista

käyttää kaivostäytyksissä, joissa tällä hetkellä hyödynnetään tavallista sementtiä. Rikastushiekkojen käyttö suolavesien stabiloinnissa vaatisi kuitenkin vielä lisätutkimuksia.

Entä prosessin mittakaava? Käänteisosmoosilaitoksen rejektivettä voi muodostua kaivoksella esimerkiksi 20 m³/h. Jos tämä koko vesimäärä stabiloitaisiin tutkituilla seossuhteilla, tarvittaisiin masuunikuonaa (tai muuta soveltuvaa alumiinisilikaattia) noin 1300 tonnia päivässä. Jos mukaan otetaan betoniin lisättävä kiviaines ja hiekka, määrä nousee jo noin 7400 tonniin tai noin 3200 m³ päivässä. Muodostuvan materiaalin määrä on siis niin suuri, että se on prosessia rajoittava tekijä, eikä esimerkkilaskelman mukaista 20 m³/h suolavesimäärää ole realistista stabiloida kokonaan. Toisaalta menetelmällä olisi kyllä potentiaalia tuottaa riittävästi materiaalia kaivostäytön tarpeisiin – tällöin suolavedet saataisiin kiven sisään. ▲

[1] S. Kamali, V. Ponomar, G. Dal Poggetto, C. Leonelli, K. Kilpimaa, T. Luukkonen, Reverse osmosis reject water management by immobilization into alkali-activated materials, *Desalination* 586 (2024) 117859. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.117859>.

[2] P. Perumal, H. Niu, J. Kiventerä, P. Kinnunen, M. Illikainen, Upcycling of mechanically treated silicate mine tailings as alkali activated binders, *Minerals Engineering* 158 (2020) 106587. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106587>.

TERO LUUKKONEN, KATJA KILPIMAA, SIMA KAMALI. OULUN YLIOPISTO, KUITU- JA PARTIKKELITEKNIKAN TUTKIMUSYKSIKKÖ

Kaivosmuseo sai uuden laitteen kokoelmiinsa

Perjantaina 14.6. runsas joukko ihmisiä oli kokoontunut Outokummus-
sa Kaivosmuseon rinnerikastamon
näyttelytilaan seuraamaan virallista
Larox® PF-suodattimen luovutusta museolle.
Outokummun Puhallinorkesteri soitti alku-
musiikin ja **Arto Hakola** toimi seremonia-
mestarina.

Tervetulosanat lausui Outokummun kaupunginjohtaja **Päivi Lintumäki**: ”Outokumpu mielletään edelleen kaivospaikkakunnaksi, vaikka kaivostoiminta päättyi jo vuonna 1989. Tosin kaivostoiminta saattaa käynnistyä uudelleen, sillä uuden kaivoksen ympäristölupahakemus on juuri jätetty aluehallintovirastolle.”

Lintumäki muisteli Outokummun kaivoshistoriaa ja sen merkitystä koko alueelle. Kuriositeettina hän mainitsi, että tiettävästi ensimmäinen puhelin Pohjois-Karjalassa tuli juurikin kaupungin alueelle. Kaivoksen perintönä kaupungilla on vahva teollisuus - varsinkin metalliteollisuus - työpaikkaomavaraisuuden ollessa yli 100.

”Outokummun kaupungin kulttuuri kaivoksen toiminnan perinnön myötä on ainituuta ja poikkeaa edukseen. Vanhan kaivoksen alue on kulttuurihistoriallisesti merkittävä alue, joka kaupungin toimin pyritään pitämään kunnossa. Outokummun kaivosmuseo on maamme ainoa museoammatillisesti hoidettu kaivannaisalan erikoismuseo. Museo on perustettu vuonna 1982 ja se toimi 2009 elokuun loppuun Outokummun kaivosmuseon säätöön ylläpitämänä. Sen jälkeen museo on toiminut Outokummun kaupungin ylläpitämänä. Kaivosmuseo on saanut vuosien saatossa lahjoituksia eri tahoilta. Nyt on vuorossa Evonik Oy:n lahjoittaman Larox® PR-painesuodattimen vastaanotto. Lahjoitus soveltuu erinomaisesti kaivosmuseon kokoelmiin, koska sen käyttökohteita on eniten kaivosteollisuudessa erilaisten metallirikasteiden ja mineraalien suodatuksessa.”

Puheensa lopuksi kaupunginjohtaja kiitti lahjoittajan Evonik Oy:n Jorma Ikävalkoa, sekä PF-suodattimen näytteille asettamisen museon rinnerikastamoon mahdollistanutta työryhmää asiantuntijoinaan **Kimmo Kylämies**, **Timo Kaariaho** ja **Arto Hakola**. Hän kiitti myös Metson edustajia **Jussi Venäläistä** ja **Jasmiina Harjunpää**ä sekä museon-

johtaja **Meja Marinia** ja amanuenssi **Klas Swanlungia**.

Juhlapuheen piti Metson suodatinliiketoiminnan johtaja **Jussi Venäläinen**.

PF-painesuodatin on alun perin nykyisessä Ukrainassa kehitetty tuote. Sillä on ollut Lappeenrannalle ja koko maailman kaivosteollisuudelle yllättävän suuri merkitys. Maailman suurimmat kaivokset käyttävät rikasteiden suodatuksen Metson Lappeenrannassa valmistettuja Larox-painesuodattimia.

Larox® PF-suodattimet ovat tuoneet Lappeenrannan seudulle yli 5 miljardin euron verran vientituloja 1970-luvulta lähtien. Metson Lappeenrannan suodatinliikevaihdosta yli 90 % on tullut Suomen rajojen ulkopuolelta. Ja mikä tärkeintä - tänä päivänä yli 150 perhettä Etelä-Karjalassa saa edelleen elantonsa Metson Larox® PF-suodattimista.

Tämän suodattimen historia on mielenkiintoinen. Ensimmäinen, tornimallinen ja vaakalevyinen suodattimen prototyyppi valmistettiin vuonna 1964 Ukrainassa. Lappeenrannasta käsin toimiva Larox (silloinen Roxon ja Lappeenrannan Konepaja) hankki lisenssioikeudet edistyskalliseen jatkuvakäyttöön, vaakalevyiseen painesuodattimeen 1974 silloisen Neuvostoliiton lisenssiorganisaatiolta, V/O Lisensintorg:ltä. Ensimmäinen sähkömekaaninen PF-suodatin lanseerattiin vuonna 1977.

Outotec, joka on nykyisin osa Metsoa, osti Laroxin vuonna 2009 ja on siitä lähtien jatkanut investointeja PF-suodatinten tuotekehitykseen sekä valmistustekniikoiden ja tuotantokapasiteetin jatkuvaan parantamiseen.

Larox® PF-suodatin on tällä hetkellä yksi Metson keihäänkärkituotteista. Vuoden 2024 alkuun mennessä näitä suodattimia oli valmistettu jo yli 1400 kappaletta maailman kaivos-, metallurgisen ja muun prosessiteollisuuden tarpeisiin. Jopa 30% maailman kuparista suodatetaan tällä suodattimella, ja se on myös huipputuote akkuteollisuudessa tarvittavien metallien ja kemikaalien tuotantoprosesseissa. Viime vuosina myös toimitukset kemian- sekä elintarvike- ja lääketeknisen suodatin tarpeisiin ovat kasvaneet merkittävästi lyhyessä ajassa.

Lahjoitetun suodattimen vieressä oli julistena kuva nykyaikaisesta suodattimesta. Venäläinen kertoi vanhan ja uuden suodat-



timen eroista: ”Täällä oleva suodatin edustaa alansa parasta teknologiaa vuodelta 1987 ja se on sarjanumeroltaan 197. Se on siis 37 vuotta vanha ja näyttää merkittävästi erilaiselta kuin nykypäivän pikku- vai pitäisikö sanoa isoveljensä, joka on merkittävästi suurempi ja teknisiltä ominaisuuksiltaan moninaisempi. Nykyinen suodatin omaa yksinkertaistetun rakenteen, täyttää viimeisimmät maanjäristysnormit ja esittelee uudenlaisia ratkaisuja prosessi- ja energiatehokkuuden parantamiseen. Sähkömekaaninen ja hydraulinen toiminta ja itseoptimoiva prosessiohjaus ovat huomattavasti edistyneempiä kuin tässä museolla olevassa laitteessa. Suodatuspinta-alassa tässä museolle lahjoitetussa, teräslevypakalla varustetussa suodattimessa on maksimissaan 2,5 m², kun taas uusi PF-suodatin tarjoaa lähes 200 m² suodatuspinta-alan kestävämmillä, kevyemmällä ja virtausoptimoiduilla suodatuslevyillä.”

Venäläinen lausui myös kiitoksen Vartiaisen perheelle: ”Olette olleet tärkeä osa Suomessa valmistettujen suodattimien menestystarinaa.” (Tuija Tiilikaisen kirjoitus Vartiaisen perheen teollisuushistoriasta on luettavissa Materia-lehden numerossa 4/2024 ss. 74-75).

Puheiden jälkeen oli fanfaarien kera nauhan leikkaus, jonka jälkeen tarjottiin suodatinkahvit.

Tilaisuuden jälkeen oli mahdollisuus osallistua opastetulle kaivoskierrokselle Arto Hakolan johdattamana. ▲

TEKSTI JA KUVAT: LEENA K. VANHATALO

TerraEye – tekoälyohjattua satelliittimonitorointia kaivosalueilla

Kaivosalueiden satelliittimonitoroinnin mahdollisuuksia on maailmalla ja Suomessaakin tutkittu useissa julkisesti rahoitetuissa projekteissa. Tulokset ovat olleet lupaavia, jopa loistavia. Maa- ja metsätaloudessa teknologian hyödyntäminen on jo menestyksellisesti aloitettu. Satelliittidatan avulla voidaan arvioida mm. tulevan sadon suuruutta, seurata ravinteiden ja kastelun riittävyyttä sekä tunnistaa aikaisessa vaiheessa mahdolliset kasvitaudit.

Kuten usein uuden teknologian käyttöönotossa, toimiala- ja etenkin toiminnanharjoittajakohtaisten erikoispiirteiden ja tarpeiden ymmärtäminen sekä ongelmanratkaisu ovat avainroolissa. Nämä ovat myös kaivannaisalalla tunnistettuja haasteita. Satelliittimonitoroinnin sudenkuoppina ovat olleet käytävissä olevan datan valtava määrä ja laadun vaihtelu sekä datan yhdistämiseen, käsittelyyn ja tulkintaan kuluva työaika. Myös osaamisen puute on vaivannut. Satelliittimonitoroinnin yleistymisen onkin jo vuosia odottanut kaupallisia ratkaisuja sekä todellisia ja jatkuvia asiakaslähtöisiä seuranta-projekteja.

TerraEye on kaupallisesti saatavilla oleva käyttäjäystävällinen, seläinpohjainen tekoäly ja koneoppimista apunaan käyttävä työkalu, joka mahdollistaa useiden datatietovirtojen yhdistämisen käytännössä kaikista saatavilla olevista satelliittikonstellaatioista. Käytävissä olevia satelliitteja on jo lähes 1 500, ja niiden tallentama data on hyvin monimuotoista. Esimerkiksi Earth Observation (EO) -datan tietolähteinä on sekä optista (hyper- ja multispektri) että myös esimerkiksi tutka-dataa (Synthetic Aperture Radar) tuottavia satelliitteja (kuva 1).

Tietoja voidaan täydentää alueelta saatavalla muulla mittaustiedolla, kuten drone-kuvauksilla, pohja- ja pintaveden virtaus-, laatu- ja tasomittauksilla, mittaustureilla sekä biologisilla kartoitustiedoilla. Tämä ns. ”Ground Truth” -data voi olla asiakkaan itse mittaamaa ja toimittamaa, mutta lisäksi voidaan käyttää avoimia tietokantoja, joissa mittaustiedot on avoimesti saatavilla (esimerkiksi Suomen lajitietokeskuksen ylläpitämä tietokanta www.laji.fi ja USGS:n mineraalitietokanta). Aluekohtainen mittaustiedot toimii paitsi tulosten verifiointin ja luotettavuuden tukena, myös tekoälyn opetusdatana. Loppu-

EO data source	Wavelength (nm)	Include TIR	No. of Bands	Spatial res (m.)
World View 3	400 - 2365	No	16	1,24 - 4,10
Sentinel-2	443 - 2202	No	12	10 - 60
Landsat 8	430 - 12510	Yes	11	30 - 100
Aster	540 - 11650	Yes	14	15 - 90
Prisma	400 - 2500	No	250	30
EnMap	420 - 2450	No	250	30
Hyperion	375 - 2576	No	220	30
EMIT	281 - 2493	No	285	60
Constellr	8000 - 14000	Yes	-	10
Pixxel	-	-	-	-
ICEye SAR	3000 - 10000	Yes	-	0,25 - 3
Airbus Pleiades NEO	450 - 900	No	4	0,3
Satelogic	400 - 900	No	4	0,7
PlanetScope	450 - 850	No	4	3
Planet SkySat	450 - 900	No	5	0,72

Kuva 1. Esimerkkejä käytettävistä tietolähteistä

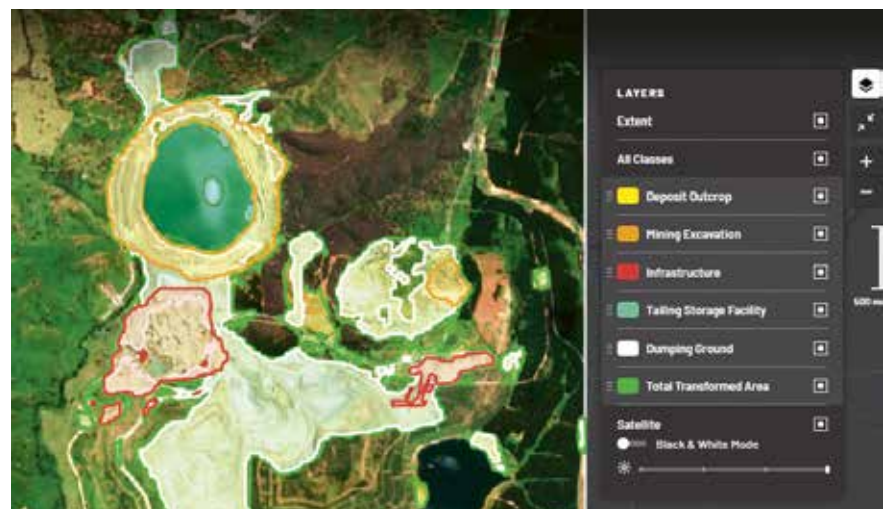
tuloksena on säännöllistä, helppolukuista ja -käyttöistä karttapohjaista tietoa alueesta ja halutuista seurantaparametreista. Mitä enemmän mittaustietoa on käytettävissä, sitä paremmin ja tarkemmin sovellus oppii soveltamaan sitä. Kyse on siis itseoppivasta järjestelmästä.

Tarkkailtava alue (AOI, Area Of Interest) voi olla kooltaan esimerkiksi 10–500 km². Suurempia alueita voi olla järkevä jakaa osiin käytön helpottamiseksi. Lisäksi tarkkailun aikaväli on joustava, esimerkiksi vuosineljänneksittäin, kuukausittain, tai viikon välein, riippuen toiminnoista ja tutkitavasta alueesta. Tihein mittaussväli voi tällä hetkellä olla jopa kaksi vuorokautta. Satelliittidatata on myös saatavilla vuodesta 2017 alkaen. Osalta alueista sitä on jopa pidemmältä ajalta, joten seuranta voidaan tehdä myös takautuvasti. Teknologia mahdollistaa

useita erittäin mielenkiintoisia sovelluksia, joista lisää seuraavassa.

Maankäytön muutokset Maankäytön muodot ja pinta-alojen mitta

Satelliittien avulla eri maankäyttömuotojen pinta-ala voidaan mitata nopeasti ja tarkasti suuriltakin alueilta. Järjestelmä tunnistaa sille annettulta alueelta automaattisesti kaivostoiminnan käyttöön otetun alueen sekä kaivostoiminnan maankäytön alaluokkia, kuten avolouhos, sivukivialueet, rikastushiekka-alueet ja rakennettu infra, ja mitaa niiden pinta-alan halutulla ajanhetkellä (kuva 2). Näin maankäytön muotoja ja sen vaikutuksia voidaan seurata esimerkiksi ajan parametrien kautta nykytilasta taannehtivasti haluttuun ajankohtaan saakka. Tutkadata



Kuva 2. Kaivosalueen maankäyttö 2023 (Cadia Mine, Australia)



Kuva 3. Rikastushiekka-alueen vesialtaiden kiintoainepitoisuuksia 23.6.2022. Alla aikajanaalla pitoisuuden kehittyminen valitussa pisteessä 2017–2023 (Pahtavaaran kaivos, Sodankylä)

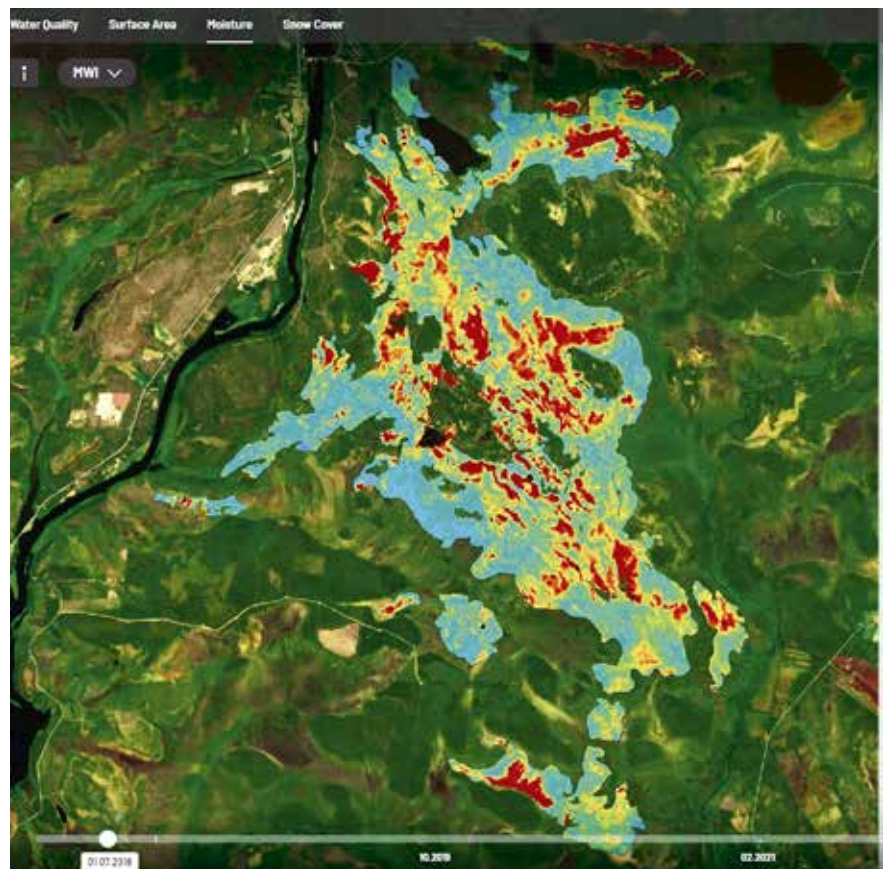
avulla on mahdollista seurata myös esim. maanvajoamia, patojen stabiileettia ja laskea sivukivalueiden tilavuutta.

Tyypillisesti kaivostoiminnan harjoittajat tuntevat alueensa erittäin hyvin. Sovelluksen *maankäytön muutokset* -toiminto onkin erityisen hyödyllinen esimerkiksi viranomaisille ja rahoittajille, kun on tarve saada nopea yleiskuva alueesta ja sen kehityksestä seurantahistorian aikana. Myös joissakin maissa ongelmaksi muodostunut laitton kaivostoiminta ja sen paikantaminen helpottuvat huomattavasti satelliittimonitoroinnin myötä.

Vesistöjen tarkkailu

Vesistöjen osalta voidaan seurata vedenpinnan vaihtelua, tulvakausia, rantaviivan eroosiota, rehevöitymisestä aiheutuvaa umpeen kasvamista ja kaivoksen vaikutuksia vesistöihin. Satelliittimittausten ja -kuvien avulla voidaan seurata myös pintaveden fysikaaliskemiallisia parametreja (esim. kiintoaine, sameus, klorofylli, rauta, COD ja CDOM), arvioida niiden vaikutuksia tutkitavalla alueella oleviin vesistöihin, tunnistaa poikkeamat ja esim. havaita mahdolliset patovuodot (kuva 3).

Resoluutio eli yhden mittausalueen (pikselin) koko vesistöjen tarkkailussa on parhaimmillaan 10 x 10 metriä. Mittaustiheys voi olla parhaimmillaan jopa kahden päivän välein mistä tahansa vesistöstä koko sen pinta-alalta. Tämä avaa täysin uusia mahdollisuuksia esimerkiksi sekoittumisvyöhykkeiden määrittämiseen ja seurantaan. Verifointimittauksia (Ground Truth Data)



Kuva 4. Suoalueen kosteus 8.9.2023 (MWI, Mire Wet Index) (Viiankiaapa)

on suositeltavaa tehdä laboratoriossa, jolloin tuloksia voidaan käyttää mallin kalibrointiin ja tätä kautta tarkentaa mallin luotettavuutta.

Lisäksi voidaan seurata esimerkiksi suoalueen kosteutta, lumen sulamisnopeutta ja sulamisvesien kertymistä sekä pintaveden kulkeutumisreittejä ”tasaisilla” va-

luma-alueilla, mikä tarjoaa täysin uuden työkalun vesienhallintaan (kuva 4).

Mineraalien paikannus

Mineraalien paikantamisen on havaittu toimivan erityisesti kupari-, kulta-, litium- ja nikkelimalmeille, ja kehitystyö on jatkuvaa

myös muiden malmien osalta. Toiminto perustuu hyperspektrikuvantamiseen, joka mittaa kappaleen – tässä tapauksessa maan – pintaa. Tämän takia mineraalien paikannus toimii käytännössä vain peitteettömässä maastossa, kuten vuoristossa tai autiomaassa. Oheisen kuvan (kuva 5) esimerkki on toteutettu sellaiselta alueelta SAM-tekniikalla (Spectral Angle Mapping).

Mineraalien paikannuksen osalta tarkkuus on 30x30 metriä. Teknologian huikeasta kehitystahdista kertoo mm. se, että kulu-
van vuoden (2024) aikana tarkkuus tulee olemaan jo 4x4 metriä. Tällä tarkkuudella sovelluskohteita voisi mahdollisesti löytyä jo myös Suomesta.

Biodiversiteetti

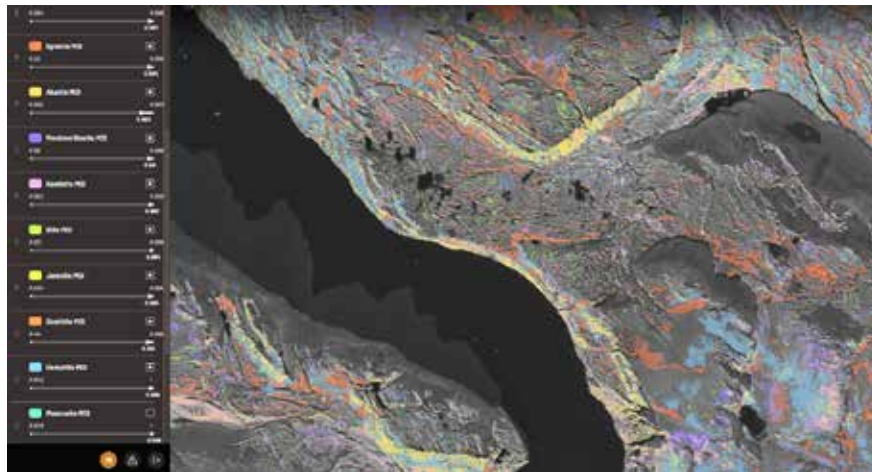
Kasvuston tilaa voidaan arvioida useiden parametrien avulla, kuten kasvuston kosteus, tiheys, sekä lehtivihreäpitoisuus. Lisäksi voidaan vertailla valitun kasviluokan menestymistä tai taantumista kahden valitun ajankohdan välillä. Seurantaan haluttavat kasvityypit ja -alueet voidaan opettaa tekoälylle aluekohtaisesti. Tämän ansiosta esimerkiksi harvinaisten kasvien elinympäristöt voidaan paikallistaa suureltakin alueelta nopeasti ja nopeuttaa näin haavoittuvien alueiden kartoitusta (kuva 6).

Uutena mahdollisuutena voidaan seurata alueen lämpötilan kehittymistä tietyllä aikajaksolla ja etsiä alueella mahdollisesti esiintyviä kuuma- ja/tai kylmäpisteitä, jotka voivat indikoida esim. pohjaveden yhteyksiä pintaveteen. Saatavilla oleva resoluutio on tällä hetkellä lämpötilaparametrin osalta 15 x 15 metriä.

Järjestelmärajapinnat

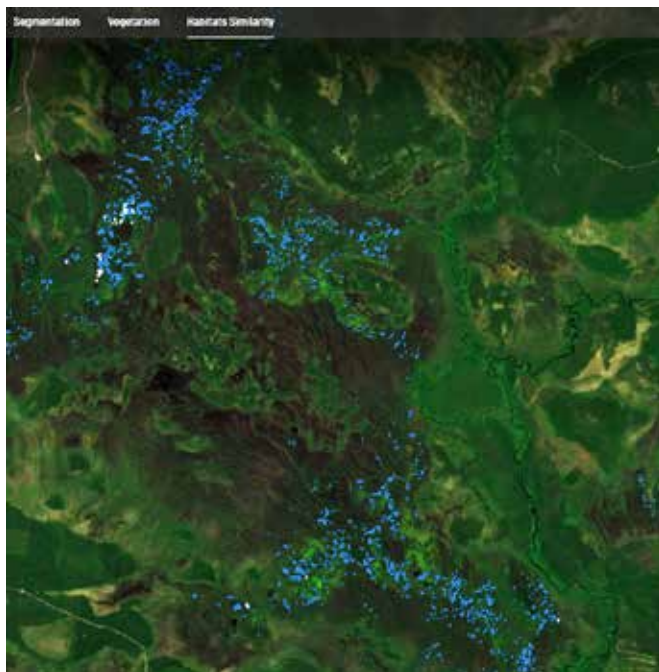
Usein kaivos- tai malminetsintäalan toimijalla on jo käytössään jokin ympäristön seuranta-järjestelmä. TerraEye-alustaan voidaan rakentaa joustavasti käyttäjän tarvitsemia rajapintoja esimerkiksi olemassa oleviin ympäristöseuranta-järjestelmiin.

Tiedon tuonti sääasemasta tai muusta lähteestä on mahdollista satelliittidatan ohella, samoin kuin esim. QGIS -layereiden tuonti ja vienti. Myös seuranta-alueelta otettujen näytteiden laboratoriossa mitatut arvot on hyvä nähdä satelliittimonitoitujen arvojen vertailukohtina. Näin voidaan todeta nopeasti korrelaatiotulokset, arvioida datan luotettavuutta ja tehdä johtopäätöksiä. Järjestelmä voi myös antaa oikea-aikaisia hälytyksiä havaitessaan poikkeamia tai annettujen hälytysrajojen ylittymistä.



Kuva 5. Satelliittikuva ja mineraalihavainnot samalta alueelta (Grönlanti, Geologffjord)

Kuva 6. Uhanalaisen kasvin tunnetut sijainnit (valkoiset pisteet) sekä vastaavat elinympäristöt sinisellä



Satelliittimittausta rajoittavat tekijät

Lumipeite on rajoittava tekijä kuvantamisessa, ja pilvisuus voi ajoittain rajoittaa satelliittien kameroiden toimintaa. Vastaavasti myös hyvin peitteisessä (puut, tiheä aluskasvillisuus) maastossa esimerkiksi mineraalien havaitseminen satelliiteilla on haasteellista. Ohuen kasvillisuuden suodattaminen kuvasta onnistuu kuitenkin kehittyneen algoritmien avulla. Satelliittien mittausrésoluution parantuessa myös peitteisyyden tuomat ongelmat vähenevät. ▲

MARKUS LATVALA
TOIMITUSJOHTAJA, FEASIB OY
ANU KERÄNEN
PROJEKTIPÄÄLLIKKÖ, FEASIB OY

Feasib Oy

on vuonna 2018 perustettu suomalainen asiantuntijayritys, joka tarjoaa ympäristö- ja kiertotalousalan asiantuntijapalveluita sekä laboratoriopalveluita kaivannaisteollisuuden yrityksille. Remote Sensing Business Solutions (Puola) on vuonna 2019 perustettu data-analyysiin ja algoritmeihin erikoistunut yritys, joka on kehittänyt TerraEye -järjestelmän. Yhtiöt ovat solmineet Pohjoismaat ja Grönlannin kattavan yhteistyösopimuksen TerraEye -järjestelmän markkinoinnista ja tuotetusta.

Ceramic additive manufacturing for industrial applications

Introduction

Ceramic additive manufacturing (AM) consists of a diverse pool of techniques allowing mouldless fabrication of complex and near-net-shaped ceramic products through digital design. While the properties of the AM shaped ceramic materials are comparable to those manufactured using conventional powder processing methods, AM allows unprecedented freedom in design, such as mass customization of dense ceramic products, or products with designed porosity, with control over the pore size, size distribution and directionality of pores. AM techniques originally developed for polymer and metal products are now slowly becoming a viable option to mass customize or even mass produce ceramic products for selected industries, such as dental applications [1]. There are several reasons why AM techniques are specifically beneficial for ceramic manufacturing. First, ceramics (excluding glasses) are difficult to melt and cast into shape, as melting temperatures regularly exceed 2000 °C. Secondly, ceramics are brittle and intrinsically among the hardest materials known to us, making any type of subtractive manufacturing, such as grinding or machining, difficult and expensive. And, thirdly, conventional ceramic manufacturing is already based on powder

processing. Therefore, any powder-based ceramic AM method has a good selection of raw materials available.

The cerAM project was built from this background with a holistic approach combining R&D knowhow on ceramic powder processing and light curable resin development (Millidyne Oy), 3D printer development, digital design and end user products (Planmeca Oy), and automation of the 3D printing processes (Wisematic Oy). The companies joined forces with Tampere University's Ceramic Research group, a Finnish pioneer on AM of advanced ceramics and a veteran on powder-based ceramic processing technologies [1, 2]. Next, we introduce case studies and key results of the cerAM project, illuminating a path towards industrial applicability of ceramic AM.

Light curable resins for ceramic AM

The vat photopolymerization (VPP) techniques allow precise fabrication of detailed ceramic components with high dimensional accuracy and surface quality (Figure 1). VPP works by selectively curing layers of a photocurable ceramic resin using a light source, with a wavelength typically in the range of ultraviolet to visible light. The effectiveness of VPP in the ceramic manufac-

turing heavily relies on the formulation of ceramic resin, particularly the light curable binder component, which plays a crucial role in the printing process and subsequent post processing [2]. Binder in the ceramic resin acts as a carrier for the ceramic particles and provides structural support during printing and part handling. Optimizing the binder composition is essential to address several challenges in VPP, including the uniformity of layer deposition, minimizing shrinkage during curing, and achieving the desired mechanical properties in the final sintered parts. Results indicate promising binders, notably HDDA:TMPTA⁺ and PEG200DA:TMPTA⁺, which demonstrated low viscosity, moderate energy for curing, moderate volume shrinkage, and good mechanical properties. For applications where higher viscosity is acceptable, the HDDA⁺:PETTA⁺ formulation emerged as a strong candidate. Alternatively, for applications favoring methacrylates, PEG200DMA:PETTA⁺ formulation presents an attractive option, offering a balanced performance profile.

Keraamien 3D-tulostus (cerAM) was a collaborative "co-innovation" project between industry and academia, funded by the Finnish governmental funding agency Business Finland (Grant No 6333/31/2021). Running between 1/2022 – 9/2024, and with an overall budget of ca. 3 M€, the project was coordinated by Tamlink Oy and consisted of a research project led by Tampere University, and three unique R&D projects by Planmeca Oy, Millidyne Oy and Wisematic Oy, with a holistic view towards commercialization of ceramic 3D printing. In addition, Valmet Oyj and Metso Oyj joined the project steering group as in-kind members. For more information, and the full-length project white paper, please visit www.ceram.fi.



Figure 1. A 3D-printed cell structure using Ceramic Vat Photopolymerization (VPP) technique. Picture by Jonne Renvall/ Ceramic Materials research group/Tampere University.

Planmeca Oy. While additive manufacturing of polymeric materials has already proven its value in many instances, dental milling is still considered to be the only manufacturing method for definitive ceramic restorations. The ability to cost-effectively manufacture full ceramic restorations using vat photopolymerization would be a breakthrough in the field of dental chairside manufacturing.

Aleksi Virta, Product Manager, 3D Printers

Towards more economical ceramic AM.

VPP printing provides an alternative solution to conventional CAD/CAM milling of ceramic green parts, such as dental crowns or medical implants for bone regeneration, with good part accuracy and low waste material generation [3]. However, the VPP printing process requires the use of a significant amount of organic binder substances to

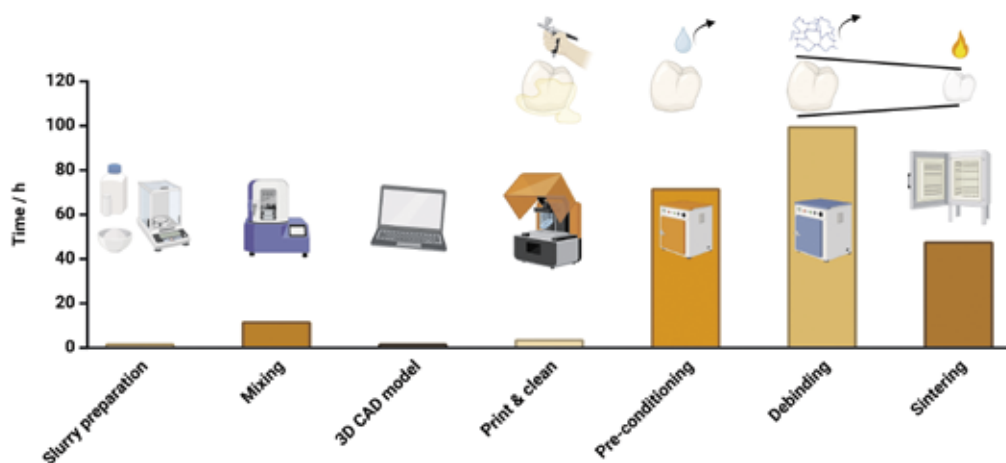


Figure 2. Processing steps of vat photopolymerization printing and the estimated average time used for each step in a 3D-printed batch of ceramic dental crowns. Created with BioRender.com-

support the printed 3D shape. The combined thermal pre-conditioning and debinding steps needed to remove the organic binders can take days, even up to 10 days to perform (Figure 2), and remains a major bottleneck in the VPP printing process [4].

In cerAM, this challenge was tackled by using an alternative pre-conditioning process utilizing supercritical carbon dioxide (scCO_2) extraction. The removal of 90 wt.% of the extractable organic content was successful with the use of scCO_2 extraction within only 2 h, which in turn enabled reducing the total thermal post-processing time already by 30 h [5, 6]. The optimized scCO_2 extraction did not cause delamination of the prints. The study concerning the influence of the process on the mechanical properties of sintered ceramic products is currently ongoing. Due to the apparent lack of alternative methods to thermal debinding, the results are highly interesting with identified potential for even more savings to the processing time.

Ceramic AM for improved quality of life

It is estimated that in Europe alone, 1,5 million bone augmentation procedures are required annually [7]. Obtaining an affordable and mass-customizable solution for maxillofacial bone augmentation procedures is

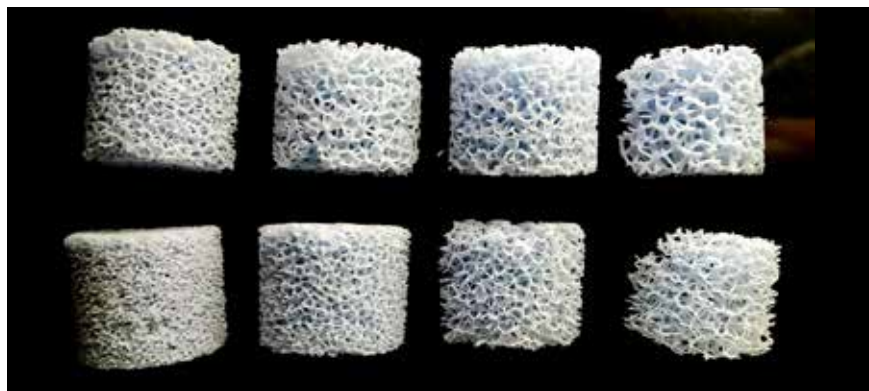


Figure 3. VPP printed and sintered ceramic scaffolds with multi-substituted calcium phosphate matrix and varying designed porosity and pore size distribution.

essential for dental implants, for example when the patient does not have enough bone to attach the implantable screw to which the dental prosthesis can be attached. The AffordBoneS (EU-MSCA -project linked to the cerAM) solution for maxillofacial bone augmentation procedures is to treat these patients with biomimetic scaffolds obtained by using 3D printable calcium phosphate ceramics multi-substituted with biofunctional ions (mCaP). The VPP printed scaffolds exhibited uniform distribution of the trace elements, and they feature 3D-designed porosity predominantly ranging from 10 to 900 μm in diameter, with an average pore size of $546,25 \pm 10,95 \mu\text{m}$. The total porosity of scaffolds was $76,24 \pm 1,32 \text{ vol}\%$ and an average wall thickness of $217,03 \pm 8,98 \mu\text{m}$, closely resembling the morphology and mechanical properties of natural cancellous bone tissue. The study demonstrates the feasibility of using custom made bioactive hydroxyapatite powders together with VPP technique (Figure 3) to design the porosity and properties of the bone scaffolds on demand, based on the requirements of individual bone defects [8].

Additive manufacturing of Non-oxide ceramics

Silicon carbide (SiC) ceramics are an advanced group of materials used in a wide range of industries, including electronics, high-temperature processing, aerospace, abrasive applications, nuclear power, and armor protection. Due to the challenging properties of SiC in solid-state sintering, the process of siliconizing, reaction bonding and reaction sintering has gained prominence as efficient and well-established technique to produce SiC ceramics also known as reaction bonded SiC (RBSiC).

Binder Jetting (BJT), a promising additive manufacturing (AM) technology, provides design flexibility with the ability to build 3D objects layer-by-layer. In comparison to other ceramic AM methods, BJT is much less restricted in size of the printed component, with latest commercial binder jetting machines exhibiting build volumes upwards of 1 m^3 . The cerAM research focused on the critical factors in BJT of SiC ceramics (Figure 4), investigating how different parameters affect the densification, microstructure, and properties of RBSiC. Findings suggest that achieving a

Wisematic Oy. The need for automation in ceramics AM was made clear during the project and, for example, developing automatic cleaning methods for the VPP prints has great potential for automation. It will shorten the time from a print to a product, reduce the need for human input, keep part quality more consistent and improve the operator safety.

Matti Suvanto, Mechanical Design Lead

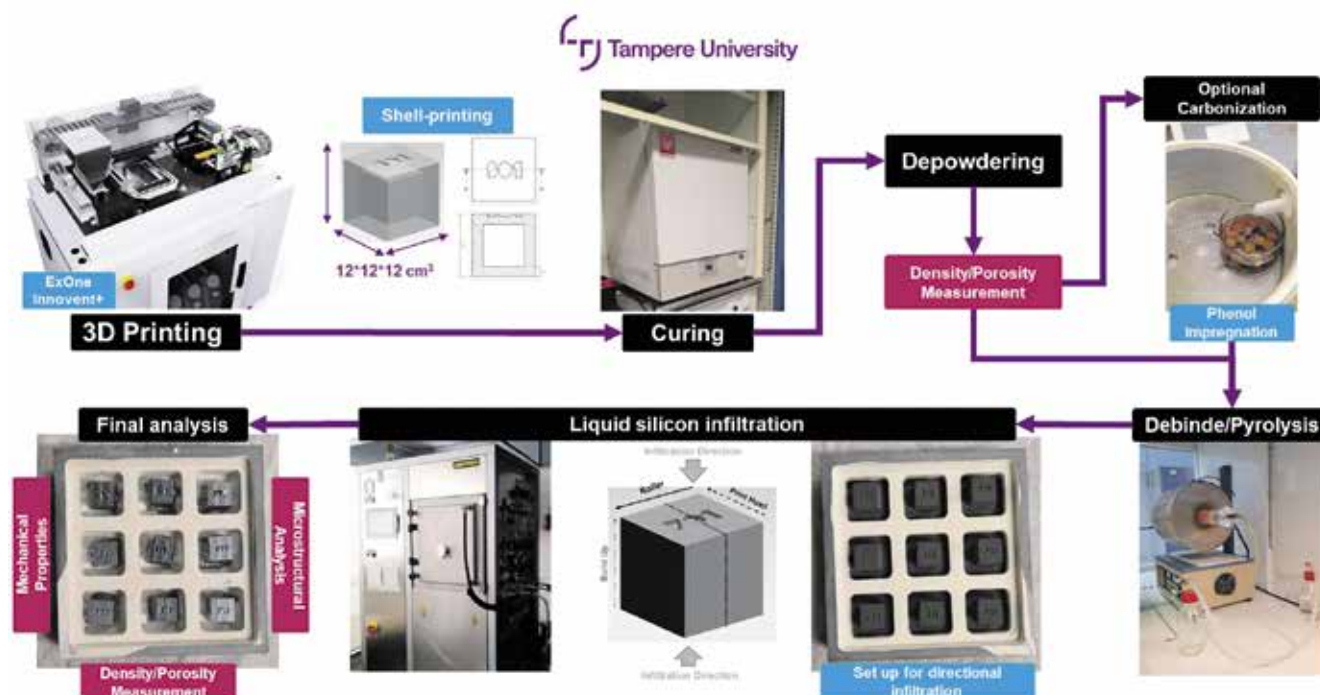


Figure 4. Diagram demonstrating the process flow in Binder Jetting of reaction bonded silicon carbide (RBSiC).

homogeneous microstructure and small grain size are the keys to enhance the mechanical properties of RBSiC components [9]. The research clarified important aspects of the process-structure-property relationship in Binder Jetting of Reaction Bonded SiC (BJT-RBSiC) and highlights, for example, that the reaction sintering is affected by the layered structure of the 3D printed component.

Summary and future outlook

Initially the cerAM project partners identified four major challenges in the way of industrial applicability of ceramic AM. Accordingly, the cerAM project has successfully: 1. Enabled the participating companies to understand where the high capital invest-

ments in light-based ceramic AM arise and to identify a path towards more affordable devices. 2. Enabled the reduction of thermal post processing time in ceramic VPP up to 20%, with the potential to further decrease the time up to 50%. 3. Clarified the role of VPP binders in determining the debinding behavior, leading to better control of the final properties of the ceramic components, such as mechanical strength. 4. Successfully identified ways to automate difficult and laborious sub-processes, such as cleaning of the parts after VPP printing. As an outlook to the future, there is a clear demand for more basic and applied research on the topic. However, as the technology is maturing, clear market and R&D opportunities can also be identified at the company level. The challenge regarding applicability of AM remains also in the attitudes at the factory floor. By simply 3D-printing existing and mass-producible ceramic products does not create value as such and ceramic AM will not soon replace existing mass production methods. Instead focus should be in creating new value with the unique benefits and opportunities that the ceramic AM technology offers in creating competitive advantage. Research on ceramic AM continues at full speed at the Ceramic Materials research group of Tampere University and the group will continue to support companies interested in the commercialization of ceramic AM. ▲

References

- [1] J. M. Suominen et al., Biomaterial Investigations in Dentistry, 6:1, 23-31 (2019).
- [2] S. Zakeri et al., Additive Manufacturing, Volume 35, (2020) 101177.
- [3] C. Valenti et al., Journal of Prosthetic Dentistry 132:2 (2022) 381-391.
- [4] K. Wang et al., Ceramics International 46:2 (2020) 2438-2446.
- [5] N. Nurmi et al., Additive Manufacturing 84 (2024) 104143.
- [6] N. Nurmi, Master Thesis, Tampere University 2024.
- [7] A. Hoornaert and P. Layrolle, Dental Implants and Bone Grafts, Book Chapter 8 (2020) 207-215.
- [8] A. Ressler et al., Ceramics International 50 (2024) 27403-27415.
- [9] M. I. Zakaria, Master Thesis, Tampere University 2024.

ERKKA J. FRANKBERG^{1,*}, STELLA ZAKERI¹, NONNA NURMI¹, MICHAEL ISAKHANI ZAKARIA¹, ANTONIA RESSLER¹, VELI-MIKKO MÄKELÄ², ERKKI LEVÄNEN^{**1}

¹TAMPERE UNIVERSITY, MATERIALS SCIENCE AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING, KORKEAKOULUNKATU 7, 33720 TAMPERE, FINLAND

²TAMLINK OY, HERMIANKATU 6 A, 33720 TAMPERE, FINLAND

*EMAIL: ERKKA.FRANKBERG@TUNI.FI, TEL: +358 46 921 9827

**EMAIL: ERKKI.LEVANEN@TUNI.FI, TEL: +358 40 849 0191

Millidyne Oy. Binder jetting is a ceramic AM method that has several benefits: large components can be printed at higher speed and with a broader selection of materials. However, lower densities and surface finish qualities remain drawbacks to this method. Therefore, new printable materials and binders are needed to overcome these challenges. Millidyne develops ceramic powders for thermal spraying and binder jetting.

Jari Knuuttila, CTO

BLASTING SERVICES

**FOR NORDIC
CONDITIONS**

Read more about our services on
>> [FORCITEXPLOSIVES.FI](https://forcitexplosives.fi)



Uutisia Oulun yliopistosta

Oulun yliopiston Prosessimetallurgian tutkimusyksikkö täydentyi lokakuussa uudella professuurilla **Pasquale Cavalieren** aloitettua vakituksena professorina alanaan *kestävä teräksenvalmistuksen pelkistysmetallurgia*. Cavaliere on toiminut aiemmin professorina ja apulaisprofessorina Salenton yliopistossa Leccen kaupungissa Italiassa. Hän on suorittanut

tohtorintutkintonsa materiaalitekniikan alalta Roomassa (Università degli Studi di Roma "Tor Vergata") vuonna 2002. Cavalieren laajaan julkaisutoimintaan lukeutuu useita Springer-kustantamon julkaisemia kirjoja pelkistysmetallurgian, vedyntuotannon ja materiaalitekniikan alalta.

Viimeisimpien organisaatiomuutosten myötä professori **Timo Fabritiuksen** johta-

ma Prosessimetallurgian tutkimusyksikkö koostuu neljästä tutkimusryhmästä:

- 1) yleinen prosessimetallurgia (prof. Timo Fabritius),
- 2) teräksenvalmistuksen pelkistysmetallurgia (prof. Pasquale Cavaliere),
- 3) teräksenvalmistuksen primäärimetallurgia (apul. prof. Ville-Valtteri Visuri),
- 4) teräksen valmistuksen sekundäärimetallurgia ja jatkuvalu (prof. Qifeng Shu).



Pasquale Cavaliere



Ville-Valtteri Visuri

Terästutkimuskeskus CASR:n pitkäaikainen johtokunnan puheenjohtaja professori **Pentti Karjalainen** jättäytyi toimestaan helmikuussa 2024. Seuraajaksi valittiin apulaisprofessori **Ville-Valtteri Visuri**. Johtokunta toimii jäsenyksiköiden keskustelufoorumina ja tukee CASR:n toiminnanjohtajaa professori **Jukka Kömiä**.

Lähtöleuvaisuuden tavoitteena on vahvistaa CASR:n roolia kansallisena terästutkimuksen keskittymänä ja laajentaa yhteistyötä muihin Pohjoismaihin ja Keski-Eurooppaan. ▲

TEKSTI: VILLE-VALTTERI VISURI

Tutkimus: 70 % kaivosalan päätöksentekijöistä uskoo, että nykyisillä teknologioilla voidaan vähentää päästöjä merkittävästi

ABB on toteuttanut tutkimuksen, jossa selvitettiin, miten kaivosyhtiöt ovat edistyneet kestävän kehityksen suunnitelmissaan ja miten ne voivat saavuttaa tavoitteensa. Tutkimukseen osallistui 412 alan päätöksentekijää 18 eri maasta. Mukana oli myös suomalaisia kaivosyhtiöitä.

Kaikista vastanneista 70 % on vakuutunut siitä, että hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää merkittävästi nykyisillä teknologioilla. Yhtiöt suhtautuvat myös yleisesti ottaen melko luottavaisesti siihen, että ne saavuttavat kestävän kehityksen tavoitteensa. Kansainvälisellä tasolla 67 % vastanneista yhtiöistä uskoo joko erittäin tai melko luottavaisesti saavuttavansa vuoden 2030 kestävän kehityksen tavoitteensa. Euroopassa vastaava luku on 63 %. Jos kysymys laajennetaan vuoden 2050 tavoitteisiin, kansainvälisesti 48 % on erittäin luottavaisia tavoitteiden saavuttamisen suhteen.

Muutos on tekeillä

Yhtiöillä on kunnianhimoisia suunnitelmia investoida teknologioihin, jotka tekevät toiminnasta kestävämpää. Vastaajista 53 % odottaa kaivostoimintansa muuttuvan merkittävästi tai kokonaisvaltaisesti seuraavien viiden vuoden aikana. Lisäksi 28 % aikoo kehittää toimintaansa kohtalaisesti ja 19 % investoi vähittäiseen muutokseen. Kuitenkin 36 % eurooppalaisista vastaajista kertoo olevansa jäljessä tavoitteistaan.

Kaivosteollisuus onkin erityisen haastavassa tilanteessa, jossa sen on lisättävä tuotantoaan toimittaakseen energiamurrokseen tarvittavia raaka-aineita, mutta kuitenkin sen on samalla rajoitettava ja vähennettävä toimintansa ympäristövaikutuksia. Raportti osoittaa alan olevan valmis vastaamaan haasteeseen.

Erityisesti Euroopassa ollaan innostuneita mahdollisuuksista, joita kaivosteollisuuden roolin merkitys vihreän teknologian raaka-aineiden toimittajana tarjoaa. Peräti 92 % eurooppalaisista vastaajista kertoo olevansa innoissaan, kun kansainvälisesti luku on 73 %. Tärkeimpinä motivaattoreina muutokselle Euroopassa nähdään asiakaskysyntä, turvallisuus ja säännösten noudattaminen.

Teknologiat ovat jo olemassa

Raportissa määritellään kolme olennaista osa-aluetta, joihin kohdistuvat investoinnit voivat auttaa kaivosyhtiöitä saavuttamaan



Raportti on osa ABB:n Real Progress -kampanjaa, jonka tavoitteena on näyttää, miten teknologioilla ja asiantunteuksella voidaan nopeuttaa kestävä kehitystä ja samalla parantaa tuottavuutta.

kestävän kehityksen tavoitteensa: ihmiset, teknologia ja prosessit. Keskeinen havainto on, että alalla uskotaan päästöjen vähentämiseksi tarvittavien ratkaisujen olevan olemassa.

Kyselyyn vastanneista 77 % pitää integroitua sähköistystä ja automaatiota sekä digitaalisten teknologioiden käyttöönottoa keskeisinä osa-alueina, joiden avulla tavoitteet voidaan saavuttaa. Erityisesti sähköistystä pidetään keskeisenä tekijänä päästöjen vähentämisessä. Valtaosa näkee kaivosajoneuvojen sähköistyksessä eniten potentiaalia toiminnan tehokkuuden ja kestävyuden lisäämiseksi. Tutkimukseen osallistuneista 91 % kertookin sähköistuksen olevan joko keskeinen tekijä tai ainakin osa heidän strategiaansa.

Keskeiset haasteet

Suurimpina haasteina alalla nähdään investointien hintavuus, puutteellinen infrastruk-

tuuri sekä mahdolliset häiriöt teknologioiden käyttöönotossa. Vastaajista 46 % on sitä mieltä, että toiminnan ja tuotannon häiriintymisen riski on este uuden teknologian käyttöönotolle. Tämä korostaa tarvetta uudelle lähestymistavalle järjestelmiin ja prosesseihin. Kyselyyn vastanneista 73 % uskookin, että kaivostoiminnan muutos edellyttää uutta lähestymistapaa teknologiaan ja riskienhallintaan.

Myös rajallista osaamista pidetään haasteena. Kyselyyn vastanneista 44 % kertoi, että rajallinen osaaminen on merkittävä este hiilidioksidipäästöjen vähentämiselle. Yhtiöt ovat kuitenkin sitoutuneet työntekijöiden kouluttamiseen päästövähennysten tukemiseksi, kertoo 70 % vastanneista.

Raportti sisältää katsauksen alan viimeisiin trendeihin, parhaisiin käytäntöihin sekä haasteisiin ja ratkaisuihin. Voit ladata raportin itsellesi skannaamalla oikean QR-koodin puhelimesi. ▲

Tutkimuksen taustatiedot



412

päätöksentekijää ja asiantuntijaa, joista 75 eurooppalaista



400

vastasi verkossa kyselyyn



12

puhelinhaastattelua



18

maata



67%

miehiä



33%

naisia



Geomeasure

– fokuksessa merenpohjan rakennettavuusominaisuuksien tutkimus

Vuoden 2024 lopussa päättyvässä kolmevuotisessa Geomeasure -projektissa tutkitaan merenpohjan rakennettavuusominaisuuksia Suomen rannikkoalueella. Projektin tavoitteena on tuottaa off-shore rakentamisen suunnitteluun tarvittavaa tietoa muun muassa merituulivoimapaistojen rakentamisen kannalta tärkeiden pehmeiden pohjasedimenttien lujuusominaisuuksista ja kerrosrakenteesta.

Kiinnostus merituulivoimaloiden rakentamiseen Suomessa on kasvussa, ja useita merituulivoimahankkeita on suunnitteilla. Tällä hetkellä on käynnissä kolme gigavatin luokan hanketta, ja neljä muuta on suunnitteilla lähivuosina. Kyseessä on mittava energiakapasiteetti. Vertailun vuoksi Olkiluodon nettotuotantoteho on noin 1,6 GW.

Meriympäristössä rakentaminen asettaa omat haasteensa. Rakentamispaikan valinnassa on kiinnitettävä huomiota useisiin tekijöihin kuten esimerkiksi pohjan laatuun, sedimenttiyksiköiden paksuuteen, veden syvyyteen sekä muuttuviin olosuhteisiin, mm. meren jäätymiseen ja virtauksiin.

Suomen rannikon merenpohja vaihteleva

Suomen rannikon merenpohja on vaihtelevimpia merenpohja-alueita maailmassa. Yksinkertaistettuna Suomen rannikon pohjasedimenteistä kolmannes koostuu pehmeistä liejusedimenteistä, kolmannes kovasta kalliosta tai moreenista ja kolmannes Itämeren järvivaiheiden savista ja silteistä. Yleisellä tasolla voidaan todeta, että moreenipeite pohjoisilla alueilla on paksumpi. Orgaanis-pohjaiset liejut ovat puolestaan paksumpia Suomenlahdella ja eteläisellä Selkämerellä ja ohuempia Perämerellä.

”Suomen nykyiset merituulivoimalat on perustettu aika matalaan veteen. Niissä rakennuspohja on tasoitettu ja päällystetty sorakerroksella. Asia mutkistuu mentäessä syvemmän veden alueelle, jossa esiintyy paksumpia pehmeitä sedimenttikerrostumia”, toteaa erikoistutkija **Joonas Virtasalo** Geologian tutkimuskeskuksesta (GTK).

Merituulivoimalat pyritään lähtökohdaisesti rakentamaan kovalle pohjalle, mutta muiden välttämättömien rakenteiden paik-



Maarit Saresma merkitsee GEOMEASURE -projektissa mäntäluotaimella otettuja sedimenttinäytteitä Geomarilla. Kuva: Joonas Virtasalo, GTK

kaa ei aina pystytä valitsemaan. Tällaisia ovat esimerkiksi merikaapelit, joiden kautta merituulivoimaloiden tuottama sähkö siirretään maalla sijaitsevaan kantaverkkoon, sekä voimaloiden välillä kulkeva sähkökaapeliverkosto.

Tietoa pohjasedimenttien rakennettavuusominaisuuksista samoin kuin kustannustehokkaita tutkimusmenetelmiä näiden

tutkimiseen tarvitaan siten merenalaisen rakentamisen suunnittelun avuksi. Tähän paneuduttiin Geomeasure -projektissa, jonka vetovastuussa on Aalto-yliopisto ja projektikumppanina GTK. Mukana on myös tuulivoimayhtiö Suomen Hyötytuuli, joka omistaa Suomen ensimmäisen ja tähän mennessä ainoan merituulivoimapaiston Porin Tahkoluodossa Reposaaren edustalla. Projekti rahoitettiin Suomen Akatemian kautta kanavoidulla NextGeneration EU -elpymisvälinerahoituksella.

Menetelmätestausta

Projektissa tutkittiin merenpohjan suljetun leikkauslujuuden vaihtelua eri sedimenttikerroksissa vapaapudotuskairalla (free fall cone penetrometer, FF-CPT). ”Pyrimme kehittämään kyseisen menetelmän käytettävyyttä pehmeiden sedimenttien tutkimuksessa. Kyseessä on menetelmätestaus, jossa tutkimme, miten vapaapudotuskairauksen tulokset korreloivat muiden tutkimusten kanssa”, Virtasalo kertoo.

Projektiin liittyen geologi **Maarit Saresma** GTK:sta kävi tutkijavierailulla Southamptonin yliopistossa hakemassa oppia vapaapudotuskairan käyttöön ja tulosten validointiin. ”Iso-Britannia on edelläkävijä merituulivoimassa. Siellä ollaan myös eksperttejä erilaisissa mittausmenetelmissä. Sain Southamptonissa vapaapudotuskairamenetelmästä hyvää oppia, jota sitten pääsimme soveltamaan Itämeren olosuhteissa” Saresma kertoo.

Projektin tutkimukset keskittyivät Espoon, Inkoon ja Porin edustan merialueille. Merelliset tutkimukset tehtiin merigeologisella tutkimusalueella Geomarilla. Akustis-seismisillä luotauksilla selvitettiin eri sedimenttikerrosten geometriaa ja kerrosrakemuksia tutkimusalueilla. Luotauksien tulokset varmistettiin pohjasedimenttinäytteillä. Yhdeltä

tutkimusalueelta tehtiin myös luotauksiin sekä pohjasedimenttinäytteisiin perustuva geologinen 3D-malli demonstroimaan pohjakerrostumien pienipiirteisyyttä.

Vapaapudotuskairauksia tehtiin liki sata. Menetelmä osoittautui nopeaksi, tehokkaaksi ja helposti toistettavaksi. Itse mittaus, jossa mittalaite pudotetaan tutkimusalueelta meren pohjaan ja nostetaan vinssillä takaisin ylös, kestää vain muutaman minuutin. Tulosten varmistamiseksi pudotuksia tehdään tyypillisesti 3-4 samalla paikalla.

Menetelmän etuna on myös, että se mittaa sedimenttejä ”in situ” eli merenpohjassa. ”Aina, kun näyte nostetaan, vaikkapa 50 metrin veden syvyydestä merenpinnan ilmanpaineeseen, on vaarana häiriintyminen. Näyte voi esimerkiksi paisua eli se ei ole enää ominaisuuksiltaan täysin sama kuin alkupe-
räinen”, selventää Virtasalo.

Luotausten ja mittausten tuloksia verrattiin toisiinsa ja vapaapudotuskairamittausten todettiin sopivan hyvin yhteen luotausten



Merenpohjan suljetun leikkauslujuuden vaihtelua eri sedimenttikerroksissa tutkittiin vapaapudotuskairalla. Kairaa pudotettiin Geomarin kannelta merenpohjaan ja nostettiin automaattisen vinssin avulla takaisin ylös.

kanssa. Mittaustulosten perusteella pystyttiin erottamaan eri sedimenttiyksiköitä. Vapaapudotuskairamittaus osoittautui myös kustannustehokkaaksi tavaksi varmentaa luotausprofiilin tulkin tarkkuutta.

Pehmeistä pohjasedimenteistä otettiin toistakymmentä näytettä, joiden geoteknisiä ominaisuuksia tutkittiin Aalto-yliopiston laboratoriossa. Laboratoriotutkimusten tuloksia verrattiin vapaapudotuskairamittausten tuloksiin. Aalto-yliopistossa tehtiin myös numeerista mallintamista ja pohjasedimenttien lujuuden ja muodonmuutoksen mallinnusta sekä staattisen kuorman että syklisen kuormituksen vaikutuksen alaisena.

”Vapaapudotuskairamittausten data on kerätty tietokantaan, joka tullaan julkaisemaan myöhemmin. Projektin tuloksista on myös tulossa tieteellisiä artikkeleita”, Saresma kertoo. ▲

**TEKSTI: KRISTINA KARVONEN,
GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS**



material solutions advancing life

www.sibelco.com

Sibelco Nordic Oy Ab
Lövbörentie 345
25700 Kemiö



Elinkaariarviointi metallurgin työkaluna

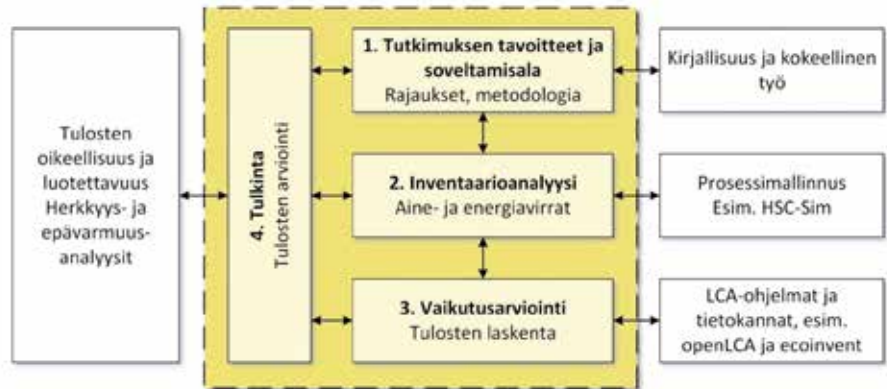
Väittelin lokakuun alussa aiheesta *Prospective life cycle assessment of hydrometallurgical cobalt processes for the battery value chain* [1]. Työ suoritettiin kokonaisuudessaan Aalto-yliopistossa Hydrometallurgian ja korroosion tutkimusryhmässä prof. Mari Lundströmin valvonnassa. Tutkimusta motivoi toive kehittää prosessimallinnusta ja elinkaariarviointia (life cycle assessment, LCA) osana tutkimusryhmän portfolioita sekä Kemianteleknikan korkeakoulun kestävän metallurgian kompetenssia. Tämä on kannattanut, koska LCA:lle ja elinkaariarvioinnille on ollut koko ajan kasvava kysyntä myös oman lyhyen tutkijanurani aikana.

Omassa työssäni olen tutkinut kobolttisulfaatin tuottamisen ja akkujen kierrätyksen ympäristövaikutuksia LCA-menetelmällä erityisesti tulevalla vuosikymmenellä. Siten olen päässyt melko laajasti käsiksi sekä itse prosesseihin että ympäristövaikutuksiin.

Elinkaariarviointi menetelmän

ISO 14040- ja ISO 14044-standardien [2,3] määrittelemä LCA on sanana ja konseptina monille tuttu, mutta menetelmään liittyy joitakin yleisiä virheellisiä käsityksiä. Menetelmä on nelivaiheinen ja käsittää: 1. tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyn, 2. inventaarioanalyysin, 3. vaikutusarvioinnin (life cycle impact assessment, LCIA), ja 4. tuloksin. Näitä vaiheita toistetaan ja hiotaan, kunnes päästään tavoitteisiin. On oleellista huomata, ettei LCA kerro tuotteiden absoluuttisista ympäristövaikutuksista kuten ilmastomuutoksesta ja happamoitumisesta, vaan tuloksena on vertailulukuja.

Eri vaihtoehtojen vertailun lisäksi LCA:ta voi käyttää tunnistamaan yhden tuotteen arvoketjun sisäisiä haasteita kuten esimerkiksi pitkien kuljetusmatkojen merkitystä tai intensiivisiä prosessivaiheita. Mineraaleihin nojaavilla teknologioilla kuten sähköauton akuilla tai aurinkopaneelilla on esimerkiksi tyypillisesti fossiilisia vastineita pienemmät käytönaikaiset, mutta suuremmat tuotannosta seuraavat ympäristövaikutukset [4,5]. Hiili- ja esimerkiksi vesijalanjälkilaskenta perustuu LCA-menetelmään, mutta LCA:ssa on keskeistä useiden ympäristövaikutusluokkien tutkiminen vaikutustensiirron estämiseksi. Ei-fossiilisten teknologioiden haasteina ovat esimerkiksi resurssien kulutus ja usein myös myrkylliset jätteet ja päästöt, vaikka



Kuva 1. Tutkimuksen suoritus suhteessa standardin ISO 14040 esittämään kehikseen (framework) [2]

kasvihuonekaasujen suhteen ne olisivatkin selkeästi parempi vaihtoehto [5,6].

Elinkaariarviointi on myös vain yksi työkalu muiden joukossa. Sillä ei voi korvata YVA-menetelyä tai riskien arviointia, eikä ympäristö-LCA ota kantaa taloudellisiin tai sosiaalisiin vaikutuksiin. Esimerkiksi kemiallista riskien arviointia tehdään tutkimuksessa rinnan LCA:n kanssa, ja sosiaalisten ja kustannusvaikutusten laskemiseksi on kehitetty omat elinkaariperusteiset menetelmän- eli elinkaarikustannuslaskenta (life cycle costing, LCC) ja sosiaalinen elinkaariarviointi (S-LCA). Etenkin S-LCA on kuitenkin menetelmänä vielä vakiintumaton ja vaatii erityistä perehtyneisyyttä.

Haasteena tarvittava määrä dataa

Inventaarioanalyysissä kerätään kaikki mahdolliset tutkittavan systeemin sisään- ja ulostulevat virrat. Esimerkiksi kuparin tuotannossa sisääntulevia virtoja voivat olla rikasteet tai malmit, kemikaalit, vesi ja eri energian lähteet, kun taas ulostulevia ovat tuotteet, jätteet ja päästöt ilmaan, veteen ja maahan. Nykyään toiminnassa olevilla teollisuuslaitoksilla on tätä tietoa jo saatavilla ja LCA voidaan tehdä tämän tiedon perusteella.

Omassa työssäni olen kuitenkin keskittynyt tutkimaan uusia prosesseja, joilla ei ole vielä teollisuusmittakaavan toimintaa. Siksi tutkimistani kierrätysprosesseista ja metallinjalostusprosesseista ei ole vielä teollisuusmittakaavan dataa saatavilla. Tämän ongelman voi ratkaista esimerkiksi prosessimallinnuksella ja siihen perustuvalla elinkaariarvioinnilla. Käytännössä olen soveltanut sekä kokeellista dataa että olemassa olevaa

kirjallisuus- ja asiantuntijatietoa rakentaakseni prosessimallintaitoja. Tutkimuksessani olen käyttänyt Metson HSC-Sim-ohjelmaa sen tietokantojen ja joustavuuden vuoksi, mutta muitakin vaihtoehtoja on. Mallintuista massa- ja energiataseista saa hieman muokkaamalla inventaarion, jonka perusteella ympäristövaikutukset voi laskea. Kuvassa 1 on havainnollistettu tutkimuksen kulkua.

LCA:ssa huomioidaan myös hyödykkeiden kuten kemikaalien ja energian tuotannosta syntyvät päästöt. Ilman olemassa olevaa dataa kuten LCA-tietokantoja (mm. ecoinvent) työ olisi epäkäytännöllisen aikaa vievää. Tietokannat päivittyvät, mutta niissäkin on puutteita, joita voi paikata kirjallisuudesta haetulla tai itse muodostetulla datalla. Laskematta vaikutuksia (LCIA-vaihe) on mahdotonta tietää, onko vaikka jokin hyvin pieninä määrinä syötettävä lisäaine ympäristövaikutusten kannalta merkityksellinen vai ei. Tämän vuoksi ideaalitalanteessa kaikki virrat tulisi huomioida ja karsintaa tehdä vasta seuraavilla iteraatioilla. Käytännön tutkimuksessa tämä ei tietenkään toteudu täydellisesti, koska tarvittavaa dataa on todella paljon ja kaikkia virtoja ei välttämättä tiedetä ollenkaan.

Tulokset lasketaan erillisillä ohjelmilla kuten openLCA tai SimaPro, joka luokittelee automaattisesti eri resurssit ja päästöt eri vaikutusluokille ja laskee tulokset karakterisointikertoimien avulla. Ympäristövaikutusluokkien taustalla on omia monimutkaisia malleja, joita ohjelmassa ei suoraan näe. Selkeimpänä esimerkkinä on vaikka se, että ilokaasulla on hiilidioksidiin nähden noin 273-kertainen ilmastolämpenemispotentiaali [6].

Metallurgian ja LCA-osaamisen yhdistäminen

Kuka tahansa LCA:ta ymmärtävä ja tarvittavia ohjelmia osaava pystyy laskemaan tulokset, kun hänellä on käytössään tarvittava data. Jokaisella alalla on kuitenkin omia erityispiirteitään, jotka pitää osata ottaa huomioon. Metallin- ja mineraalialalla esimerkiksi kierrätykseen liittyvät oletukset ovat erilaisia kuin vaikkapa biotuotetutkimuksessa. Metallurginen osaaminen, kuten prosessikaavioiden tutkiminen ja taselaskenta, on LCA:ssa oleellista. Siten metallurgilla on hyvät lähtökohdat ympäristövaikutusten laskentaan. Riittävän tarkasti tehdyllä tutkimuksella pystytään esimerkiksi erottamaan, miten prosessiparametrien tai syötteiden muuttaminen vaikuttaa prosessin ympäristövaikutuksiin.

Epävarmuustekijöiden hallinta kuuluu myös keskeisenä osana LCA:han, koska käytetty data on harvoin täydellisen kattavaa ja edustavaa esimerkiksi maantieteellisesti, ajallisesti ja teknisesti. Olen todennut, että tutkittavien prosessien perinpohjaisella tuntemisella pääsee todella pitkälle. Epävarmuutta on paljon helpompi sietää, kun tietää, mihin suuntaan eri parametrit todennäköisesti vaikuttavat ja miten herkkä malli on muuttujille.

Elinkaariarvioinnissa tulokset voivat olla yllättäviä, koska prosesseihin voi liittyä paljon ennako-olettamuksia. Esimerkiksi tutkimuskirjallisuudessa usein esitetään kriittistä lausahduksia kuten ”pyrometallurgia on energiantensiivistä” ja ”hydrometallurgiset prosessit tuottavat paljon jätevesiä.” Todellisuudessa väitteiden todenperäisyys voidaan kuitenkin varmistaa vasta, kun tarkastelussa olevista prosesseista on rakennettu prosessimalli ja/tai teollinen laitos ja data on käytettävissä vertailuun. Avoimessa tutkimuksessa pidän siitä, että voin ottaa neutraalin näkökulman ja kyseenalaistaa omia olettamuksiani.

Jos haluat perehtyä tekemääni tutkimukseen kobolttisulfaatin tuottamisen ja akkujen kierrätyksen ympäristövaikutuksista, väitöskirjani yhteenveto-osa [1] sekä siihen liittyvät julkaisut (löytyvät väitöskirjan yhteydestä) ovat avoimesti saatavilla. ▲

*Kiitokset Business Finlandin
rahoittamalle BATCircle3.0-projektille*

(no 1754/31/2024)

MARJA RINNE, MARI LUNDSTRÖM

Lähteet

M. Rinne, 2024. Prospective life cycle assessment of hydrometallurgical cobalt processes for the battery value chain. Väitöskirja, Aalto-yliopisto. Pysyvä osoite: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-64-1965-7>

ISO 14040:2006/Amd 1:2020, 2020. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.

ISO 14044:2006/Amd 1:2020, 2020. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.

K. P. Bhandari, J. M. Collier, R. J. Ellingson, D. S. Apul, 2015. Energy payback time (EPBT) and energy return on energy invested (EROI) of solar photovoltaic systems: A systematic review and meta-analysis, *Renew Sustain Energy Rev*, 47:133-141.

S. Verma, G. Dwivedi, P. Verma, 2022. Life cycle assessment of electric vehicles in comparison to combustion engine vehicles: A review, *Mater Today*, 49:217-222.

Y. Bang, N. Hong, D. S. Lee, S. Lim, 2018. Comparative assessment of solar photovoltaic panels based on metal-derived hazardous waste, resource depletion, and toxicity potentials, *Int J Green Energy*, 15:550-557.

Greenhouse gas protocol, 2024. IPCC Global warming potential values, versio 2.0.



/// SMA

"Siirrämme kallioita."

*Lastaukset
Kuljetukset
Rusnaukset*

*Suomen Maa-autot Oy
Knuuttilanraitti 190
62300 Härmä*

/// SMA /// SMA /// SMA /// SMA /// SMA /// SMA /// SMA

Toimitusjohtaja
Mika Kalliokoski
040 066 3496

mika.kalliokoski@suomenmaa-autot.fi

Kuljetuspäällikkö
Jere Kalliokoski
050 066 3496

jere.kalliokoski@suomenmaa-autot.fi

SUOMEN MAA-AUTOT OY

Vetysiirtymä ja ruostumattomien terästen hilsettyminen hehkutus- ja aihionkuumennusprosesseissa

Miten uusiin kuumennusmenetelmiin kuuluvat atmosfäärit vaikuttavat ruostumattoman teräksen hilsetymiseen hehkutus- ja aihionkuumennusprosesseissa? Tähän kysymykseen pureutuu Susanna Airaksisen 6. syyskuuta Oulun yliopistossa tarkastettu väitöskirja.

Johdanto

Vetysiirtymä mahdollistaa terästeollisuuden hiilidioksidipäästöjen merkittävän vähentymisen vedyn korvattessa hiiltä pelkistimenä ja fossiilisia polttoaineita energianlähteenä. Terästeollisuuden kuumennusuneissa teräsiin tuotetaan korkea yli tuhannen asteen lämpötila, ja tähän kuumennukseen yleisesti käytetty polttoaine on fossiilinen maakaasu. Fossiilisten polttoaineiden palaessa muodostuu hiilidioksidia, kun taas käytettäessä vetyä polttoaineena palamistuotteena muodostuu vain vesihöyryä. Täysin hiilineutraali polttoprosessi vaatisi kuitenkin uusiutuvilla energianlähteillä tuotettua vetyä, jonka energiatehokas tuottaminen on vielä kehitteillä. Kuumennusuneissa tapahtuvaa siirtymää kohti fossiilivapautta on viime vuosina tutkittu Oulun yliopiston Prosessimetallurgian tutkimusyksikössä, koska kasvava vesihöyryosuus uunissa altistaa yhä enemmän teräksen pintaa hapettumiselle.

Työn rakenne ja päätulokset

Susanna Airaksisen väitöstyössä [1] tutkittiin kokeellisesti ruostumattoman teräksen hapettumista prosessiuunien muuttuvissa olosuhteissa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuumennusolosuhteiden vaikutus teräspinnan hapettumiseen ja siten mahdollistaa kuumennusprosessin kehitystyö uusien polttoaineiden käyttöönottamiseksi. Tätä tavoitetta silmällä pitäen Airaksisen väitöstyössä tutkittiin kokeellisesti hapettumisessa muodostuneen pintahilseen kehittymistä uunissa lämpötilan, teräksen pitoajan ja kaasuatmosfäärin funktiona ja tarkasteltiin sen vaikutusta hilsepinnan poiston onnistumiseen seuraavissa prosessivaiheissa.

Väitöstyö koostui neljästä osajulkaisusta, joista ensimmäisessä [2] tutkittiin nykyistä maakaasun ilmapolttoon perustuvaa kuumennusmenetelmää. Koemateriaalina käytettiin kylmävalssattua ruostumatonta terästä, jota altistettiin simuloiduille hehkutusuuniosuhteille laboratoriossa. Tavoitteena oli saada selville hehkutuksen hilseenmuodostumisen nykytila ja perehtyä prosessin

poikkeusolosuhteiden vaikutukseen. Hehkutustulokset osoittivat, että hilseen muodostumisen optimoinnissa pienetkin muutokset olosuhteissa ovat ratkaisevia, kun tarkastellut lämpötila vaihteli enimmillään sata astetta ja vastaavasti aika neljä minuuttia.

Työn toisessa vaiheessa [3] vertailtiin nykyistä kuumennusmenetelmää maakaasun happipolttoon ja selvitettiin korkeisiin lämpötiloihin kehitettyjen teräslajien hilsetymistä prosessiolosuhteissa. Erityisesti piin vaikutus pinnan hapettumista rajoittavana tekijänä havaittiin tässä tutkimuksessa selkeästi. Näissä kahdessa vaiheessa muodostuneiden hilseen poistoa tutkittiin elektrolyyttipeittaamalla pinnat Oulun yliopiston Kestävän kemian tutkimusyksikössä, mikä tuotti merkittävää tietoa hilseen ominaisuuksien vaikutuksista hilseenpoistoon. Peittaustulokset osoittivat, että lyhyet pitoajat uunissa suosivat peittautumisen onnistumista. Piin hapettuminen hehkutuksessa taas heikentää huomattavasti hilseen poistoa.

Työn seuraavassa osiossa [4] siirryttiin kuumennusmenetelmässä vedyn käyttöön polttoaineena, ja sitä vertailtiin maakaasupolttoisiin menetelmiin. Tutkimustulokset osoittivat, että jo loppuhehkutuksen lyhyissä kuumennuksissa kuumennusmenetelmän vaihdolla on merkittävämpi vaikutus teräspinnan hilsetymiseen austeniittisella AISI 304-lajilla verrattuna ferriittiseen AISI 441-lajiin. Aihion kuumennuksen olosuhteissa [5] vastaavan kuumennusmenetelmien siirtymisen vedyn happipolttoon havaittiin jopa nelinkertaistavan hilseen muodostumisen austeniittisella AISI 301-lajilla. Vain 50 asteen muutos uunin maksimilämpötilassa aiheutti merkittäviä muutoksia pinnan hilseen rakenteessa ja määrässä käytettäessä vedyn happipolttokuumennusta.

Väitöstyön tulokset osoittivat, että prosessiuunien kuumennusmenetelmien siirtäminen kohti vedyn käyttöä sekä happipolttoa kasvattavat merkittävästi hilseen muodostumista teräksen pintaan. Vaikka vetypoltto mahdollistaisikin suuremmat kuumennusnopeudet, tällaista muutosta prosessien kulussa

ei ole aina mahdollista toteuttaa. Siten tutkimus hilseen muodostumisen muutoksista tuottaa tietoa hilsetappioiden kasvusta sekä hilseenpoiston tulevista haasteista.

Väitöksen kulku

Syyskuun 6. päivänä pidetyn väitöstilaisuuden vastaväittäjänä toimi professori Daniel Lindberg Aalto-yliopistosta. Lindberg oli toiminut aiemmin vastaväittäjänä Aleksi Laukan väitökselle [6], joka koski mikro-seostuksen vaikutusta hilseenmuodostukseen aihionkuumennuksessa, ja Lindberg oli siten luonteva valinta Airaksisenkin vastaväittäjäksi. Tilana toimi 5D105.

Suomeksi käytävä väitöstilaisuus on yleisölle aina helpompi seurata. Siten ei ollut yllättävää, että väittelijän, kustoksen ja vastaväittäjän saapuessa väitöstilaan heitä odotti täysi sali kuulijoita niin yliopistosta kuin teollisuudestakin. Kustoksena ja väitöstyön pääohjaajana toiminut professori Timo Fabritius julisti tilaisuuden alkaneeksi (kuva 1). Keskustelu lähti liikkeelle terästeollisuuden yleisistä kehitystrendeistä. Pian käytiin jo läpi hilsepintaa tarkastelevia FESEM-kuvia ja syvyysuuntaisia GDOES-menetelmällä saatua ja alkuaineprofileja. Keskusteltiin lopulta mallinnusmahdollisuuksistakin.



Kuva 1. Kustoksena toiminut professori Timo Fabritius julistaa väitöstilaisuuden alkaneeksi.



Kuva 2. Vastaväittäjä professori Daniel Lindberg, tuleva tekniikan tohtori Susanna Airaksinen ja kustos professori Timo Fabritius tyytyväisinä hyvin sujuneen väitöksen jälkeen.

Lopulta saavuttiin työn johtopäätöksiin, joista käydyn keskustelun jälkeen vastaväittäjä esitti väitöskirjan hyväksymistä kiitellen erityisesti kokeellisen aineiston laajuutta. Yleisöstäkään ei herännyt kysymyksiä, joten kustos päätti tilaisuuden ja väittelijä toivotti osallistujat tervetulleeksi kakkukahveille. Väittelijä, vastaväittäjä ja tilaisuuden valvojana toiminut kustos saivat hengähtää tyy-

tyväisinä ennen karonkkaan suuntaamista (kuva2). Lopuksi voidaan todeta, että Airaksisen väitöstutkimus on jälleen uusi etappi Oulun yliopiston hilsetutkimuksessa, joka jatkuu useissa kansallisissa ja kansainvälisissä hankkeissa. ▲

TEKSTI: VILLE-VALTTERI VISURI JA SUSANNA AIRAKSINEN

Viitteet

- [1] S. Airaksinen, "Oxide scale formation of stainless steel in transition of annealing and reheating towards fossil-free methods", väitöskirja, Oulun yliopisto, 2024.
- [2] S. Airaksinen, T. Tuovinen, A. Laukka, T. Vuolio, E.-P. Heikkinen, E. Riekk, T. Manninen, T. Fabritius, "Effect of Simulated Annealing Conditions on Scale Formation and Neutral Electrolytic Pickling", Steel Research International, 92(3): 2000449, 2020.
- [3] S. Airaksinen, T. Tuovinen, T. Vuolio, A. Laukka, E.-P. Heikkinen, E. Riekk, T. Fabritius, "Oxide Scale Formation of EN 1.4622 and EN 1.4828 Stainless Steels during Annealing and Descaling Behavior in Neutral Electrolytic Pickling", Steel Research International, 93(1): 2100366, 2022.
- [4] S. Airaksinen, A. Laukka, E.-P. Heikkinen, E. Riekk, T. Fabritius, "From Fossil-Fueled to Hydrogen-Fueled Annealing Furnaces: Effects on the Oxidation of Stainless Steels", Steel Research International, 94(5): 2200305, 2023.
- [5] S. Airaksinen, J. Haapakangas, A. Laukka, E.-P. Heikkinen, T. Fabritius, "Oxide Scale Formation of Stainless Steels with Different Heating Methods – Effect of Hydrogen as Fuel", Steel Research International, 95(1): 2300334, 2023.
- [6] A. Laukka, "The effects of microalloying on the scale formation of AISI 304 stainless steel in walking beam furnace conditions", väitöskirja, Oulun yliopisto, 2020.

Kaivosalan koulutusta 70-vuotta

Elokuussa juhliittiin Outokummun vanhalla kaivoksella kaivosalan koulutuksen 70-vuotista taivalta. Kaivosalan koulutus alkoi Outokummussa 1953. Tilaisuuden avasi rehtori **Esa Karvinen** Riveriasta. Outokummun kaupungin johtaja **Päivi Lintumäki**, Pohjois-Karjalan maakuntajohtaja **Markku Hirvonen** ja Kaivosteollisuus ry toiminnanjohtaja **Pekka Suomela** lausuiivat tervehdyssanat. Välissä juhlavieraat kuuluiivat musiikkiesityksiä. Juhlapuheen oli paikalle tullut pitämään Opetushallituksesta johtaja **Jarkko Niiranen**. Päättösanat illan tilaisuudessa lausui Riveriasta koulutusjohtaja **Antti Pietarinen**.

Lopuksi juhlijoille tarjottiin sadonkorjuumenu mm. hirvipatoinen ja savumuikuineen. ▲

TEKSTI: LEENA K. VANHATALO



WE ARE DEEP DATA EXPERTS

GEOTUTKIMUSTALO

Kaivostoimintaan ja
georakentamiseen liittyvät
asiantuntijapalvelut aina
suunnittelusta tutkimuksiin
sekä analyysistä viestintään.

GEOFYSIIKKA

GEOHYDROLOGIA

KALLIOMEKANIikka

GEOLOGIA

Geovisor

geovisor.fi

StratiSampler

Worlds smallest automatic sampler
Sampling during production drilling
Correct sample data
Driller operated
Less energy consumption
Less tailings
More to sell

www.stratisampler.fi



STRATISAMPLER DRILL CORE



MAAILMAN ENSIMMÄINEN AIDOSTI LANGATON SYTYTYSJÄRJESTELMÄ



Lisää
tuovallisuutta



Paranna
maailmanlaatu



Kasvata
tuottavuutta



Pienennä
käyttökustannuksia

WebGen™ on täysin langattomaan
räjäytysjärjestelmään perustuva
räjäytyspalvelu, joka poistaa nallin- ja
pintahidastehtävät räjäytyskentistä.

WebGen™ kommunikoi kallion, ilman sekä veden
läpi: sytyttäen räjäytykset luotettavasti ja turvallisesti
poistaen ihmiset räjäytysten vaaravyöhykkeiltä.
Tämä toimialaa mullistava teknologia mahdollistaa
uusia louhintamenetelmiä ja räjäytystekniikoita,
joiden avulla voidaan lisätä merkittävästi
tuottavuutta ja pienentää käyttökustannuksia.
Saadaksesi lisätietoa WebGen™-järjestelmästä ja
siitä kuinka se voi parantaa päivittäistä toimintaanne,
ota yhteyttä paikalliseen Orican edustajaan tai
vieraille osoitteessa orica.com/wireless

WebGen 200 Pro



Metallurgit Kokkolassa

Aurinkoinen Kokkola tarjosi mitä parhaimmat puitteet Vuorimiesyhdistyksen Metallurgijaoston syyseksursiolle. Kokkola on kiinnostava ekskursiokohde, sillä siellä sijaitsee Pohjois-Euroopan suurin kemian- ja metallinjalostusteollisuuden keskittymä, Kokkola Industrial Park (KIP). Alueella on pitkä 50 vuoden historia, ja se tarjoaa toimintaympäristön myös nuoremmille yrityksille, kuten Sibanye-Stillwaterin Keliber-litiumhanke ja Hycamite TCD Technologies Oy, jotka olivat Metallurgijaoston vuoden 2024 syysekskursiokohteet. Yritysten esittelytilaisuuksiin oli lisäksi mahdollista osallistua Teamsin kautta etänä. Osallistujia oli 25, joista etänä kolme.

Ekskursiopäivän 6.9.2024 aamupäivä alkoi Keliber-litiumhankkeen toimitiloissa yritystalo Evaldissa Kokkolan keskustassa. Isäntinä toimivat Keliber-litiumjalostamon tehtaanjohtaja **Heikki Pihlaja** (Teams), tehdaspalvelujohtaja **Manu Myllymäki** ja tutkimus- ja kehityspäällikkö **Kai Pulkkinen**. Pulkkinen kertoi Sibanye-Stillwaterin ja Suomen Malmijalostus Oy:n omistamasta Keliber-litiumhankkeesta, joka valmistaa litiumhydroksidimonohydraattia soodapaineliuotukseen perustuvassa tuotantoprosessissa. Litium on keskeinen komponentti akuissa, koska se mahdollistaa korkean energiatheyden. Sibanye-Stillwaterin Keliber-litiumhankkeen odotetaan tuottavan akkulaatuista litiumhydroksidia omasta malmista ensimmäisenä Euroopassa.

Nykyisten malmivarojen on arvioitu riittävän 16 vuoden kaivostointintaan. Keliber-litiumhankkeen kohteilla jatketaan systemaattista malminetsintää, jonka tavoitteena on lisätä mineraalivarantomäärää ja kaivossuunnittelun myötä myös malmivaroja ja kaivostointintavuosia. Malmia saadaan 850 000 t/a, ja sen litiumoksidipitoisuus on noin 1 %. Kaustisella sijaitsevan rikastamon syöttö on 810 000 t/a, ja rikastusprosessin jälkeen saadaan spodumeenirikastetta noin 200 000 t/a. Malmin louhintaa seuraavia rikastusprosessin vaiheita ovat murskaus ja optinen erottelu, jauhaus, vaahdotus ja suodatus. Rikastusprosessin tuote spodumeenirikaste kuljetetaan rekoilla Kokkolaan Keliber-litiumjalostamolle 66 km päähän. Jalostusprosessi koostuu korkealämpötilakonversiosta, soodapaineliuotuksesta, suodatuksesta, konversioliuotuksesta, suodatuksesta, ioninvaihdosta ja liuospuhdistuksesta, kiteytyksestä sekä linkouksesta ja kuivauksesta. Lopputuotetta eli akkulaatuista litiumhydroksidimonohydraattia syntyy 15 000 t/a. Soodapaineliuotus edustaa uutta



Ekskursioryhmä ihastelemassa Sibanye-Stillwaterin Keliber-litiumjalostamon rakennustyömaata Kokkolassa. Kuva: Iina Vaajamo

teknologiaa, joka on ympäristöystävällisempi kuin rikkihapon käyttöön perustuva konventionaalaisempi menetelmä.

Ekskursion aikaan Sibanye-Stillwaterin Keliber-litiumjalostamon alueen rakennustyöt olivat kovassa käynnissä, ja ekskursiointi pääsi näkemään jalostamon työmaa-alueen, jota esittelivät Keliber-litiumjalostamon teknologiajohtaja Sami Heikkinen sekä tehtaanjohtaja Heikki Pihlaja. Jalostamo valmistuu vuonna 2025, ja kaivostyöt on tarkoitus aloittaa samana vuonna. Rikastamo otetaan käyttöön vuonna 2026.

Vastuullisuus on tärkeä osa Sibanye-Stillwaterin Keliber-litiumhankkeen toimintaa. Säännöllisiä yleisötilaisuuksia sekä viestintää järjestetään hyvän dialogin ylläpitämiseksi sidosryhmien kanssa. Menossa olevien rakennustöiden lisäksi Keliber-litiumhanke keskittyy myös rekrytoimaan uusia työntekijöitä. Rekrytointivauhti on ollut kova viime aikoina. Tällä hetkellä Keliber-litiumhankkeen palkkalistoilla on yli 150 työntekijää, ja tavoitteena on työllistää 250 omaa ja 100 urakoitsijan työntekijää. Lisäksi hanke työllistää satoja työntekijöitä välillisesti.

Sibanye-Stillwaterin Keliber-litiumhankkeen vierailun jälkeen ekskursioseurue siirtyi Hycamite TCD Technologies Oy:n tiloihin. Hycamiten vedyn- ja hiilentuotantolaitoksen avajaiset pidettiin edellisenä päivänä Kokkolan kaupungintalolla ja nyt oli vuorossa Hycamiten avoimet ovet-tapahtuma. Hycamiten esittelyn piti hallituksen puheenjohtaja Mat-

ti Malkamäki, joka on yksi kolmesta vuonna 2020 perustetun yrityksen perustajajäsenistä. Muut yrityksen perustajajäsenet ovat VP, Carbon Products Niina Grönqvist ja CEO Laura Rahikka.

Hycamite valmistaa metaanista vähähiilistä vetyä ja korkealaatuista hiiltä, ja se työllistää noin 60 henkilöä pääasiassa Suomessa. Hycamiten teknologiassa on hyödynnetty Oulun yliopiston tekemää tutkimusta ja Hycamite tekee edelleen yhteistyötä Oulun yliopiston kanssa. Nyt Kokkolaan rakennetulla Customer Sample Facility (CSF) -laitoksella on tarkoitus osoittaa uuden termokatalyyttisen metaanin pilkkomisteknologian soveltuvuus puhtaan vedyn ja teollisuuslaatuiseen kiinteään hiilen tuotantoon. Koska prosessissa syntyy kaksi tuotetta, on menetelmällä tuotetun vedyn hintakilpailukyky korkea muihin vedyntuotantoteknologioihin verrattuna. Teknologia on osoittautunut erityisen kiinnostavaksi USA:ssa, mutta myös muualla maailmassa, jossa maakaasua on saatavilla. Raaka-aineina laitoksella käytetään norjalaista maakaasua ja suomalaista biokaasua. Vety- ja hiilituotteita valmistetaan tällä hetkellä akku-, betoni-, teräs-, polymeeri- ja superkondensaattoriratkaisuihin, ja uusia kehitetään jatkuvasti. Euroopan tasolla Hycamite-hanke pyrkii toteuttamaan valmisteilla olevaa Clean industrial deal-ohjelmaa. ▲

TEKSTI: IINA VAAJAMO, SUVI RANNANTIE JA MIIKKA MARJAKOSKI

Tervehdys lukijoille!

Innokkaana Materia-lehden lukijana minulla on ollut ilo liittyä Materia-lehden toimitusneuvostoon keväällä 2024. Lienee siis paikallaan avata hieman taustojani sekä ajatuksiani lehden kehittämisestä.

Oulun seudulta kotoisin olevana nuorena miehenä oli luonnollista suunnata opintoihin Oulun yliopistoon. Opiskelu tempasi mukaansa niin, että tuotantotalouden tutkinto-ohjelmasta valmistuttuani siirryin suoraan prosessimetallurgian jatko-opintojen pariin. Pääaineen alanvaihtoon vaikuttivat kesät Raahen terästehtaalla ja toisaalta vuorialassa oli jotain tuttua perhepiiristäkin. Isoisäni toimi kuljetusyrittäjänä Otanmäen kaivoksella, ja isäni oli mukana käynnistämässä nykyistä Sotkamon hopeakaivosta. Vuosina 2011–2020 työskentelin Oulun yliopiston Prosessimetallurgian tutkimusyksikössä, josta siirryin Tornion terästehtaalle. Meri-Lappi ei kuitenkaan pohjoispohjanmaalaista kauaa pidellyt, sillä kaksi vuotta myöhemmin eli vuonna 2022 seurasi siirtyminen Oulun yliopistoon ja nimitys nykyiseen toimeen teräksenvalmistuksen pääarimetallurgian apulaisprofessoriksi.



Vuorimieshenki on lähellä sydäntäni. Olen toiminut aiemmin Metallurgijaoston johtokunnan jäsenenä ja puheenjohtajana sekä Metallurgian VAT:ssa. Näissä toimissa keskeisin tavoitteeni on ollut lisätä vuorialan näkyvyyttä opiskelijoille sekä parantaa yhdistyksen toiminnan tavoitavuutta erityisesti Pohjois-Suomessa. Sittenmin työnsarkani on jatkunut Vuorimiesyhdistyksen hallituksessa, jossa olemme pohtineet muun muassa nuorten jäsenten kriteerejä ja tulevia Vuorimiespäiviä.

Materia-lehden toimitusneuvostossa uskon voivani tuoda lehteen teräksenvalmistukseen liittyvää näkökulmaa ja kehittää lehden teknillisteellistä sisältöä jäsenistön tarpeita palvelleen. Erityisesti minua kiinnostaa tarjota jäsenille aiempaa enemmän tietoa tutkimusmaailman virtauksista sekä reportaaseja jäsenistöä kiinnostavista tapahtumista ja julkaisuista. Toivon, että uuden numeron ilmestyminen tuo lukijan huulille hymynkareen jatkossakin! ▲

Rauhaisaa joulunaikaa toivottaen
VILLE-VALTTERI VISURI

Moikka!

Olen Maria Vanhatalo ja tuore toimitusneuvoston jäsen. Olen Jyväskylän yliopistosta valmistunut kemisti ja työskentelen BASFin akkumateriaalitehtaalla Harjavallassa laadunvalvonnan parissa. Tätä ennen kokemusta on karttunut kymmenen vuotta Venatorin Porin titaanidioksiditehtaan laboratoriotoinnoista. Niissä analysoitiin koko ketju raaka-aineista lopputuotteisiin, jotka päättyivät niin maali-, kosmetiikka-, lääke- kuin ruokateollisuudenkin tarpeisiin.

Olen vapaa-ajallani yhdistysaktiivi ja olenkin aikanaan toiminut vahvasti muun muassa nuorikaupakamaritoiminnassa. Nykyisin toimin hyvin erilaisten yhdistysten hallituksissa, kuten lapseni ala-asteen vanhempainyhdistyksessä sekä Joulupuu ry:ssä. Näissä kaikissa on ollut itselläni erityisesti tahto vaikuttaa asioihin muiden kanssa, yhdessä tekemäl-



lä. Kiinnostukseni onkin nykyisin kahden lapsen äitinä vaikuttaa erityisesti lasten tulevaisuuteen.

Toimitusneuvosto on minulle siten ehdottomasti myös vaikuttamismahdollisuus, sillä koen Materia-lehden vuorimiesten yhtenä keskeisenä suunnan näyttäjänä ja yhteen hitsaavana asiana. Lehden avulla pääsemme tutustuttamaan lukijoita tämän hetken tärkeimpiin ja edistysellisimpiin aiheisiin, ja siksi monipuolinen neuvoston jäsenistö on suuri voimavara. Vaikka muuten pidän työskentelystä ja harrastamisesta erityisesti yhdessä muiden kanssa, saatan mahdollisuuksien mukaan ladata akkuja myös musiikin, lukemisen, kuntosalin tai lenkkeilyn parissa. Kotona minulla on kaksi aktiivisesti harrastavaa lasta, aviomies ja herrasiän saavuttanut kissa. ▲

MARIA VANHATALO



SWEDEX'24-syysekskursion osallistujat mielet iloisin aurinkoisina Kaunis Iron Pajalan kaivoksen avolouhoksen näköalatasanteella syksyisen harmaan sään vallitessa. Kuvassa mukana kaivoksen toimintojen edustajat tuotannonsuunnittelupäällikkö Alexander Kohkoinen (Kaunis Iron Ab) ja tuotantopäällikkö Miika Miettinen (Tapojärvi Oy)

Kaivos- ja louhintajaoston sekä rikastus- ja prosessijaoston yhteinen syysekskursio Swedex'24 Ruotsiin 25.-27.9.2024

Kaivos- ja louhintajaoston & Rikastus- ja prosessijaoston yhteinen syysekskursio SWEDEX '24 suuntautui 25.-27.9.2024 Pohjois-Ruotsiin. Vierailukohteina olivat Kaunis Iron AB ja Tapojärvi Pajalassa ja Teknikens Hus Luulajassa. Kaivosalan vetovoimaisuutta ja sen lisäämistä nuorten keskuudessa pohdittiin seminaarissa ja illalliset nautittiin sekä maalla että merellä Luulajan kauniissa kaupungissa.

Syysekskursio lähti käyntiin Rovaniemen lentoasemalta 17 henkilön kerääntyessä bussiin sateisena perjantai- aamuna. Bussimme oli SAA-GA Travelilta ja bussikuskinamme toimi **Sanntu**. Ensimmäiseksi etapiksi valikoitui Vihreä Pysäkki Pellossa, jossa nautimme aamukahvit. Valtakunnan rajan ylitys Ruotsin puolelle kävi niin sutjakkaasti, että sen havaitsi lähinnä pienemmistä ja siroimmista liikenteen opastekylteistä ja siitä, että rannekellot ja puhelimet piipittivät päivittäen itseään länsinaapurin aikavyöhykkeelle ja televerkkoihin. Ensimmäisen ekskursiopäivän lounas nautittiin matkan aikana bussissa lounasbokseista, joissa oli teriyaki-kanaa, lime-maustettua riisiä, pikkelöityä kaalia, salaattia, marinoitua kurkkua, chiliä, kevätsipulia ja valkosipulikastiketta. Lounas-



Tapojärvi esittäytyy kaivoskonttorilla asiakkuuspäällikkö Maija Jokelaisen ja tuotantopäällikkö Miika Miettisen voimin.

boksin sisällön oli suunnitellut meitä varten ravintolatoimenjohtaja **Roope Kotila** Arctic Hotel Collectionilta.

Puolen päivän aikaan saavuimme Kaunis Ironin Pajalan kaivokselle. Sää oli edelleen pilvisen harmaa samoin kuin kaivosmaise-
makin, mutta mieleemme olivat kirkkaina ja avoimina vastaanottamaan Pajalan kaivoksen kuulumiset ja näkymät. Ekskursioporuk-
kaamme oli vastaanottamassa Kaunis Iron -kaivoksen tuotannonsuunnittelupäällikkö **Alexander Kohkoinen**, jolta olisi taitunut myös suomen kieli vallan mainiosti. Esittelykieleksi valikoitui kuitenkin englanti, koska joukkoomme oli liittynyt Ruotsin Bergsmannaföreningenin edustaja **Markus**, ja osa meistä epäili oman ruotsin kielen taitonsa riittävyyttä, vaikka virkamiesruotsi olikin aikoinaan opinnoissa suoritettu.

Esittelykierroksen alkajaisiksi kaikille haettiin kypärät, turvalasit, heijastinliivit ja saappaat. Porukkamme jaettiin kahteen osaan siten, että osa porukasta tutustui ensin Pajalan kaivoksen toimintoihin ja teki kierroksen rikastamolla ja osa kuuli Tapojärven Kaivospalvelut -toiminnasta Kaunis Iron -kaivoksella.

Alexander Kohkoinen esitteli dioin Kaunis Ironia, joka on vuonna 2018 perustettu ruotsalainen kaivosyhtiö. Esityksen aluksi kerrottiin (mahdollisen hätätilanteen sat-
tuessa) uloskäynnit ja kokoontumispaikat. Kaunis Ironin malminetsintä- ja kaivostoi-
minnot ovat Pajalassa ja talous- ja HR-osasto Luulajassa. Vuosittain louhitaan noin 5,6 Mt rautamalmia ja siitä tuotetaan 2,3 Mt rautarikastetta. Kaivoksen liikevaihto oli 2831 MSEK ja tuotto 650 MSEK vuonna 2023. Henkilöstön määrä on suunnilleen 550. Tällä hetkellä toiminnassa on yksi avolouhos, nimeltään Tapuli, Kaunisvaarassa. Tulevaisuudessa suunnitellaan myös muiden louhosten avauksia. Louhinnan räjäytykset suoritetaan 1-2 kertaa viikossa. Malmi lastataan ja kuljetetaan kiviautoilla rikastamolle. Rikastamolla on ensiksi malmille vuorossa murskaus ja seulonta. Näiden jälkeen seuraavat primääri- ja sekundäärijauhatuspiirit, magneettiset erottimet ja vaahdotusvaihe rikin poistamiseksi. Lopuksi rikasteesta poistetaan vesi ja se kuljetetaan rekoilla Pitkäjärvelle, jossa se siirretään Narvikiin menevään junaan. Yrityksen arvoissa korostuivat vastuullisuus, turvallisuus ja tasa-arvo. Haasteita on esimerkiksi ammattitaitoisen työväen saannissa ja lupaprosessien pitkittyneissä läpimeno-
ajoissa. Lisäksi kaukainen maantieteellinen sijainti aiheuttaa omat kustannuksensa kuljetuksiin. Pajalan kaivokselta on 160 km Pit-

käjärvelle eikä sille matkalle ole suunnitteilla junarataa. Kaunis Ironin henkilöstöstä 27 % on naisia ja 72 % Pajalan kunnan naisväestöstä voisi harkita kaivoksessa työskentelyä. Kaivoksen työntekijöistä 66 % asuu paikkakunnalla eli kaivoksella on Pajalan kunnalle suuri merkitys.

Rikastamokierrokselle lähdettiin rikastamon kunnossapitopäällikön **Johan Töyrän** vanavedessä. Rikastamolla kohtasimme tutut ja tyypilliset rautamalmin rikastuksessa tarvittavat prosessilaitteet. Myllyn pyörimistä on aina yhtä mielenkiintoista seurata. Silmä ja mieli lepäivät myllyn tasaista huminaa kuunnellessa ja vuorauksen kiinnityspultti-

rivistöjen rytmikästä pyörimistä katsellessa.

Rikastuskierroksen lisäksi tutustuimme Tapojärven kaivoskonttoriin. Kahvin, kampa-
nisujen ja suklaakonvehtien kera kuuntelimme ja katselimme Tapojärven asiakkuuspääl-
likön **Maija Jokelaisen** ja tuotantopäällikkö **Miika Miettisen** esitystä Tapojärven kaivos-
palveluista Kaunis Ironin Pajalan kaivoksella. Ykkösasiana nousi esille toimintojen ja työ-
tehtävien turvallinen suorittaminen, riskien tunnistaminen ja ennakointi. Vuositasolla toimintoihin ja turvallisuuteen liittyviä ha-
vaintoja tehdään noin 9400 kpl ja ne kirjataan tietojärjestelmään. Havainnoista laaditaan tarvittaessa tutkintatiedotteet (Safety flash).

Kuusat kiitokseksi isännille. Rikastus-
ja prosessijaoston
puheenjohtaja Joakim
Colpaert ojentaa kuksan
Kaunis Iron AB:n
tuotannon-
suunnittelu-
päällikkö Alexander
Kohkoiselle.



Vuorimiesten
käsityötaitoa hand made
by Joakim Colpaert



Ensimmäisen ekskursiopäivän illallinen Luulajassa, Elite Stadshotellet Luleåssa

Tapojärvellä työskentelee Pajalassa 80 henkilöä avolouhintaan ja muihin kaivosalueen kunnossapitoon liittyvissä tehtävissä. Sääolosuhteet voivat pohjoisessa olla hyvinkin ankarat ja siten sekä henkilöstöltä että kалustolta vaaditaan kanttia selviytyä arktisen avolouhoksen oloissa.

Rikastamokierroksen ja esitysten jälkeen kävimme katsomassa avolouhosta näköalatasanteelta. Kiitokseksi vierailun isännille Alexanderille, Miikalle ja vierailun järjestäjälle Maijalle Rikastus- ja prosessijaoston puheenjohtaja **Joakim Colpaert** antoi Vuorimiesyhdistyksen logolla itse koristelemansa kuksat.

Pajalasta bussimme suuntasi kohti Luulajaa, jossa majoituimme paikalliseen hotelliin. Pienen huilaustauon jälkeen kokoonnuimme illalliselle hotellimme ravintolaan. Illallisen aikana esittelimme itsemme toisillemme ja lisäksi muistelimme menneitä kuten sitä, minä vuonna kukin on liittynyt Vuorimiesyhdistykseen. Totesimme samalla, kuinka hyödyllisiä ja mukavia tällaiset jaostojen yhteiset ekskursiot ovat, koska tutustumme toisiimme yli toimintorajojen. Lämmin kiitos Tapojärvelle illallisen palanpainikkeista ja Maija Jokelaiselle illallisen emännöinnistä.

Koska vierailu Luulajan teknilliseen yliopistoon ei toteutunut vankkoista yrityksistä huolimatta, jaostojemme toimihenkilöt järjestivät ekskursiovällemme ex tempore pop-up seminaarin, jossa keskusteltiin aiheesta:

”Miten saada nuoret kouluttautumaan kaivosalalle? Miten lisätä kaivosalan houkuttelevuutta nuorten keskuudessa? Miten tehdä kaivosalasta mediaseksikästä?” Miten lisätä arktisten syrjäseutujen vetovoimaa ja pitovoimaa? Pohdinnassa olivat myös aiheet: ”Mistä haarukka tulee? Miten lisätä nuorten tietoisuutta siitä, että kaikki mitä et voi kasvattaa tai kalastaa, sinun tulee kaivaa”. Tätä samaa teemaa pohditaan myös yliopistojen järjestämässä ”Tiedettä kaikille tutkijoiden yössä” -tapahtumissa.

Seminaarin jälkeen suuntasimme kohti Luulajan Porsönissä sijaitsevaa tiedekeskusta nimeltään Teknikens Hus eli Tekniikkatalo. Pääsylipuista kiitokset Forcit Oy:lle. Tekniikkatalossa olivat esiteltyinä monet teollisuuden prosessit ja yhteiskuntaa rakentavat ja pystyssä pitävät systeemit. Lapsenomaisella innokkuudella tutustuimme esillä oleviin prosesseihin, laitteisiin ja toimintoihin. Teknikens Husissa löysimme rakennustyömaan, jossa jokainen otti oman roolinsa työntekijänä tai työnohtajana.



Toisen ekskursiopäivän aamupäivän seminaari Luulajassa, Elite Stadshotellet Luleåssa. Seminaarin aiheena oli: Miten lisätä kaivosalan vetovoimaisuutta erityisesti nuorten keskuudessa?



Mikäli olet koskaan miettinyt, millaista olisi olla suuren valtamerilaivan kapteeni ja luovia laivaa ahtaissa kapeikoissa, niin Luulajan Teknikens Husissa tähän tarjoutuu oiva mahdollisuus.



Yhdistä malmi ja siitä valmistettava tuote. Tällaisen tehtävän teko onnistuu vuorimieheltä käden käänteessä LuulajanTeknikens Husissa.



Vuorimiehet huomasivat, että seminaarin dian kysymykseen löytyi Teknikens Husin seinältä vastaus.



Keskiaikainen kirkko innostaa kivistä kiinnostuneita ottamaan lähikontaktia luonnonkiven kauniiseen pintaan. Alaluulajan kirkko sijaitsee Gammelstadin kirkkokylässä 10 km Luulajasta koilliseen.



Rapuristeilyn aikana vuorimiehet tähyilivät laivan ikkunoista Luulajan öiselle taivaalle nähdäkseen, mahtaisiko siellä näkyä Perseidien tähdenlentoja. Yhdessä tuumin kuitenkin todettiin, että taitavat valot olla Luulajan teollisuusalueen, SSAB:n tulevan tahi olevan vetylaitoksen valoja. Perseidit kun olivat lentäneet jo aiemmin syksyllä.

Porsönin jälkeen bussimme suuntasi kohti Alaluulajan kirkkoa (Gammelstadin kirkko), joka on Gammelstadin kirkkokylässä sijaitseva keskiaikainen kirkkorakennus. Kivistä ja kirkoista kiinnostuneille vuorimiehille kohde tarjosi upeaa katsottavaa, onhan kirkon vanhimmat osat rakennettu 1400-luvulla luonnonkivistä. Kivisen kirkon lisäksi kirkkomaata ympäröi kivinen aita, joten saimme ihailla kiviä sydämemme kyllyydestä. Kirkon ovet eivät tällä kertaa koputtavalle auenneet, mutta saimme kännyköihimme ja

muistoihimme monta kaunista kuvaa pastellinsävyisestä kirkkosta.

Toisen ekskursiopäivän illallisemme nautimme rapuristeilyllä. Astuimme kauniiseen laivaan Luulajan satamasta ja rapuja riitti meille kaikille yllin kyllin yli jaostorajojen. Musiikista ja tietovisailusta vastasivat iloiset ruotsalaiset risteilyemännät – ja -isännät. Länsinaapurimme ilo ja eloisuus tarttui meihin kaikkiin. Iltaa jatkoimme vielä paikallisesa pubissa, jota Piispan kädeksi nimitetään.

Kaikki hyvä loppuu aikanaan, ja niin

SWEDEX'24-ekskursiomme päättyi Rovaniemen lentokentälle. Vuorimiehet hyvästelivät haikeina, mutta onnellisina ja jälleennäkemisiä odotellen. Syyssekskursio SWEDEX'24 kiittää lämpimästi yrityksiä Tapojärvi, Forcit, Epiroc Finland, SafeRoad, Mining Finland/BioSO₄, Kodin puu ja lämpö, Feasib, Weir ja Indurad ekskursiolaisten nestetasapainosta huolehtimisesta. ▲

TEKSTI: HELI RAUTJÄRVI

KUVAT: LEENA K. VANHATALO JA MUUT REISSULAISET

Paremmiin.

Tehokkaammin.

Kehittyneemmin.

Valikoidummin.

Tapojärvi on suomalainen perheyrittäjä, jonka palvelut tehtaissa ja kaivoksissa vähentävät ilmaston kuormitusta ja säästävät luonnon neitseellisiä materiaaleja. Työ toteutetaan aina vastuullisuus ja turvallisuus edellä.

Cr

Au

Cu

Ni

Pt

P

Fe

Pd

Zn

TAPOJÄRVI

Kestävä.

Kotimainen.

Välttämätön.

500

rakennusaikaista

työpaikkaa

300

vakituista

työpaikkaa

300 M€

alkuinvestointi

Liikevaihto 200-500M€/a

Fe

Cu

Au

Kestävä, kotimainen, välttämätön
www.hannukainenmining.fi

MATERIA 5 – 2024 63

Suodin-Sieppari – haastavien prosessivesien käsittelyyn uusi ratkaisu

Teollisuuden jäte- ja prosessivedet sisältävät vaihtelevia määriä erikokoisia kiinteitä partikkeleita ja erilaisia liuenneita yhdisteitä. Yksittäiset erotusmenetelmät vastaavat useimpiin haasteisiin kapea-alaisesti, ja haastavimpiin käsittelytarpeisiin vastaamiseksi yhä edistyneempiä menetelmiä on välttämätöntä yhdistää.

Sofi Filtration Oy ja Weefiner Oy ovat yhdistäneet patentoidut teknologiansa ratkaistakseen teollisten vesien käsittelyyn liittyviä haasteita. Tavoitteena on tarjota kokonaisvaltaisempaa ratkaisua eurooppalaiselle teollisuudelle ekologisesti ja taloudellisesti

kestävän vastuullisen liiketoiminnan edistämiseksi.

Suodin-Sieppari-projektia rahoittaa Etelä-Savon ELY-keskus Vesiosaamisen kasvu ja kansainvälistyminen- ohjelmasta (RRF). Yksi ohjelman keskeisistä tavoitteista on edistää toimijoiden välistä yhteistyötä vesialalla ja näin edistää suomalaisten toimijoiden kansainvälistä kilpailukykyä.

Hienojakoisen kiintoaineen erottaminen

Sofi Filtration Oy tarjoaa teollisuudelle edistynyttä hienosuodatus teknologiaa. Toistai-

seksi pääasialliset asiakkaat ovat olleet energiateollisuudessa.

Teollisten prosessivesien kierrätyksen lisääntyessä vesiin kertyvä kiintoaines muodostaa yhä suuremman ongelman. Kiintoaineen kertyminen muun muassa haittaa lämmönsiirtoa, aiheuttaa epätoivottuja kemiallisia reaktioita, haittaa kemiallisia prosesseja ja heikentää vesien kemiallisen käsittelyn tehoa tai estää sen kokonaan. Useimmat kemialliset käsittelymenetelmät ja kalvokäsittelyt ovat herkkiä kiintoainekuormitukselle ja vaativat näin esikäsittelyä kiintoaineen poiston ennen varsinaista käsittelyä. Prosessivesiin kertyvää kiintoainesta voidaan poistaa perinteisemmällä teknologioilla, jotka usein eivät kuitenkaan ole tehokkaita pienimpien partikkulien (< 10 µm) poistamiseksi. Tähän tehtävään tarvitaan hyvin pieniä partikkeleita tehokkaasti poistava kirkastussuodatin, jonka suodokselle voidaan tehdä muuta käsittelyä. Sofi-suodatin poistaa partikkelikooltaan pientä kiintoainetta tehokkaasti ja jatkuva-toimisesti ultraääneen perustuvan itsepesuteknologian huolehtiessa suodinväliaineen kapasiteetista.

”Vesitehokkuuden nosto ja hienojakoisten raaka-aineiden talteenotto eivät ole mahdollisia ilman tehokkaasti toimivia hienosuodatusratkaisuja. Asiakkaita, joille hienojakoinen kiintoaine on ongelma syystä tai toisesta, on valtavasti”, summaa toimitusjohtaja Riina Salmimies.

Liuenneiden aineiden talteenotto

Weefiner Oy on suomalainen teknologiatuottaja, joka tarjoaa innovatiivisia vedenkäsittely- ja talteenottoratkaisuja teollisuuden haasteisiin.

Teollisuudessa liuenneiden aineiden kierrätys on vähäistä, ja suuria määriä arvokkaita materiaaleja menetetään sivuvirtojen ja jätevesien mukana. Pahimmillaan haitalliset aineet päätyvät vesistöihin ja ympäristöön, edistäen haitallisten kemikaalien kiertoa luonnossa. Teollisuuden vesivirtojen piilevät liuenneet materiaalit voidaan kuitenkin näh-



Toimitusjohtajat Riina Salmimies (Sofi Filtration Oy) ja Mikko Hänninen (Weefiner Oy) tunnistavat nuorten teknologiayhtiöiden markkinoilletulon haasteet ja kehittävät yhdessä kokonaisratkaisuja teollisuudelle.



Sofi-suodatin SF200 sekä Weeefinerin 4D Siepparin pilot-yksikkö

dä myös mahdollisuutena. Weeefiner Oy:n kehittämä 4D Sieppari™ -teknologia erottaa selektiivisesti liuenneita materiaaleja nestejakeista, mikä mahdollistaa haitallisten epäpuhtauksien tehokkaan poiston sekä arvokkaiden raaka-aineiden talteenoton kierrätystä varten. 4D Siepparin toiminta perustuu 3D-tulostettuun kemiallisesti aktiiviseen ja huokoiseen suodattimeen, jonka kemiallisia ominaisuuksia voidaan säätää materiaalivalinnoilla ja partikkelikokoilla. Kustomoitava teknologia tarjoaa monipuolisia ratkaisuja eri teollisuudenaloille, kuten kaivos-, metalli- ja prosessiteollisuuteen.

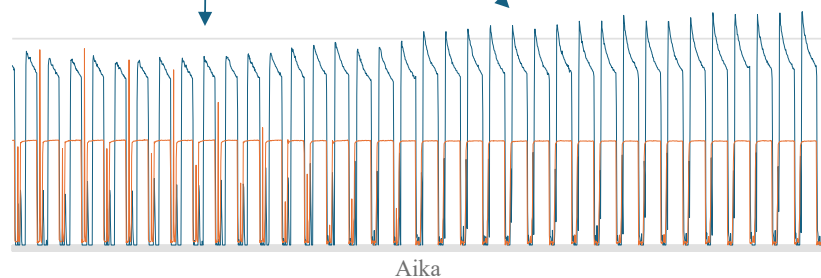
"Weeefinerin räätälöitävä teknologia mahdollistaa täysin uusien ratkaisujen kehittämisen teollisuuden tarpeisiin, joihin ei vielä ole olemassa valmiita vastauksia. Ratkaisumme eivät rajoitu ainoastaan vedenkäsittelyyn, vaan soveltuvat laajasti erilaisiin prosesseihin, joissa esiintyy liuenneita metalleja tai ravinteita", kertoo Weeefinerin toimitusjohtaja Mikko Hänninen.

Ensimmäinen tehdaspilotointi Saksassa

Saksa on Euroopan historiallisia teollisuuden raskassarjalaisia myös metalli- ja kaivosteollisuuden saralla. Sieltä löytyy suuren mittakaavan teollista tuotantoa, ja EU:n päästösäädösten kiristyessä jätevesien tehokkaammalle käsittelylle on suuri tarve. Suodin-Siepparia pilotoitiinkin ensimmäisen kerran tänä syksynä Saksassa Agosi AG:n tuotantolaitoksessa Pforzheimissa.

Agosi AG on saksalainen metallialan yritys, joka jalostaa arvokkaita metalleja ja tekee puolivalmiita tuotteita teollisuuden tarpeisiin

Sofi-suodattimen ultraäänipesu palautti suodosvuon joka syklin jälkeen.



Sofi-suodatin käyttää ultraäänipesua suodatuskapasiteetin palauttamiseksi kunkin suodatussyklin jälkeen. Agosilla ultraäänipesu toimi mallikkaasti.

eri aloille. Prosessissa Sofi-suodatin toimii esisuodattimena 4D Siepparille, joka poistaa liukoista kuparia prosessivedestä ennen veden päästämistä paikalliseen jokeen. Agosi, kuten muutkin metallinjalostajat Saksassa, pyrkivät jatkuvasti vähentämään päästöjään. Monissa keskieurooppalaisissa kintuotantolaitoksissa käytössä oleva teknologia taipuu teknis-taloudellisesti huonosti kiristyviin päästörajoihin ja yhtiöiden kunnianhimoisiin ESG-tavoitteisiin. Uudet teknologiat herättävät siksi kiinnostusta.

"Ensimmäinen kenttäpilotointi Agosilla sujui hyvin. Keskeinen tavoite kenttäpilotoinnissa on testata eri mikroniluokituksia ja todentaa teknologian toimivuus jatkuvatoimiselle vaihtelevalla syötteellä. Ultraäänipesun tehokkuuden näkee helposti suodatusdatasta", kertoo kenttäinsinööri Simo Soila.

4D Sieppari™ -teknologian toimivuutta

jäteveden liuenneiden raskasmetallien poistossa testattiin onnistuneesti useiden operointisyklien ajan. Kupari ja muut raskasmetallit saatiin poistetuksi prosessivirrasta selektiivisesti 99 prosentin hyötysuhteella. Selektiivisyys eli suodattimen kapasiteetin kohdentuminen vain haluttujen metallien poistoon pidentää operointisykliä, alentaa käyttökustannuksia ja mahdollistaa arvokkaiden metallien uudelleenkäytön. ▲

TEKSTI: RIINA SALMIMIES JA ELSI STRAND KUVA: SANNA LINDEMAN



Euroopan unionin rahoittama

Vuori-ilta 23.9.2024

Vuorimiesyhdistyksen hiljattain lanseerattu eri paikkakunnalla vuosittain järjestettävä opiskelijatapahtuma, Vuori-ilta, järjestettiin tällä kertaa Espoon Otaniemessä maanantaina 23.9.2024. Ensimmäinen Vuori-ilta järjestettiin viime vuonna Oulussa, ja tapahtuma oli suuri menestys. Palautteen perusteella sama trendi oli havaittavissa myös tänä vuonna, ja Espoon Vuori-ilta oli erittäin onnistunut tapahtuma.

Syksyn saapuminen toi oman jännityselementtinsä tilaisuuden järjestäjätoimikunnalle, sillä suuren flunssa-aallon seurauksena viime hetken perumisia ilmeni sekä tilaisuuden puhujien että VMY:n edustajien osalta. Tästä huolimatta tilaisuus saatiin järjestettyksi suunnitelmien mukaisella ohjelmalla pienin muutoksin.

Otaniemen Otakaaren varrella sijaitsevaan OK20-tilaan kokoontui lähes 50 alamme opiskelijaa. Tilaisuuden aluksi Ulla Sipola esitteli Vuorimiesyhdistyksen toimintaa. Vuori-illassa opiskelijat kuului arutarinoita kaikilta Vuorimiesyhdistyksen neljältä eri jaostolta. Illan esiintyjinä olivat: **Suvi Rannantie** (Afry Finland Oy), **Walteri Leskinen** (Kuusakoski Oy), **Jannis Mikkola**

(Sitowise Oy), **Saara Silventoinen** (Anglo American, AA Sakatti Mining Oy), **Lauri Sorsa** (Endress+Hauser Finland Oy), **Tuomas Pohjoisaho** (YIT Infra Oy) sekä **Pietti Haapala** (A-Insinöörit Oy).

Vuori-illassa opiskelijat pääsivät kuulemaan uratarinoiden lisäksi kuvauksia siitä, millaisia työllistymismahdollisuuksia vuoriteollisuus voi tarjota tulevaisuuden osaajille. Lisäksi esiintyjät kertoivat, millaisia töitä heidän edustamassaan yrityksessä on tarjolla, ja miten esiintyjät ovat itse kokeneet hyötynsä Vuorimiesyhdistyksestä. Opiskelijat kuului illan aikana hyvinkin laajasti kuvauksia vuoriteollisuuden alasta ja eri urapolkumahdollisuuksista. Otaniemen Vuori-illassa ei esitelty perinteisiä yritysten taustatietoja ja talouslukuja kalvosulkeisilla, ja kuten eräs esiintyjä sanoi: ”firmojen tiedot voi googlettaa netistä”. Sen sijaan esiintyjät kertoivat mm. parhaat vinkkinsä opiskelijoille ja työuransa alussa oleville nuorille. Lisäksi esiintyjät kertoivat hyvinkin tarkasti, mikä sai heidät alun perin opiskelemaan vuorialaa, ja mikä heitä nykyisessä työssään innostaa. Illan aikana kuulumme myös kertomuksia siitä, mitä oppeja ja muis-toja kullakin esiintyjällä oli opiskeluaikailta,

minkälaisia kesätyöpaikkoja ja työtehtäviä oli tullut tehdyksi opiskeluaikoina, ja kuinka monipuolisesti jokainen esiintyjä oli ehtinyt työskennellä alalla ennen päätymistään nykyiseen työpaikkaansa. Joitakin Vuori-illan puhujien oppeja taisi jäädä meille kaikille mieleen kuten esim. seuraavat:

- kaikki mitä teet, tee täydellä sydämellä ja kunnollisesti
- älä tee mitään ns. vasemmalla kädellä
- tartu rohkeasti erilaisiin työtarjouksiin
- mitä laaja-alaisemmin ymmärtää alaa, sitä parempi

Esitysten jälkeen vuorossa oli vapaata seurustelua yritysten edustajien kanssa ruuan ja juomien äärellä. Puheensorina täyttikin pian salin ja iltaa jatkettiin vielä myöhään Otaniemessä. Opiskelijoille jaettiin illan aikana QR-koodi, jonka avulla voi helposti liittyä Vuorimiesyhdistykseen. Saatamme siis tavata Vuorimiespäivillä paljon uusia Vuorimiesyhdistyksen opiskelijajäseniä. ▲

**TEKSTI: ULLA SIPOLA
& TED NUORIVAARA**



REACH THE SET TARGET WITH DIRECTIONAL CORE DRILLING

ADC can provide the total drilling package, from the hole and branch planning to the highly skilled drillers – no extra contractors needed.

- ✓ HIGHLY ACCURATE
- ✓ MINIMAL ENVIRONMENTAL IMPACT
- ✓ CERTIFIED QUALITY
- ✓ SAFETY EXCELLENCE
- ✓ COST-EFFECTIVE DRILLING
- ✓ EFFICIENT TECHNOLOGY



Arctic Drilling Company Ltd.
Call us +358 40 511 2289 or
visit www.adcltd.fi

SEE THE RIGS
IN ACTION
WWW.ADCLTD.FI

**We create new and responsible
ways of metal production.
Will you help make it happen?**

Introducing Low-Carbon Sulphuric Acid

Boliden's Low-Carbon Sulphuric Acid showcases our strong commitment to sustainability. What sets us apart is that we produce sulphuric acid from the same raw materials used to produce metals using a green energy mix, making it highly resource and CO₂ efficient. Compared to the majority of global sulphuric acid production, which mainly relies on raw materials from oil refining.



100
1924-2024

NEW BOLIDEN

Vuoriosaston riemuteekkarit V74 juhlivat Otaniemessä

Vuoriteollisuusosaston riemuteekkarit juhlistivat 50 vuotta sitten alkaneita opintojaan Otaniemessä 3.9.2024. Riemuteekkarit osallistuivat Aalto-yliopiston lukuvuoden 2024-25 juhlallisiin avajaisiin. Avajaisten jälkeen siirryttiin Vuoriteollisuusosaston luentosaliin V4 (nykyisin Aluminium). Koulua ja sen nykypetusta ja -tutkimusta esittelivät professorit Mikael Rinne (kalliomekaniikka) ja Daniel Lindberg (Metallurgian termodynamiikka ja mallinnus). Paikalla meitä oli 30 eli noin puolet V74-kurssista. Illan päätteeksi siirryttiin syömään ja muistelemaan 50-vuotista taipalettamme ravintola Fat Lizardiin.

Eturivi vasemmalta: **Daniel Lindberg, Erik Johansson, Hannu Silvennoinen, Antti Öhberg, Kari Kokkonen, Mikael Rinne** Toinen rivi: **Lauri Asikainen, Tapio Lehtonen, Esko Eloranta, Outi Hyökyvirta, Simo Hassi, Ritva Paalanen, Matti Koskinen** Kolmas rivi: **Liisa Heikinheimo, Kaija Somerkoski, Marja-Leena Orispää, Tuija Kaunisto, Klaus Roitto, Erja Kilpi-**



nen, Timo Linnakylä, Hannu Pihlainen Neljäs rivi: **Ossi Hietanen, Kari Vaihia, Harri Hokka, Jarmo Suvio, Leif Eriksson, Ilkka Roitto, Kim Wallin** Viides rivi: **Kari Myrberg, Arimo Lankila, Seppo Helin, Jarmo Aaltonen**

TEKSTI: ERIK JOHANSSON

Puumailatenniksen SM2024



Puumailatenniksen SM-kutsukilpailu järjestettiin Kuopiossa Väinölännien tenniskentällä nyt jo kymmenennen kerran. Helle heli vai pitäisikö sanoa rankaisi kaivosalan tennisharrastajia 30 as-teen lämmössä auringon paahtaessa. Neljän ja puolen tunnin pelaamisen jälkeen voittaja kuitenkin saatiin selville. Tämän vuoden puumailamestariksi pelasi Janne Alatalo Tornioista. Erinomaisista turnausjärjestelyistä vastasi Sakari Mononen ja sponso-reina toimivat Swerock, Valtavirta, Sandvik, Tapojärvi, Orica, Rumble Tools ja Ramago.

Rankan turnauksen jälkeenkin oli helppo hymyillä. Alarivissä **Kimmo Ulvelin, Sakari Mononen, Jyrki Pulsa, Timo Julkunen ja Pekka Pitkänen**. Ylärivissä **Janne Alatalo, Lassi Korhonen, Harri Korkiakoski, Mikko Airaksinen, Heikki Karvinen, Keijo Rauhala ja Mervi Valkonen**

TEKSTI JA KUVA: LEENA K. VANHATALO

Eero Mäkinen ensimmäisenä suomalaisena Mining Hall of Fameen

Tänä vuonna avautui ensimmäiselle suomalaiselle pääsymahdollisuus amerikkalaiseen National Mining Hall of Fameen. Se on keskeinen osa Leadvillessä, Yhdysvaltojen Coloradossa sijaitsevaa kaivostemuseota.

Idean isä, Outokummun kaivostemuseon amanuenssi **Klas Swanljung** kirjoitti joulukuussa 2023 hakemuksen vuorineuvos **Eero Mäkisestä** kolmen suositelijan tuella. Mäkinen työhistorian tunteneet DI **Arto Hakola**, DI **Antero Hakapää** ja emeritusprofessori **Heikki Papunen** antoivat näin panoksensa hakemukseen.

Kunniagalleriaan otetaan hakemuksen perusteella viisi uutta jäsentä vuodessa. Hakemus lähetettiin Amerikkaan, jossa asiantuntijapaneeli arvioi hakemuksen totuudenmukaisuutta sekä Mäkinen ansioita osoittaakseen hänet kunniagallerian arvoiseksi. Mäkinen läpäisi vaatimukset helposti. Hänen nykyisin elävänä ja arvokkaana työnään pidettiin liekkisulatusmenetelmän kehittämistä yhdessä Petri Brykin ja John Ryselinin kanssa.

Iloinen uutinen kantautui Suomeen keväällä 2024, ja vuorineuvos Eero Mäkinen hyväksyttiin National Mining Hall of Fameen valintaseremoniassa 2.11.2024 Denverissä Coloradossa. Tämä oli 37. vuosittainen kerta, kun kunniagalleriaan hyväksyttiin uusia jäseniä, ja Mäkinen oli kunniagallerian 272. jäsen. Outokumpu Oy ja Metso olivat tiedotuksellisesti mukana kertomassa tästä kunnianosoituksesta, joka liittyy yhtiöiden pitkään yhteiseen historiaan. Eero Mäkinen oli toinen pohjoismaalainen, joka pääsi kunniagalleriaan heti Alfred Nobelin jälkeen.

Nimityksen jälkeen kunniagalleriassa Leadvillessä on esillä Eero Mäkisestä kuvalinen plakaatti, jossa kerrotaan hänen merkityksestään suomalaisen kaivosteollisuuden isänä. Katsottavissa on myös lyhyt esittelyvideo. Kunniagallerian plakaatti on nähtävissä myös Outokummun kaivostemuseossa.

Kunniagalleriaan hyväksyttiin tänä vuonna myös **Arthur C. Daman**, Denver Equipment Companyn perustaja. Denver Equipment Company on vaikuttanut maailmanlaajuisesti kaivostekniikkaan.

Muut tänä vuonna hyväksytyt jäsenet olivat **R. Gene Dewey**, molybdeenikaivoksen johtaja ja kaivosalan kunniagallerian



Eero Mäkinen Mining Hall of fame valintaseremoniaan Denverissä osallistuivat vasemmalta Tapio Schneider, Travis Orser, Minna Hakapää ja Klas Swanljung.

sisältävän museon perustajajäsen, **Dale Elphinstone**, Elphinstone Groupin johtaja ja perustaja, joka kehitti maanalaisia kaivoslaitteita Caterpillar-osilla Tasmaniassa sekä **Patrick M. James**, joka toimi kaivosten kehittäjänä ja laajentajana useissa kohteissa. Hän oli myös ensimmäisiä henkilöitä, joka toi kestävän kehityksen taloudelliset hyödyt kaivosalalle vuonna 1999.

Kunniagalleriaan nimeämisen lisäksi gaalassa annettiin **Prazen Living Legend of Mining Award**. Tämän kunniamaininnan sai **Alaska Resource Education** maailman resurssien hankkimista koskevasta nuorten opetustyöstä ja jatko-opintoihin ohjaamisesta kaivos- tai vastaaville resurssinhankinta-alueille.

Tilaisuuden MCee, juontaja Kimberley Morrison kuvasi Mäkiä Suomen kaivosteollisuuden kuninkaaksi. Hän toi elävästi esiin Mäkinen elämäntyön pienen Outokummun kaivoksen laajentajana Outokumpu-konserniksi ja kehittämistyön jatkuvana edistäjänä, josta elävä esimerkki on nykyisin laajalti käytössä oleva liekkisulatusmenetelmä. Esittelyn jälkeen näimme Leadvillen museon tuotta-

man lyhyen videon Eero Mäkisestä, ja Klas Swanljung piti ansiokkaasti puheen Eero Mäkinen tiestä tähän kunniagalleriaan. Kunniagallerian jäsenten esittelyn jälkeen vieraat olivat varsin otettuja Eero Mäkinen tarinasta ja osoittivat suurta mielenkiintoa.

Mäkinen delegaatioon kuuluivat Klas Swanljung, Mäkinen Eeva-tyttären lapsenlapset Tapio Schneider ja Minna Hakapää sekä Metson edustaja Travis Orser.

Oli suuri kunnia saada osallistua tämän projektin vaiheisiin ja tutustua Mäkinen tarinaan syvällisemmin. Erityistä tässä mielestäni on se, miten Eero Mäkinen käytti osaamistaan ja vaikutustaan yhteisen hyvän aikaansaamiseksi eli maaperämme mineraalien käyttämiseksi Suomen kansan hyväksi ja vaurauden nostamiseksi.

Outokummun kaivostemuseossa avattiin 23.11 Eero Mäkisestä kertova näyttely, johon voi tutustua ensi toukokuun puoleen väliin saakka. ▲

TEKSTI: MINNA HAKAPÄÄ, JONKA ISÄ, ISOISÄ JA ISOISOISÄ OLIVAT KAIKKI VUORIMIEHIÄ.



Eero Mäkisen tyttärentytär Liisa Schneider ja tyttärenpoijantytär

Eero Mäkinen -seminaari ja näyttelyn avajaiset 23.11.2024

Eero Mäkinen valittiin vuonna 2024 kaivosalan kunniagalleriaan Lead-villessä, Yhdysvalloissa. Tämän kunniaksi järjestettiin Outokummun kaivos-museolla Eero Mäkiä käsittelevä seminaari sekä koottiin hänestä kertova näyttely. Seminaarissa tarkasteltiin Eero Mäkisen uran laaja-alaista vaikutusta suomalaiseen vuoriteollisuuteen ja kulttuuriin sekä häntä itseään henkilönä.

Seminaarin aluksi juhlamenojen ohjaaja **Arto Hakola** pyysi kohottamaan maljan ensiksi Eero Mäkiselle, sitten seminaarin järjestäjälle kaivosmuseolle ja lopuksi kaivosmuseon amanuenssille ja kunniagalleriahakemuksen jättäjälle Klas Swanljungille.

Seminaarin tervetulosanat lausui Ou-

tokummun kaupunkipalvelujen johtaja **Jukka Orenius**. Hän kertoi siitä, miltä on tuntunut asua kaivoksen ensimmäisessä pääkonttorissa, ja miltä tuntuu viettää aikaa päivittäin Eero Mäkisen varjossa tämän historiallisessa työhuoneessa. Orenius näytti myös kuvia huoneen alkuperäisestä ”kakluunista”. Lopuksi hän paljasti, että kaupunki on päättänyt nimetä Eero Mäkisen entiselle asunnolle ja kaivoksen entiselle vieraskerholle, Sänkivaaralle, johtavan tien Eero Mäkisen tieksi.

Seminaarin Keynote-esityksen piti TkT **Juho Mäkinen** otsikolla ”Eero Mäkinen, sinivalkoinen teollisuusmies”. Esitelmässään hän kuvasi Mäkisen vaikutusta Outokumpu Oy:n syntyyn ja sen kasvuun sekä hänen

saavutuksiaan, kun hän loi Suomen vuoriteollisuuden kehityksen ja uudistuksen hengen. Juho Mäkinen painotti Eero Mäkisen persoonallisuuden muotoutumista jo nuoruudessa vanhempien ja sukulaisten vaikutuksesta. Esitelmässä tuotiin myös esille Eero Mäkisen vaikutus suomalaiseen sisä- ja ulkopoliittikkaan sekä hänen työnsä Suomen kulttuurin hyväksi.

Keynotea seurasi Eero Mäkisen tyttärentyttären **Liisa Schneiderin** ja tyttärenpoijantyttären **Minna Hakapään** esitelmä Eero Mäkisestä nuorena ja perheen patriarkkana. Esitelmässä painotettiin, että Eero Mäkinen oli myös muuta kuin teollisuusmies, mm. korostamalla Mäkisen rakkautta lapsiinsa ja lastenlapsiinsa. Schneider ja Hakapää ker-



Outokummun puhallinorkesteri soitti kappaleen ”Isänmaalle” ennen näyttelyn avautumista.



Outokummun kaupunkipalvelujen johtaja Jukka Orenius lausui tervetulosanat ja paljasti, että Sänkivaaralle johtava tie nimetään Eero Mäkisen tieksi.

toivat myös, miten Eero Mäkinen rentoutui mökillään, Kalamajallaan, joka sijaitsi Juojärven Pitkäniemessä lähellä Outokumpua.

Eero Mäkinen oli perustamassa Vuorimiesyhdistystä ja oli sen puheenjohtajana yli 10 vuotta, kuolemaansa asti. Näin kertoi seuraava esitelmöijä TkT **Kari Tähtinen**. Otsikko tällä esitelmällä oli ”Vuorimiesyhdistys Eero Mäkisen henkisen perinnön vaalijana”. Esitelmä pohjustettiin Vuorimiesyhdistyksen synnyn historialla. Vuorimiesyhdistystä käsiteltiin vuorimieshengen ilmentymänä, jossa vuorimiesten verkostoituminen toteutuu. Tämän lisäksi vuorimiesyhdistyksen vuosijuhlat, Vuorimiespäivät, tuo yhdistyksen 2300 jäsenestä noin 30 % vuosittain kuuntelemaan esitelmää vuoriteollisuuden tilasta ja uusimmas- ta kehityksestä.

Jyrki Makkonen Metso Oyj:stä esitelmöi keksinnöstä, joka voidaan laskea maailmanlaajuisesti Eero Mäkisen kruunaavaksi työksi. Patentissa ei tosin ole Eero Mäkisen nimeä, mutta hänen kirjeenvaihdostaan keksijöiden Petri Brykin ja John Ryselin kanssa selviää, miten suuri vaikutus Eero Mäkisellä oli liekkisulatusmenetelmän syntyyn. Liekkisulatus oli ensimmäinen teknologia, jota Outokumpu Oy myi ulospäin. Esitelmä jatkui selvityksellä siitä, mitä liekkisulatus on tänä päivänä. Menetelmää pidetään 1900-luvun tärkeimpänä metallurgisena keksintönä, ja edelleen sillä prosessoidaan noin 50 % maailman kuparituotannosta. Menetelmää käytetään myös

muiden metallien jalostuksessa. Metso Oyj on toiminut Indonesian maailman suurimman yksilinjaisen liekkisulatuslaitoksen, joka käynnistyy kohta. Seuraavakin laitos on jo suunnitteilla Kongon demokraattiseen tasavaltaan.

Seminaarin päätti Metallinjalostajat ry:n toimitusjohtajan **Saku Vuoren** esitelmä, joka käsitteli vuoriteollisuuden potentiaalia Suomessa. Esitelmässä tuotiin esille Euroopan riippuvuus Kiinan maa- metalleista ja tästä seuraavat uhkakuvat. Vuori alleviivasi sitä, että vaikka Suomen vuoriteollisuus oli 1990-luvulla jatkuvassa taantumassa, on 2000-luku ollut lähes jatkuvaa kasvua. Esitelmän perusteella pystyi vetämään sellaisen johtopäätöksen, että jos edes puolet ennusteista toteutuu, on Suomen vuoriteollisuudella loistava tulevaisuus.

Seminaarin päätökseksi, ennen siirtymistä kaivostamuseoon avaamaan Vuorineuvos Eero Mäkinen -näyttelyä, johti Arto Hakola vieraat kolminkertaiseen eläköön -huutoon kaivosteollisuudelle ja sen loistavalle tulevaisuudelle.

Kun vieraat olivat siirtyneet kaivostamuseon tiloihin, soitti Outokummun puhallinorkesteri kappaleen ”Isänmaalle”. Hyvän tavan mukaisesti miehet ottivat lakit päältään. Kappaletta seurasi fanfaari ”Marsalkan hopeatorvet”, jonka jälkeen Eero Mäkisen jälkeläiset leikkasivat näyttelyn avajaisnauhan. Tämän jälkeen vieraat pääsivät tutustumaan näyttelyyn itsenäisesti.

Näyttelystä siirryttiin kahvitilaisuuteen,



TkT **Kari Tähtinen** esitteli Vuorimiesyhdistyksen 80-vuotista taivalta.

jonka hoitivat Outokummun Martat perinteiseen karjalaiseen tapaan.

Seminaari korosti Eero Mäkisen vaikutusta suomalaiseen vuoriteollisuuteen ja siihen, miten hänen henkensä edelleen johdattaa sitä eteenpäin. Innovatiivisuus, modernisointi ja koulutus nähdään vieläkin ajavina voimina Suomen vuoriteollisuudessa. ▲

TEKSTI: ARTO HAKOLA JA KLAS SWANLJUNG KUVAT: VLADA DANKO

Vuorineuvos Eero Mäkinen -näyttely on esillä Outokummun kaivostamuseossa toukokuuhun 2025 saakka.

ESG-työkalu edistää yritysten kestäväää kehitystä ja riskienhallintaa

Ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen nähdään nyt liiketoiminnan suojeluna.

Yritysten kestävään kehityksen vaikutuksia seurataan nykyään entistä tarkemmin. EU:n yritysten kestävyysraportointidirektiivin (Corporate Sustainability Reporting Directive eli CSRD) mukaiset raportointivaatimukset koskevat jo suuryrityksiä. Vaikka pk-yrityksiä ei toistaiseksi vaadita raportoitmaan, alihankintaketjujen vastuullisuussitoumukset vaikuttavat niihin.

”Lähipuosina vastuullisuutta koskevien kyselyjen määrä pk-yrityksille tulee kasvaamaan. Tämä koskee esimerkiksi energian käyttöä, materiaalien alkuperää ja muita kestävyyskysymyksiä”, kertoo DIMECCin kestävä kehityksen asiantuntija **Lisbet Frey**.

Muutosta tuo myös uusi lähestymistapa eli kaksoisolennaisuus (Double Materiality), joka laajentaa perinteisen olennaisuusanalyysin käsittämään sekä taloudelliset että kestävyysnäkökulmat. Taloudellisen kannattavuuden ja sidosryhmien lisäksi kaksoisolennaisuus huomioi myös yrityksen vaikutukset ympäristöön ja yhteiskuntaan. Näin yritykset voivat arvioida sitä, miten niiden toiminta vaikuttaa esimerkiksi ilmastomuutokseen ja toisaalta selvittää, miten ilmastomuutos ja siihen liittyvät riskit vaikuttavat liiketoimintaan.

”Kestävä kehitys mukainen toiminta on nykyisin myös liiketoiminnan suojelua. Ilman riittävää varautumista esimerkiksi tulvat, myrskyt ja muut ilmastomuutoksen aiheuttamat häiriöt voivat vaarantaa toiminnan”, Frey sanoo.



Lisbet Frey



Mukaan pilotointiin keväällä

Suuryrityksen on entistä useammin arvioitava, voivatko nykyiset alihankkijat ja toimittajat jatkaa yhteistyökumppaneina. OP:n suuryritystutkimuksen mukaan 56 prosenttia suuryrityksistä on joutunut vaihtamaan alihankkijoitaan vastuullisuusvaatimusten vuoksi.

Uusi ESG-työkalu voi valmistaa pk-yrityksiä niitä koskeviin tulevaisuuden vaatimuksiin ja odotuksiin.

”Työkalun avulla yritykset voivat varautua alihankintaketjun toimijoille asetettuihin kysymyksiin ja vahvistaa asemaansa arvoketjussa, jossa vastuullisuusvaatimukset tiukentuvat”, Frey toteaa.

Uuden ESG-työkalun avulla yritykset voivat tarkemmin arvioida ja raportoida kestävä kehityksen vaikutuksiaan. Työkalu on parhaillaan pilotointivaiheessa. Mukaan haetaan erityisesti ICT- ja palvelualojen yrityksiä, mutta se on avoin myös muille aloille.

”Toivon, että pilotointiin saadaan monipuolinen joukko yrityksiä, sillä työkalun tavoitteena on auttaa yrityksiä noudattamaan CSRD:n vaatimuksia niin, että se on hyödyllinen ja käytännönläheinen”, Frey sanoo.

Rakennettu laajoja vaatimuksia ajatellen

ESG-työkalu on rakennettu CSRD:n laajat vaatimukset huomioon ottaen, ja se on yhdenmukainen ESRS-standardien kanssa.

”Työkalussa käsitellään koko sidosryhmäkenttä lähtien yrityksen sisäisistä resursseista ja arvoketjusta aina ulkoisiin vaikutuksiin kuten luonnon ja yhteisöjen näkökulmiin saakka”, Lisbet Frey kuvailee.

Työkalu sisältää viisi keskeistä moduulia, joiden avulla yritykset voivat kartoittaa sidosryhmänsä, analysoida riskejä ja vaikutuksia sekä sisällyttää kestävä kehityksen periaatteet strategiaansa.

Aivan ensimmäisenä ja tärkeimpänä askeleena Frey pitää sitä, että pk-yrityksissä määritellään selkeästi, kenelle vastuu kestävyteen liittyvistä asioista kuuluu.

”Usein tämä rooli on talousjohtajalla tai yritysvastuun asiantuntijalla, mutta pk-yrityksissä selkeä vastuun antaminen voi olla ratkaisevaa kestävä kehityksen vaatimusten täyttämiseksi ja arvoketjun vaatimuksiin vastaamisessa. Kun joku toimii asian omistajana ja seuraa dataa systemaattisesti, voidaan varmistaa yhdenmukaisuus ja tietojen korkea laatu. Tämä omistajuus mahdollistaa paitsi datan tarkan seurannan myös sen, että kestävyteen liittyviä asioita kehitetään pitkäjänteisesti”, hän korostaa.

Yhteistyötä Baltiassa

ESG-työkalun kehitystyön pääyhteistyökumppaneita ovat muun muassa työ- ja elinkeinoministeriö sekä Viron talous- ja viestintäministeriö, Viron valtiovarainministeriö, ympäristöministeriö sekä muita organisaatioita Baltiasta ja Puolasta. Se on osa Interreg Baltic Sea Region -ohjelmaa. Työkalu avataan kaikkien yritysten käyttöön vuoden 2025 loppuun mennessä. ▲

TEKSTI: KAISA KAUKOVIRTA

Lisätietoja:

Lisbet Frey
lisbet.frey@dimecc.com
+358 40 840 0082



SAKU VUORI
TOIMITUSJOHTAJA
METALLINJALOSTAJAT RY
P. +358 400 249085

Minne menet Yhdysvallat?

Donald Trumpin valinta toiselle presidenttikaudelle on herättänyt hyvää keskustelua ennakoimisen haasteista ja sokeista pisteistä. Yllätyksiä tulee varmasti jatkossakin, mutta Trumpin edelliseen kauteen, vaalikampanjassa esitettyihin linjauksiin ja asiantuntijoiden arvioihin perustuen voi varmaan tehdä joitakin arvioita siitä, mitä tuleman pitää. Yhdysvallat on nyt Suomen suurin vientimarkkina, joka kattaa 12,5 prosenttia tavara- ja palveluviennistä. Siten maan poliittiset linjaukset teollisuuden ja kaupankäynnin osalta ovat meille merkityksellisiä.

Suuntalinjoja

Trumpin ”Make America Great Again” -linja tähtää talouskasvuun ja työpaikkojen lisäämiseen Yhdysvalloissa, erityisesti teollisuudessa. Tämä protektionistinen politiikka asettaa Yhdysvaltojen omat edut etusijalle, tavoitteenaan vahvistaa maan asemaa ja taloudellista vaikutusvaltaa maailmassa. Ilmasto- ja energiapolitiikka ei varmaankaan tule muuttamaan tätä linjaa. Trump on johdonmukaisesti epäillyt ihmisen vaikutusta ilmastomuutokseen.

Trumpin suunnitelmissa on nimittää ulkoministeriksi senaattori Marco Rubio, joka on vastustanut ilmastomuutoksen torjuntatoimia ja korostanut muiden maiden, kuten Kiinan, osuutta päästöissä. He jakavat näkemyksen vahvistaa Yhdysvaltojen taloudellista asemaa ja suojella kansallisia etuja Kiinan epäoikeudenmukaisina ja aggressiivisina pitämiensä toimintatapojen edessä. Trump oli äänekäs Maailman kauppajärjestön (WTO) kriitikko koko presidenttikautensa ajan. Hän ei pitänyt WTO:ta riittävän tehokkaana organisaationa pitämään maita vastuussa kaupparikkomuksista. Tämän vuoksi Yhdysvallat joutui usein epäedulliseen asemaan, erityisesti Kiinan kauppakäytäntöjen osalta. Kriittisyys jatkuu ja se voisi parhaimmassa tapauksessa tuoda pontta epäilun kilpailun suitsimiseen WTO:n avulla.

Toimeenpano

Trumpin toinen kausi toisi todennäköisesti tullit ja veronalennukset takaisin keskiöön, mikä vaikuttaisi merkittävästi talouteen. Hän aikoo todennäköisesti vetää Yhdysvallat uudelleen Pariisiin ilmastosopimuksesta sekä mahdollisesti muista ilmastopöytäsoituksesta. Edellisellä kaudella Trump tuki kotimaisten fossiilisten polttoaineiden tuotannon laajentamista, öljyn- ja kaasunporausrajoitusten purkamista liittovaltion mailla sekä energiaomavaraisuuden edistämistä. Hänen hallintonsa löyhensi lukuisia ympäristömääräyksiä ja ajoi voimakkaampaa öljyn, kaasun ja hiilen hyödyntämistä talouskasvun tukemiseksi ja riippuvuuden vähentämiseksi tuontienergiasta. Tämä linja varmaankin jatkuu.

Kansainvälisissä suhteissa Trump suosii kahdenvälisiä sopimuksia ja arvostee niin perinteisiä liittosuhteita kuin globaalin tason järjestöjäkin. Tämä kahdenvälisten suhteiden painottaminen voi aiheuttaa jännitteitä Euroopan ja Yhdysvaltojen välille, sillä Trumpin hallinnon odotetaan tällä kertaa koostuvan henkilöistä, jotka jakavat hänen näkemyksensä yhtenäisesti. Se vauhdittanee päätösten toimeenpanoa ja poistaa mahdollisia pidäkkeitä tehdä isoja ja nopeita muutoksia. Perinteinen näkemys Yhdysvaltain sitoutumisesta Eurooppaan voi jäädä taka-alalle. Tämä vaikeuttaa Euroopan ja muiden valtioiden Trumpin politiikan ennakointia sekä siihen sopeutumista.

Vaikutukset

Talouskasvun ja teollisuuden kannalta Trumpin edellistä kautta voi pitää jonkinlaisena onnistumisena, ja Yhdysvaltojen piristynyt talous antoi vetoapua myös EU:n taloudelle. Vastaava vaikutus olisi tarpeen myös nyt. Toivottavasti sitä eivät laimenna Trumpin suunnittelemat merkittävät tullit, jotka voivat lisätä hintapaineita, häiritä kauppaa ja hidastaa myös globaalia talouskasvua. Korkeat tullit voisivat houkuttaa eurooppalaisia ja suomalaisia yrityksiä siirtämään tuotantoaan Yhdysvaltoihin, mutta saattaisivat myös johtaa vastatulleihin ja mahdolliseen kauppasotaan. Kiinan tavaravirrat voivat ohjautua myös yhä vahvemmin Euroopan markkinoille, ja tarve suojautua epäreilulta kilpailulta todennäköisesti kasvaisi edelleen.

Trumpin pyrkimys vähentää sääntelyä ja energiapolitiikan keskittyminen öljyyn ja kaasuun voivat myös vaikuttaa energian hintoihin ja markkinoihin maailmanlaajuisesti. Vaikka Yhdysvallat itse keventäisi sääntelyään, monet muut maat, erityisesti EU, säilyttävät kestävä kehityksen vaatimuksensa. Se avaa mahdollisuuksia eurooppalaisille ja suomalaisille yrityksille, jotka pystyvät tarjoamaan kestävästi tuotettuja ja laadukkaita tuotteita muutosten keskellä. On mielenkiintoista nähdä, toteuttaako hän aikomuksensa purkaa paljon investointeja liikkeelle laittanut Inflation Reduction Act -paketti, joka sisältää valtavia tukia vihreälle teollisuudelle sekä teknologialle ja on saanut useat hankkeet toteuttamaan investointinsa Euroopan sijasta Yhdysvalloissa. Tämä voisi parantaa mahdollisuuksia investointien toteutumisesta EU:n alueella.

Yhdysvaltojen irtiotot kansainvälisissä sopimuksissa tarkoittavat EU:n tarvetta lisätä omaa ilmastopolitiikan johtajuuttaan. Puhtaan teknologian kysyntä pysyy todennäköisesti korkeana Euroopassa, mikä voi tukea suomalaisia metalli- ja terästuottajia. Haasteet ovat silti suuria: Euroopan tulee pysyä yhtenäisenä ja kilpailukykyisenä, vaikka Yhdysvallat painottaisi protektionistisia ja kahdenvälisiä sopimuksia. Sauli Niinistön raporttia vapaasti referoiden: Yhdysvaltojen suunnasta riippumatta meidän on pärjättävä paremmin itse! ▲



PEKKA SUOMELA
TOIMINNANJOHTAJA
KAIVOSTEOLLISUUS R.Y.

Mineraalitalous kasvun tekijänä

Eurooppa on keskellä voimakasta muutosta, ja edessä on paljon työtä talouden kehittämiseksi ja oman linjan löytämiseksi. Viime vuosien suuret mullistukset, geopolitiikka ja erityisesti Venäjän aggressio Ukrainassa ja muuallakin ovat muuttaneet maailmankuvaamme. Yhdysvaltain presidentinvaalit ovat avanneet asetelman, jossa EU:n täytyy vahvistaa politiikkaansa – erityisesti teollisuuspolitiikkaa. Samalla on kirkastettava malli, jonka mukaisesti toimia Kiinan ja Yhdysvaltain rinnalla. Eurooppalainen talousjärjestelmä kaipaa tässä hetkessä piristystä, mutta myös rakenteellista uudistumista.

Materia-lehden numerossa 1/2024 kirjoitin Mineraalistrategiasta, jonka laatimisen Suomi aloitti tämän vuoden alussa työ- ja elinkeinoministeriön johdolla. Strategian luonnos on tätä kirjoitettaessa lausunnolla ja valmistunee vuoden vaihteessa. Suomen hallitus janoaa investointeja, ja mineraalitalous on yksi osa ratkaisua. Suomen on uudistettava talouttaan, houkuteltava investointeja ja luotava kasvulle kannusteita. Raaka-aineiden kriittinen merkitys ja geopolitiikan vaikutus päätöksentekoon vaativat tarkkaa harkintaa, mutta samalla ne avaavat runsaasti uusia mahdollisuuksia. Raaka-aineiden saatavuuden haasteet, talouden resilienssi ja vihreän siirtymän tavoitteet ovat keskeisiä teemoja, vaikka niiden toteutumisen aikataulu on yhä epäselvä.

Raaka-aineiden talous on syklinen, ja juuri nyt näemme heikon suhdanteen merkkejä koko teollisuudessa ja myös mineraalitaloudessa. Kaikki odottavat kasvua, mutta se ei toistaiseksi ole ottanut vauhtia. Brysselistä kuuluu kuitenkin uutisia. Toukokuussa voimaan tullut EU:n uusi kriittisten raaka-aineiden asetus eli CRMA pyrkii vähentämään riippuvuutta tuontiraaka-aineista ja edistämään kestävää kehitystä. EU:n komissio on kompastellut asetuksen täytän-

töönpanossa, mutta on selvää, että Brysselissä ollaan valmiita reip-paisiinkin päätöksiin. Suomesta on jätetty useita hakemuksia, joilla haetaan kaivoshankkeille EU:n todistusta CRMA:n mukaiseksi strategiseksi hankkeeksi.

EU:n aktiivisuus ei riitä, vaan meidän pitää myös aktivoitua täällä Suomessa. Mitä voidaan tehdä? Lupa-asioissa on havaittavissa varovaisen myönteistä kehitystä. Suomi uudistaa ympäristöpuolella teollisuuden lupamenettelyjä sekä rakentaa uuden viranomaisen, joka toteuttaa yhden luukun ajatusta. Kaivospuolella TUKES toki säilyy omana viranomaisenaan. Kokonaisuus vaikuttaa etenevän oikeaan suuntaan, vaikka hallinto-oikeudet ovatkin tiukentaneet kaivoslain tulkintoja viimeisten parin vuoden aikana. Kaivoshankkeiden lupakynnys on kuitenkin noussut vuosi vuodelta, ja päätöksenteko on hajautunut valtioneuvoston, eri keskusvirastojen ja kuntien välillä. Kukaan ei ota keskeistä roolia.

Kasvu tarvitsee toimenpiteitä käynnistyäkseen. Huono signaali investoinneille on, että kaivosverotus on kiristymässä. Järjestelmä on uusi, mutta epäselvä ja epävakaa eikä se noudata esimerkiksi OECD:n hyvän veromallin tavoitteita. Investoinneista kilpailtaessa verotuksen kiristäminen ei luo hyvää maakuva. Käyttöön otetun veromallin ongelma on siinä, että se ei kannusta luonnonvarojen mahdollisimman tehokkaaseen hyödyntämiseen eikä ole ympäristöllisesti kestävä.

Kaivostoiminnan myötä Suomeen on syntynyt kansainvälisesti menestyviä yrityksiä sekä huomattavaa tutkimusosaamista. On tärkeää huomata, että noin 90 prosenttia Suomessa louhituista metallimineraaleista jatkojalostetaan Suomessa esimerkiksi teräkseksi, kupariksi ja akkukemikaaleiksi. Mineraalistrategialle asetetaan suuria odotuksia. ▲



PERTTI VOUTILAINEN

Julkisuuden ykkösnimi

Vuodenvaihteessa on tapana laatia luetteloita päättyneen vuoden kansikuvahenkilöistä. Tällä kertaa voiton vie Vladimir Putin, joka omissa porukoissaan on ihailtu johtaja, mutta muualla halveksittu diktaattori. Kun tällä tavoin pääsee kilpailemaan kahdessa sarjassa, ei ole ihme, että julkisuudessa yhteenlaskettuna saa paljon mainintoja. Omat keuhvat ja muut moittivat. Valhe jyrää alleen totuuden, joka useimmiten jää meille tuntemattomaksi. Tunnettu venäläinen runoilija ja lauluntekijä Vysotski ilmaisi tämän asian kirjoittamalla, kuinka valheella on tapana pukeutua totuuden salapukuun.

Olin päättänyt tehdä kymmenen eniten julkisuutta saaneen henkilön listan, mutta tehtävä osoittautui liian vaikeaksi. Olen kuitenkin varma, että Trump kuuluisi Putinin seuraksi joukkoon. Tämä pieni näyte kertoo, että suurten valehtelijoiden osuus tässä joukossa voi olla suuri. Kukaan suomalainen ei voi tässä kisassa nousta kovin korkealle. Olemmehan pieni ja rehelliseksi tunnettu kansakunta.

Vuosi 2024 oli hyvä uutisvuosi. Paljon tapahtui sekä Suomessa että maailmalla. Siitä tarjonnasta mieleeni jäivät erityisesti seuraavat tapahtumat.

Joulun alla saimme kuulla, että suomalainen metsästyskoira oli Lapissa ylittänyt Venäjän rajan ja oli lähellä aiheuttaa diplomaattisen kriisin. Venäläinen media epäili, että koira oli Suomesta lähetetty naapurimaahan vakoilumatkalle. Parin päivän kuluttua koira kuitenkin palasi kotimaahan, ja epäilyt luvattomista teoista kuivuivat kokoon. Koiran omistaja kertoi olevansa onnellinen. Kenenkään en huomannut raportoineen koiran mielipiteistä. Luultavasti sekin oli onnellinen, kun oli päässyt pois Venäjältä takaisin kotiin. Vuoden paluumuuttajan arvon se hauva ansaitsee.

Suurten mediatapahtumien joukkoon pääsi myös raakkaturma, jossa suuri määrä jokihelmisimpukoita eli raakkuja menetti hengen, kun metsätyökone ajoi niiden asuinpaikkana olleen joen yli Kainuussa. Se oli valitettava tapahtuma, joka herätti kohtuuttoman paljon julkista keskustelua eduskuntaa myöten. Uskallan mielipiteenäni vanhaa sanontaa lainaten kirjoittaa, että ”ammuttiin tykillä hyttysiä”. Tapahtuma oli kovasti valitettava, mutta sen synnyttämä reaktio oli kohtuuton. Oppositio jopa vaati hallituksen eroa. Ainakaan minun luottamukseni poliittiseen päätöksentekoon ei vahvistunut. Kun maa taistelee suurten talousvaikeuksien kanssa, valitsemiem-

me edustajien pitäisi keskittyä isoihin asioihin. Niistä tärkeimpiä on muun muassa tuottavuuden parantaminen. Tämä vaatimus koskee myös eduskuntaa. Ei meille hyvin käy, jos koko ajan jääme muusta maailmasta jälkeen, koska liian paljon aikaa ja voimia uhrataan turhanpäiväiseen kinasteluun. Ryhtykäämme siis oikeisiin töihin.

Varmuuden vuoksi kerron tässä vaiheessa, että kaivoshenkilöille (mitä termiä nykyään pitänee tasa-arvon takaamiseksi käyttää) sanalla raakku on toinenkin merkitys. Se on sivukiveä, jota louhinnan yhteydessä syntyy. Se ei kelpaa jatkojalostukseen, mutta voidaan parhaassa tapauksessa hyödyntää tienrakennuksessa. Toivottavasti lukijat eivät ole vahingossa sekoittaneet näitä kahta merkitystä toisiinsa.

Kovasti hämmennystä herätti ainakin minussa keskustelu nikotiinipussien mausta. En ole tupakoitsija ja käsitykseni nikotiinin hyvästä ja huonoista puolista on rajallinen. Tästä huolimatta sanon, että pidän kovasti järjestöinä tällaisen asian politisointia. Ihmettelen, mitä se poliittisille päättäjille kuuluu, haiseeko nikotiinipussi puulle vai mansikalle. Eiköhän anneta kansalaisten itse päättää, mistä pitää.

Vihaksi pisti kun luin, että Hämeenlinnan kaupunki oli määrätty maksamaan koulutyölle 1500 euron korvaus siitä, että tämä joutui koulun järjestämässä konsertissa kuuntelemaan musiikkia, jossa oli uskonnollista sisältöä. Antakaa minun kaikki kestää. Jo on ollut hulluus huipussaan, kun tällainen päätös on tehty. Varmaan keskustelu Suvirren kieltämisestä on jälleen nousemassa esille. Eipä voi Suomea liberaaliksi maaksi kehua. Venäjän luokkaan olemme sananvapaudessa vajoamassa.

Siinäpä oli esimerkkejä lehtijutuista, jotka ihastuttivat ja vihastuttivat. Moni tarina jäi vielä kertomatta, kun eivät mukaan mahtuneet.

Mainitsematta ei kuitenkaan voi jättää USA:n presidentinvaaleja. Niitä seuraa koko maailma, ja monia miljardeja dollareita pannaan mainontaan, kun halutuinta henkilöä haetaan tärkeään virkaan. Näiden mainosdollareiden määrä ylitetään vain amerikkalaisen jalkapallon Super Bowl-loppuottelussa, jossa väliaikamainokset voivat maksaa jopa miljoona dollaria per sekunti. Iso maa, kalliit hovit.

Vaalit olivat tiukat, mutta väkivallattomat. En kuitenkaan vielä uskalla kommentoida lopputulosta ennen kuin näen, mitä siitä käytännössä seuraa. Vaaliveikkauksen joka tapauksessa hävisin. Kamala juttu. ▲



TUOMO TIAINEN

Kitkahitsauksen kimpussa, osa 1

Sanaan kitka liittyy yleensä hiukan negatiivinen pohjavire. Kitkan koetaan vastustavan liikettä ja kaikkea muutakin. Ihmissuhteisakin voi esiintyä kitkaa, eivätkä ne silloin yleensä ole parhaalla mahdollisella tolalla.

Kitkalla on paljon myös hyödyllisiä vaikutuksia. Se mahdollistaa auton pysymisen tiellä ja muita reippaamman lähdön liikennevaloista. Itsepidättävät kiilat ja niiden mainiot muunnokset eli ruuvit ja pultit muttereineen perustuvat kitkaan. Kitkan puuttumisen talviliukkailla huomaa helposti takalistossaan ja muuallakin.

Kitkallisten asioiden hankautuessa toisiaan vasten syntyy lämpöä. Kun lämpöä kehittyä tarpeeksi, sen avulla voi saada vaikka tulen syttymään. Kitkalämmöllä voidaan jopa liittää materiaaleja toisiinsa. Tähän perustuu kitkahitsauksen nimellä tunnettu metallien liittämismenetelmä.

Olennaista metallien kitkahitsauksessa on se, että liitos muodostuu kiinteässä tilassa. Tällöin vältetään metallien sulamiselta ja seostumiselta toisiinsa sekä jähmettymiseen ja jäähtymiseen liittyviltä ominaisuuksiin usein haitallisesti vaikuttavilta faasimuutoksilta. Liitoksen muodostumiseen osallistuvien metallien ominaisuudet voivat jopa parantua liitoksen lähiympäristössä.

Kitkahitsauksen vanhimpia muotoja on ns inertiakitkahitsaus. Se sopii erityisesti pyörähdyskappaleiden liittämiseen, esim. pyörötankojen päittäisliitoksiin. Liitettävistä pyörötangoista toinen lukitaan pyörimättömäksi kelkkaan, joka liikkuu johteilla tangon pituusakselin suunnassa. Toinen tangoista taas kiinnitetään paikallaan pysyvään, pituusakselinsa ympäri pyörivään istukkaan, joka on kiinni massiivisessa vauhtipyörässä. Istukassa olevan tangon pyörimisakseli on sama kuin pyörimättömäksi lukitun tangon keskiakseli niin, että tankojen päiden kohdatessa niiden keskiakselit ovat toistensa jatkeina.

Tankojen päiden ollessa erillään toisistaan vauhtipyörä ja samalla istukkaan kiinnitetty tanko kytketään pyörimään ja sen vauhti kiihdytetään halutun liike-energian tuottavaan pyörimisnopeuteen. Pyörimisnopeuden vakiinnuttua haluttuun arvoon pyöritys kytketään irti ja vauhtipyörä tankoineen pyörii vapaasti. Pyörimättömän tangon pää työnnetään kiinni pyörivän tangon päähän ja päät puristetaan vastakkain halutulla voimalla.

Vauhtipyörän liike-energian ansiosta pyörivän tangon pyörimisliike jatkuu ja tankojen päiden hankautuessa toisiaan vasten kitka kuumentaa molempien tankojen materiaalin tulevassa liitoskohdassa. Hankautuminen, kitka ja kuumeneminen jatkuvat, kunnes materiaalit pehmenevät ja plastisoituvat. Vauhtipyörän energian kuluttua loppuun ja pyörimisen pysähtyessä vastakkain puristetun tankojen päiden välille muodostuu ns. metallurginen liitos puristusvoiman ja plastisen muodonmuutoksen ansiosta.

Oikeilla parametreilla suoritettuna Inertiakitkahitsauksella on monia etuja. Kuumentuessaan plastisoituneet materiaalit virtaavat ulospäin tankojen keskiakselilta ja vievät mennessään alkuperäisillä pinoilla mahdollisesti olleet liitoksen ominaisuuksia heikentävät hapettumat ja muut epäpuhtaudet. Ne päätyvät liitoskohtaan muodostuvaan purseeseen, josta ne voidaan poistaa esim sorvaamalla. Näin syntyvä liitos on vapaa sen ominaisuuksia heikentävistä epäpuhtauksista.

Materiaalin kannalta katsottuna liittämistapahtuma on paikallista kuumamuokkausta, jossa materiaali rekristallisoituu välittömästi muodonmuutoksen jälkeen ja sen raekoko pienenee. Raekoon pienentyessä metallin lujuus ja sitkeys tunnetusti paranevat samanaikaisesti. Siten liitoksen läheisyydessä materiaalien nämä ominaisuudet voivat olla jopa alkuperäisten tankomateriaalien ominaisuuksia paremmat.

Kolmas etu on siinä, että kitkahitsauksella voidaan liittää toisiinsa hyvin erilaisia metalleja. Koska sulamista ei oikein suoritettussa liittämisyssä tapahdu, eivät liitettävät metallit pääse merkittävästi seostumaan ja muodostamaan liitoskohtaan sitä heikentäviä hauraita faaseja. Niinpä kitkahitsauksella voidaan liittää toisiinsa esim. kuparia ja alumiinia, joiden liittämistä sulahitsausta käyttäen on pitkään pidetty mahdottomana.

Menetelmän rajoituksena on sen soveltuvuus vain tiettyntyyppisten eli pyörähdyskappaleiden muotoja sisältävien komponenttien liittämiseen.

Sitten varsinaiseen asiaan. Saatuaani väitöskirjan valmiiksi ja selvittyäni hengissä väittelystä pääsin lähes välittömästi hoitamaan Oulun yliopistossa metalliopin apulaisprofessorin virkaa monipolvi-

sen virkanimitysketjun alimpana lenkkinä. Laitoksen laboratoriossa törmäsin ilmeisesti omana työnä rakennettuun inertiakitkahitsauslaitteeseen ja innostuin selvittämään sitä käyttäen erilaisten terästen liittämistä toisiinsa ja muodostuvien liitosten ominaisuuksia.

Akatemialle tehtiin projektihakemus, ja myönteisen päätöksen tultua värvättiin opintojensa loppuvaiheessa oleva opiskelija tekemään tutkimustyötä. Tutkittaviksi materiaaleiksi valittiin viisi eri teräslajia: luja rakenneräs, nuorrutusteräs, pikateräs, työkaluteräs ja ruostumaton teräs. Näitä hitsattiin itseensä ja toisiinsa kaikkina mahdollisina yhdistelminä ja kullekin liitostyypille haettiin parhaan tuloksen antavat parametrit. Kaikissa yhdistelmissä liitokset saatiin syntymään, mutta niiden ominaisuudet olivat vielä kysymysmerkkeinä.

Parhaista liitoksista koneistettiin koesauvoja sekä veto- että väsytykskokeisiin siten, että liitoskohta oli koesauvan koepituuden keskellä. Sauvat testattiin suoraan liitosprosessin jäljiltä ilman lämpö- tms. käsittelyä.

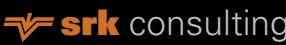
Vetokokeissa kaikki ns. mustien terästen liitokset olivat lujuudeltaan vähintään liitokseen osallistuneen heikomman perusaineen tasolla. Ruostumattoman teräksen ja lujuustasoltaan alempien mustien terästen liitokset täyttivät saman kriteerin, mutta pika- ja työka-

luteräksen ja ruostumattoman teräksen liitokset murtuivat toisinaan liitoskohtaan muodostuneesta valkoisesta martensiittisestä kerroksesta perusaineita alhaisemmillä lujuusarvoilla.

Väsytykskokeissa tulos oli samankaltainen: liitoksen sisältäneillä koesauvoilla mitatut väsymisarvot sattuivat lähes poikkeuksetta perusaineiden väsymislujuuskäyrien väliin. Korkeahiilisten mustien terästen ja ruostumattoman teräksen liitoksissa koepisteitä tipui myös alemman lujuustason teräksen väsymiskäyrän alapuolelle.

Näin kitkahitsauksen potentiaali hyvin erityyppisten terästen liittämismenetelmänä tuli todistetuksi. Tuloksia olisi todennäköisesti voinut vielä parantaa vaikeimpien liitostyyppien lämpökäsittelyllä hitsauksen jälkeen. Projekti aika ja rahatkin olivat kuitenkin jo melkein lopussa, joten loppuaika käytettiin Akatemian raportin kirjoittamiseen. Se voinee vielä yli neljän vuosikymmenen jälkeenkin löytyä Akatemian arkistoista tai ainakin kansalliskirjastosta.

Samaan aikaan suoritettiin laitteella Oulun yliopiston omana työnä alumiinin ja kuparin onnistuneita liitoskohteita sähkötekniisiin sovelluksiin. Kuva noista kokeista jäi itämään mielen pohjalle ja se pulpahti runsas vuosikymmen myöhemmin uudelleen pintaan kokonaan toisessa yhteydessä. Siitä enemmän tarinan toisessa osassa. ▲



Exploration through operations to closure

- Mineral Exploration Services
- Geology and Mineral Resources
- Scoping to Feasibility Studies
- Reserves Statements
- Mine Design and Planning
- Mining Geotechnics and Modelling
- Operations support
- Due Diligence and Audits
- Mineral Processing Support
- Mine Waste and Tailings Management (GISTM)
- Water Management, Modelling and Stewardship
- ESG Strategy Services
- Engineering of Decarbonisation

SRK Consulting Finland Oy
+358 (0) 401965214
info@srknordic.com
www.srk.com

1,700 PROFESSIONALS | 45 OFFICES | 6 CONTINENTS



Kattavat kenttäpalvelut malminetsinnän tarpeisiin

Kairauspaikkojen valmistelu maastossa

Puuston poisto ja väylien rakentaminen

Kairauksen valvonta ja tukitoiminnot

Kivinäytteiden varastointi ja kuljetus

Dronekuvaukset maastossa

Sertifioitu ympäristönäytteenotto

Lue lisää www.palsatech.fi

 **PALSATECH**

Ota yhteyttä:
info@palsatech.fi
040 180 5324



Kuva 1. Maatutkaluotauksen toimivuuden ja ilmapälin vaikutusten testausta talviolosuhteissa vedenalaisten rakenteiden mittaamisessa

Oulun yliopiston Mittaustekniikan yksikkö kehittää mittausteknologian sovellutuksia teollisuuden tarpeisiin

Kaivosteollisuus kehittää toimintaansa tavoitteenaan tehokkaammat prosessit ja ympäristövaikutusten ennakointi ja hallinta. Kainuussa toimivien TKI-organisaatioiden muodostama CEMIS on mittausteknologiaan ja dataosaamiseen erikoistunut tutkimus- ja koulutuskeskus, johon kuuluvalla Oulun yliopiston Mittaustekniikan yksiköllä on pitkä kokemus monitorointi- ja mittausratkaisujen kehittämisestä teollisuuden prosesseihin, mm. vesienhallintaan.

Kestävä kaivannaisala on yksi Kainuun kärkitoimialoista matkailun, biotalouden ja teknologiateollisuuden lisäksi. Kajaanissa mittausteknologia, suurteholaskenta ja datakeskukset ovat teknologiateollisuuden tärkeitä kasvun kärkialoja. Yritysten ja TKI-toimijoiden yhteistyö mahdollistaa uusien ratkaisujen ja innovaatioiden tuottamisen esimerkiksi vesienhallintaan. Mittaustekniikkaan ja da-

taosaamiseen erikoistunut CEMIS (Centre for Measurement and Information Systems) kokoaa yhteen Kainuussa toimivat TKI-organisaatiot: Oulun yliopiston Mittaustekniikan yksikön (MITY), Kajaanin Ammattikorkeakoulun, Jyväskylän yliopiston liikuntateknologian Vuokatin yksikön, CSC – Tieteen tietotekniikan keskuksen ja VTT MIKESin.

Oulun yliopiston Mittaustekniikan yksiköllä on vahva osaaminen ja tutkimusinfra-

struktuurit sähkökemian, sensoreihin, optiseen spektroskopiaan sekä kuvantamiseen perustuvien monitorointi- ja mittausratkaisujen kehittämiseksi teollisuuden tarpeisiin. Yksikkö kehittää reaaliaikaisia ja jatkuvatoimisia mittaussjärjestelmiä, jotka mahdollistavat teollisten prosessien ja vesien laadun luotettavan seurannan. Yksikön tiloissa Kajaanin Yliopistokeskuksessa on tarjolla monipuoliset laitteet ja laboratoriot laiteprototyyppien rakentamiseen ja testaamiseen.

Vesiosaamisen vahvistamista Itä- ja Pohjois-Suomessa

Arctic Water Excellence -hankkeella (AWE) vahvistetaan vesialalla toteutettavaa alueellista erikoistumista sekä yhteistyötä Itä- ja Pohjois-Suomen alueella. Hanke toteuttaa Itä- ja Pohjois-Suomen yhteisen älykkään erikoistumisen strategisia valintoja, joita ovat puhtaat teknologiat ja vähähiiliset ratkaisut, ICT ja digitalisaatio sekä innovatiiviset tek-

nologiat ja tuotantoprosessit.

AWE-hankkeen tavoitteena on edistää uusia teknologiaratkaisuja sekä niiden pilotointia ja jalkautumista käytäntöön erityisesti vesi-intensiiviseen teollisuuteen sekä vesihuoltosektorille yhteistyössä tutkimuslaitosten, alalla toimivien yritysten sekä teollisuuslaitosten kanssa. Kainuun osuus AWE-hankkeessa on tuoda vahvaa mittaus- tekniikan osaamista hankkeen osapuolien käyttöön. Hankkeessa pilotoidaan sulfaatin talteenottoa, ja näihin pilotointeihin MITY tuo sulfaatin pitoisuuden mittauksen ratkaisuja. Lisäksi Kajaanissa keskitytään kehittämään ja optimoimaan uutta ja nopeampaa mittausratkaisua teollisuuden prosessien mikrobien laadunvalvontaan sekä raskasmetallien mittauksiin.

AWE-kokonaisuutta koordinoi Savonia Ammattikorkeakoulu. Osatoteuttajina toimivat MITYn lisäksi GTK, THL, XAMK, LUT, KAMK, Oulun yliopiston Kuitu- ja partikkelitekniikan yksikkö sekä VTT. Lisäksi mukana on viisi kaivannaisteollisuuden yritystä sekä muita yrityskumppaneita mittaustekniikan ja kiertotalouden sektoreilta. Hankkeen kustannusarvio on 3,2 M€. Rahoittajina ovat Pohjois-Savon, Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan ja Etelä-Savon maakuntaliitot Euroopan aluekehitysrahaston EAKR-rahoituksella.

Uusia teknologioita uomien ja kaivosaltaiden kartoitukseen

Uomakartoituksissa droonien käyttö vähentää ympäristökuormitusta, helpottaa jokiuomien ennallistamishankkeiden suunnittelua ja vaikutusten seuranta. UOMARI-hankkeessa kehitetään ja pilotoidaan elinkeinotoiminnan ympäristöhaittojen ja -riskien vähentämiseen liittyviä droonipohjaisia mittaus- ja kuvantamisratkaisuja mm. kaivosteollisuuden tarpeisiin. Ryhmähankkeen toteuttajia ovat koordinaattorina toimiva GTK, Oulun yliopiston Mittaustekniikan yksikkö, Suomen ympäristökeskus sekä MML:n Paikkatietokeskus. Päärahoittaja on Pohjois-Pohjanmaan liitto Pohjois-Suomen ylimaakunnallisella ympäristö-EAKR-rahoituksella. Hankkeessa on mukana myös useita yrityksiä.

Hankkeessa pilotoidaan monen eri kuvantamismenetelmän hyödyntämistä alarakenteiden kuntotutkimuksessa sekä kaivannaisteollisuuden ympäristövaikutusten selvittämisessä eri vuodenaikoina ja erityyppisissä kohteissa kuten kaivoksissa, kaivosten ja voimalaitosten alapuolisissa virtavesissä sekä luonnonmaisuuksissa uomissa. UOMARI-hankkeessa vertaillaan droonimittaus-



Kuva 2. Drooni-maatutka-yhdistelmä UOMARI-hankkeen testausmittauksia varten

järjestelmillä ja perinteisillä mittaustavoilla saatuja testiaineistoja sekä tutkitaan niiden hyödynnettävyyttä muun muassa jokiuoma- ja kaivannaisteollisuusalueilla.

Esimerkkinä kenttätestauksesta on talven 2023 aikana pakkasolosuhteissa tehty tutkimus Kajaanissa Nuasjärvellä maatutkaluotausta käyttäen. Testauksen tavoitteena on selvittää maatutkan toimintakelpoisuutta vedenalaisten rakenteiden mittaamiseen ja havainnoida ilmajärvien vaikutusta maatutkadataan. Lisäksi laajempaan tavoitteena on selvittää tutkan kykyä mitata lumen ja jään ominaisuuksia. Tutkimus toteutettiin kytkemällä maatutka moottorikelkan sivulle telineelle, jonka avulla maatutkan ja jään välistä ilmajärvä voititiin säätää. Testauksen aikana maatutka kulki moottorikelkan sivulla, jolloin mittaukset voititiin tehdä koskemattomaan pintaan (kuva 1). Mittaustuloksien perusteella voidaan päätellä, että drooneilla on mahdollista toteuttaa maatutkamittauksia. Testaukset jatkuvat, ja maatutkamittauksia tullaan testaamaan esimerkiksi kuvan 2 esittämällä drooni-maatutka -yhdistelmällä.

Modifioimalla aiempia mittaustapoja moderniin drooniympäristöön voidaan saavuttaa huomattavia etuja: saadaan tarkkaa paikannustietoa sekä ajallisesti nopeita ja laaja-alaisia mittauksia monentyyppisistä maastoista ja epätasaisista kohteista.

Yhteistyö teollisuuden kanssa mahdollistaa pilotoinnit

Kainuu on hyvä ympäristö teollisuudessa tehtäviin pilotointeihin, koska alueella on vahvaa kaivannaisteollisuutta, yhteistyö-



Kuva 3. Kajaanin Yliopistokeskuksessa on tarjolla monipuoliset laitteet ja laboratoriot laiteprototyypin kehittämiseen ja testaamiseen. Kuva esittää MITY:ssä tehtyjä kenttäkäyttöisten mittalaitteiden prototyyppejä.

kumppaneita sekä globaaleille markkinoille mittaustekniikkaa ja automaatiopalveluita tarjoavaa teollisuutta.

Laajan yritysverkoston ansiosta mitalaiteratkaisujen testaus ja demonstrointi todellisissa teollisuuskohteissa on mahdollista. Tavoitteena on muiden tutkimuslaitosten ja yritysten kanssa kehittää kaupallistettavia mittausratkaisuja. Esimerkiksi vuonna 2023 päättyneessä ARMINE-hankkeessa kehitettiin nopea ja kustannustehokas mittausratkaisu pienten arseenipitoisuuksien määrittämiseen kenttäolosuhteissa. Lupaavalle mittausratkaisulle haetaan seuraavaksi rahoitusta jatkokehitykseen ja kaupallistamisen valmisteluun Business Finlandin Research-to-business instrumentin kautta. ▲

TEKSTI: NIINA AHTONEN, MATTI HÄRKÖNEN, KYÖSTI KARTTUNEN, JARKKO RÄTY

OIKAISU Materia-lehden painetussa numerossa 4/2024 on sivun 68 artikkelin kuvan 1 tilalle vaihtunut lopullisessa taitossa väärä kuva. Virhe on korjattu numeron verkkoversioissa. Tässä koko artikkeli oikea kuvan kera.



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Vuosi 2024 päättyy aivan pian, ja Materia-lehti ilahduttaa lukijoitaan vuoden viimeisellä numerollaan ilmestyen sopivasti joulun alla. Vuoden 2024 aikana on saatu päätökseen useita yhdistyksen toiminnan kehittämisen projekteja. Näistä suurimmat ja näkyvimmat olivat uuden brändi-ilmeen lanseeraaminen sekä uuden ilmoittautumisjärjestelmän käyttöönotto. Vaikka uuden ilmoittautumisjärjestelmän tulokaste ei ollut täysin ongelmaton, odotuksemme mukaan uusi järjestelmä tulee helpottamaan Vuorimiespäivien ilmoittautumisjärjestelyjä jähkä ilmoittautumislomaketta viilataan vielä hieman paremmaksi. Toisaalta yhdistyksen brändiuudistus otettiin laajalti positiivisesti vastaan. Tärkeimpiä brändinkirkastuksen mukanaan tuomia uudistuksia oli yhdistyksen verkkosivujen uusiminen, jonka myötä sivuille on saatu kauan kaivattu tapahtumakalenteri. Kalenterin tavoitteena on kattaa kaikki yhdistyksen ja sen sidosryhmien tärkeimmät tapahtumat. Mikäli siis kalenterista puuttuu jokin tärkeä tapahtuma, siitä voi ilmoittaa pääsihteerille tai webmasterille.

Kuten aina loppuvuodesta, Vuorimiespäivien järjestelyt etenevät jo kovaa vauhtia. Kutsuhaitari lähetetään nopeasti vuoden vaihteen jälkeen, joten voit odottaa sen kilahtavan positiivisesti jo melko pian! Itse Vuorimiespäivien osalta järjestelyt eivät juurikaan ole muuttuneet. Merkittävimpänä muutoksena on siirtyminen pois erillisestä tapahtuma-alustasta siten, että vastaavat tiedot löytyvät jälleen yhdistyksen kotisivuilta. Vuorimiespäivien tapahtumasivu pitää edelleen sisällään paljon tietoa, joka on suunnattu pelkästään yhdistyksen jäsenille. Tämän takia linkki tapahtumasivulle löytyy pelkästään kutsuhaitarista, Vuorimiespäivien sähköpostitiedotteista sekä uutena lokaationa jäsenrekisteristä sisäänkirjautumalla. Tarkemmat ohjeet lähetetään erikseen.

Nyt voimme hetkeksi rauhoittua joulun viettoon, ja pian vuoden vaihteen jälkeen voi alkaa todenteolla sen toisen joulun eli Vuorimiespäivien odotus!

Rauhallista joulunaikaa ja menestyksestä uutta vuotta 2025 toivottaen,

TED NUORIVAARA
PÄÄSIHTEERI

LEENA K. VANHATALO



Kaivosteollisuuden kemikaalit

B BRENNTAG

Brenntag Nordic Oy kuuluu Brenntag-konserniin, joka on kemikaalijakelun globaali markkinajohtaja. Kaivosteollisuudessa Pohjoismaissa hyödynämme globaalia osaamistamme ja kokemustamme.

Päätuotteet

- Aktiivihielet
- Ditiiofosfaatit
- Jauhinkuulat (myös kromiseosteiset)
- Kupari- ja sinkkisulfaatti
- Pölynestoaineet
- Kokooja-, painaja-, vaahdotus-, aktiivointi- sekä pH-säätökemikaalit rikastukseen
- Prosessivesien käsittelykemikaalit

Palvelut

- Kemikaalitestaukset ja konsultaatio
- Varastointi- ja logistiikkapalvelut

Yhteystiedot

Brenntag Nordic Oy
Mikko Kähäri
puhelin 040 708 7006
mikko.kahari@brenntag.fi

www.brenntag.com

VUORIMIESYHDISTYKSEN TOIMIHENKILÖITÄ 2024



VUORIMIESYHDISTYS

PUHEENJOHTAJA

DI Pentti Vihanto, 050 539 0314
etunimi.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

VARAPUHEENJOHTAJA

DI Hannele Vuorimies, 040 187 6060
etunimi.sukunimi@metso.com

PÄÄSIHTEERI/ Secretary General

TkT Ted Nuorivaara
Vernonrinne 22 B1, 00370 Helsinki
050 344 1879
ted.nuorivaara@vuorimiesyhdistys.fi

Vt. WEBMASTER

Otto Kankaanpää 040 555 9260
etunimi.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

RAHASTONHOITAJA/Treasurer

DI Leena K. Vanhatalo, 050 383 4163
leena.sukunimi@vuorimiesyhdistys.fi

GEOLOGIJAOSTO

FM Mikko Numminen, pj 040 582 6657
mikko.numminen@copperstone.se
FM Anna Alhoke, sihteeri,
040 649 7706
etunimi.sukunimi@agnicoeagle.com

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO

DI Jussi Saavalainen, pj, 040 869 0519
etunimi.sukunimi@forcit.fi
DI Ulla Sipola
sihteeri, 040 031 8955
etunimi.sukunimi@sitowise.com

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/

DI Joakim Colpaert, pj, 045 317 5198
etunimi.sukunimi@indurad.com
M.Sc. (YAMK) Elisa Patrikainen, sihteeri,
045 609 5337
etunimi.sukunimi@endress.com

METALLURGIJAOSTO/

DI Miikka Marjakoski, pj, 040 085 7521
etunimi.sukunimi@metso.com
TkT Iina Vaajamo, sihteeri, 050 536 3143
etunimi.sukunimi@metso.com

<https://vuorimiesyhdistys.fi/yhteystiedot/>

Tulevaisuus on sähköinen



United. Inspired.

Boomer E20 SG - akkukäyttöinen tunnelinporauslaite

Olemme johtamassa kehitystä kohti kestävämpää kaivostoimintaa hyödyntäen akkukäyttöisiä, nollapäästöisiä kaivoslaitteita.

- Puhtaampi, terveellisempi ja turvallisempi työympäristö
- Pienempi ympäristöjalanjälki

Kysy lisää!



epiroc.com



**Reduce CO₂
by tens of
thousands
of tons?**

**ENDURON®
HPGR**

WEIR

Copyright © 2021 Weir Minerals Australia Ltd.
All rights reserved.

The answer is Enduron®

We all know HPGR technology exists. Why have we not moved to a more sustainable approach? The Enduron® HPGR uses up to 40% less energy without grinding media, compared to traditional solutions. Combined this could reduce your CO₂ by tens of thousands of tons annually. Plus, with our exclusive skewing and bearing system, you'll increase your mine's performance, reliability and efficiency. The real question isn't why should you make the switch, it's why not?

Make the switch to Enduron® HPGR.
Visit enduronhpgr.weir to find out more.