

materia

4•2007

Geologia ~ Kaivos- ja prosessitekniikka ~ Metallurgia ~ Materiaalitekniikka



Urheilu- ja muiden arkipäivän materiaalien kehityksestä ja käytöstä sisäsivuilla.

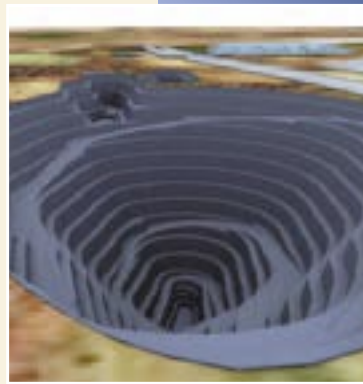


Materiaalitekniikka on keskeinen alue hyvinvoinnissamme

Kittilän kultakaivos

- Kittilän Suurikuusikkoon alettiin kesällä 2006 rakentaa yhtä Euroopan suurimmista kultakaivoksista
- Toiminta käynnistyy vuoden 2008 puolivälissä
- Tunnetut louhittavat malmivarat 16 milj. tonnia, kultapitoisuus 5,1 gr tonnissa
- Vuosituotanto noin 5.000 kg kultaa
- Toiminta-aika vähintään 15 vuotta
- Investoinnin suuruus noin 135 milj. dollaria
- Työllistää noin 200 kaivosalan ammattilaista

Kittilän kaivoksen omistaa kanadalainen Agnico-Eagle Mines Limited, joka on harjoittanut kaivostoimintaa Kanadassa jo yli 30 vuoden ajan. Yhtiön pääkaivos LaRonde Quebecissa on Kanadan suurimpia kultakaivoksia ja yhtiöllä on useita kultakaivosprojekteja Kittilän lisäksi myös Kanadassa, Meksikossa ja Yhdysvalloissa. Ympäristön suojeleminen ja turvallisuus ovat yhtiön toiminnan peruspilareita.



Agnico-Eagle Finland

Kittilän kaivos

Pakatie 371

99100 Kittilä

Puh. (016) 642 238

Fax (016) 642 240



Agnico-Eagle Mines Limited

European corporate office

Westendintie 1 A

02160 Espoo

Puh. (09) 4247 3664

Fax (09) 4247 3648

e-mail: etunimi.sukunimi@agnico-eagle.com

www.agnico-eagle.com

Ready for take-off



The Rocket Boomer E-series. A new face drilling rig that features the super-fast prize-winning COP 3038 rock drill. It also introduces the BUT 45, a superb new boom that reduces hole deviation, provides extra large coverage area and slashes positioning time between holes by 50%. The result?

A winning combination that significantly cuts tunnelling costs and leads to real operational economy.

Committed to your superior productivity.

Oy Atlas Copco Louhintatekniikka Ab

Tuupakankuja 1, 01740 Vantaa

Phone: +358 (0)9 296 442

Fax: +358 (0)9 2964 218

www.atlascopco.fi, louhinta@fi.atlascopco.com

Atlas Copco

Päätoimittajalta Lukijalle

Tekesin toimialajohtaja *Lauri Ala-Opas* valottaa pääkirjoituksessaan "Shokkihoitoa materiaalitutkimukseen" valtakunnassa tapahtuvaa aktiivista vaihetta tutkimuksessa ja kehityksessä. Muodostavathan materiaalit erilaisine ominaisuuksineen perustan koko alamme toiminnalle. Materiaalien kirjo on valtava, mm. teräksiä löytyy markkinoilta yli 3000 lajia. Tässä numerossa keskitymme lähinnä valaisemaan miten epäorgaaniset materiaalit, ja niistäkin pääsääntöisesti metallit, vaikuttavat jokapäiväiseen elämäämme. Toimitusneuvostomme jäsen, professori *Veikko Lindroos* on professori *Simo-Pekka Hannulan* avustamana laatinnut materiaaliosion menun. Siitä kiitos.

Toisaalla lehdessä professori *Hannula* esittää FACTEn materiaalitekniikan asiantuntijaryhmän puheenjohtajan ominaisuudessa, yhdessä ryhmän sihteerin *Eero Haimin* kanssa, mielenkiintoisen selonteon otsikolla "Materiaaliosaaminen – kansakunnan menestyksen perusta."

Materiaalitekniikan osaston 60-vuotisjuhliissa nuoret olivat pääosassa. Nuorten tutkijoiden juhlaseminaarissa esitettyjen esitelmien perusteella voidaan todeta alan tulevaisuuden olevan hyvissä käsissä.

Materiaalitekniikka on keskeinen alue meidän kaikkien hyvinvoinnissa. Se on myös tärkein lehtemme kohdealueista.

Materiaalitekniikka, kuten kaikki muut teknologia-alat, tarvitsee määrättyt puitteet toimiakseen ja kehittyäkseen. Mittaustekniikan keskus MIKES on tutkimus- ja kehitystoiminnan korvaamaton yhteistyöpartneri. Materiaalien metrologia on ripeästi kasvava metrologian alue. MIKES on uuden toimitalonsa ansiosta profiloitunut osana Otaniemen tiede- ja teknologiayhteisöä, mutta on edelleen myös monelle alan ihmisellekin tuntematon suuruus. Jo SI-järjestelmän seitsemän perusyksikön läpikäynti herättää lukijassa terveen kunnioituksen tutkimuskeskuksen toimintaa kohtaan. Vai mitä? ▴



Sivuilla

- 5 *Lauri Ala-Opas*: SHOKKIHOITOA materiaalitutkimukseen
 6 *Raimo Levonmaa*: Ruostumaton teräs pitää sinut hengissä
 9 *Hekki Kuisma*: Mekaanisia antureita piistä
 14 *Martti Paju, Mauri Veistinen*: NEO-magneetit arkipäivässä
 16 *Ilkka Aaltio, Simo-Pekka Hannula*: Uudet urheilumateriaalit
 20 *Peter Sandvik*: Maailman monipuolisin materiaali
 22 *Tuija Kaunisto, Minna M. Keinänen-Toivola, Marja Luntamo*: Materiaalit ja juomavesi
 26 *Bo-Eric Forstén*: Tarkan mitan ihmeellinen talo;
 27 Metrin tarkkuudella; Mikä MIKES?
 28 MIKES pitää teollisuuden toimintaedellytykset ajan tasalla;
 29 SI-järjestelmän seitsemän perusyksikköä
 31 *Eero Haimi, Simo-Pekka Hannula*: Materiaaliosaaminen – kansakunnan menestyksen perusta
 34 Vieras kynä: *Toni Eerola*: Onko kivi "sosiaalinen konstruktio"?! ▽

Tiede & Tekniikka

- 38 *Markku Tilli*: Puhdas pii – puolijohteiden, antureiden ja aurinkokennojen raaka-aine
 43 *Juho Hukka*: Arseniikkiisu
 44 *Bo-Eric Forstén*: Nuoret tähdet loistivat – Lafka 60 v
 48 Juhlaseminaarin esitelmäreferaatit
 51 *Mikko Tontti*: Pintaa syvemältä
 53 *Leila Teräsalmi-Sovijärvi*: Teknillisen korkeakoulun juhlavuosi 2008
 55 *Ari Juva*: Materia08 – Metallinjalostajat voimalla mukana messuilla

Inside Out

- 56 *Kalevi Nikkilä*: Pääsihteeriltä
 57 *Seija Aarnio*: Vuorinaiset taidemuseossa ja teatterissa vuoden varrella
 58 *Eila Karhu*: Professori Gabor Gaál sai arvostetun Eskola-mitalin



VTI:n puhdashuoneesta Vantaalla lähtee yli 20 miljoonaa anturia vuodessa. Sivut 9–13. Kuva VTI.

ILMOITUSMARKKINOINTI/ Advertising Marketing

Västra Nyland Ab, **Nina Melén**,
Torikatu 1-3, 10300 Karjaa,
019-278801 fax 019-230240
nina.melen@vastranyland.fi

PAINO/Printing house

Tammisaaren Kirjapaino Oy,
Tammisaari
Levikki 2900 kpl, 4 numeroa
vuodessa, 64. vuosikerta
ISSN 1459-9694

OSOITTEENMUUTOKSET & TILAUKSET Changes in address & Prenumerations

Ulla-Riitta Lahtinen, 0400-456 195
[u-r.lahtinen\(at\)vuorimiesyhdistys.fi](mailto:u-r.lahtinen(at)vuorimiesyhdistys.fi)

ILMESTYMISAIKATAULU 2008

Coming out

Materiaalin sisäänjättoaika

	Ilmoitusvaraukset	Postitus
No. 1	21.12.07	11.2.08
No. 2	17.03.	12.05.
No. 3	02.06.	18.08.
No. 4	22.09.	19.11.

- 58 **Kaivos- ja louhintajaosto:**
Mari Teikari: Mainarit matkalla
- 60 **Metallurgijaosto, Alex Lagerstedt:**
Metallurgijaoston keskusteluilta
- 62 VMY:n toimihenkilöt 2007
- 62 *Ulla-Riitta Lahtinen:* Uusia jäseniä;
Osta kravatti!
- 62 Ohjeita kirjoittajille
- 63 Palveluhakemisto
- 64 Joukko Tosikkoja

KANSI Alinghi-joukkueen Americas Cup -vene
(julkaistu Alinghi Median luvalla), laskettelukuva,
Suomen Hiihtoliiton luvalla, sivut 16-19. Kiipeily-
kuva, kts. sivut 6-8.



JULKAISIJA / Publisher

VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.
Materia-lehti kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessitekniikka ja metallurgia sekä materiaalin valmistus ja materiaalitekniikan erilaiset sovellutukset. Lehden alkuosa painottuu alan ja yritysten ajankohtaisiin asioihin. Tiede & Tekniikka -osa keskittyy tutkimuksen ja kehitystyön tuloksiin.

Materia magazine covers all areas of technology in the mining and metallurgical field, from geology and geophysics to mining, process technology, metallurgy, manufacturing and various materials technology applications. The first part of the magazine focuses on what's happening in the field and the companies involved while the R&D section concentrates on the results of research and development.

PÄÄTOIMITTAJA/ Editor in chief

Prof. **Jouko Härkki**, [jouko.harkki\(at\)oulu.fi](mailto:jouko.harkki(at)oulu.fi)
Oulun Yliopisto, Prosessimetallurgian
laboratorio, PL 4300, 90014 Oulu, 08-553 2424
fax 08-553 2339, 040-521 5655

T&T-TOIMITTAJA, Editor, R & D

DI **Harri Lehto**, [harri.lehto\(at\)outotec.com](mailto:harri.lehto(at)outotec.com)
Outotec, Riihitontuntie 7, PL 84, 02201 Espoo
020 529 2727, fax 020 529 2998, 040-518 0288

TOIMITUSNEUVOSTO/Editorial Board

TkT **Kari Tähtinen** pj/chairman
[kari.tahtinen\(at\)maxinetti.fi](mailto:kari.tahtinen(at)maxinetti.fi)
Vanhaväylä 29 D, 00830 Helsinki
0400-559 442

DI Kauko Ingerttilä, [kauko.ingerttila\(at\)gtk.fi](mailto:kauko.ingerttila(at)gtk.fi)

GTK, Mineraalitekniikka
020 5505801 fax 013-557 557

DI Erja Kilpinen, [erja.kilpinen\(at\)nordkalk.com](mailto:erja.kilpinen(at)nordkalk.com)

Nordkalk Oyj Abp
0204 55 3993 fax 0204 55 3901, 0400-814 156

Prof. (emer.) Veikko Lindroos,

[veikko.lindroos\(at\)hut.fi](mailto:veikko.lindroos(at)hut.fi)
TKK, Materiaalitekniikka
09-451 2673 fax 09-451 2677, 050-550 2673

DI Matti Palperi, Ulvilantie 11b D 108,

00350 Helsinki, 09-565 1221

TkL Rauno Sippel, [rauno.sippel\(at\)svy.info](mailto:rauno.sippel(at)svy.info)

Suomen Valimotekninen yhdistys ry
040-760 1520 fax 03-7669 736

FL Mikko Tontti, [mikko.tontti\(at\)gsf.fi](mailto:mikko.tontti(at)gsf.fi)

Geologian tutkimuskeskus GTK
020 550 2382 fax 020 550 12

TOTEUTTAVA TOIMITUS/Editorial staff

L & B Forstén Öb Ay, [l-b.forsten\(at\)co.inet.fi](mailto:l-b.forsten(at)co.inet.fi)
Bo-Eric Forstén, Leena Forstén (**ulkoasu**)
PL 45, 10601 Tammisaari
019-2415604, 0400-875807

OUTO KUMPU



Kunnioita luontoa – niin mekin teemme.

Katso ympärillesi niin näet ruostumatonta terästä. Metallia, joka kestää korroosiota, on kaunis ja hygieeninen sekä sataprosenttisesti kierrätettävää. Ruostumaton teräs on tämän päivän ja huomisen metalli.

Tämä ainutlaatuinen materiaali yhdistettynä Outokumpun asiantuntemukseen ja vastuuseen ympäristöstä antaa asiakkaillemme kilpailuedun. Se on lupauksemme, johon voi luottaa ja vahvuus, joka auttaa menestymään.

Outokumpu on kansainvälinen ruostumattomaan teräkseen keskittyvä yhtiö. Visionamme on olla kiistaton ykköinen ruostumattomassa teräksessä ja perustaa menestyksemme toiminnalliseen erinomaisuuteen. Useilla eri aloilla toimivat asiakkaamme ympäri maailmaa käyttävät ruostumatonta teräkstämme ja palvelujamme. Niiden avulla autamme asiakkaitamme saavuttamaan kilpailuetua.

**OUTO
KUMPU**

www.outokumpu.com

SHOKKIHOITO materiaalitutkimukseen



Lauri Ala-Opas

MATERIAALITEKNIikka on ollut Tekesin strategisena panostuskohteena toiminnan alusta lähtien. Ensimmäisen teknologiaohjelmajakson hankkeista peräti puolet liittyi materiaalitekniikkaan.

Epävirallisen arvion mukaan materiaalitekniikan eri osa-alueille kohdistuneita Tekesin teknologiaohjelmia on vuosien saatossa ollut noin 25. Näihin ohjelmiin on käytetty yritysten ja Tekesin rahoitusta yhteensä noin 400 M€. Keväällä käynnistynyt Toiminnalliset materiaalit -teknologiaohjelma on tähän mennessä Tekesin mittavin panostus materiaalitekniikan alueella. Se luo hyvät puitteet alan pitkjänteiselle materiaalitekniikan tutkimukselle aina vuoteen 2013 saakka. Nanotekniikkaan (FinNano) ja metallurgiaan (NewPro) liittyvät ohjelmat jatkavat edelleen toimintaansa muutaman vuoden.

TEOLLISUUS on kokenut suomalaisen tutkimusjärjestelmän sirpaleiseksi. Väitetään, että tutkimusryhmät ovat verrattain pieniä ja hajallaan ympäri Suomea. Onko näin myös materiaalitekniikan tutkimuksessa? Epävirallisen

arvion mukaan Suomessa on noin 250 alan tutkimusryhmää, jotka panostavat vuosittain materiaalitekniikan tutkimukseen noin 2 500 henkilötyövuotta ja noin 200 M€ rahaa. Tutkimusryhmän keskimääräinen vuosibudjetti olisi noin 1 M€/tutkimusryhmä. Jos nämä luvut ovat edes osapuilleen oikein, niin voitaneen ainakin tutkimuksen sirpaleisuuden osalta todeta, että teollisuuden väitteille olisi perusteita.

TIEDE- JA TEKNOLOGIANEUVOSTO on halunnut tarttua tähän ongelmaan. Se on tarjonnut ratkaisuksi strategisen huippuosaamisen keskittymien (SHOK) perustamista suomalaisen elinkeinoelämän kannalta keskeisille osaamisalueille.

SHOKeissa haetaan etuja sekä yrityksille, tutkimusyksiköille että tutkimuksen rahoittajille.

YRITYKSET pääsevät ohjaamaan strategisen osaamisen kehittämiseen liittyvää tutkimusta nykyistä selvästi tehokkaammin, SHOKeissa tutkimuksen teemat haetaan yritysten liiketoiminnan kannalta tärkeiksi tunnistetuista osaamistarpeista. Tutkimuslaitoksille SHOKit takaavat pitkjänteisen rahoituksen. Tutkimusryhmät pääsevät keskittymään varsinaiseen tutkimustyöhön ja tutkijaresurssin käyttö rahoituksen hakemiseen ja pienten projektien kokoon juoksuun vähentyy. Rahoittajat pääsevät ohjaamaan/arvioimaan suurempia kokonaisuuksia ja myös heidän toimintansa tehostuu ja sen vaikuttavuus paranee. Kansainvälinen yhteistyö helpottuu, kun tutkimusryhmät erikoistuvat ja löytävät paikkansa kansainvälisessä uuden tiedon ja osaamisen tuottamisessa.

METALLITUOTTEISIIN JA KONENRAKENNUKSEEN liittyvä

SHOK – valmistelu (MeKo-SHOK) käynnistyi keväällä 2007 Teknologiateollisuus ry:n vetämänä. Kevään kartoitustyössä tunnistettiin 5 tutkimusteemaa liittyen palveluliiketoimintaan, käytettävyyteen ja käyttöliittymiin, globaaleihin verkostoihin, älykkäisiin ratkaisuihin ja läpimurtomateriaaleihin. Näihin vielä tässä vaiheessa kovin yleisiin teemoihin etsitään terävyyttä ja oikeaa sisältöä syksyn aikana. Tavoitteena on, että MeKo-SHOK -valmistelu olisi sisällön ja organisoinnin osalta valmiina vielä tämän vuoden puolella. Tavoite on aikataulun osalta erittäin kunnianhimoinen. Alkuvauhti näyttää kuitenkin hyvältä.

Materiaalitekniikka on esillä MeKo-SHOKissa vahvasti. Valmistelun yhteydessä materiaalitekniikan teemasta käytettiin nimitystä läpimurtomateriaalit. Pitäisikö kuitenkin puhua materiaalitekniikan mahdollistamista läpimurtosovelluksista, sellaisista ratkaisuista, joissa materiaalitekniikan oivaltavalla soveltamisella on saavutettu erinomaisia uusia tuoteominaisuuksia tai kokonaan uusia tuotteita/prosesseja. Materiaalitekniikan tutkimusta tulisi viedä nimenomaan siihen suuntaan, että tutkimusryhmät tunnistavat paikkansa alan kansainvälisessä tutkimuskentässä ja erikoistuvat omien sovellusten tekemiseen. Puhdasta materiaalitekniikan perustutkimusta ei pienin resurssein kannata Suomessa tehdä.

SHOKIT ovat tällä hetkellä suomalaisen innovaatiojärjestelmän merkittävien uudistushanke. Niiden takia ei tarvitse mennä shokkiin. Materiaalitutkimuksen kannalta ne on nähtävä uutena mahdollisuutena alan tutkimuksen kehittämisessä kohti kansainvälistäärkeä meille tärkeillä soveltamisaloilla. ▶

RUOSTUMATON TERÄS pitää sinut hengissä



*TkL Raimo Levonmaa
Eläkkeellä, työskennellyt
yli 30 vuotta Outokumpu
Oyj:ssä, viimeksi
Avestan tutkimuskeskuk-
sen johtajana 2001-2006,
Vuorimiesyhdistyksen
jäsen vuodesta 1971.*

Ruostumaton teräs pitää sinut monin tavoin hengissä kotona ja erilaisissa harrastuksissa kuten esimerkiksi veneilyssä tai vuoristokiipeilyssä. Ruostumattomien terästen valinta näihin kohteisiin perustuu moniin erikoisominaisuuksiin, joita teräksillä on hyvin tunnetun korroosiokestävyyden lisäksi.

TEKSTI Raimo Levonmaa

KUVAT Raimo Levonmaa, Alex Moulton



Kuva 1. Veneissä turvallisuuden kannalta tärkeät osat ovat ruostumatonta terästä. Tällaisia osia ovat mm. kaiteet, portaat ja vaijerit, ankkuri, potkuri, ruori, kiinnikkeet jne. Fig 1. All major safety critical details are made of stainless steel in boats.

Käyttö harrastuksissa

Huviveneilyssä on riskejä varsinkin jos joutuu äkillisen myrskyn kouriin. Veneissä ruostumatonta terästä käytetään monissa pienissä yksityiskohdissa. Suurimpia kohteita turvallisuuden kannalta katsottuna ovat purjeveneissä kaiteet ja maston harusvaijerit. Ne ovat molemmat ruostumatonta terästä. Ne on myös kiinnitetty veneen muovi- tai puurunkoon ruostumattomilla teräskiinnikkeillä, **kuva 1**.

Oikealla teräsvalinnalla, konstruktiolla ja valmistustavalla saadaan ratkaisut, jotka estävät myrskyssäkin putoamisen veteen ja joutumisen hengenvaaraan. Lisäksi esimerkiksi kaide on kuormitusta kestävä, ulkonäöltään moitteeton ja huoltovapaa koko veneen eliniän.

Pyöräily suurilla nopeuksilla vaatii jäykkää ja lujaa runkorakennetta. Dr. Alex Moulton, Englannista, on vuodesta 1956 alkaen valmistanut tällaisia

pyöriä. Pyörällä ajettiin vuonna 1986 perinteisen pystyasennon nopeusennätys 84,2 km/h 200 m:n matkalla. Moulton pyörällä on ajettu myös läpi Gobin autiomaan, yli 13 000 km, ilman huoltoa ja voitelua.

Moultonin pyörille on tunnusomaisia ajomukavuus ja keveys, jotka saavutetaan pienillä vanteilla, 17", jousitukella molemmissa renkaissa ja kolmiolakenteisella rungolla. Runko valmistetaan lujasta ruostumattomasta putkesta juottamalla, **kuva 2**.

"Normaaleissa" pyörissä on tavallisesti monia osia ruostumattomista teräksistä. Kilpapyörissä kaikki pinnat ovat ruostumatonta terästä. Vanteita, lokasuojia, ketjuja, ketjupyöriä, polkimia, jarrulevyjä jne. valmistetaan myös ruostumattomasta teräksestä. Lujasta ruostumattomasta putkesta valmistettu juomapullon pidin on kevyempi kuin ns. kevytmetallista valmistettu.

Vuorikiipeilyssä kukaan ei halua kantaa grammaakaan ylimääräistä

painoa. Kukaan ei myöskään ole valmis tinkimään kiipeilyssä tarvittavien välineiden varmuus- ja turvatasosta. Ruostumaton teräs täyttää hyvin vaatimukset sekä hetkellisen että pitkäaikaiskestävyyden osalta. "Tavallista" ruostumatonta terästä muokkauslujittamalla päästään lujuudessa yli 2000 N/mm² siten, että teräksellä säilyy riittävä sitkeys, joka takaa käyttöturvallisuuden. Käyttämällä riittävää lujuustasoa ja edistyksestä suunnittelua päästään todella kevyihin ratkaisuihin varmuudesta tinkimättä, **kuva 3**.

Kun ollaan äärimmäisissä olosuhteissa välineisiin pitää voida luottaa 100 prosenttisesti. Näissä tapauksissa ruostumaton teräs on osoittautunut erinomaiseksi ratkaisuksi. Kuhunkin taroitukseen löytyy oikea teräslaji ja oikea käsittelytila olkoon sitten kysymys lujuudesta, sitkeydestä, kulumisesta tai pitkäaikaiskestävyydestä. Ruostumaton teräs voidaan pintakäsittelyllä saada myös näyttämään tyylikkäältä

ja luotettavalta. Ruostumaton teräs tuntuukin luotettavalta, koska se korkean kimmolujuu- den tähden joustaa vain vähän.

Käyttö kotona

Ruostumaton teräs pitää sinut hengissä myös kotona. Viime vuosisadalla tapahtunut eliniän piteneminen johtui asiantuntijoiden mukaan pääosin parantuneesta ravinnonsaannista ja vain pienemmältä osin paremmasta lääketie- teellisestä hoidosta. Ruostumattoman teräk- sen kulutus kasvoi maailmassa kaksikym- mentäkertaiseksi viime vuosisadan toisella puoliskolla. Merkittävä osa tästä kasvusta käytettiin elintarviketeollisuudessa ja koto- na. Vuonna 2006 Euroopan ruostumattoman teräksen kulutus oli noin 5 miljoonaa tonnia, josta yli kolmannes käytettiin elintarvikkeisiin liittyviin kohteisiin.

Ruostumaton teräs soveltuu erittäin hyvin käytettäväksi helposti pilaantuvien elintar- vikkeiden käsittelyketjussa, koska sen avulla voidaan välttää elintarvikkeiden pilaantumi- nen ja huonontuminen. Tämä johtuu siitä, että teräs ei tue bakteerien kasvua, eikä se aiheuta elintarvikkeisiin makuhaittoja. Teräksen pinta on helppo pitää puhtaana liasta ja bakteeris- ta. Elintarvikkeet, teräksen pinnan puhdistus- ja desifiointimenettelyt eivät aiheuta vaurioita

Kuva 2. Kevyt ja nopea Moultonin pyörä on tehty erikoislujasta ruostumattomasta teräksestä. Fig. 2. A light and fast Moulton bicycle made of high strength stainless steel.



Kuva 3. Vuorikiipeilyssä pääsee perille keveillä ja lujilla välineillä, jotka on tehty ruostumattomasta teräksestä. Fig. 3. In rock climbing you reach your goal with light and safe equipments made of high strength stainless steels.

teräksen pinnalle.

Kun tarkastellaan helposti pilaantuvien elintarvikkeiden kuten esimerkiksi maito- tai kalatuotteiden käsittelyä ja valmistusta, niin nähdään, että se tehdään yksinomaan ruostu- mattomilla välineillä maataloilla, meijereissä ja kalanjalostamoissa. Sama periaate jatkuu myös kotona, **kuva 4**.

Ruokailuvälineet ovat "tavallista" ruostu- matonta terästä; kattilat, tiskipöydät ja -altaat samoin. Keittiössä edelleen liesihuuvent ja muut pikkuosat voivat olla ruostumatonta. Ruostumaton teräs on valloittanut myös pesu- ja kuivauskoneiden sisäkalut.

Ruostumaton teräs soveltuu keittiötarvik- keisiin myös sen tähden, että se on hyvin muovattavissa tarvittaviin muotoihin kaikilla levymuovauksissa käytettävillä menetelmillä. Tuotteet ovat hyvin pintakäsitteltäviä ja kiillo- tettavia eri menetelmillä.

On myös muistettava, että ihminen ei elä ai- noastaan leivästä vaan tarvitsee myös hengen



Kuva 4. Nykyaikainen keittiö, jossa kalusteissa ja välineissä on käytetty helppohoitaisia ja hygieenistä ruostumatonta terästä. **Fig. 4.** Modern kitchen with equipments made of easy to use and hygienic stainless steel.



Kuva 5. Kauniita design-tuotteita ruostumattomasta teräksestä. Takavasemmalla oleva vesikannu voitti 2002 kansainvälisen palkinnon teräsesineiden muotoilukilpailussa (Artichrome). **Fig. 5.** Beautiful design items made of stainless steel. Water pitcher won an international award in steel design in 2002 (Artichrome)

ravintoa. Ruostumattomasta teräksestä voidaan muotoilla silmää hivelevän kauniita esineitä. Tällaisia ovat monien käyttöesineiden lisäksi erilaiset koristeet kuten maljakot, kynttilänjalat, öljylamput jne, **kuva 5**.

Tänä päivänä perinteiset tarjottimet, kulhot, ruokailuvälineet ja kodinkoneet kilpailevat ostajista nimenomaan muotoilulla ja ulkonäöllä eikä sillä käyttökelpoisuudella, helppohoitaisuudella tai hygienisyysyillä, jotka ruostumatonta teräs niihin tuo.▲

Viitteitä: www.outokumpu.com,
www.alexmoulton.co.uk

Käytä netin haussa esimerkiksi sanoja: keittiö ruostumaton; kitchen stainless; boat stainless; climbing stainless; cycling stainless, niin saat runsaasti lisäesimerkkejä käyttökohteista.

Tietoisku ruostumattomista teräksistä

* Eurooppalaisen standardin mukaan ruostumaton teräs sisältää yli 10 % kromia. Teräksen syöpymiskestävyys paranee kromipitoisuuden kasvaessa, myös molybdeeni parantaa teräksen kestävyyttä.

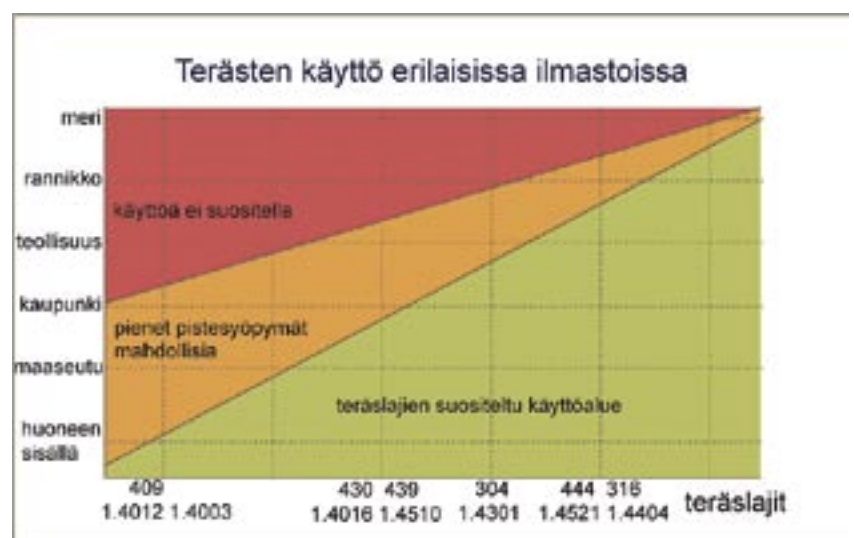
* Teräslajeja on standardisoitu yli 100 kappaletta. Yleisin eurooppalainen ruostumaton teräs sisältää 17-18 % kromia ja 8 % nikkeliä; puhutaan 18/8 teräksestä tai austeniittisestä teräksestä, johon ei magneetti tartu (EN 1.4301, AISI 304).

* Kun nikkeliä ei seosteta valmistuksen aikana puhutaan kromi- tai ferriittisestä teräksestä (EN 1.4016, AISI 430). Näitä molempia lajeja käytetään yleisesti "keittiöolosuhteissa". 18/8 teräksen käyttö tosin on määrällisesti lähes kolminkertainen verrattuna kromiteräkseen.

* Molybdeenipitoisuus 2-3 % lisää edelleen teräksen kestävyyttä pistesyöpymistä vastaan. Kansankielessä puhutaan haponkestävästä teräksestä (EN 1.4404, AISI 316). Venetarvikkeet pitäisi tehdä vähintään tästä ja valtameriolosuhteisiin jopa vielä runsaammin seostetuista teräslajeista.

* Kuvassa 6 nähdään eri teräslajien soveltuvuus ilmastollista korroosiota vastaan.

* Teräksen raaka-aineiden hinnat ovat viime vuosien aikana moninkertaistuneet ja teräksen hinta on noussut. Tämä on johtanut siihen, että varsinkin Euroopan ulkopuolelta tuodaan keittiöolosuhteisiin välineitä, joissa kromitaso ei vastaa eurooppalaista käytäntöä. Esimerkiksi kromipitoisuustasolla 13-15 % keittiövälineisiin ilmestyy käytössä värillisiä pisteitä ja jopa syöpymiä. Ostajan pitäisi on tarkkana ja selvittää, mikä on kromipitoisuus tai teräslaji ostaessaan keittiövälineitä.▲



Kuva 6. Ruostumattomien terästen käyttö erilaisissa ilmasto-olosuhteissa. **Fig. 6.** Use of stainless steel against atmospheric corrosion.

Mekaanisia antureita piistä



TEKSTI
Heikki Kuisma,
Vice President,
Research,
VTI Technologies Oy

Talvikeli yllätti taas ja kaarteessa oli liikaa vauhtia. Kuljettaja ei kuitenkaan huomannut liukkautta, sillä juuri kun etupyörät lähtivät puskemaan päpähti jarrumodulaattori ja aktivoi molempien sisäkaarten puoleisten pyörien jarrut. Auto kääntyi kaarteeseen juuri niin kuin kuljettaja oli aikonutkin.

Kuntoilija pisti tossut jalkaan ja lähti lenkille. Miten kovaa oli juostu ja miten pitkä matka? Vilkaistu näyttölaitteeseen kertoi sen. Kotona lenkin nopeusprofiili oli helppo purkaa tietokoneeseen ja tehdä johtopäätöksiä. Kymmen lenkin pituuden sai varmistettua sadan metrin tarkkuudella.

Kuvaaja oli ennen harmitellut epäteräviä teleotoksia. Nyt uudella kameralla kuvat ovatkin teräviä. Oliko optiikka parempi vai olisiko syynä sittenkin kuvanvakaaja?

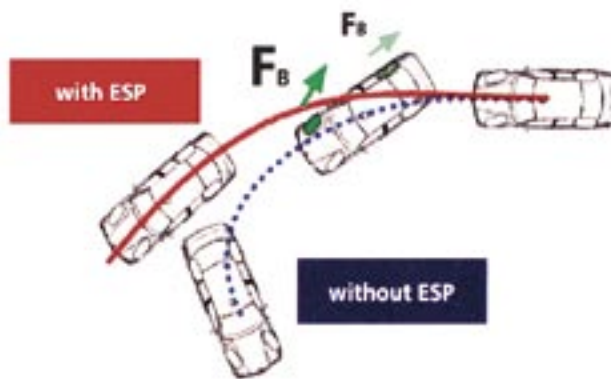
Mutkikas moottoriteiden risteys lähestyy. Ristiin rastiin ja päällekkäin kulkevat rampit ovat haaste GPS:lle: on katveita ja nopeita kaarteita; myös tarkkaa korkeustietoa tarvitaan. Mistä navigaattori tietää, ettei jouduttu alemmalle rampille joka on samansuuntainen, vain kymmenen metriä alempana?

Edelliset esimerkit on otettu todellisista tilanteista. Ne eivät ole tulevaisuuskuvitelmia, vaan esimerkkejä siitä miten elektroniikka ohjaa toimintoja älykkäästi jo tänään, miljoonia kertoja joka päivä. Elektroniikalla on aistit.

Anturit, elektroniikan aistit

Auton korin, kuntoilijan tossun, kameran ja navigaattorin liikettä mitataan antureilla. Ne aistivat kohteen liiketilän: kiihtyvyyden ja pyörimisnopeuden, ja välittävät sen ohjauselektronikalle. Älykäs algoritmi etsii parhaan mahdollisen toimenpiteen ja ohjaa toimilaitetta, tai tallentaa tuloksen. Älykkyys perustuu

Aistiva elektroniikka toimii paremmin



Ajovakaudenhallinta korjaa alkavan luiston aktivoimalla jarruja älykkäästi ennen kuin kuljettaja huomaa ongelmaa lainkaan.

mikroelektronikkaan, puolijohdetekniikkaan, siis piihin. Liikkeen mittaus taas perustuu Newtonin toiseen peruslakiin, inertia-antureihin, mikromekaniikkaan, siis piihin sekkin.

Piitä ovat nimittäin kaikkien yllä mainittujen antureiden tuntoelimet. Auton jarruja ohjasi kaksi anturia: kulmanopeusanturi mittasi kiertoliikettä pysty-akselin ympäri ja kiihtyvyydenturi mittasi poikittais- ja pitkittäiskiihtyvyyttä. Kulmanopeus ja poikittaiskiihtyvyys kertovat radan kaarevuussäteen. Pitkittäiskiihtyvyys kertoi hidastuvuuden.

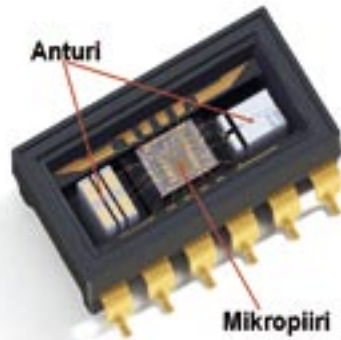
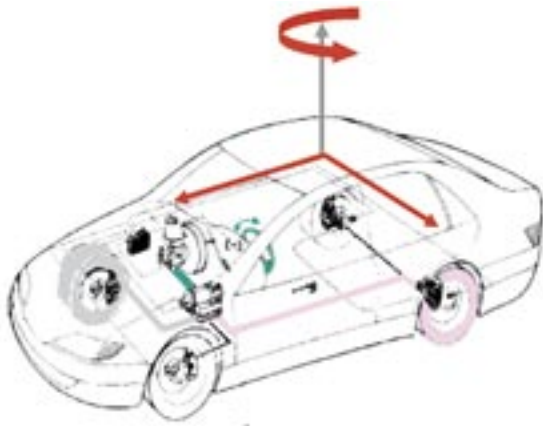
Lenkkeilijän tossussa kolmeakselinen kiihtyvyydenturi mittasi jalkaterän liikkeen. Mikrokontrollerin algoritmi laski kiihtyvyydestä tunnuslukuja ja erotti kävelyn juoksusta. Kummallekin käytetään omaa laskukaavaa nopeudelle ja matkalle. Tossussa on myös radio, joka lähettää tiedot päätelaitteeseen kuten puhelimeen tai mediasoittimeen. Paitsi matkan ja nopeuden, voi tiedoista laskea energiankulutuksen suurella tarkkuudella. Ja kun tämän yhdistää syke-

tietoon, voi liikkujan kunnosta tehdä päätelmiä.

Kameran tähtäysakselin kulmaliikettä mitattiin kahdella kulmanopeusanturilla. Kuvaa ei pilaa ylös-alas-suuntainen liike vaan kiertoliike, jossa pienikin kulmamuuutos vahvistuu geometrisesti. Videokamerassa ongelma ja ratkaisu on toinen: peräkkäisten ruutujen välisen liikkeen voi tasoittaa kuvaa digitaalisesti liikuttamalla, jos pikseleitä on ylimäärin. Mutta valokuvakamerassa joka ruudun on oltava terävä. On siis mitattava kameran liike anturilla ja siirrettävä joko linssiä tai kennoa kameran liikettä myötäillen ja korjaten.

Betonisten siltaelementtien katveessa navigaattori toimi hetken kulmanopeusanturin ja kiihtyvyydenturin varassa, ilman satelliittisignaalia. Ilmanpaineesta laskettiin korkeus. Se onkin GPS:n heikoin dimensio ja paineanturi tuo siihen hirmuisen 10 cm erottelukyvyyn lyhyellä aikavälillä, kun ilmanpaine ei ehdi muuttua.

Elektroniikka on saanut antureista



Auton korin liikettä mitataan pysty akselin suhteen kulmanopeusanturilla ja pituus- ja poikittais-suunnassa kiihtyvyyssantureilla.

aistit. Autoelektronikka on pioneeri antureiden soveltajana. Suurin osa autoelektronikkaa on antureita ja niiden mahdollistamaa säätöä. Jarrut, turvavyö, jousitus ja moottorinohjaus on anturoitu lähes kaikissa uusissa autoissa. Muut massatuotteet seuraavat nopeasti perässä.

Alhaalla on tilaa: mikromekaniikka

Paine-, kiihtyvyyss- ja kulmanopeusanturit ovat tänään aivan muuta kuin ne olivat vielä 70-luvulla. Ennen ne olivat mitausinstrumentteja. Nyt ne ovat pieniä, halpoja, helppokäyttöisiä komponentteja, aivan kuin muukin elektronikka. Puolijohdeteknologian vallankumous muutti myös anturitekniikan. Syntyi uusi johdannaistekniikka, mikromekaniikka, jota myöhemmin alettiin kutsua lyhenteellä MEMS, Micro Electro Mechanical Systems.

Nobelisti Richard Feynman piti kuuluisan puheensa, "Alhaalla on paljon tilaa", Caltechissa vuonna 1959. Hän ennusti pienet kojeet ja mikrosysteemit, vaikka ei tiennyt miten ne voisi toteuttaa. Ei hän myöskään tiennyt mihin niitä käytettäisiin. Mutta ehkä hän viritti jotkut havaitsemaan uusia mahdollisuuksia sitten kun niiden aika tuli. Jälkeenpäin voi nähdä, että 50- ja 60-luvuilla tehtiin mikromekaniikan esityötä. Systemaattisesti asiaa tutkittiin 70-luvulta alkaen, jolloin elektronikan nousu jo selvästi nähtiin. Mikromekaniikan johtajuus oli, että muiden laitteiden tuotanto voisi seurata elektronikan esimerkkiä: yhä enemmän yhä pienempiä osia monistettuna massatuotantona. Jos elektronikkaa niin miksei myös mekaniikka!

Stanfordin yliopisto oli 70-luvulla

mikromekaniikan kehto. Millimetrien kokoisia paineantureita, kiihtyvyyssantureita ja piikiekolle mahtuva kromatografi valmistuivat väitöskirjatöinä. Kaikki oli tehty piistä, lasista ja ohuista kalvoista. Piikiekoista tehtiin mekaniikkaa kuvioimalla, syövyttämällä, kasvatamalla kalvoja ja liittämällä kiekkoja yhteen. Stanfordissa kiteytyi teknologia, jota myöhemmin nimitettiin bulk-mikromekaniikaksi.

Mikromekaanisten anturien kolme aaltoa

Ensimmäinen mikromekaniikan läpimurto oli 80-luvun alussa. USA:ssa autojen päästönormi tehtiin niin tiukaksi, että moottoria, aluksi vain sytytystä, piti ohjata tarkasti kuormitustilanteen mukaan. Kuormitustilanne saatiin selville kaasuläpän asennosta ja imusarjan paineesta. Stanfordissa tehty työ otettiin nopeasti käyttöön. Korkeakoulujen spin-off -yritykset yrittivät markkinoille, mutta isot autoyritykset, Ford ja GM, rakensivat kumpikin oman anturitehtaan. Piipaineantureista tuli pieniä ja halpoja. Pian ne levisivät kaikille muillekin aloille teollisuusinstrumentoinnista kerta-

käyttöisiin leikkaussaliantureihin, Suomessa säänhavaintolaitteisiin.

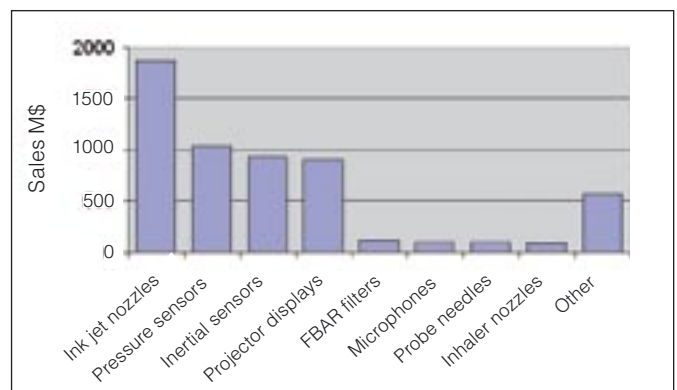
Toinen aalto alkoi 90-luvun alussa. Lähes yhtäaikaa tuotiin piianturit autojen turvavyön ohjaukseen ja adaptiiviseen jousitukseen. Edellisen pioneeri oli norjalainen *Sensor*, jälkimmäisen suomalainen *VTI Technologies*. Vuosikymmenen lopulla tuli kolmas merkittävä autosovellus, kun ruotsalainen testiajaja kaatoi väistökokeessa pikkumersun. Se estettiin ajovakauden hallintajärjestelmällä, joka äkkiä levisi kaikkiin muihinkin autoihin. VTI on nyt näihin järjestelmiin johtava toimittaja. Autoteollisuuden läpimurron jälkeen piistä tehdyt kiihtyvyyssanturit ovat löytäneet tiensä urheiluelektronikkaan, navigointilaitteisiin, peliohjaimiin ja jopa matkapuhelimiin.

Ajovakauden hallinta vaati myös pyörimisliikkeen mittaamista. Kulmanopeusanturit eli gyrot pystyttiin valmistamaan joko piistä tai pietosähköisistä materiaaleista pieneen kokoon, ja halvoihin kustannuksiin. Värähtelevän gyron periaatteen esitti Leon Foucault jo 1800-luvulla. Sata vuotta myöhemmin, 1950-luvulla sen pohjalta toteutettiin lentokoneinstrumentteja. 90-luvun lopulla niitä alettiin valmistaa autoihin miljoonia vuodessa. Pian sama teknologia oli käytössä niin navigoinnissa kuin kuvan stabiloinnissakin. Tämä on mikromekaanisten antureiden kolmas aalto.

Mikromekaniikasta liiketoimintaa

Tänään mikromekaniikka on 6 miljardin dollarin bisnes laskettuna jalostusasteella, jossa tuote sisältää mikromekaanisen osan ja siihen mahdollisesti välittömästi liittyvän signaalinkäsittelyn ja koteloinnin. Noin kaksi miljardia koostuu antureista, siitä puolet paineesta ja puolet liikeantureista. Suurin yksittäinen, noin kahden miljardin dollarin mikromekaniikkaliiketoiminto, on mustesuihkukirjoittimien suuttimet. Seuraavana, miljardin tasolla, tulee projektorinäyttöjen peilimatriisit. Piikiekon päälle tehdään

Mikromekaniikka on kuuden miljardin dollarin globaalia liiketoimintaa, josta anturit ovat kolmannes.



alumiinikalvosta mekaanisesti käännettävien peilien matriisi, jota valaistaan vuorotellen erivärisillä valoilla ja heijastetaan valkokankaalle. Nopeimmin kasvavat mikromekaniikassa tällä hetkellä mikrofonit ja antennipiirien suodattimet, joita molempia tarvitaan matkapuhelimissa. Mikromekaniikan tuotantoa on kaikissa maanosissa eikä siirtymistä Aasiaan ole selvästi nähtävissä.

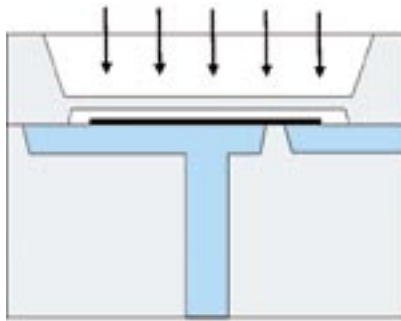
Suomeen mikromekaniikka saapui syksyllä 1980. Vaisala Oy:ssä oli saatu näkemys: antureiden valmistaminen voisi olla sukua puolijohdeteknologiale. Siispä ryhdyttiin isoon panostukseen. Rakennettiin puhdashuone, piikiekkojen prosessointilinjat ja käytiin Stanfordissa. Sitten suunniteltiin piistä antureita, aluksi paineen mittaamiseen ja myöhemmin kiihtyvyyden. Rääätälöidyt piikiekot toimitti ensin TKK:n Vuoriteollisuusosaston tutkimusprojekti ja myöhemmin siitä syntynyt yritys, Okmetic Oy. Tänäpäin Vaisala valmistaa mikromekaanisia antureita ympäristömittaukseen ja Vaisalan spin-offina syntynyt VTI Technologies on johtava auto-antureiden toimittaja maailmassa. VTI:n puhdashuoneesta Vantaalta lähtee yli 20 miljoonaa anturia vuodessa. VTT:llä ja TKK:lla kymmenet tutkijat työstävät uutta mikromekaniikkaa.

Paineen mittaaminen – kondensaattori vai venymäliuska?

Stanfordissa tehtiin kaksi väitöskirjaa paineantureista. Kummassakin valmistettiin piistä ohennettu kalvo, johon paine-eron annettiin vaikuttaa, niin että kalvo taipui. Toinen anturi oli periaatteeltaan kapasitiivinen: taipuva piikalvo oli samalla kondensaattorilevy, jonka etäisyys kiinteästä levystä muuttui paineen vaikutuksesta. Periaate sopii erityisen hyvin absoluuttipaineen mittaamiseen, on erittäin lämpötilastabiili ja kestää valtavasti ylipainetta.

Toinen väitöskirjatyö oli venymäliuska-anturi. Piikalvon reunoille, mekaanisen jännityksen maksimipisteisiin, oli tehty sopivasti seostetut piivastukset, joiden resistanssi muuttui koska pii on voimakkaasti pietsoresistiivinen. Ilmiö on jopa sata kertaa voimakkaampi kuin geometrinen muutos, joka on periaatteella tavallisessa venymäliuska. Pietsoresistiivisen anturin lämpötilariippuvuus on iso ja ylipaineen sieto huono, mutta vastussilta on helppo mitata tasavirralla ja pienellä impedanssitasolla.

Ensimmäinen massasovellus, auton imuilmän paine, ei vielä ratkaissut kummasta tulisi hallitseva teknologia. Ford valitsi kapasitiivisen, GM pietsoresistiivisen. Myöhemmin pietsoresistiivinen periaate osoittautui yleiskäyt-



Kapasitiivisessa paineanturissa paine taiputtaa piikalvoa ja muuttaa kapasitanssia. Paineanturikomponentissa alle millimetrin kokoinen piikalvo paljastetaan ulkomaailmaan mutta muut osat ovat muovikotelon suojassa.

töisemmäksi. Kapasitiivisesta on tullut niche-teknologia ilmanpainealueelle, tarkkuussovelluksiin, hyvin pienille paine-eroille ja äärimmäisen pieneen virrankulutukseen. Kiihtyvyydentureissa kävi täsmälleen päinvastoin. Stanfordissa valmistettu anturi oli pietsoresistiivinen, mutta nyt siitä on tullut niche-teknologiaa, jota vielä jotkut valmistavat historiallisena jäänteinä.

Newtonin toinen laki – inertia-anturit

Newtonin toisen lain mukaan massa joutuu kiihtyvään liikkeeseen, jos siihen kohdistuu voima ja kiihtyvyys on suoraan verrannollinen voimaan ja kääntäen verrannollinen massaan. Kiihtyvyyden mittaaja käyttää koetinmassaa kiihtyvyyden kokeiluun. Tunnettu massa kiinnitetään tutkittavaan kohteeseen ja mitataan voima, joka tarvitaan, jotta massa seuraisi kohdetta. Tämä on lähes kaikkien kiihtyvyydentureiden periaate. Kaikissa on massa, mutta aivan kaikissa ei mitata voimaa. Markkinoilla on nimittäin kaasumassan liikkeeseen ja termiseen ilmiöön perustuvia antureita. Valtaosassa antureita voimaa mitataan kuitenkin piijousella.

Kun kohde liikkuu, seuraa massa mukana jousen välityksellä. Jousen taipuma on suoraan verrannollinen mitattavaan kiihtyvyyteen, kun kiihtyvyyden muutos on jousi-massasysteemin resonanssitaajuuden alapuolella. Sen yläpuolella, nopeasti muuttuvassa liikkeessä, massa pysyy paikallaan kun kohde liikkuu edestakaisin. Näin toimii seismometri. Usein halutaan mitata melko hitaita liikkeitä, jolloin kaikenlainen tärinä on vain haitaksi. Silloin anturi täytetään sopivassa paineessa kaasulla, joka toimii vaimentimena.

Myös pyörimisliikkeen anturi, gyro, perustuu Newtonin toiseen lakiin. Kun laki kirjoitetaan pyörivälle liikkeelle,

tulee mukaan lisää voimatermejä. Erästä niistä kutsutaan Coriolis-voimaksi. Coriolis-voima esiintyy, kun massalla on alkunopeus ja sen lisäksi se saatetaan pyörivään liikkeeseen. Massa reagoi merkittävästi: pyörimisliikettä vastustaa voima, joka on kohtisuorassa pyörimisakseliin sekä alkuperäiseen nopeusvektoriin. Herkässä gyrossa tarvitaan suuri alkunopeus, joka perinteisesti saadaan pyörivällä hyrrällä. Mikromekaniikalla ei voi toteuttaa hyviä laakereita; hyrrä on siis mahdoton. Sen sijaan alkuliikkeenä käytetään edestakaista värähtelyä. Mitattava pyörimisliike kytkee värähtelyliikettä alkuperäisestä suunnasta kohtisuoraan suuntaan.

Newtonin toiseen lakiin perustuvia antureita nimitetään inertia-antureiksi. Kiihtyvyyden- ja kulmanopeusanturien lisäksi on vielä kolmaskin tyyppi, kulma-kiihtyvyydenturi, joka perustuu Newtonin lain kolmanteen voimatermiin. Sillä ei ole kuitenkaan paljoa käyttöä, koska se skaalautuu pieneen kokoon epäedullisesti. Newtonin toiseen lakiin perustuvilla antureilla on yksi yhteinen ominaisuus, joka selittää niiden suosion liikeantureina: liikkeen mittaaminen ei vaadi vertailupistettä. Ne toimivat kaikissa ympäristöissä ilman mekaanista, optista tai muuta linkkiä ympäristöön.

Pii mekaanisena materiaalina

Piikieko on hyvin mittatarkka. Se liepee silein ja tasapaksuinen yleisesti saatavissa oleva raaka-aine. Sileälle pinnalle, oksidikalvoon, saadaan aikaan puolijohdetekniikasta opituilla keinoilla pieniä ja tarkkoja kuvioita; mitat ja tarkkuus voivat olla nanometriluokkaa. Mutta ennen kaikkea pii on elektroniikan välttämätön materiaali ja kiekko on muoto, jossa piitä myydään. Oli siis paljon hyviä syitä valita pii myös mikromekaniikkaan. Tämä oli radikaali harppaus hienome-

kaniikasta, jossa metalleja, keraameja ja jopa lasia oli jo pitkään käytetty, mutta yksikiteitä vain ehkä laakereissa.

Ei ole itsestään selvää, että pii olisi ominaisuuksiltaan sopiva mekaani-seksi materiaaliksi. Sen kimmomoduli on suuri, 170 GPa, mikä ei jää paljon jälkeen teräksestä. Mutta pii on hyvin haurasta. Siinä ei esiinny plastista muodonmuutosta alle 600°C lämpötilassa. Jos piin pinnassa on vähäinenkin naarmu, murtuu se hyvin pienellä voimalla. Mutta onneksi syövytetty pii on pinnaltaan riittävän virheetöntä. Murtolujuus on helposti 500 MPa ja optimaalisesti käsiteltyllä pinnalla jopa 2 GPa. Tätä pienemmällä jännityksellä pii seuraa Hooken lakia; siis täydellinen jousimateriaali prosentin venymään asti!

Erityisen lämpötilastabiili ei pii kuitenkaan ole. Kimmokertoimen lämpötilariippuvuus on noin -70 ppm/°C kun parhailla jousiteräksillä päästään ainakin kertaluokkaa parempaan. Lämpölaajenemiskerroin on pieni, vain 2,7 ppm/°C. Mutta siitä on enemmän haittaa kuin hyötyä: piin kanssa yhteensopivia aineita on vähän. Lämpölaajeneminen on myös hyvin epälineaarinen; se kiihtyy korkeissa lämpötiloissa ja hyvin kylmässä melkein pysähtyy.

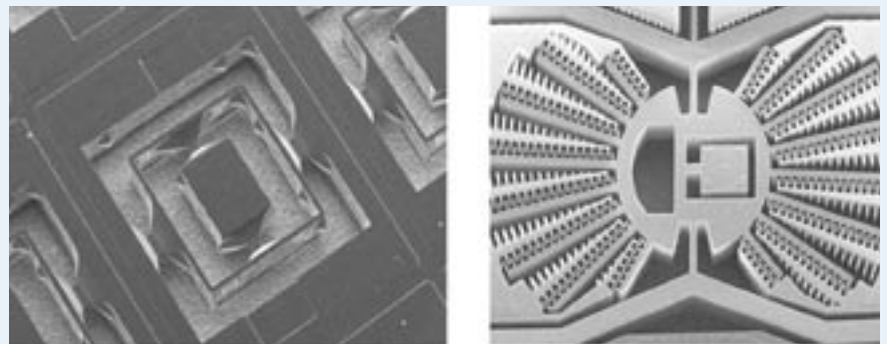
Paitsi anturin rungon ja jousien mekaniikan materiaalina piin pitäisi myös toimia joko johteena tai eristeenä. Myös piin puolijohdeominaisuuksia käytetään etenkin pietsoresisteeivisissä paineantureissa. Mutta kapasitiivisissä antureissa piin olisi oltava hyvä johde. Tarkimmissa kiihtyvyyssantureissa suorituskyky rajoittaakin piin epätäydellisyys johteena: pintavaraukset ja elektronien työfunktio eivät ole stabiileja vaan aiheuttavat hitaasti muuttuvia sähköstaattisia voimia anturin osien välille.

Piin syövytys

Pii syöpyy alkalisissa liuoksissa erikoisella tavalla. Syöpymisnopeus riippuu kidesuunnasta hyvin voimakkaasti. <111>-ekvivalentisissa suunnassa se on jopa sata kertaa pienempi kuin muissa, siis käytännössä nolla. Syöpyminen pyrkii rajoittumaan niin, että seinämiä rajoittavat {111}-tasot ja syövytystaso. Siitä syntyy säännöllisiä kulmikkaita muotoja, jotka ovat hyvin tarkkaan ennustettavia ja toistettavia. Piitä syövytetään syvälle kiekkoon ja jopa kiekon läpi, siis satoja mikrometreja. Mittatarkkuus syövytyksen pohjalla on lähes yhtä hyvä kuin kuvioidulla pinnalla. Kulmikkuus, joka on vastakohta isotrooppisen syövytyksen pyöreille muodoille, tekee mahdolliseksi mittatarkat kalvot, jouset, urat, altaat ja muut rakenteet. Bulk-

mikromekaniikan muotokieli sisältää jyrkkiä kulmia, viistoja seinämiä ja paljon tyhjää tilaa, jos syövytetään syvälle.

90-luvulla, kehitettiin piin syövyttämiseen aivan toisenlainen menetelmä: reaktiivinen ioni-etsaus kaasuplasmasa, RIE. RIE:n anisotropiassa pinnan suuntaiset tasot syöpyvät mutta sivuseinät eivät. Syöpyminen etenee siis kohtisuoraan. Tällainen anisotropia ei synny luonnostaan vaan vaatii temppuja. Syövytyskammioon päästetään vuorotellen pulsseittain syövytyskaasua ja passiivointikaasua. Vaakasuoria pintoja pommitetaan sähkökentässä kiihdytetyillä ioneilla, joka puhkaisee passiivointikerroksen, ja syövytyspulssi syö piitä. Pysytysurat pinnat säilyvät passiivoituneina eivätkä syövy. Plasmalähteet ovat viime vuosina kehittyneet niin, että syöpymis-



nopeus on jo kymmeniä mikrometrejä minuutissa, kertaluokkaa nopeampaa kuin alkaliliuoksissa. RIE-syövytys on muuttanut kokonaan mikromekaniikan muotokielen. Suunnittelijalla on lisää vapauksia ja rakenteet vievät puolet tilasta alkalisyövytykseen verrattuna.

Kiekkoliitokset

Anturit vaativat vielä kolmiulotteisempia muotoja kuin syövyttämällä saadaan. Rakenteet täytyy koota useasta kappaleesta. Koska puolijohdetekniikan tehokkuudessa yksi tärkeimpiä tekijöitä oli prosessointi kiekkoina, ei siitä haluta luopua, vaikka kappaleita liitetään yhteen. Liitetään siis kokonaisia kiekkoja, syövytysvaiheiden jälkeen. Mikromekaniikan tarpeisiin sovellettiin ja kehitettiin monia kiekkoliitosmenetelmiä: anodinen bondaus, piin suoraliitos, sulalasi-liitos ja juoteliitos.

Liikkuvat rakenteet ovat mikromekaniikan ydin ja ne erottavat sen mikroelektronikasta, joka perustuu kiinteään liikkumattomaan aineeseen. Mikroelektronikka suojataan ympäristöltä passiivointikerroksilla ja valuaineilla. Mikromekaniikka on kapseloitava niin, että syntyy tiivis kammio. Toimi-

va ratkaisu on liittää mikromekaniikka sisältävä piikiekkoon toiseen, kansi-kiekkoon. Näissä liitoksissa käytetään yleisesti sulalasia, juotosta ja anodista bondausta.

Stanfordin väitöskirjatöissä piikiekkokkoja liitettiin kokonaisina lasilevyyn anodisesti bondaamalla. Se perustui lasin alkali-ionien tyhjentämiseen liitosrajapinnasta sähkökentällä, mistä seurasi valtava sähköstaattinen vetovoima pintojen välille ja lopulta oksidoituminen rajapinnan yli. Tänään menetelmää käytetään useimmissa paineantureissa ja joissakin kiihtyvyyss- ja kulmanopeusantureissa. Teknologian yleistymiselle oli ratkaisevaa, että piin lämpölaajenemiseen yhteensopiva alkalilasi oli olemassa, nimittäin tavallinen astioista tuttu Pyrex.

Kulmanopeusanturien rakenteita. Piin alkali-syövytys tuottaa kulmikkaita muotoja ja tilankäyttö on kidesasojen leikkausten määräämää. RIE-syövytyksessä suunnittelijalla on täysi muotoiluvapaus yhdessä tasossa.

Suoraliitoksessa erittäin sileiden piitai piidioksidioksidipintojen välille saadaan kovalenttinen sidos. Välivaiheena käytetään vetysiltoja, jotka esiliittävät pinnat ja vetävät ne yhteen. Piin suoraliitosta käytetään varsinkin mikromekaniikan kehittyneiden raaka-aineiden, SOI-kiekkokojen valmistuksessa.

Mikromekaniikan sukupuu

Visionäärien silmissä oli jo varhain näky tulevasta yhtenäisteknologiasta, jossa sekä anturi että elektronikka prosessoitaisiin samalle piikiekkolle. Yksikään mikromekaaninen anturi ei ole nimittäin käyttökelpoinen ilman elektronikkaa, joka muuntaa kapasitiivisen tai resistiivisen signaalin helpommin tulkittavaan ja siirrettävään muotoon ja poistaa yksilökohtaiset erot antureista. Anturit on koteloitava ja liitettävä yhteen elektronikan kanssa.

Stanfordin bulk-mikromekaniikassa



Nykyään anturien raaka-aineena on usein kiekkotoimittajan jalostama SOI-piikiekkö. Anturivalmistaja kuvioi siihen hienorakenteita (esim. kuten kuvassa 5) ja liittää päälle kansikiekon.

syövytettiin mikromekaaniset osat esiin itse piikiekosta. Sovellettiin kyllä puolijohdeteknologian peruseräiteitä: prosessointia kiekkoina, fotolitografista kuviointia ja ohutkalvoteknologiaa. Mutta oltiin hyvin kaukana puolijohdeteknologian planaarisuudesta ja lasessa oli alkaleita, joita MOS-transistorit eivät siedä.

Yhteensopivampi mikromekaniikka kehitettiin 80-luvulla toisessa kalifornialaisessa yliopistossa, Berkleyssä. Se oli tasomaista ja litteää. Piikiekkon läpi ei porauduttu. Kiekkö oli vain kantaja mekaanisille rakenteille, jotka kasvatettiin pinnalle kalvoina. Kalvot saatiin liikkuviksi syövyttämällä mekaanisten kalvojen välissä olevia kerroksia pois.

Mekaanisten kalvojen materiaali oli myös pii, mutta nyt monikiteinen. Tätä teknologiaa nimitettiin pintamikromekaniikaksi. Se lopulta löi läpi autojen turvatyynyjen kiihtyvyyssantureissa 90-luvun lopulla. Pintamikromekaniikan kalvot olivat liian ohuita, taipuisia ja massattomia vaativampiin sovelluksiin, pienemmän liikkeen mittaamiseen.

Viime vuosina bulk-mikromekaniikka ja pintamikromekaniikka ovat lähestyneet toisiaan. Usein ei voi enää sanoa kummasta on kyse. Bulk-mikromekaniikan alkalisyövytys on korvattu RIE:llä. Pintamikromekaniikan parin mikrometrin kalvoista on kasvettu tyypillisesti kymmenen tai jopa sadan mikrometrin SOI-kiekkon rakenneker-

roksiin. Myös pintamikromekaniikka suljetaan nykyään toisella piikiekolla.

Elektroniikan integrointi samalle piille näyttää jääneen kuriositeetiksi. On järkevämpää pitää mikromekaniikka ja piirit erillään. Elektroniikan uusilla liitostekniikoilla piirejä voi pinota mikromekaniikan päälle tai toisinpäin. Nyt puhutaan heterogeenisestä integroinnista ja mikrosysteemeistä. Yhä isompia järjestelmiä osataan integroida yhteen. Pian yksi inertia-anturi mittaa liikkeen kaikki kuusi vapausastetta ja siihen päälle vielä ilmanpaineen, prosessorin mittaustulosta sovelluskohtaisella algoritmilla ja lähettää prosessoidun mittaustuloksen langattomassa verkossa eteenpäin. ▴

Think about massive increases in energy demand
- about more efficient generation and transmission
and about developing renewable sources.
Think about producing more and wasting less.

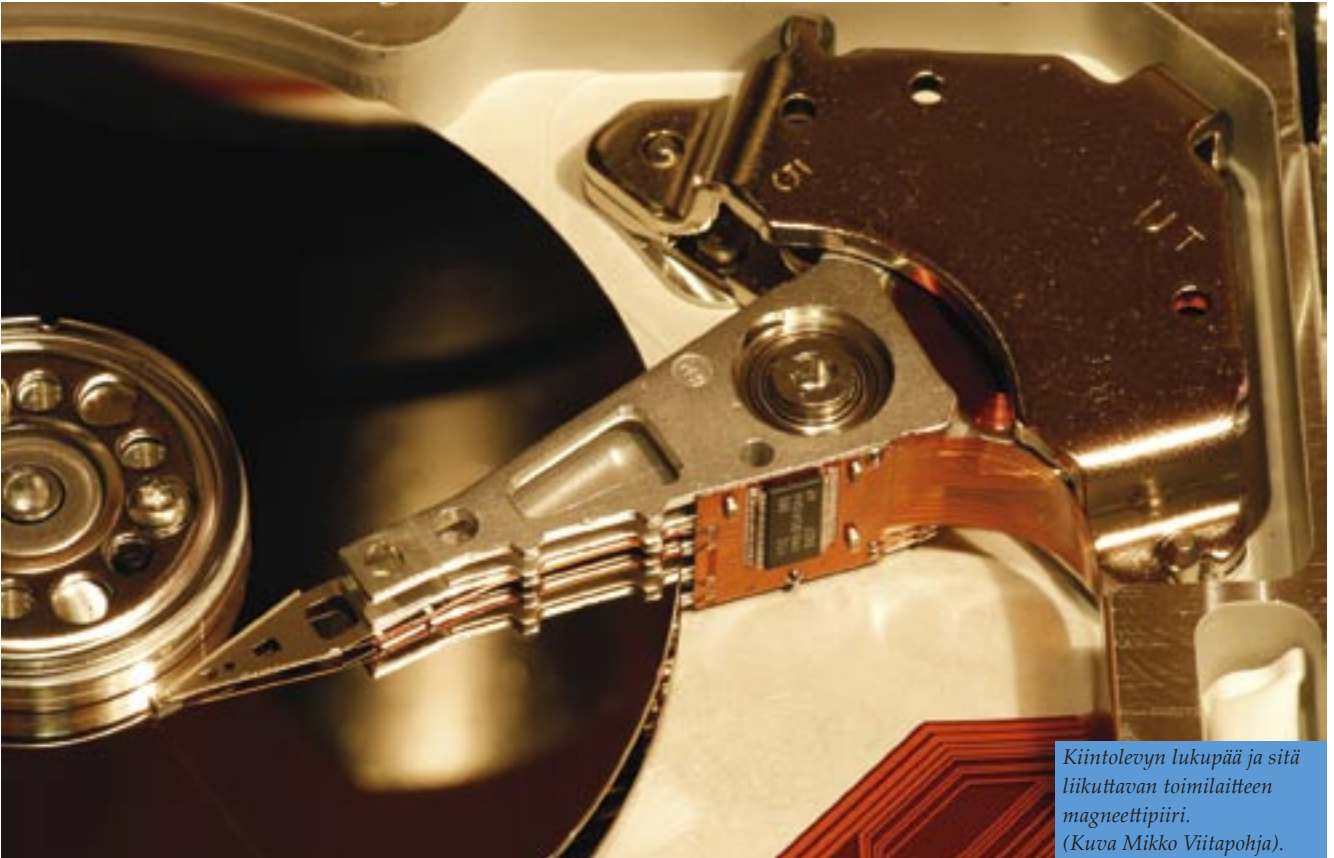
*"One billion new electricity consumers
will switch on in the next decade.
Who is going to help you cope?"*

Jussi Helavirta
Special Products Division, Luvata

*You're a part of the modern power industry.
What's worrying you?*

Think about it. We are. www.luvata.com/think

LUVATA
Partnerships beyond metals



Kiintolevyn lukupää ja sitä liikuttavan toimilaitteen magneettipiiri.
(Kuva Mikko Viitapohja).

NEO-magneetit arkipäivässä

Vuonna 1984 Nd-Fe-B-seoksen magneettiset ominaisuudet löydettiin yhtäaikaaisesti ja toisistaan riippumatta General Motorsin ja Sumitomo Special Metalsin toimesta. Tämä käynnisti ”magneettisen vallankumouksen”, jonka jäljet näkyvät myös arkipäivässämme, jos vain osaa katsoa. Valitettavasti tämä vallankumous on jäänyt samanaikaisesti tapahtuneen elektronisen vallankumouksen varjoon.

Nd-Fe-B -magneetit, Neo-magneetit, joita myös vielä 90-luvulla ”supermagneeteiksi” kutsuttiin, olivat ominaisuuksiltaan omaa luokkaansa. Niiden erittäin korkea magneettivuon tiheys, yhdistettynä hyvin korkeaan koersitiivivoimaan, avasi aivan uusia mahdollisuuksia rakentaa pienikokoisia ja tehokkaita sähkömekaanisia laitteita. Neo-magneettien keksiminen tuki näin elektroniikan yleistä trendiä miniatyrisointiin.

Neo-magneettien perusraaka-aineet ovat selvästi halvempia kuin ominaisuuksiltaan lähimpänä olevien SmCo-magneettien. Tämä pelkästään ennusti Neo-magneeteille menestystä. Sitten on Neo-magneettien ominaisuuksien kehitys yhdistettynä raaka-aineden edulliseen hintakehitykseen, joka jatkui aina vuoteen 2005 saakka, ai-

kaansaanut niiden tuotannon ja käytön voimakkaan kasvun, joka on tuonut magneettien sovellukset kaikkien ulottuville, ihmisten arkipäivään.

Neo-magneetit arkipäivässä

Kestomagneetit ovat näkymättömiä, kätkeytyä tuotteita. Laitteet, joiden toiminta perustuu magneetteihin ympäröivät meitä, mutta harvat tuntevat magneettien roolia niissä. Seuraavassa on joitakin enemmän tai vähemmän teknisiä esimerkkejä jokapäiväisestä ympäristöstämme.

Autoteollisuus

Autoteollisuudessa, jos missä, korostuu se, että magneetit ovat näkymättömiä, eikä niiden merkitystä yleisesti

ottaen ymmärretä. Vielä 50-luvulla autoissa oli yleensä yksi magneetti, nopeusmittarissa. Tämän päivän autoissa on keskimääräisesti satakunta (huippumalleissa jopa parisataa) magneettia erilaisissa moottoreissa ja käyttölaitteissa (starttimoottori, ikkunannostimet, ilmastointi, sähköinen ohjaustehostin, polttoaineen syöttö, mittaristo jne.), antureissa (kaasupoljin, nokka-akseli, Xenon-lamppujen asento, automaattivaihteisto, turvavyö jne.), kovaäänisissä jne., joita ilman nykyaikaiset autot eivät voisi toimia, eivätkä olisi niin energia-pihejä, mukavia ja luotettavia. Alkuaikojen korroosio-ongelmat sekä Neomagneettien ominaisuuksien voimakas lämpötilariippuvuus ovat aiheuttaneet sen, että suurin osa näistä magneeteista on yhä muista materiaaleista. Hitaasti, mutta varmasti Neo-magneettien osuus on kuitenkin kasvamassa. Aluksi niitä käytettiin yksinomaan matkustamossa. Tyypillisiä esimerkkejä ovat kovaääniset, turvavyön kiinnittämisen ilmaiseva lähestymisanturi, kaasupolkimeen kytketty kick-off -anturi sekä ajotietokoneen valintakytkin.

Nytemmin Neo-magneetteja on alettu käyttää myös moottoritulassa, esimerkiksi nokka-akselin asentoanturissa ja pakokaasujen takaisinkierätysläpän käyttömoottorissa. Nopeusmittaria, kuten muitakin mittareita, liikuttaa usein neomagneetti – viisari on kytketty askelmoottoriin, jonka roottorina on halkaisijaltaan 8 mm:n, kymmennapaisesti magnetoitu, muoviinsidottu Neo-magneetti. Polttoaineen syöttöä säädetään sylinterikohtaisesti Neo-magneettiaktuaattorilla.

Yhä edelleen myydään myös auton polttoainetaloutta 'parantavia', polttoainejärjestelmään liitettäviä, magneetteja. Vielä 60-luvulla ne tehtiin ferriitimagneeteilla, nykyisin toki Neo-magneeteilla.

Hybridiautoissa on sekä polttomoottori että Neo-magneetteihin perustuva kestopolttomoottori, magneetteja yhdessä moottorissa on noin kaksi kiloa. Hybridiautoja on Suomessa tällä hetkellä noin 200 kpl, mutta niiden määrä tulee lisääntymään tulevaisuudessa huomattavasti.

Elektroniikka

Elektroniikan sovellutukset löytyvät käyttölaitteista, kaiuttimista, korvakulokkeista ja kytkimistä. Tutuin kaikille on varmaan korvalappustereot, joissa käytettiin aluksi SmCo-magneetteja mutta nykyään ainoastaan Neo-magneetteja. Hyvin merkittävä Neo-magneettisovellus on tietokoneen kova-

levyn lukupäätä liikuttava moottori, jossa kahden sintratun Neo-magneetin välissä oleva käämi liikuttaa siihen kytkettyä lukupäätä vartta. Tämä sovellus oli pitkään Neo-magneettien tärkein käyttökohde. Neo-magneettien ominaisuuksien kehitys on osaltaan mahdollistanut yhä pienempien ja nopeampien kovalevyjen sekä ohuempien ja kevyempien tietokoneiden valmistuksen. Hyvällä syyllä voidaan sanoa, että ilman Neo-magneetteja eivät kannettavat tietokoneet olisi mahdollisia.

Samasta sovelluksesta löytyy myös toinen, muoviinsidottu Neo-magneetti; kovalevyä pyörittävän moottorin roottori. Vastaavalla tavalla käytetään Neo-magneetteja myös CD- ja DVD-soittimissa.

Matkapuhelimissa käytetään myös Neo-magneetteja, paitsi kovaäänisissä niitä käytetään myös sensoreina ja matkapuhelimen kotelon magneettilukossa.



Magneettisia rakennuspaloja. (Kuva Marko Mikkola)

Lelut ja vapaa-aika

Vierailu lelukaupassa on virkistävä kokemus. Lelujen suunnittelijat aivan ilmeisesti rakastavat magneetteja ja keksivät niille mitä ihmeellisimpiä uusia sovelluksia. Nimenomaan Neomagneettien voimakkuus sekä edullinen hinta ovat tehneet tämän mahdolliseksi.

Osa sovellutuksista on, ainakin insinöörin mielestä, ns. vakavamielisiä, kuten Neo-magneettien käyttö voimakkaissa ja pienikokoisissa lennokin moottoreissa tai magneettisissa rakennuselementeissä. Suurempi osa taas on

erilaista "hömpää". Vai mitä sanoisi Kinder-munasta putkahtaneesta, tai-kamatolla (eli pienellä Neo-magneetilla) levitoivasta kalifin kuvasta? Vaikka nämä sovellukset ovat yksinkertaisia, magneettista kalastuspelistä, magneettisia lautapelejä jne. myydään kuitenkin suuria määriä ympäri maailmaa. Magneettiset tiedelelut ovat myös hyvin suosittuja.

Kukaan ei tietäksemme ole keksinyt laittaa magneettia golf-mailaan, mutta tennismailasta voi Neo-magneetin löytää, tarkoituksenaan vaimentaa värähtelyä ja sitä kautta kyynärpäöngelmiä. Toinen, ainakin kalamiehille tuttu sovellus löytyy ABU Garcian joidenkin hyrräkelamallien keskikopiojarrusta (pyörrevirtajarrusta). Sama sovellus, mutta hieman isompana löytyy puolestaan jokaisesta äänettömästä kuntopyörästä tai soutulaitteesta. Polkupyörän napadynamosta ja matkamittarin anturista löytyy myös Neo-magneetit.

Suurin Neo-magneettien käyttökohde maailmassa (erityisesti Kiinassa) on sähköpolkupyörän moottori.

Muita arkipäivän käyttökohteita

Neo-magneetteja löytyy myös hissimoottoreista, tuuligeneraattoreista (teollisuus-, koti- ja venekäytöt), huvipuistojen laitteiden suurista magneettijarruista, magneettikuvauslaitteista, magneettilukoista, pitomagneeteista, magneettityökaluista, vaatekauppojen varkaudenestolätkien irrottamiin, ravistamalla ladattavista taskulampuista magneettiterapeutisiin kengänpohjalisiin ja muihin terveysmagneetteihin. Neo-magneeteissa on myös taikaa, sen tietävät taikurit, jotka käyttävät runsaasti pieniä Neo-magneetteja.

Yhteenveto

Neo-magneetit ovat mullistaneet arkipäivämme monilla uusilla sovelluksilla, joita ei olisi voitu aiemmin toteuttaa ainakaan painon ja koon suhteen. Neomagneettien käyttö tulee lisääntymään huomattavasti tulevaisuudessa erityisesti tuuligeneraattoreissa ja autoteollisuuden sovelluksissa.▲

Uudet urheilumateriaalit

TEKSTI Tutkija Ilkka Aaltio ja professori Simo-Pekka Hannula, TKK, Materiaalitieteen laboratorio

Materiaalien kehitys on vaikuttanut voimakkaasti urheiluun urheiluvälineiden ja varusteiden kautta mm. parantaen suorituskykyä ja käyttöturvallisuutta, joskus jopa alentaen harrastamisen kustannuksia ja siten tuomalla lajin useampien ulottuville. Vaikutus on luonnollisesti suurin välinelajeissa. Monissa lajeissa, kuten moottoriurheilussa, on kehityksen myötä jouduttu kiristämään sääntöjä rajoituksilla, jotta onnettomuusriskit ja nopeudet eivät enää kasvaisi.

Nanoteknologiaa peliin

Hiilinanoputket ovat viime vuosina olleet eräs tiedemaailman trendi – niiden lujuus on suurempi kuin millään muulla tähän asti tunnetulla materiaalilla, ja niillä on myös muita mielenkiintoisia ominaisuuksia [1].

Suomalaisyhtiö Montreal Sports on lähtenyt ensimmäisenä maailmassa soveltamaan nanoteknologiaa urheiluvälineisiin valmistamalla vuodesta 2006 lähtien hiilinanoputkikomposiittista jääkiekkomailoja. Montrealin Nitro-sarjan mailojen lavoissa käytetään suomalaisen Amroy Europe Oy:n kehittämää Hybtonite®-komposiittia. Patentoidun funktionalisoinnin ansiosta halkaisijaltaan 5-20 nm mittaiset monikerroksiset hiilinanoputket muodostavat voimakkaan kova lenttisen sidoksen epoksihartsimolekyylien kanssa, jolloin muodostuu Hybtoniten ristikkoittunut verkkomainen rakenne. Hybtonitesta valmistetun jääkiekkomailan iskunkesävyys on 60-80 % suurempi kuin verkoutumattoman hiilinanoputkikomposiittimailan, ja mailan murtovenymä kasvaa – ts. maila kykenee taipumaan enemmän ilman sen murtumista. Ehkä vielä tärkeämpää on mailan erinomainen pelituntuma, johon vaikuttaa valmistajan mukaan isotrooppinen mekaanisen energian siirtyminen verkotuneessa nanoputkikomposiitissa.

Monet pelaajat, jotka tähän asti ovat pitäneet puumailojen pelituntumaa ylivertaisena, ovat nyt kääntyneet nanoputkimailan kannalle, sanoo Montreal Sportsin toimitusjohtaja Antti Valtakari. Montrealin kansainvälisesti vahvin alue on maalivahtien mailat, joka tulee olemaan nanoputkikomposiittien seuraava aluevaltaus. Niiden materiaaliksi on

nyt onnistuttu kehittämään murtolujuudeltaan 12-17 % aikaisempaa korkeampi polyuretaani-hiilinanoputkikomposiitti. Näin mailasta saadaan kevyempi, ja tärkeänä ominaisuutena pidetään parempaa pelituntumaa. Nanoteknologiaa hyödyntävät maalivahdin mailat tulevat markkinoille ensi kaudella.

Valtakari kertoo, että nanoputkikomposiittituotteiden valmistuksessa tuotantomenetelmien hallitseminen on osoittautunut tärkeäksi, ja esim. halpojen alihankkijoiden käyttö ei siten ole oikea tie. Yhtiö on nyt hankkinut erikoisosaamista ja keskittyy parempien mailojen kapeampaan tuotesegmenttiin, jossa tuotteen hinta ei ole niin ratkaiseva ostokriteeri. Pitkällä tähtäimellä tuotantomäärien kasvaessa nanoputkitekniologian tuotteiden hintojen enustetaan halpenevan. Jääkiekkomailan tyyppisessä tuotteessa tuotannon kustannusvaikutus on vain 0,5-2 euroa per tuote, joten Hybtonite-teknologiaa voidaan tulevaisuudessa mahdollisesti käyttää moniin tuotteisiin, kertoo Valtakari.

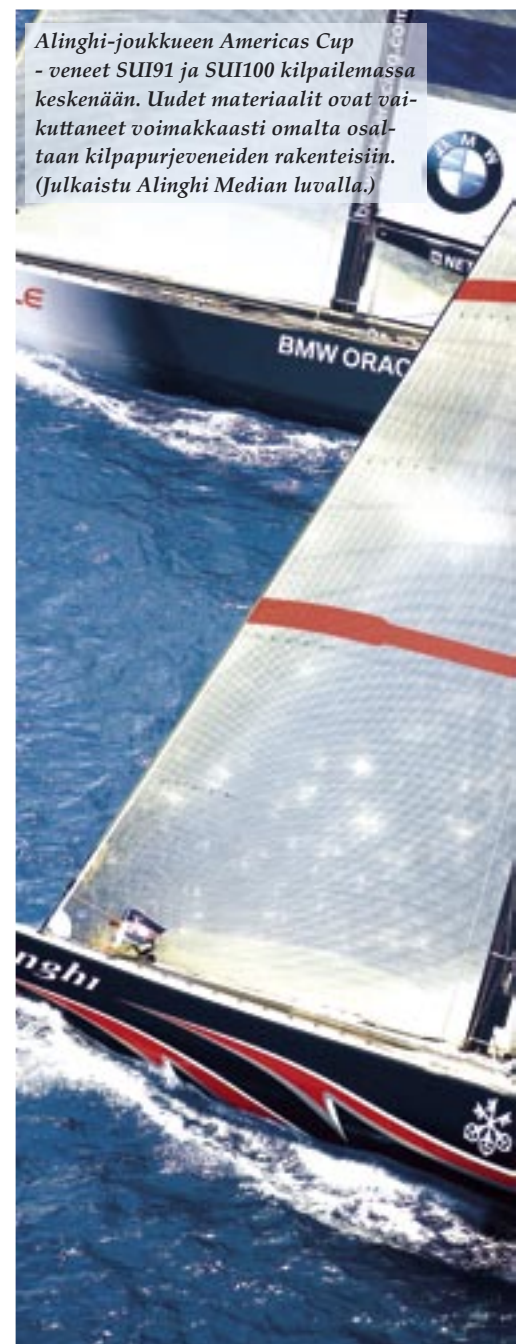
Hybtonite-komposiittia käytetään myös Berner Oy:n valmistamissa Karhu-GoldHammer-pesäpallomailoissa, Exel Oy:n eräissä hiihtosauvoissa ja uusissa Peltosen murtomaahiihtosuksissa. Näissä tuotteissa suurena etuna pidetään mekaanisen energian isotrooppista siirtymistä materiaalissa, joka tuo urheiluvälineeseen ominomaisen tuntuman. Hybtoniten korkea murtolujuus, elastisuus ja sen myötä mahdollinen rakenteen keveys ovat etuja. Esimerkiksi Peltosen uuden Hybtonite-suksen kärki voidaan vääntää siteeseen kiinni, eikä sukset murru. Valmistaja kertookin niiden olevan heidän tähän asti keveimmät ja lujimmat suksensa. Peltonen Ski Oy:n toimitusjoh-



Ilkka Aaltio



Simo-Pekka Hannula



Alinghi-joukkueen Americas Cup -veneet SUI91 ja SUI100 kilpailemassa keskenään. Uudet materiaalit ovat vaikuttaneet voimakkaasti omalta osaltaan kilpapurjeveneiden rakenteisiin. (Julkaistu Alinghi Median luvalla.)

taja *Juhani Eskelinen* kertoo, että nanoteknologiaa sovelletaan ensimmäisenä tänä syksynä markkinoille tulevissa eliittiluokan kilpasuksissa. Hiihtäjiltä saadun palautteen mukaan Hybtonite-suksen tuntuma on elastisempi ja parempi vanhaan epoksirakenteeseen nähden. Hiilikuidulla saadaan rakenteellinen jäykkyys ja lujuus riittävän korkeaksi, mutta hyvässä suksessa tulee olla myös tietty määrä pehmeyttä ja elastisuutta, jota hiilinanoputkikomposiittia käyttämällä lisätään. Nanoputkikomposiittia käytetään myös markkinoinnissa, ja uudet sukset on merkitty helposti tunnistettavalla hologrammilla.

Hybtonitea on myös kokeiltu purje-



veneiden valmistuksessa. Ostopäällikkö *Pekka Laurila* Baltic Yachts Oy:stä kertoo, että heidän ensimmäinen Hybtonite-materiaalia sisältävä koeveneensä lasketaan vesille keuhpurjehdusta varten syyskuussa -07. Vene on myyty Saksaan. Materiaalin suuri murtolujuus lisää rakenteen turvallisuutta mahdollisessa törmäystilanteessa. Laajempaan tuotantoon sitä ei kuitenkaan näillä näkymin vielä tule, sillä materiaalin käyttö vaatisi tuotannollisia muutoksia. Laurila mainitsee, että muita purjevereen rakennuksessa kiinnostavia materiaaleja ovat mm. dyneema®-kuitu (UHMPW polyeteeniä), ja zylon® (polyuretaanikuitu). Japanilaisen Toyobo Corp:in kehittämää Zylonia käytetään mm. 2007-kauden F1-autojen ohjaamojen suojarakenteissa, iskunkestävänä kerroksena.

Hiilikuitukomposiitista valmistetut kilpaveneiden mastot ja puomit ovat viime aikoina syrjäyttäneet alumiiniprofiilin. Myös kilpailuveneiden purjeissa käytetään mielenkiintoista materiaalitekniikkaa. Suurten veneiden kilpailuissa budjetit ovat suuria, ja yhden veneen kehitysohjelmaan käytetään jopa 20 000 työtuntia. Purjevereen tutkimukseen käytetään mm. tuulitunneleita (esim. Univ. of Auckland, NZ) ja tietokonesimulointia. Purjeiden valmistuksessa käytetään perinteisen leikatuista paloista tikkaamisen ja liimaamisen sijaan mm. 3DL-tekniikkaa (3 dimensional lamination) [2], jolla voidaan valmistaa purjehdusominaisuuksiltaan entistä parempia isopurjeita ja keulapurjeita. 3DL-tekniikassa käytetään alumiinilevyistä valmistettua hydraulisesti muotoiltavaa suurta muotia, jonka päällä on ohut kumikalvo. Muotin muotoa voidaan muotoilla tarkasti tietokoneen ohjaamana, ja näin muottiin voidaan valmistaa yhdestä palasta koostuva purje. Kumipinnalle levitetään mylar-kerros, ja sen päälle asetetaan kevlar- ja hiilikuitulankoja tietokonepiirturin avulla tukiverkoksi, jonka päälle tulee toinen mylar-kerros. Tyhjössä tehtävä kuumapuristus liittyy kerrokset yhteen. Näin valmistetun purjeen venymä saadaan tasaisemmaksi purjeen eri osissa, jolloin purjeen muoto säilyy vaihtelevissa tuuliosuhteissa. Vuoden 2007 Americas Cupin Emiraattien veneissä NZL84 ja NZL94 on 3DL purjeet. Tämän vuoden AC:n voittajaveneen Alinghin isopurjekertoja on jopa 6 erilaista, eri tuuliosuhteita varten. Spinaakkerit valmistetaan nylonista. Veneiden runko on tehty laminoimalla CRFP-kerroksista ja Nomex-hunajakennorakenteesta. Eniten rasitetuissa osissa, kuten veneen köliässä, on jopa 20 pre-impregnoitua

CRFP-kerrosta. Laminaatti kompaktoidaan tyhjöpussissa, jolloin rakennetta heikentävät ilmakuplat saadaan vähenemään, ja hartsit kovetetaan uunissa yli 70°C:ssa. Americas Cup -purjehduskilpailusta voimme nauttia seuraavan kerran vuonna 2009 Valencianssa.

Amorfisia metallilaseja (bulk metallic glasses, BMG) on kehitetty 1970-luvulta lähtien mm. elektroniikkateollisuuden käyttöön ja myöhemmin myös urheiluvälineisiin. Amorfinen tarkoittaa kiinteää rakennetta, jossa atomit eivät ole järjestäytyneet toistensa suhteen laajalla alueella periodisena toistuvaan hilarakenteeseen. Kuten tuttu piipohjainen lasi, myös amorfiset metallilasit kuumennettaessa pehmenevät muovattaviksi, jolloin niitä voidaan käyttää esimerkiksi ruiskupuristuksessa. Tietyn kemiallisen koostumuksen ansiosta metalliseos jäähmettyy sulasta amorfiseksi (eli ei-kiteiseen muotoon) myös ilman että sitä jäähdytetään erityisen nopeasti. Liquidmetal® on eräs amorfinen lasimateriaaliseos (Zr-Ti-Ni-Co-Be), jonka on kehittänyt USA:ssa Liquidmetal Technologies, Inc. Caltech:in, NASA:n ja DOE:n tukemien tutkimushankkeiden pohjalta.

Urheiluvälineissä käytettävät amorfiset lasit ovat kimmoisia ja lujia materiaaleja, jolloin esimerkiksi tennismailan runko toimii pallon ja mailan kohdassa toisensa siten, että pallo lähtee mailasta mahdollisimman suurella liikeenergialla. Kimmisuudesta on hyötyä myös laskettelusuksissa, golfmailoissa, pesäpallomailoissa, polkupyörien rungoissa, suksissa ja lumilautoissa, ase-tekniikassa ja kalastusvälineissä. Head NV on käyttänyt Liquidmetalia eräissä tennismailoissaan vuodesta 2003 lähtien, sekä myös laskettelusuksissa. Viime aikoina Head on tuonut markkinoille tennismailoissaan myös muita uusia urheilumateriaaleja, kuten MicroGel:in, jossa hyödynnetään silikonin kimmoisuutta. Tennismailoissa käytetään nykyään yleensä komposiittirakenteita, sillä niitä käyttämällä maila on kevyt ja luja sekä pelituntuma on tarkka. Amer Sports -ryhmään kuuluvan Wilsonin uusissa mailoissa käytetään Karophite black -kauppanimellä kutsuttua komposiittia, jossa on valmistajan mukaan nanotason mikrorakenne ja sen myötä 46 % suurempi lujuus kuin aikaisemmin käytetyllä materiaalilla. Vaikka valmistaja ei paljasta yksityiskohtia, on kyseessä ilmeisesti ristosilloitettu nanokuitu-epoksi-komposiitti. Menestys on ollut ainakin näillä mailoilla hyvä, sillä niillä pelaavat mm. ATP-ykkönen *R. Federer* sekä suomalainen huippupelaaja *J. Nieminen*.

Lisää vauhtia ladulle

Uusien materiaalien ottaminen urheiluvälinevalmistajan käyttöön ei aina johdu tarpeesta lisätä välineen fyysistä suorituskykyä. Amer Sports -ryhmään kuuluvan Atomic Austria GmbH:n tuotekehitysjohtaja *George Bauer* kertoo, että vain noin 30 % yhtiön vuosittain esitellyistä suksimallistosta on kokonaan uusia konstruktioita ja 70 % tuodaan markkinoille ulkoon kokeilun jälkeen.

Urheiluvälineissä painovärit, heijastavat tai peittelevät efektimateriaalit ja pintamateriaalit ovat tärkeitä, samoin kuin materiaalien kulumisenkestävyys ja pitkäaikaisen käytön kestävyys talviolosuhteissa. Atomic tekee tutkimusta yhdessä ja yhteistyökumppaniensa kanssa lisäksi mm. pienikiteisistä pinnoista, metallimateriaaleista (kantit ja vahvikkeet), kuitulujitteista, epokseista, adheesiosta ja PU-vaahdoista. Käytetyistä metalleista tärkeimmät ovat alumiini ja teräs mutta myös mm. titaania ja magnesiumia käytetään.

Uusi materiaali tulee tuotantoon usein tuotteen tietyn osa-alueen yhteistyökumppanin kautta, jotka tuntevat yhtiön valmistusmenetelmät ja optimoivat materiaalit annettujen spesifikaatioiden mukaan. Atomicin uusissa metallipintaisissa Volant-suksissa on käytetty tyhjössä pinnoitettavaa abraasiota kestävästä nanopinnoitetta, joka sekä suojaa pintaa naarmuilta että antaa metallipinnalle kauniin värin. Sukkien värähtelynvaimennusta, jonka tärkeys korostuu suuriin nopeuksiin tarkoitettuihin pujottelusuksissa, voidaan parantaa mm. hyvin vaimentavilla komposiiteilla. Vaikka Atomic ei käytä suksissaan ulkopuolista energianlähdettä tarvitseviä funktioita, he tutkivat mahdollisuuksia lisätä antureita tai näyttöjä suksiin. Valmistajan kannalta onnistunut materiaalinvalintaesimerkki on esimerkiksi Atomicin murtomaa-hiihtosuksissa, jossa eri hintaluokan suksia on valmistettu eri suorituskyvyn ytimillä, kertoo Bauer. Kalliimmassa suksissa on Nomex-ydin ja halvemmässä taas kevyt vaahtoydin, jossa on superkevyitä valutäytteitä – Bauerin mukaan ne ovat tämän hetken parhaimpia kevytkonstruktioita. Aktiivimateriaalit ovat myös yleistymässä. Esimerkiksi K2 valmistajalla on ollut jo joitakin vuosia sitten laskettelusuksissa pietso-

sähköisiä elementtejä, joilla pienet ledit saadaan vilkkumaan rinteessä suksen tärinän vaikutuksesta. Rossignol on tehnyt kokeiluja suksen sisään rakennetusta pietsohäkösistä aktiivisesta värähtelynvaimennusjärjestelmästä, joka toimi 9 V:n paristolla [3].

Koska suurissa nopeuksissa suksen taipuma on jopa 40 mm, pietsoakuaattorin yhteydessä on mekaaninen liik-



Alppihiihtäjä Sanni Leinonen. (Julkaistu Suomen Hiihtoliiton luvalla.)



Peltonen Ski Oy tuo syksyllä markkinoille uuden kilpasuksen, jossa käytetään Hybtonite hiilinanoputki-epoksi-komposiittia. (Julkaistu Normark Oy:n luvalla.)

keenvahvistin. Markkinoilla on myös tennismailloja, joissa käytetään pietsokuituja lyöntivoiman anturointiin ja värähtelynvaimennukseen (Advanced Ceramics, Inc. ja Head). Sisäänrakennettuja pietsohäkösisiä antureita on markkinoilla myös esimerkiksi uusissa Nike+ lenkkiosuissa, jotka voidaan kytkeä iPod-musiikkisoittimeen. Soittimen ohjelmisto laskee kengistä tulevien signaalien mukaan juoksunopeuden, matkan ja kulutetut kalorit. Adidaksen "1" juoksukengissä taas käytetään magneettisia antureita ja mikroprosessoria, joka säätää kengän jäykkyyttä [4].

Tekstiilit ja retkeilyvarusteet

Urheilussa ja vapaa-ajassa käytettävät tekstiilit ovat kokeneet suuren muutoksen kun niihin on lisätty funktionaalisia ominaisuuksia, kuten hengittävyttä. Urheiluvaatteen hengittävytydellä on suuri merkitys ihmisen liikkuessa, sillä ihmisen elimistö pyrkii haihduttamaan ponnistelun yhteydessä jopa kymmenkertaiseksi kohonnutta lämmöntuotan-

toa haihduttamalla iholta nestettä. Päähineen merkitystä ei kannata myöskään unohtaa, sillä 80 % kehon lämmöstä haihtuu pään kautta. Lämmönsäätely iholta haihtumisen avulla edellyttää että vaate päästää vesihöyryä lävitse. Myös kankaan viiman- ja tuulenpitävyys on tärkeä ominaisuus, joka ei aina tarkoita hengittämättömyyttä. Vaikka luonnoitukset ovat oikein käytettyinä hyviä raaka-aineita, urheilutekstiileihin käytetään paljon keinokuitupohjaisia materiaaleja. Keinokuitukankailla, kuten Nylon, on hyvä kestävyys. Monet urheiluvaatteiden valmistajat (mm. Halti, Haglöfs ja Rukka) tarjoavat tuotteissaan funktionaalisia urheilutekstiilejä. Hyvin tuulenpitävät mikrokuitukankaat, joissa käytetään mikroskooppisen ohuita kuituja, ovat myös kevyitä ja hengittäviä. Funktionaalisten kalvojen, kuten Gore-Tex® tai DrymaxX®, toiminta perustuu kalvossa oleviin pieniin huokosiin, joiden läpi vesihöyryn molekyylit voivat siirtyä, mutta suuremmat vesipisarat eivät pääse, jolloin iho tuntuu myös märässä säässä kuivalta eikä vaate hiosta. Yhdistämällä funktionaalisen kalvo kestävään, sopivan näköiseen ja miellyttävän tuntuiseen tekstiiliin

saadaan hyvä lopputulos. DrymaxX hengittää 100 kertaa paremmin kuin perinteinen sadevaatekangas. Tavallisen sadevaatekankaan hengittävyys on n. 100g/m²/24h ja DrymaxX kankaalla se on 10 000g/m²/24h. DrymaxX on laboratoriokeiden perusteella vedenpitävämpi kuin vedenhalkivyyksisillä viimeistely mikrokanngas. Urheiluvaatteissa tärkeitä ominaisuuksia ovat myös joustavuus, ihon hankaamattomuus ja kulumiskestävyys, joihin vaikutetaan mm. materiaalivalinnoilla. Urheiluvaatteiden ominaisuuksia säädellään myös siten, että vaatteessa voi olla 1-3 kalvokerrosta päällekkäin, kalvo voidaan laminoida kiinni vuoriin, tai kankaan kahisemista vähennetään harjaamalla tekstiilin pinta.

Yhdistämällä eri kuituja (mm. polyester, polyamidi, elastaani), saadaan kankaan mekaanisia ym. ominaisuuksia muutettua tarkoitukseen sopivaksi (mm. joustava stretch-kangas). Kalvotekstiilit ovat yleistyneet huomattavasti – niitä käytetään nykyisin urheiluvaatteiden lisäksi mm. makuupusseissa,

jalkineissa, teltoissa ja moottoripyöräilijöiden asusteissa. Kalvovaatteet täytyy pestä erillään muista vaatteista, ja tavallista pyykinpesuainetta on niiden kohdalla syytä välttää, sillä se tukkii kalvon huokokset. Retkeilyliikkeet ja hyvin varustetut tavaratalot myyvät erikseen kalvovaatteille tarkoitettuja pesuaineita. Kalvovaatteiden pesun merkityksen ymmärtää helposti: tukkeutunut vaate ei hengitä.

Keinokuituiset tekstiilit, kuten polyamidit, sopivat keveinä ja kestävinä hyvin myös retkeilyvälineiden, esimerkiksi makuupussien valmistukseen. Eri käsittelyillä niihin saadaan haluttuja ominaisuuksia. Esimerkiksi kuidun vahakäsittelyllä saadaan likaa hylkivä mutta hengittävä kangas, ja PU-pinnoituksella saadaan kankaan vedenpitävyyttä parannettua. Tämän tyyppisiä erikoiskankaita ovat mm. ripstop ja oxford nylon. Myös polyesterikuitukankaille tehdään PU-pinnoituskäsittelyä (mm. polytex (Haglöfs) ja x-stretch (Halti)). Mikrokuidusta valmistetaan myös tehokkaita lämmöneristeitä makuupusseihin, kuten microtherm (Halti), jotka haastavat luonnonhöyhenen perinteisesti hyvän eristyskyvyn.

Tulevaisuuden trendit

Tekstiiliteollisuudessa on näkynyt viime vuosina selvä muutos, jossa Euroopasta tuotanto on siirtynyt voimakkaasti halvemman työvoimakustannusten maihin. Tähän on vaikuttanut mm. Kiinan liittyminen WTO:hon vuonna 2001. Tekstiiliala on joutunut murrokseen. Nyt tulevaisuuden trendeinä nähdään Euroopassa erikoisalueita, kuten biolääketieteen tekstiilit (terveydenhoitoon, haavahoitoon), sähköiset tekstiilit (integroidut anturit ja aktuaattorit vaatteissa), turvavaatteet (luodinkestävyys, kemiallinen ja biosuojaus), energia (puettavat aurinkokennot, photonic textiles), ympäristö (suodattavat nanokuiturakenteet) ja urheilutuotteet (komposiittimateriaalit, keinoiturve) (Prof. P. Kiekens, Univ. Gent, BE).

Villeimmät visiot materiaalien roolista tuovat bioniikan arkipäiväämme. Esimerkiksi proteesien käyttäminen saattaa tuottaa yliveraisen suorituskyvyn tavalliseen ihmiseen nähden. Oscar Pistorius, jonka molemmat jalat on amputoitu, on ilmoittanut haluavansa haastaa hiilikuitukomposiitista valmistettuine jalkaproteeseineen seuraavien olympialaisten

normaaliruumiinrakenteiset juoksijat kanssaan 400 m:lle [5]. Olympiakomitea pohtii asiaa toisaalta yksittäisenä pyyntönä ja toisaalta laajempaan eettiseen kysymyksenä – miten suurista vaikutuksista urheiluun nyt on kyse.▲

LÄHDELUETTELO

- [1] N. Grobert, "Carbon nanotubes – becoming clean," *Materials Today*, vol. 10, pp. 28-35, 2007.
- [2] J. B. Fallow, "America's Cup sail design," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 63, pp. 183-192, 10, 1996.
- [3] M. Leger, "Ski-embedded piezo mechatronic system to damp vibrations," *Flux Magazine*, n. 50, p. 7, 2006.
- [4] R. Haapaniemi, "Tietokoneohjattu juoksukenkä Adidas-1," *Tekniikan maailma*, n. 11/05, pp. 68-69, 2005.
- [5] M. Miodownik, "The bionic future of sport," *Materials Today*, vol. 10, n. 9, p. 6, 2007.▲

WEB:

<http://nikeplus.nike.com/nikeplus/>
<http://www.americascup.com/en/>
http://textiles.ugent.be/News_future.asp
<http://www.montrealhockey.com/index/en/home/company/nano.html>
<http://www.normark.fi/index.php?page=17&cid=284>



Tehokkaammin korkealaatuista kuparia

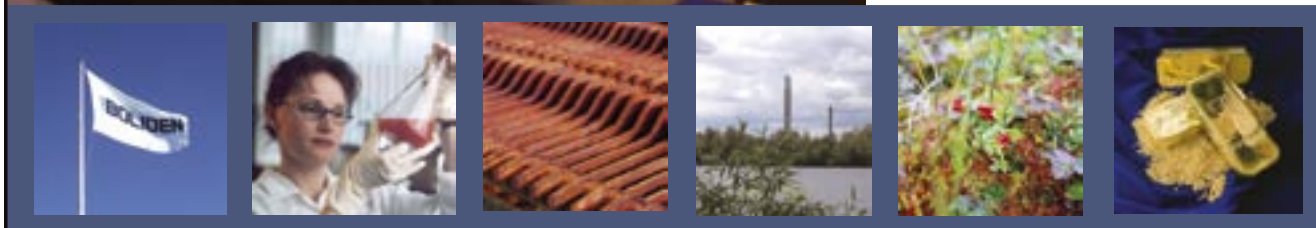
Boliden Harjavalta Oy valmistaa kuparia, kultaa ja hopeaa vastuullisesti ja ympäristöä kunnioittaen.

Meneillään olevan laajennusprojektin myötä Harjavallan sulaton ja Porin kuparielektrolyysin tuotantokapasiteetti lisääntyy noin 25 %.

BOLIDEN

Harjavalta

www.boliden.com



Maailman monipuolisin materiaali

Teräspohjaisia materiaaliratkaisuja kotiin ja vapaa-aikaan

TEKSTI Teknologiajohtaja Peter Sandvik, Rautaruukki Oyj

Teräkseen törmää kaikkialla – kotona, työpaikalla, vapaa-aikana ja ulkona liikkuesssa. Se voi olla hyvin lujaa, kirkasta ja kiiltävää, ruosteenruskeaa tai helmiäisenhoitoista. Sen kierrätettävyys on erinomainen. Paitsi hyödyllistä teräs on myös kaunista. Uudenlaiset pinnoitteet ja erikoislujat teräslaadut tuovat yhä uusia käyttömahdollisuuksia.

Aamulla heräät kodissasi, jonka rakenteissa on todennäköisesti terästä. Talo on saatettu perustaa teräspaaluille, ja puu- tai betonitalonkin lattian alla on runsaasti terästä.

Paahdat leipäsi teräksisessä leivänpaahtimessa ja otat maitopurkin teräksisestä jääkaapista. Vesi- ja paistinpannut, leikkuuveitset, puukot ja ruokailuvälineet ovat terästä nekin. Samaa kestäväää ja ajatonta materiaalia ovat vaikkapa kulhot, tarjottimet, vadit ja ämpärit.

Työmatkan kuljet autolla tai polkupyörällä, jonka monet osat ovat terästä. Työtuolisi on teräsrunkoinen, työtasojen jalat voivat olla terästä. Sitä löytyy myös työpöydän lukemattomista esineistä, alkaen liittimistä ja saksista aina tietokoneeseen ja tulostimeen. Työpäivän jälkeen käyt salilla nostamassa rautaa – kirjaimellisesti. Monet kuntosalilaitteet tehdään teräksestä.

Entä ulkona? Esimerkiksi nosturit, metsätyökoneet, kaivinkoneet, valaisinpylväät, sillat, meluaidat ja maantiekaihteet ovat pääosin terästä.

Yhä lujempaa

Terästä on valmistettu satoja vuosia, mutta kaikkia sen mahdollisuuksia ei ole vielä hyödynnetty. Tuotekehityksen tuloksena syntyy yhä monipuolisempia terästuotteita. Yksi tärkeä ominaisuus on teräksen lujuus. Nykyään lujimmat teräkset ovat neljä kertaa lujempia kuin 50 vuotta sitten.

Lujia teräksiä käytetään paljon vaikkapa liikkuvien työkoneiden rungoissa, puomirakenteissa ja lavoissa. Kun teräs on entistä lujempaa, sitä tarvitaan vähemmän, jolloin koneiden paino pienenee. Kevyt kone voi ottaa enemmän lastia, ja se kuluttaa vähemmän polttoainetta.

Terästuotteiden kehittymisen myötä rakennusaikoja on saatu lyhennettyä merkittävästi. Asiakkaan tarpeisiin sovellettavia valmiita ratkaisuja on tarjolla yhä enemmän. Rakennuksen runko, katto ja seinälevyt tuodaan paikalle entistä valmiimpina, joten pystytys ei kestä kauaa. Esimerkki merkittävästä parannuksesta on teräspaalaus. Vältetään massiivisilta maansiirtotöiltä, eikä betonin kuivumista tarvitse odotella.

Metallin uudet olomuodot

Uudenlaiset pinnoitteet tuovat teräkseen uusia ulottuvuuksia. *Antifinger-*



"Ruukki hakee uusia ideoita työkoneiden ohjaamotuotteisiin muun muassa muotoilijoiden pienoismalleista", Ruukin teknologiajohtaja Peter Sandvik kertoo. Kuva: Samuli Skantsi.

print-pinnoitteen ansiosta sormenjäljet eivät enää tulevaisuudessa tartu teräkseen jääkaapinoveen tai huonekaluun. Antibakteeriset pinnoitteet pitävät huolta hygieniasta ja likaantumattomat pinnoitteet estävät graffiteja tarttumasta rakennusten julkisivuihin.

Jo nyt on käytössä helmiäispinnoitteita, joiden avulla rakennusten julkisivut saadaan välkehtimään eri väreissä katsomissuunnasta riippuen.

Monen tulevaisuuden sovelluksen

Teräs on kodinkoneiden tärkein valmistusmateriaali. Uusien pinnoitteiden avulla niille saadaan aivan uusia ominaisuuksia.

Kuva: Antti Aalto.



taustalla on nanotutkimus, joka perustuu atomien välisten vuorovaikutussuhteiden ymmärtämiseen. Terästä on tutkittu atomitasolla jo 1960-luvulta lähtien, vaikka sitä ei silloin vielä nanotutkimukseksi nimitettykään.

Kasvua idässä

Yhä suurempi osa Ruukin tuotteista on pitkälle jalostettuja rakennus- ja konepajateollisuuden komponentteja ja järjestelmiä. Samalla olemme entistä lähempänä asiakkaan arkea.

Neljästä divisioonastamme Production ja Metals valmistavat ja markkinoivat erilaisia terästuotteita. Ruukki Construction ja Ruukki Engineering ovat erikoistuneet toimittamaan metalliin pohjautuvia ratkaisuja, Construction talonrakentamiseen ja infrastruktuurirakentamiseen, Engineering liikkuviin koneisiin, konerunkoihin ja puomirakenteisiin.

Viime vuosina Ruukki on laajentunut voimakkaasti itäiseen Keski-Eurooppaan, Ukrainaan ja Venäjälle. Siellä markkinat kasvavat 7–8 prosentin vuosivauhtia infrastruktuurin rakentamisen myötä. Ruukki on laajentamassa toimintuksiaan yhä kauemmaksi Venäjän kes-

ki- ja itäosiin. Modernit tuotantolinjat Venäjällä Moskovon lähellä sekä uudet tehtaat Ukrainassa, Unkarissa ja Romaniassa varmistavat nopeat toimitukset kasvaville markkinoille.

Monissa käyttökohteissa teräksen

ainoa kilpailija on vielä laadukkaampi teräs. Ruukin laaja valikoima, korkea laatu, toimitusvarmuus sekä innovatiivisuus ovat tehneet yhtiöstä menestyvän teräksen ja siihen pohjautuvien ratkaisujen toimittajan.▲



Ruukki toimitti vuonna 2006 valmistuneeseen Turun yliopiston rakennukseen seinäelementit ja julkisivulamellit. Kuva: Voitto Niemelä

Liikenneväylätuotteet

Örsta -sillankaiteet

- Örsta-sillankaiteet on törmäyskoetustettu normin NS-EN 1317, lujuusluokka H2 mukaan, toimintaluokkaan W2 asti
- Örsta-sillankaiteet valmistetaan kuumasinkittynä tai pinnoitettuna ainutlaatuisella Combi Coat ® pinnoitteella halutun värisenä
Combi Coat ® = kuumasinkitys + sinkkifosfatoiointi + pulverimaalaus
- Örsta-sillankaiteet ovat patentoituja



Myynti ja asennus:



**LUJITUS-
TEKNIikka OY**

Juvantasku 1, 02920 ESPOO
Puh. 09-8494 440, fax 09-8494 4444
www.lujitustekniikka.fi

Maahantuonti ja markkinointi:

Miranet
MINING DRILLING EXPLORATION

Puh. 09-8019 671, fax 09-8133 415
www.miranet.fi

Juomaveden laatu on merkittävä ihmisten hyvinvointiin ja terveyteen vaikuttava tekijä. Me suomalaiset pidämme hyvää juomavettä itsestään selvänä asiana. Meillä sitä riittää ja olemme tottuneet luottamaan sen turvallisuuteen. Onko vesi aina yhtä hyvälaatuista? Voiko veden laatu muuttua putkistossa? Kyllä voi ja muuttuukin verkostossa korroosion, mikrobitoiminnan tai materiaaleista liukenevien aineiden seurauksena. Veden ja materiaalien väliset vuorovaikutukset ovat monitahoisia, eikä koko juomaveden valmistus- ja siirtoketjun aikaisia vuorovaikutuksia vielä tunneta riittävästi.

TEKSTI Vesi-Instituutti/
Prizztech Oy:



Tuija Kaunisto



*Minna M.
Keinänen-
Toivola*



Marja Luntamo

KUVAT Marko Mikkola



Materiaalit ja juomavesi

Materiaalien ja veden vuorovaikutukset

Juomaveden laatuun vaikuttavat raakaveden alkuperä, vesilaitoksen vedenkäsittelyprosessit, jakeluverkoston materiaalit, rakenne ja viipymäajat, kiinteistöjen putkistomateriaalit sekä mikrobiologinen toiminta koko ketjun aikana. Juomaveden laatu voi heikentyä materiaaleista liukenevien aineiden vuoksi tai veden ja materiaalien välisten vuorovaikutusten seurauksena muodostuvien kemiallisten yhdisteiden vuoksi. Kaikilla pinnoilla kuten ihmisen iholle, ruoansulatuskanavassa, kasvien lehdillä ja juomavesiverkostojen putkistoissa kasvaa mikrobeja nk. biofilmeissä. Vaikka juomavesi puhdistetaan ja desinfioidaan vedenkäsittelylaitoksella, on verkostossa aina mikrobeja, jotka muodostavat nopeasti biofilmin kaikille veden kanssa kosketuksissa oleville materiaalinpinnoille. Biofilmejä ei välttämättä havaitse paljaalla silmällä, sillä niiden paksuus vaihtelee muutamasta mikrometrinä millimetreihin.

Metallisten materiaalien liukenemisherkkyys riippuu olennaisesti veden syövyttävyydestä. Monet käyttömetallit liukenevat ainakin jossain määrin happamassa ja pehmeässä, aggressiivisista hiilidioksidia sisältävässä vedessä, jonka alkaliteetti on matala.

Juomavesiputkiston orgaanisista materiaaleista voi liueta terveydelle haitallisia aineita tai mikrobien ravinnoksi soveltuvaa orgaanista ainesta. Orgaanisista materiaaleista liukenevien aineiden tuntemus on heikompi kuin metallisten materiaalien. Yksittäisestä polymeeristä voidaan valmistaa hyvinkin erilaisia tuotteita, ja valmistusprosesseissa käytetään monenlaisia apu- ja lisäaineita. Useimmiten ongelmia eivät aiheutakaan itse peruspolymerit vaan niiden lisäaineet. Vaikka lisäainepitoisuudet ovat yleensä hyvin pienet, ne voivat peruspolymeria helpommin liueta rakenteesta ja aiheuttaa hajua-, maku- tai hygieniaongelmia. Valmistuksen aikana voi myös muodostua hajoamis- tai reaktiotuotteita. Kaikista potentiaalisista veteen liukenevista aineista ei ole olemassa riittävästi tutkimusaineistoa niiden terveysvaikutusten arvioimiseksi.

Myös betoni- ja sementtilaastipinnat reagoivat veden kanssa, ja erityisesti käytön alkuvaiheessa veden pH-arvo voi nousta. Sementtilaasti sisältää orgaanisia ja epäorgaanisia lisäaineita, joten siitä voi liueta haitallisia aineita tai mikrobien ravinteita. Aineiden liukeneminen yleensä heikentyy ajan myötä.

Putkistomateriaalien välillä ei ole todettu oleellisia eroja mikrobiologisen

kasvun suhteen. Biofilmejä muodostuukin vedessä kaikille pinnoille, sillä vedet sisältävät aina mikro-organismeille ja biofilmiä muodostumiselle välttämättömiä ravinteita. Materiaalipinnoille vedessä muodostuvat biofilmit koostuvat monenlaisista elävistä ja kuolleista mikro-organismeista, ja ne voivat sisältää aerobisia tai anaerobisia bakteereja, sieniä ja alkueläimiä. Mikro-organismeja on sekä vedessä että pinnoilla olevissa biofilmeissä, mutta biofilmeissä huomattavasti enemmän.

Biofilmit voivat aiheuttaa erilaisia ongelmia juomaveden jakelussa. Tiedetyt bakteerit voivat aiheuttaa sameutta sekä maku- ja hajuhaittoja ja jopa mikrobiologista korroosiota metallisissa materiaaleissa. Biofilmit saattavat edistää myös terveydelle haitallisten bakteerien kasvua ja leviämistä verkoston veteen. Suomessa on todettu vesiverkostoissa mm. terveydelle haitallisia mykobakteereja sekä hengitettynä keuhkokuumetta aiheuttavia *Legionella* spp. bakteereja /1, 2/. Biofilmiä saattaa irrota putken seinämästä merkittäviä määriä esimerkiksi paineiskujen yhteydessä, mistä on yleensä seurauksena veden värjäytyminen ruskeaksi tai mustaksi.

Biofilmiä muodostumisen voimakkuus riippuu monista tekijöistä, mutta tärkein rajoittava tekijä on ravinnon riittävä määrä. Mikrobiologisen kasvun kannalta oleellista on sellaisen ravinnon määrä, joka on mikroobeille helposti käytettävää. Tätä ravintoa voi tulla veden mukana tai liueta jakeluputkistojen materiaaleista. Kansanterveyslaitoksen tutkimuksissa on todettu, että fosfori on useimmiten mikro-organismien kasvua rajoittava tekijä suomalaisissa juomavesissä /3/. Kesäkuukausina tapahtuva lämpötilan nousu lisää mikrobiologista aktiivisuutta etenkin pintavesistä valmistetussa juomavedessä.

Materiaaleista liukenevien aineiden haitoilta voidaan pääosin välttyä, kunhan vettä juoksetaan riittävästi ennen käyttöä aina, kun vesi on seissyt putkistossa esimerkiksi yön yli. Lämmintä tai putkistossa seissyttä vettä ei pidä käyttää juomavetenä eikä ruoanvalmistukseen.

Tuotehyväksyntä ja standardisointi

EU:n juomavesidirektiivin /4/ pohjalta annettu sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista /5/ määrittelee talousveden terveydelliselle laadulle minimitason ja edellyttää, että uusien järjestelmien materiaalit eivät heikennä

talousveden laatua. Suomessa ei siis puhuta juomavedestä vaan talousvedestä, jolla tarkoitetaan kylmää vettä. Juomavesijärjestelmien vesijohdot ja muut komponentit ovat rakennustuotteita, joita koskee EU:n rakennustuotedirektiivi /6/. Rakennustuotedirektiiviin kuuluvat myös hygieniaa, ympäristöä ja käyttöturvallisuutta koskevat vaatimukset. Sekä rakennustuote- että juomavesidirektiiviä ollaan parhaillaan uusimassa.



Direktiivien tarkoituksena on taata ihmisten elinikäiseen käyttöön terveellinen, puhdas ja turvallinen juomavesi. Myös vesijohtojen ja muiden juomavesijärjestelmien komponenttien tulee olla turvallisia. Pienetkin määrät materiaaleista liukenevia haitallisia aineita voivat aiheuttaa terveysvaikutuksia veden elinikäisen käytön aikana. Joissakin maissa on kansalliset hyväksymismenettelyt näille tuotteille, mutta esimerkiksi Suomessa tällaisia viranomaislähtöisiä vaatimuksia tuotteiden hygieeniselle laadulle ei ole.

EU:ssa on valmisteilla yhtenäinen tuotehyväksyntäjärjestelmä, European Acceptance Scheme (EAS), juomaveden kanssa kontaktissa oleville rakennustuotteille. EAS:n tavoitteena on turvallisten putkien ja muiden komponenttien käyttäminen uusissa juomavesijärjestelmissä. EU-maiden yhtenäinen hyväksyntämenettely olisi myös yri-

tyksille etu, sillä tuotteiden valmistajat joutuvat nykyisin pahimmassa tapauksessa teettämään joka maassa erilaiset testit tuotteen saamiseksi markkinoille.

EAS-menettelyä on valmisteltu jo vuodesta 1999, mutta valmistelu on vienyt pidempään kuin uskottiin ja tälläkin hetkellä on epäselvää, missä muodossa ja kuinka kattavana yhtenäinen tuotehyväksyntä toteutuu. EAS toteutetaan harmonisoitujen eli yhdenmuokaistettujen eurooppalaisten tuote- ja testausmenetelmästandardien avulla.

Vesi-Instituutti

Tarve juomavesijärjestelmien materiaaliasiantuntemuksen keskittämiseen todettiin erityisesti EAS-prosessin valmistelun yhteydessä. Syksyllä 2005 aloittikin toimintansa uusi asiantuntijaorganisaatio, Vesi-Instituutti, jonka perustamisessa olivat mukana Oras Oy, Outokumpu Pori Tube Oy, Uponor Suomi Oy, VTT, Prizztech Oy, Rauman Seudun Kehitys Oy ja Satakuntaliitto. Raumalla sijaitseva Vesi-Instituutti on Prizztech Oy:n kehittämisen- ja tutkimusyksikkö. Vesi-Instituutti toimii juomaveden ja materiaalien vuorovaikutuksen asiantuntijana sekä palveluntuottajana viranomaisten, vesilaitosten, tutkimuslaitosten ja alan teollisuusyritysten yhteistyöverkostoissa ja pyrkii myös osaltaan koordinoimaan alan tutkimusta. Toiminnan käynnistämiseksi vastasivat DI *Tuija Kaunisto*, DI *Marja Luntamo* ja FT *Minna Keinänen-Toivola*. Vuonna 2007 Vesi-Instituutissa työskentelee seitsemän asiantuntijaa.

Vesi-Instituutilla on aktiivinen rooli EAS-menettelyn valmistelussa ja CEN-standardisoinnissa, ja tavoitteena on erityisesti suomalaisten yritysten kilpailukykyyn vahvistaminen. Perustietämyksen saamiseksi tehdyt kartoitukset suomalaisissa vedenjakeluverkostoissa



ja kiinteistöverkostoissa käytettävistä materiaaleista ja suomalaisen talousveden laadusta /7, 8/ löytyvät pdf-muodossa Vesi-Instituutin kotisivuilta (www.vesi-instituutti.fi).

Verkostomateriaalit

Keskisuurten ja suurten vesilaitosten vedenjakeluverkostoissa yleisimpiä putkimateriaaleja ovat kova polyeteeni, pallografiittirauta, polyvinyylikloridi ja harmaa valurauta. Vesi-Instituutin suorittamaan kyselyyn vastanneiden laitojen osalta muovien kokonaisuus oli 61 %, valuraudan 33 % ja muiden materiaalien 6 % /7/. Lyijyputkia ei on-



neksi ole käytetty pohjoismaissa. Pintalaltaan merkittävimpiä juomaveden kanssa kosketuksissa olevat materiaalit ovat polyeteeni ja pallografiittirautaputkien sementtilaastipinnoite.

Kiinteistöissä käytössä olevat putkistomateriaalit ovat kupari, messinki, ruostumaton teräs, sinkitty teräs sekä polyeteeni. Kuumasinkitty teräs on Suomessa hyväksytty vain kylmävesijohtoihin, kun sitä joissakin maissa voidaan asentaa myös lämminvesijohdoiksi. Kylmävesijohdoiksi soveltuvia muoviputkimateriaaleja ovat polyvinyylikloridi ja polyeteeni. Polybuteeni ja ristosilloitettu polyeteeni soveltuvat sekä kylmä- että lämminvesijohdoiksi. Nykyisin asennettavat vesijohtojen putkimateriaalit ovat lähinnä kupari ja polyeteeni. Venttiilit ja liitoskappaleet ovat tavallisesti messinkiä. Putkistovarusteet ja hanat sisältävät myös pieniä komponentteja, joiden materiaalikirjo on laaja nitriliikumeista polyamidimuoviin.

Verkostoissa on ja niihin asennetaan siis monia erilaisia materiaaleja, joiden ominaisuudet poikkeavat toisistaan huomattavasti. Metallien ja metalliseosten koostumus ja rakenne sekä liukenemisilmiöt tunnetaan melko hyvin. Sen sijaan muovien raaka-aineet ja

valmistusprosessit ovat vaihdelleet eri aikoina, eikä muovien valmistuksessa käytettäviä raaka- ja lisäaineita kaikilta osin tunneta. Myös muovien ja juomaveden välisestä vuorovaikutuksesta on vähän tietoa.

Veden laatu

Vesi-Instituutin talousvesiselvityksen tavoitteena oli koota julkisesti saatavilla oleva tieto suomalaisen talousveden laadusta. Talousvesi on Suomessa hygieenisesti korkealaatuista. Talousveden syövyttävyyteen ja verkostomateriaalien kestävyysvaikutuksiin vaikuttavat kuitenkin monet veden tekniset ominaisuudet kuten pH, alkaliteetti ja kovuus, joista ei ole tietoa varsinkaan pienemmiltä vesihuoltolaitoksilta. Talousvesiasetuksen antamissa rajoissa veden laatu voi vaihdella huomattavasti. Talousvesiasetuksen mukaan vesi ei saa olla syövyttävää, mutta asetus ei kerro, millainen vesi on syövyttävää.

Raakavedeksi otettavien luonnonvesien laatu vaihtelee lähinnä maa- ja kallioperän mukaan. Suomessa noin puolet juomavedestä on valmistettu pintavedestä ja puolet pohjavedestä. Pintavesien ongelmana on suuri orgaanisen hiilen pitoisuus, sillä orgaaninen aine aiheuttaa maku- ja hajuongelmia ja on ravintetta mikrobeille. Pintavedet käsitellään yleensä kemiallisesti, suodatetaan, alkaloidaan ja desinfioidaan ennen jakelua. Pohjavedet ovat yleensä pehmeitä, ja joissakin tapauksissa ne alkaloidaan mutta desinfiointi tehdään vain osassa laitoksia. Koska Suomen pohjavesien hygieeninen laatu on hyvä, pohjavesiä käytetään myös sellaisenaan, ilman mitään käsittelyä. Hapan ja pehmeä juomavesi voi syövyttää metalleja, mikä on eräs merkittävä tekijä myös vuotovahinkojen syntymiselle.

Suomen olosuhteet poikkeavat monista muista Euroopan maista. Metallien liukenemisen riski on Keski-Euroopan juomavesissä vähäisempi kuin Suomessa, koska jo pohjavedet ovat näille maille tyypillisen kallioperän vuoksi kovia ja niiden alkaliteetti on merkittävästi korkeampi kuin meidän vesissämme ja koska vedet yleensä aina käsitellään. Kun Keski-Euroopassa orgaaninen hiili on kriittinen parametri mikrobikasvulle, Suomessa mikrobikasvuun vaikuttaa



erityisesti fosfori eikä niinkään orgaanisen hiilen määrä. Suomelle tyypillisiä fosforirajoitteisia vesiä on myös muualla Euroopassa, mutta asia ei ole yleisesti tiedossa. Keski-Eurooppaan suunnitellut materiaalitestaukset eivät välttämättä sovellu sellaisenaan meidän olosuhteisiimme veden erilaisesta laadusta johtuen.

Alan haasteet

Juomavesijärjestelmiin liittyvät viranomaismääräykset, hallinnointi, koulutus ja tutkimus ovat eriytyneet toisalta vesihuoltolaitoksille ja toisaalta talotekniikkaan. Juomaveteen liittyvä hallinto jakautuu Suomessa kolmeen ministeriöön. Maa- ja metsätalousministeriö vastaa yleisesti vesihuollosta, sosiaali- ja terveysministeriö veden laatua ja sen valvontaa koskevasta lainsäädännöstä ja ympäristöministeriö rakentamismääräyksistä. Veden laadun valvonnasta vastaavat kuntien terveydensuojeluviranomaiset.

Vesi-Instituutti on käynnistänyt yhteistyötä, jotta juomaveden laadun ja prosessin sekä materiaalien ja komponenttien turvallisuus ja eliniän hallinta olisi mahdollista toteuttaa järkevästi koko ketjussa raakavedestä kuluttajan hanaan asti. Vesiosajien yhteistyöverkosto Vesiverkko informoi ajankohtaisista asioista ja seminaareihin on saatu mukaan kattavasti alan toimijoita.

Juomavesijärjestelmien käyttöturvallisuuteen vaikuttavat materiaalitekijöiden lisäksi vedenlaatutekijät. Hyvälaatuisetkin tuotteet voivat talousvesiasetuksen vaatimukset täyttävässä vedessä aiheuttaa veden laadun heikkenemistä. Materiaalivaikutusten kannalta merkittävälle talousveden laatumuuttujille tulisikin asettaa lisävaatimuksia. Suomessa on tarvetta pelisääntöjen luomiseen materiaalien ja veden yhteensopiavuuden varmistamiseksi. Peruskysymys on, edellytetäänkö vesilaitoksilta vedenkäsittelyn parantamista kaikille materiaaleille soveltuvaksi vai rajoitetaanko materiaalien käyttämistä veden laadun perusteella.

Suomen juomavedet poikkeavat lähes koko muun Euroopan vesistä erityisesti syövyttävyyden ja biofilmien muodostumisen suhteen. Keskieurooppalaisiin vesiin suunnitellut testaukset eivät välttämättä anna oikeaa kuvaa tuotteiden käyttäytymisestä Suomen olosuhteissa. Materiaalien mahdollisia riskejä juomaveden elinikäisen käytön kannalta ei tunneta riittävästi. Jotta voitaisiin asettaa tuotekohtaisia vaatimuksia, pitäisi nykyistä tarkemmin tuntea aineiden liukenemiseen sekä biofilmien muo-

dostumiseen ja bakteerien tarttumiseen vaikuttavat tekijät suomalaisissa verkostoissa.

Juomavesijärjestelmien materiaaleihin kohdistuvan suomalaisen tutkimuksen ja asiantuntemuksen nostaminen kansainväliselle huipulle edellyttää syvälistä poikkitieteellistä tutkimusta, tutkimustahojen kokoamista ja eri toimijoiden roolien selkeyttämistä.▲

KIRJALLISUUS

1. Torvinen E., Suomalainen S., Lehtola M.J., Miettinen I.T., Zacheus O., Paulin L., Katila M-L. ja Martikainen P.J. (2004). Mycobacteria in water and loose deposits of drinking water distribution systems in Finland. *Applied and Environmental Microbiology* 70, 1973-1981.
2. Kusnetsov J., Torvinen E., Perola O., Tapio N. ja Katila M-L. (2003). Colonization of hospital water systems by legionellae, mycobacteria and other heterotrophic bacteria potentially hazardous to risk group patients. *APMIS* 111, 546-556.
3. Lehtola M.J., Miettinen I.T., Keinänen M.M., Kekki T.K., Laine O., Hirvonen A., Vartiainen T. ja Martikai-

nen P.J. (2004). Microbiology, chemistry and biofilm development in a pilot drinking water distribution system with copper and plastic pipes. *Water Research* 38, 3769-3779.

4. Euroopan unionin neuvoston direktiivi 98/83/EY, annettu 3.11.1998, ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta.
5. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000, annettu 19.5.2000.
6. Euroopan unionin neuvoston direktiivi 89/106/ETY, annettu 21.12.1998, rakennusalan tuotteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä.
7. Kekki, T.K., Keinänen-Toivola M.M., Kaunisto T. ja Luntamo M. (2007). Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 1. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, Turku. 101 s.
8. Keinänen-Toivola M.M., Ahonen M.H. ja Kaunisto T. (2007). Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984-2006. Vesi-Instituutin julkaisuja 2. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, Turku. 107 s. ▲



TEKNIKUM
Teknikum Oy

Tekniset kumi- ja muovituotteet

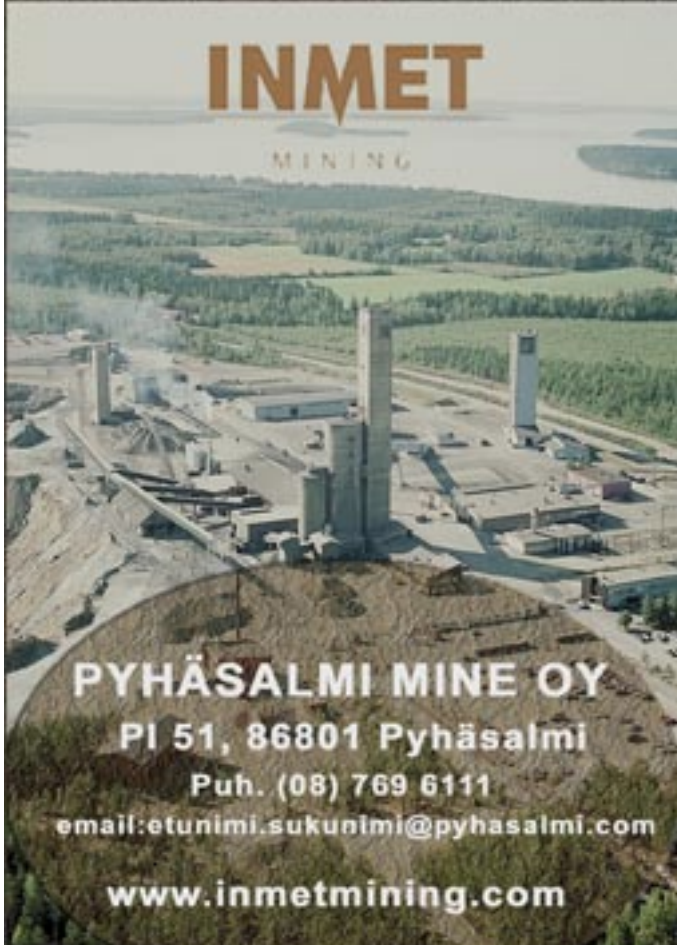
- myllyvuoraukset
- materiaalinsiirtoletkut ja liittimet
- seulaverkot
- muut muottituotteet ja tekniset kumiletkut



JPS-matros.fi

www.teknikum.com

Teknikum Oy • PL 13, 38211 Vammala
Puh. (03) 519 11 • Faksi (03) 514 3137



INMET

MINING

PYHÄSALMI MINE OY

PI 51, 86801 Pyhäsalmi
Puh. (08) 769 6111
email: etunimi.sukunimi@pyhasalmi.com
www.inmetmining.com

Ylijohtaja Timo Hirvi (vas.) ja metrologiajohtaja Heikki Isotalo MIKE-Sin vehreällä takapihalla.



Tarkan mitan *ihmeellinen talo*

Satunnaiselle kävijälle MIKESin komea toimitalo Otaniemmen Tekniikantiellä tarjoaa ehtymättömän määrän yllättäviä ratkaisuja. Niin se tarjosi rakennusurakoitsijoillekin.

TEKSTIT ja KUVAT Bo-Eric Forstén

"Talo rakennettiin periaatteessa kahteen kertaan. Ensimmäisellä kerralla rakentajat eivät etukäteen suhtautuneet tarpeeksi suurella vakavuudella rakennuksen tulevaan käyttötarkoitukseen. Suuri osa vaatimuksistamme jäi täyttämättä. Heidän ei auttanut muu kuin purkaa ja aloittaa uudestaan", toteaa Heikki Isotalo, joka johtaa MIKESin metrologiatoimintaa.

MIKESläiset ottivat talon haltuunsa lokakuun ensimmäisenä päivänä 2005. Siitä lähtien rakennuksen toimivuus on kerännyt kehuja läheltä ja kaukaa.

Ylijohtaja Timo Hirvi ei peitä tyytyväisyyttään:

"Kyllä se on aika onnistunut ratkaisu. Ja halvalla saatiin. Talo maksoi 26 miljoonaa euroa. Tänään hinta olisi varmasti kaksinkertainen".

Talon erikoisuudet alkavat jo talon ulkopuolelta. Tältä kiinteistön takapihalta ei löydy henkilöstön parkkipaikkaa, vaan sinne on arkkitehtivoimin raivattu merkillinen pirunpelto. Jo nopean arvioidun perusteella sen ylittäminen nilkkaa nyrjättämättä vaikuttaa ylivoimaiselta.

"Niin on tarkoituskin. Arkkitehdille annettiin ohjeet suunnitella piha, joka estää kaiken turhan liikkumisen. Tämä täyttää kriteerit. Jokunen eksynyt jänis täällä on tosin nähty", kertoo Timo Hirvi.

Syy alueen liikenteeltä eristämiseksi löytyy maan alta. Siellä toimivat mittakeskuksen herkimmat laboratoriot. Ne on kaikin keinoin suojattu ulkopuolelta tulevilta häiriötekijöiltä.

Heikki Isotalo vie meidät tutustumiskierrokselle talon pyhimpiin paikkoihin. Kierrosta varten pukeudumme sinisiin muovitöppösiin. Aloitamme kallioon upotetusta kellarista. Varsinaisen laboratorikerroksen alla on vielä toinen, täynnä tekniikkaa ja laitteita, jotka takaavat laboratorioille ihanteelliset olosuhteet. Laboratorion työpöydät ulottuvat alakertaan saakka. Käyttötarkoituksen mukaan pöytien jalat on varustettu eri vahvuksilla aktiivisilla ja passiivisilla värinäsuojuilla. Välipohjan läpi laboratoriot saavat myös tuloilmansa. Laboratorion lattiat ovat erikoisen näköisiä, kun niihin on tasaisesti

vieri viereen upotettu vinkeän näköiset erikoisventtiilit. Niistä joku inno-sisustaja voisi joutua ekstaasiin. Eikä ilmanpoistokaan aivan tavanomaista ole. Ilma imetään huoneesta erikoisvalaisimien kautta, jolloin valaisimien synnyttämä lämpö ei pääse vaikuttamaan huoneilman lämpötilaan.

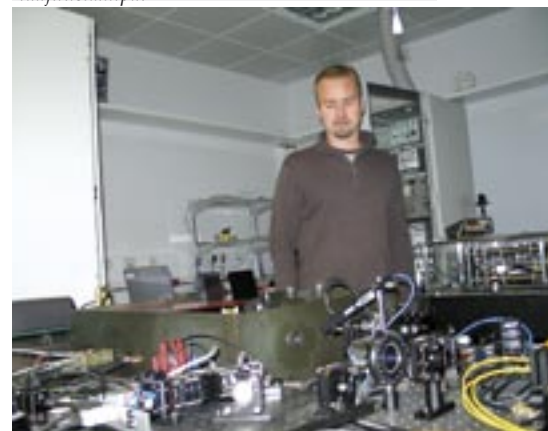
Tärkeimmät laboratoriot on sijoitettu vierekkäin pitkän käytävän varteen. Päättelemme, että käytävä on ainakin 30 metriä pitkä, sillä siihen on rakennettu mittarata, jonka avulla voidaan kalibroida erilaisia pituusmittoja aina 30 metrin saakka. Nimi, interferometrisen rata, kertoo, että on mitta on tarkoitettu melko pikkutarkoille timpureille. Pituus ilmoitetaan mikrometrin tarkkuudella.

AFM-laboratoriossa tapasimme Virpi Korpelaisen asiakaskalibroinnissa, MIKES kun tarjoaa asiakkailleen jäljitettäviä mittausspalveluita myös nanometrialueella. Heikki Isotalo pyysi häntä kertomaan meille kansantajuisesti työstään. Tapahtumahetkellä ko. kansa tajusi ainakin osan asioista, mutta täytyy myöntää, että jälkepäin nanometrologian merkitys ja tärkeys muistuu mieleen pikemminkin kerto-

Virpi Korpelainen esittelee interferometrisesti jäljitettävää atomivoimamikroskooppia.



Ville Ahteen edessä pöydällä on optinen taajuuskampa.



jan iloisuudesta ja innostuneisuudesta. Myöhemmin olemme luntanneet, että MIKES on kaupallisen atomivoimamikroskoopin rinnalle kehittänyt suoraan interferometrisesti jäljittävän metrologisen AFM:n.

Virpi on ollut viisi vuotta talossa ja hänellä on väitöskirja työn alla. Sen aiheena on, kuinka ollakaan, Nanometriset mittaukset.

Viereisessä laboratoriossa tapaamme toisen väitöskirjan vääjään, *Ville Ahteen*. Hänen kirjansa työnimi on Aallonpituudeltaan säädettävät laserit.

Ville näyttää miten otetaan metristä mittausta. Musta laatikko pöydällä osoittautuu MIKESin rakentamaksi optiseksi taajuuskammaksi. Laite toi vuonna 2005 amerikkalaiselle Johan Hall'ille ja saksalaiselle Theodor Hänsch'ille fysiikan nobelin.

Taajuuskamman avulla luodaan suora yhteys SI-sekuntiin ja Villen työpaikasta johtaa optinen kuitu MIKESin atomikelloon.

Tutkijoiden mukaan taajuuskamman myötä perinteisiin atomikelloihin ei enää ole luottamista, tarkempia mittoja löytyy. Aleksanterikadun kultasepäntiikkeitä voisivat silti ottaa oppia MIKESin atomikellojen suojaamisesta. Näitä ei viedä ajamalla citymaasturilla ikkunasta sisään.

Paksuissa betoniseinissä kun ei ole ikkunoita, sen sijaan valvontakameroita ja hälytyslaitteita. Asiaankuulumattomien on turha koputtaa massiiviseen panssarioiveen. Olemme kuitenkin päässeet melko lähelle, sisällä, muuttaman metrin päässä tikittää Suomen virallinen vekvari. Jos haluaa olla täsmällinen, sen osoittaman ajan voi tarkistaa MIKESin kotisivuilta.

MIKESin atomikellot ovat mukana maailman ajan muodostamisessa. Puuhaa koordinoidaan Pariisiin liepeillä, metrijärjestön päämajassa BIPM:ssä.

"Kyllä siinä joskus eri systä esiintyy pieniä heittoja, jokunen nanosekunti", toteaa Heikki Isotalo suurpiirteisesti.

Mittaamattoman jännittävä talo.▲

Metrologia on mittamista käsittelevä tieteenala, joka tutkii mittayksiköiden realisoitua, mittanormaaleja, mittausten menetelmiä ja -laitteita sekä mittausten oikeellisuutta.

Metrin tarkkuudella

Vuonna 1791 Ranskan kansalliskokous määritteli metriksi yhden kymmenesmiljoonasosan pohjoisnavan ja päiväntasaajan välisestä etäisyydestä. Vajaa sata vuotta myöhemmin määrittelyssä siirryttiin käyttämään platina-iridiumtangosta valmistettua prototyypimetriä. Sevressä Pariisin lähellä säilytettyä metrinpätkä piti statusensa aina 1960-luvulle saakka, jolloin laser aloitti maailmanvalloituksensa. Laser mahdollisti aivan uutta tarkkuusluokkaa olevat mittaukset.

Mittaamalla taajuusstabiloitujen laserien aallonpituus ja taajuus pystyttiin

entistä tarkemmin määrittämään valon nopeus. Metrin määritelmän epätarkkuus osoittautui tässä nyt rajoittavaksi tekijäksi. Fysikaalisista suureista aika voidaan mitata tarkimmin. Siten vuonna 1983 17. yleinen paino- ja mittakonferenssi määritteli metrin uudelleen – sekunnin ja valonnopeuden avulla. Määritelmän mukaan metri on matka, jonka valo kulkee tyhjiössä 1/299 792 458 sekunnissa. Metri realisoidaan siten, että laserin tyhjiöaallonpituus lasketaan taajuuskammalla mitatusta laserin taajuudesta sekä valonnopeudesta tyhjiössä. Että sellainen mittanauha.▲

Mikä MIKES?

Mittatekniikan keskus on kauppa- ja teollisuusministeriön alainen laitos, joka työskentelee Suomesa tehtyjen mittausten, testausten ja tarkastusten luotettavuuden varmistamiseksi ja kansainvälisyyden vertailukelpoisuuden saavuttamiseksi. Keskus ylläpitää ja kehittää kansallista mittanormaalijärjestelmää ja toimii kansallisena akkreditointielimenä.

Vuonna 1991 perustettu MIKES otti vuonna 2005 asumuseron TUKESista (Turvatekniikan keskus) ja muutti Helsingin Lönnrotinkadulta uuteen, mittatilaustyönä valmistettuun toimitaloon Espoon Otaniemessä. MIKESistä Otaniemen tiedeyhteisö on saanut merkittävän vahvistuksen.

MIKESin toiminta on jakautunut kahteen pääalueeseen.

FINAS (the Finnish Accreditation Service) akkreditoi toimielimiä puolueettomana ja riippumattomana tahona kansainvälisten periaatteiden ja standardien mukaisesti. MIKESin akkreditoimat kalibroitilaboratoriot tarjoavat palveluja käytännön mittaajille. FINAS-akkreditointi "takaa" mittaustoiminnan täyttävän kansainväliset laatuvaatimukset.

MIKES-METROLOGIA. Metrologian yksikkö ylläpitää ja kehittää tutki-

mustoiminnallaan Suomen kansallista mittanormaalijärjestelmää ja vastaa SI-yksikköjärjestelmän toteuttamisesta maassa. MIKES-metrologian oma tutkimus- ja laboratoriotointa kohdistuu pituuteen, paineeseen, virtaukseen, massaun, lämpötilaan, kosteuteen, akustiikkaan, sähköisiin suureisiin, aikaan ja taajuuteen. Lisäksi toimintaa sopimus- ja muissa ulkopuolisissa mittanormaalilaboratorioissa.

MIKESin erikoisrakenteinen uusi toimitalo on arkkitehtonisine ja teknisine ratkaisuineen herättänyt laajaa huomiota kansainvälisissä metrologiipiireissä.

MIKESin oma toiminta on talon myötä keskitetty yhden katon alle. Talon lattiapinta-ala (netto) on 6 500 m², siitä 1 700 m² on varattu laboratorioille. Niitä on yhteensä 36. Herkimät on sijoitettu maan alle. Laboratorioissa on yhteensä 62 aktiivisella tai passiivisella tärinävaimennuksella varustettua työtasoa. Laboratoriotilojen ilman puhtauden, oikean lämpötilan ja valaistuksen saavuttamiseksi on lisäksi käytetty kehittyneitä teknologioita. Laboratorioiden mittalaitteet ovat osin itsetehtyjä, osin ostettuja.

MIKESin palveluksessa on 70 ihmistä. Kolmasosalla henkilöstöstä on tutkijan koulutus.

Keskuksen kuluvan vuoden budjetti on 10 miljoonaa euroa, josta Metrologian osuu on noin 6 miljoonaa euroa.

MIKESin ylijohtajana toimii professori Timo Hirvi. Metrologian johtajana on FT Heikki Isotalo ja Finas-akkreditointia johtaa FT Leena Tikkanen.▲

MIKES pitää teollisuuden toimintaedellytykset ajan tasalla

Otimme kahvikeskustelun aikana mittaa MIKESin johdosta. Näin ylijohdaja Timo Hirvi ja metrologiajohtaja Heikki Isotalo vastasivat kysymyksiimme

TEKSTIT ja KUVAT BEF

Mikä on MIKESin yhteiskunnallinen rooli?

"Toimimme KTM:n alaisuudessa ja valtio rahoittaa suurimmalta osin toimintamme. Emme kuitenkaan ole mikään viranomainen, vaan palvelemme yhteiskuntaa ja eritoten talouselämää metrologian palveluilla. Tutkimuksissa on todettu, että 3 – 6 % BKT:stä on mittauksia. Teollisuuden tuotantoprosesseissa 10 % kustannuksista aiheutuu mittauksista. Esimerkiksi HUSin laboratoriot tekevät vuodessa 15 miljoonaa mitausta. Kun periaatteessa jokaisen mittauksen perusteella tehdään päätös, koemme oman merkityksemme melko tärkeäksi."

Mihin metrologiaa, eli tarkkaa mittaa tarvitaan?

"Tämän päivän metrologia sai alkunsa kun masatuotanto keksittiin. Sen peruselementtinä on komponenttien toistettavuus. Kansainvälisyys ja globalisaatio ovat tuoneet omat lisävaatimuksensa. Nykyään sama komponentti valmistetaan eri puolilla maailmaa, mutta jokaisen on sovittava lopputuotteen. Toinen kuvaava esimerkki on atomivoimalan rakentaminen. Siinä käytetään erikoisosaamista jokaisen yksityiskohdan valmistamiseen. Jotta haluttu lopputulos saavutettaisiin, jo-

kaiselle osatoimitukselle asetetaan koivat laatuvaatimukset eli tarkat mitat."

Mikä on tarkka mitta?

"Se on suhteellinen käsite. Käyttötarkoitus ratkaisee. Pääsääntönä on, että ns. riittävä tarkkuus ei aina riitä. Toisaalta on otettava huomioon, että todella tarkan mitan saanti saattaa maksaa maltaita. Tarkkuuden lisääminen yhdellä desimaalilla voi syödä koko kannattavuuden. Tarkoituksenmukainen tarkkuus on tavoitteena."



Timo Hirvi



Heikki Isotalo

Miten tarkkoja mittoja MIKES pystyy asiakkailleen tarjoamaan?

"MIKESin mottona on, että meidän on aina pystyttävä mittaamaan askelen verran tarkemmin kuin teollisuus. Sitä varten meillä on oma metrologian tutkimuslaitoksemme. Se pitää kansainvälisellä yhteistyöllään ja omalla perustutkimuksellaan meidät ja Suomen teollisuuden ajan tasalla siitä missä maailmassa mennään."

Miten hyvin Suomen teollisuus hyödyntää MIKESin osaamista?

"Kalibrointipalvelujen kautta jokainen suomalainen teollisuusyritys tulee ainakin välillisesti osalliseksi meidän palveluistamme. Tutkimus- ja kehityskysymyksissä moni yritys on suorassa yhteydessä meihin. Teemme erilaisissa projekteissa yhteistyötä yritysten kanssa. Teollisuudella on vahva edustus Metrologian neuvottelukunnassa, joka ohjaa MIKESin toimintaa. Teollisuuden puolella on vahvoja metrologian osaajia. Esimerkiksi Vaisalan kanssa meillä on ollut jo pitkään yhteistyötä."

Puhutaan materiaalien metrologiasta. Mitä se on?

"Materiaalien metrologia on hyvin voimakkaasti kasvava metrologian alue. MIKESillä ei ole suoraan sen nimistä toimintaa, mutta kaikilla suureiden mittauksilla voidaan kuvata materiaalien ominaisuuksia. Uusien materiaalien ominaisuudet tulee osoittaa mittaamalla. Englannissa NPL:ssä materiaalien metrologia on otettu yhdeksi tulevaisuuden painoalueeksi. Englannin tavoitteena on olla lähivuosina maailman johtava materiaalmetrologian maa."

Miten MIKES on sopeutunut Otaniemien tiede- ja teknologiayhteisöön?

"Olemme päässeet hyvään alkuun. VTT:n kvanttroniikan ryhmän ja TKK:n kylmälaboratorion kanssa on meneillä varsin haasteellisia tutkimushankkeita. Suomen Akatemian rahoittama tutkimushanke "Kvanttimetrologiakolmio" on edennyt lupaavasti. Sen tavoitteena on ratkaista yksi tieteellisen sähkömetrologian suurista kysymyksistä: ovatko jännitteen, resistanssin ja sähkövirran kvanttinormaalit keskenään sopusoinnussa."

Materiaalimetrologian (Materials metrology) kehityskohteet

(BIPM:ssä 28.2.2005 pidetyn kokouksen mukaan)

- * Rakenteelliset mittaukset – raekoko;
- * Dielektriset ominaisuudet;
- * Jauheet – partikkelikoon jakauma, pinta-ominaisuudet, muoto, tiheys;
- * Termodynamiikka – johtokyky, lämmön siirto, faasianalyysi, laajenema, lämpökapasiteetti, emissiivisyys, diffundoituvuus;
- * Huokoisten materiaalien tiheys;
- * Mekaaniset ominaisuudet – lujuus, kovuus, muotoutuvuus, viruma, sitkeys, iskunkestävyys;
- * Magneettiset ja optiset ominaisuudet;
- * Kuluminen, kitka, voideltavuus (lubrication) ja korroosio;
- * Ohuet kalvot – adhesio;
- * Nano-rakenteiset materiaalit;
- * Monifaasiset materiaalit – komposiitit, aerosolit, geelit



Laboratoriokerroksen käytävälle rakennettu mittarata, jonka avulla voidaan kalibroida erilaisia pituusmittoja aina 30 metrin saakka. Kuvassa Heikki Isotalo.

Onko se suomalaisten asia ratkaista sen?

"Toivottavasti me sen teemme, moni muikin on asialla. Muodostamme yhdessä TKK:n ja VTT:n kanssa vahvan joukkueen, jolla on kaikki osa-alueet hallinnassa."

Miltä näyttää metrologian maailmankartta?

"Länsi-Euroopan maat tekevät tiivistä yhteistyötä. Samat standardit pätevät joka puolella Eurooppaa, mutta heti kun mennään Euroopan rajojen ulkopuolelle, on vastassa tuulimyllyjä. Venäjällä, Japanilla ja USA:lla on kaitilla omat systeeminsä. Niitä käytetään usein oman markkina-alueen suojaamiseen."

Onko minkäänlaista harmonisointia näköpiirissä?

"Eurooppa ja USA ovat sopineet yhteistyöstä, mutta vielä ollaan siinä tilanteessa, ettei amerikkalainen kuluttaja luota eurooppalaisten mittoihin."

Miten luonnehditte Euroopassa tahtuvaa metrologista yhteistyötä?

"Euroopalla on pitkät perinteet alalla ja niin on yhteistyölläkin. Kansainvälisten organisaatioiden puitteissa kans-

sakäyminen on tiivistä. Tutkimuskeskusten välisessä yhteistyössä ovet ovat auki. Voidaan vieraila siinä missä halutaan ja tietoa saa myös, jos vaan tietää mitä kysyä."

Pärjäkö MIKES kansainvälisessä kilpailussa?

"Kyllä pärjää. Euroopan johtavat metrologian maat ovat Saksa, Englanti, Ranska ja Italia. Seuraavasta tasaväkisestä ryhmästä Suomi on onnistunut lunastamaan paikkansa."

Millä keinoin?

"Pienen maan resurssit eivät riitä kaikkeen. Olemme kuitenkin kilpailukykyisiä niissä asioissa, joihin olemme keskittäneet satsauksemme. Pituus, sähkö ja kosteus ovat meidän vahvoja alueitamme. Meidät tunnetaan Pohjois-Euroopan metrisysteemin erikoisosaajana. Rakentamamme Pohjoismaiden ainoa optinen taajuuskampa on hyvä osoitus osaamisestamme. Muutenkin meidän tarkoituksenmukaiset toimitilamme ovat nousseet muiden ihailun kohteeksi."

Laitteetko ratkaisevat toiminnan hyvyden?

"Totta kai omalta osaltaan. Kyse on kuitenkin erikoislaitteista, joita pitää rakentaa itse. Siihen tarvitaan vankkaa osaamista. Sellaista henkilöstöltämme löytyy. Voidaan sanoa, että meillä on kellari täynnä tohtoreita tai sellaisiksi pyrkiviä, jotka saavat tutkijoina vapaasti toteuttaa itseään."

Mistä tutkijat rekrytoidaan ja mitä alaa he edustavat?

"Meillä on pääasiallisesti fyysikoita ja joitakin kemistejä, mutta muutkin tieteenalat ovat edustettuina. Talossa on jatkuvasti eri alojen diplomityöntekijöitä. Heidän joukostaan nousee aina ajan mittaan uusia voimia."

Miten MIKES mittaa toimintansa tehokkuuden?

"Emme ole mikään tuloksikokko. Budjetti- ja kustannusseuranta ovat tärkeitä välineitä, mutta ne eivät kerro kokonaiskuvasta mitään. Ehkäpä käytökelpoinen mittari olisi laskea montako kaupan estettä olemme pystyneet poistamaan."

Milloin MIKESin mitta on täysi?

"Sellainen raja ei tule koskaan vastaan. Olosuhteet muuttuvat jatkuvasti ja perustutkimuksen edistyessä mitat ja mittausteknologia tarkentuvat. Siitä hyötty perusfysiikka ja ajan myötä koko maan talous." ▀

SI-järjestelmän seitsemän perusyksikköä

SI-järjestelmään kuuluu seitsemän perusyksikköä ja niiden avulla ilmaistut johdannaisyksiköt. Ainakin pituutta, massaa ja aikaa ilmentävät mitat ovat meille kaikille tuttuja. Onhan niitä käytetty hyvinvointimme mittaamiseen ensimmäisestä elinpäivästä lähtien. Määritelmät eivät sen sijaan muistunut vain mieleen.

metri (m)

Metri on sellaisen matkan pituus, jonka valo kulkee tyhjiössä aikavälissä $1/299\,792\,458$ s.

kilogramma (kg)

Kilogramma on yhtä suuri kuin kansainvälisen kilogramman prototyypin massa.

sekunti (s)

Sekunti on 9 192 631 770 kertaa sellaisen säteilyn jakson aika, joka vastaa cesium 133-atomin siirtymää perustilan ylihenorakenteen kahden energiatason välillä.

ampeeri (A)

Ampeeri on ajallisesti muuttumaton sähkövirta, joka kulkiessaan kahdessa suorassa, yhdensuuntaisessa, äärettömän pitkässä ja poikkipinnaltaan mitättömässä pyöreässä johtimessa, jotka metrin etäisyydellä toisistaan tyhjiössä, aikaansaa johtimien välillä 2×10^{-7} newtonin voiman johtimen metriä kohti.

kelvin (K)

Kelvin, termodynaamisen lämpötilan yksikkö, on $1/273,16$ veden kolmoispisteen termodynaamisesta lämpötilasta.

mooli (mol)

Mooli on sellaisen systeemin aine määrä, joka sisältää yhtä monta perusosasta kuin $0,012$ kilogrammassa hiili 12:ta on atomeja. Moolia käytettäessä perusosaset on yksilöitävä, ja ne voivat olla atomeja, molekyyliä, ioneja, elektroneja, muita hiukkasia tai sellaisten hiukkasten määriteltyjä ryhmiä.

kandela (cd)

Kandela on sellaisen säteilijän valovoima, joka tiettyyn suuntaan lähettää monokromaattista 540×10^{12} hertsin taajuista säteilyä ja jonka säteilyintensiteetti tähän suuntaan on $1/638$ wattia steradiaania kohti. ▀



Sandvik in Action.

Luotettavaa kumppanuutta.

Tehoa ja tuottavuutta - Sandvik

Tuotevalikoimastamme löytyy toimiva ratkaisu kaikkiin kaivosalan haasteisiin. Huolto-, varaosa- ja asiantuntijapalvelumme tukevat laitteiden toimintavarmuutta. Asiakas voi aina kääntyä yhden nimen – Sandvikin – puoleen, koskee hänen asiansa sitten poravaunua, iskuvasaraa, lastaria, murskainta tai kuljetinta.

Kaikki kiviosaaminen yhdestä osoitteesta. Sandvikilta.

FACTEn materiaalitekniikan asiantuntijaryhmän työn tuotoksia

Materiaaliosaaminen – kansakunnan menestyksen perusta

TEKSTI Tutkimuspäällikkö Eero Haimi, TKK, ja professori Simo-Pekka Hannula, TKK ja VTT

Teknillistieteellisten Akatemioiden (FACTEn) järjestämä ”Materiaaliosaaminen – kansakunnan menestyksen perusta 2020” -seminaari kokosi vuoden 2007 alussa Tieteiden talolle Helsinkiin edustavan joukon asiantuntijoita keskustelemaan Suomen elinkeinoelämän ja yhteiskunnan kehityksen kannalta tärkeistä materiaalitekniikan tutkimus- ja kehittämislinjauksista.

Seminaarin tavoitteena oli tunnistaa tärkeimmät toimenpiteet, joilla varmistetaan kansallisen innovaatioympäristön asettamien strategisten tavoitteiden saavuttaminen materiaaliosaamisen alueella.

Alustusten pohjalta seminaarissa tehtiin SWOT-analyysi ja laadittiin toimenpide-ehdotukset. Seminaarin tuotoksia on työstetty edelleen FACTEn materiaalitekniikan asiantuntijaryhmän toimesta kevään ja alkusyksyn 2007 kuluessa. Tässä kirjoituksessa esitellään työn tuloksia sekä ryhmän näkemyksiä tarvittavista toimenpiteistä ja niiden toteuttamislinjauksista.

Strategiaseminaari tammikuussa 2007

Suomen elinkeinoelämän ja yhteiskunnan tulevaisuuden kannalta tärkeistä kehityskuluista hiljattain tehdyt perusteelliset selvitykset muodostavat myös

materiaalitekniikkaa koskevien toimenpidesuunnitelmien taustan. Seminaarin alustukset esittelivät näitä kehityskulkuja, ajankohtaisia tutkimuspoliittisia linjauksia ja toimenpiteitä, sekä teollisuuden tutkimus- ja koulutustarpeita. Seminaarin avauspuheenvuorossa FACTEn materiaalitekniikan asiantuntija-ryhmän puheenjohtaja, professori **Simo-Pekka Hannula** määritteli seminaarin tavoitteiksi tärkeimpien toimenpiteiden tunnistamisen, joilla varmistetaan, että materiaaliosaamisen osalta saavutetaan kansallisen innovaatioympäristön asettamat strategiset tavoitteet.

Tutkimusjohtaja **Pekka Ylä-Anttila**, ETLA:sta käsitteli alustuksessaan aihetta ”Suomi maailmantaloudessa – globaalit ja kansalliset haasteet”. Esityksen teemat voidaan tiivistää kysymykseen: Mitä maailman ja Suomen taloudessa on tapahtumassa? Maailmantalouden kasvu on nopeampaa kuin vuosikymmeniin, mutta kasvu on siirtynyt Euroopan ulkopuolelle Aasiaan. Suomessa perinteiset alat menestyvät – toistaiseksi. Vienti- ja tuontihintojen suhde kuitenkin heikkenee huolestuttavasti. Tulevaisuuden haasteena on uusien kasvualojen löytäminen korkeateknologisessa globaalissa kilpailussa. Voidaan kysyä riittääkö Suomessa tulevaisuudessa osaajia ja onko Suomen tutkimusjärjestelmä kyllin kansainvälinen?

Johtaja **Juha Ylä-Jääski**, Teknologiateollisuus ry:stä totesi, että Teknologiateollisuuden yritysten investointitoiminnassa on tapahtunut dramaattinen muutos – enää ei kasvateta tuotantoa, vaan kasvua haetaan tuottavuudesta.

Lähivuosien keskeisenä haasteena on työelämästä poistuvien suurten ikäluokkien korvaaminen. Teknologiateollisuus ry:n puitteissa harjoitetun kansainvälisen toimintaympäristön muutosten seurannan tuloksena esitettiin viisi skenaariovaihtoehtoa, joista kasvuskenaarioita on kolme, ja rajoitetun kasvun skenaarioita kaksi. Eri vaihtoehtojen osalta käytiin läpi perusoletuksia, seurauksia sekä teknologisia ja liiketoimintahaasteita.

Johtaja **Timo Kekkonen** Elinkeinoelämän keskusliitosta loi katsauksen ajankohtaisiin tutkimuspoliittisiin linjauksiin Suomessa. Hän keskittyi neljään aiheeseen, jotka olivat strategiset huippuosaamisen keskittymät, yliopistolaitoksen kehittäminen, valtion tutkimuslaitosten kehittäminen sekä osaa- miskeskusohjelma. Strategisen huippuosaamisen keskittymien aloitteen taustalla on useita syitä. Innovaatiot perustuvat huippuosaamiseen ja huippuosaaminen paljolti kansainväliseen yhteistyöhön. Pienen maan on kuitenkin tehtävä valintoja. Perustutkimuksessa- kin laadun rinnalle tarvitaan relevanssia ja tutkimusrahoitukseen tarvitaan rajallisista resursseista huolimatta lisää pitkäjänteisyyttä. Yliopistolaitoksen kehittämisen osalta fokuksella ja kansainvälistymisellä tulisi hakea laatua korkeakoulututkimukseen. Tämä edellyttää myös muutoksia korkeakoulujen resursseihin, työnjakoon ja toimintatavoihin. Myös valtion tutkimuslaitos- kennetta tulisi uudistaa. Tällä hetkellä valtiolla on noin 20 sektoritutkimus- laitosta. Resurssien jakautuminen ei nykyisellään vastaa tämän päivän eikä tulevaisuuden tarpeita.

Johtaja **Jussi Kivikoski** Tekesistä esitteli Strategisen huippuosaamisen keskittymien luomiseen liittyviä suunnitelmia. Strategisen huippuosaamisen keskittymät ovat uudenlainen tapa koota yhteen hajanaisia tutkimusresursseja yritysten ja yhteiskunnan kannalta tärkeisiin kohteisiin. Keskittymissä yritykset, yliopistot ja tutkimuslaitokset sopivat yhteisestä tutkimussuunnitelmasta. Tutkimussuunnitelma vastaa yritysten sovelluslähtöisiin tarpeisiin 5-10 vuoden aikavälillä.

Nykyinen innovaatiojärjestelmä on toiminut hyvin, mutta ei vastaa enää kaikilta osin nähtävissä oleviin tulevaisuuden haasteisiin. Tutkimus- ja kehitys- ja innovaatiotoiminta sekä sen rahoitus ovat olleet aikaisemmin pirstaleista ja lyhytjänteistä. Keskittymiä varten on korvamerkitty 130 milj. € ja myös olemassa olevia resursseja suunnataan keskittymiin. Kyseessä on merkittävin muutos Tekesin toiminnassa useaan vuoteen. Ensivaiheessa keskittymiä perustetaan valtion tiede- ja teknologianeuvoston päätöksellä seuraaville aihealueille: Energia ja ympäristö, Metallituotteet ja koneenrakennus, Metssäklusteri, Terveys ja hyvinvointi sekä Tieto- ja viestintäteollisuus ja -palvelut. Mahdollisten muiden keskittymien käynnistämistä esittää kauppa- ja teollisuusministeriön asettama johtoryhmä. Tekes vastaa niistä käytännön toimista, joilla strategisen huippuosaamisen keskittymien perustamista valmistellaan. Työtä tehdään yhdessä Suomen Akatemian kanssa. Valmistelu tähtää ensimmäisten keskittymien käynnistämiseen vuonna 2008.

Teollisuuden puheenvuorot aloitti tutkimusjohtaja **Jukka Ranta** Perlos Oyj:stä tarkastellen materiaalitekniikkaa elektroniikan haasteiden näkökulmasta. Alan suurena yleisenä haasteena on globaalin työnjaon muutos. Hän totesi, että pienellä maalla on kuitenkin mahdollisuutensa erikoistumalla, omaleimaisuudella ja osaamisella. Elektronisten laitteiden teknologia ei ole vielä kypsiä, vaan kehitys jatkuu intensiivisenä kaikilla tasoilla. Pohjimmiltaan elektroniikka on materiaali- ja rakenneratkaisuja.

Teknologiajohtaja **Peter Sandvik** Rautaruukki Oyj:stä tarkasteli metallien jalostuksen ajankohtaisia kysymyksiä. Metallien jalostus kattaa 11% Suomen tavaraviennistä ja esimerkiksi Ruukin Raahen tehdas on Suomen suurin teollinen työpaikka. Maailman terästuotannossa on tapahtunut viime vuosina voimakas kasvu lähinnä Aasian lisäntyneen kysynnän vetämänä. Tuotanto

on erittäin kannattavaa varsinkin Intiassa ja Venäjällä, joissa on omia raaka-aineita, energiaa sekä halpaa työvoimaa. Toimialan trendeiksi voidaan tunnistaa yhdyntymiskehitys, globalisaatio ja kasvun hakeminen volyyminä. Kysynnän trendeinä nähdään ulkoistaminen, siirtyminen lähemmäksi loppukäyttäjää sekä uudet käyttökohteet. Tulevaisuuden keskeisenä haasteena on osaajien ja osaamisen varmistaminen metallien jalostuksen tarpeisiin myös toisen asteen koulutuksessa.

Toimitusjohtaja **Jari Liimatainen** Metso Materials Technology Oy:stä tarkasteli kone- ja metallituoteteollisuuden näkökulmasta minkälaista maailmaa kohti olemme menossa? Globalisaatio tuottaa uusia kilpailijoita ja teknologia kansainvälistyy. Energiakustannusten minimointi on yksi prosessiosaamisen avainalue ja tämä avaa uusia mahdollisuuksia laite- ja prosessikehitykseen. Koska laitosinvestointien määrä erityisesti Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa näyttää vähenevän, jälkimarkkina- ja liiketoiminnan merkitys kasvaa. Useilla kone- ja prosessilaiteteollisuuden alueilla jälkimarkkina- ja liiketoiminta on jo yli 50% liikevaihdosta. Tämän johdosta teknologiapainotukset muuttuvat. Materiaalitekniikka tulee olemaan jatkossakin merkittävä osa sitä teknologiaportfoliota, jolla kone- ja metallituoteliiketoiminta menestyy. Keskeistä on kuitenkin materiaalitekniikan integrointi muuhun osaamiseen ja teknologiaan. On panostettava ratkaisuiden tuottamiseen. Materiaalitekniikka on luonteeltaan erilaista moneen muuhun teknologianalaan verrattuna. Se on tutkimusintensiivistä ja pitkäjänteistä. Ydinosaamisen kehittäminen kestää tyypillisesti 10 vuotta.

Tutkimusjohtaja **Lars Gädda** M-Real Oyj:stä käsittelee aihetta "Orgaaniset ja uusiutuvat materiaalit, Puu ja paperiteollisuus". Esityksen sisällön jäsentelyä oli uudistuvat raaka-aineet, rakentaminen, pakkaaminen, painettu viestintä sekä älykkäät ratkaisut. Puu on kotimainen, uudistuva, CO₂-neutraali materiaali. Raaka-aineen saatavuudesta voidaan todeta, että Euroopan metsät ovat Venäjällä ja pohjoismaissa ja puu on liian arvokas käytettäväksi vain energiantuotantoon. Se on ensin jalostettava tuotteiksi ja vasta lopuksi hyödynnettävä energiana. Uudenlainen painettu viestintä ja älykkäät ratkaisut näyttävät tarjoavan kilpailuetumahdollisuuksia. Tulevaisuuden painettavalle elektroniikalle asetetaan myös suuria odotuksia.

Toimenpide-ehdotukset

Seminaarin ryhmätyöskentelyosuudessa tehtiin materiaalitekniikan SWOT-analyysi modifioidulla GE-menetelmällä ja sen pohjalta priorisoitiin tärkeimmät toimenpide-ehdotukset. FACTEn materiaalitekniikan asiantuntijaryhmä, johon kuuluvat *Simo-Pekka Hannula (pj), Peter Sandvik, Markku Tilli, Jari Liimatainen, Reijo Munther, ja Eero Haimi (siht.)*, oli valmistellut ryhmätyötä laatimalla työskentelyn tueksi alustavan visiolauseen sekä toimenpide-ehdotusten alustavat valintakriteerit. Visiolausesta muokattiin seminaarin aikana muotoon: "Osaamme globaalissa innovaatioympäristössämme nopeasti yhdistää tiedon hankkimisen, tuotekehityksen sekä asiakas- ja ympäristötarpeet liiketoiminnan ja kansakunnan menestykseksi". Toimenpide-ehdotusten arviointi tehtiin seuraavilla kriteereillä: uuden liiketoiminnan syntyminen, huippuosaamisen luominen, työpaikkojen luominen, teollisuuden kilpailukyky sekä kansainvälisyys. Toimenpide-ehdotukset priorisoitiin äänestämällä käyttäen priorisointikriteereinä huippuosaamisen luomista painokertoimella 0,5, kansainvälisyyttä painokertoimella 0,3 ja teollisuuden kilpailukykyä painokertoimella 0,2.

Toimenpide-ehdotusten kärki muodostui seuraavaksi:

- Voimistetaan suuria resursseja vaativien globaalisti verkottuneiden T&K-hankkeiden muodostamista.
- Teollisuuden, yliopistojen ja julkisrahoittajien tulee yhdessä osallistua fokusalueiden osaamiskeskusten luomiseen ja ohjaukseen.
- Perustetaan hyvin resursoitu innovaatioyliopisto, Suomen "MIT".
- Laaditaan pitkäjänteinen koulutus- ja tutkimusstrategian.
- Houkuttellaan ulkomaista "lahjakkuuspoolia" ja yritysten tutkimusta Suomeen.
- Lisätään syvällistä kansainvälistä yhteistyötä.
- Parannetaan huippututkimuksen edellytyksiä huippuosaajien ja opiskelijoiden varmistamiseksi.
- Tehostetaan teollisuuden ja julkisrahoittajien toimia riskirahoituksessa
- Kehitetään liiketoimintaosaamisen tutkijakoulutusta ja panostetaan liiketoimintaketjujen luomiseen myös pkt-yritysten mukaansaatamiseksi.

Toimenpide-ehdotusten toteutuminen

FACTEn materiaaliasiantuntijaryhmässä on toistaiseksi keskitytty kolmen tärkeimmäksi nousseen teeman lähem-



FACTEn materiaaliasiantuntijaryhmä. Seisomassa vasemmalta lukien ryhmän sihteeri, tutk. pääll. Eero Haimi, TKK, toimitusjohtaja Jari Liimatainen, Metso Materials Technology Oy, ja tutkimusjohtaja Markku Tilli, Okmetic Oyj. Edessä istumassa tutkimusjohtaja Peter Sandvik, Rautaruukki Oyj ja ryhmän puh. joht. professori Simo-Pekka Hannula, TKK ja VTT. Kuvasta puuttuu teknologiajohtaja Reijo Munther, Tekes. Kuva Pirjo Korpiala.

pään tarkasteluun. Tärkeimmäksi teemaksi nousseen globaalisti verkottuneiden T&K-hankkeiden muodostamisesta työryhmässä todettiin, että tavoitteena on vastata globalisaation haasteeseen. Kyse ei ole isoista EU-hankkeista, vaan tarpeesta operoida globaalisti ja tunnistaa tarkoituksenmukaisin osaaminen kansallisiin ja yritysten tarpeisiin. Edellytyksenä on, että pystytään arvioimaan ja johtamaan kv. osaamista. Yritysten kannalta tähän tarvitaan usein uskottava kansallinen tiedepartneri. Riskirahoitusinstrumentit eivät aina tue tämän tyyppistä toimintaa. Materiaalitekniikan tutkimusrahoitukseen on tullut lisää laajuutta mm. Teke-sin uuden "Toiminnalliset materiaalit"-tutkimusohjelman myötä, jossa Tekes suosii kansainvälisyyttä. Kuitenkaan tutkimusrahoitus esim. ulkomaisten ryhmien osalta ja rahoituskäytännöt esim. bilateraalisten tutkimussopimusten piiriin kuuluvien hankkeiden osalta eivät nykyisellään aina tue kansainvälistä toimintaa. Aidosti globaalit T&K-hankkeet edellyttävät selkeiden rahoitusmekanismien kehittämistä. Yhteistyösuunnista erityisesti Venäjä on jatkossa yhä merkittävämpi ja tämä tulisi ottaa huomioon muutenkin kuin lähialueyhteistyössä ja EU:n rahoittamissa hankkeissa.

Toisen keskeisen toimenpide-ehdotuksen toteutuminen etenee parhaillaan voimakkaasti strategisen huippuosaimisen keskittymien luomisprosessissa. Yliopistot ja julkisrahoittajat on kutsuttu osallistumaan yhdessä teollisuuden kanssa fokusalueiden osaamiskeskusten luomiseen. Materiaalitekniikan

osalta on kuitenkin tiedostettava, että se on hajaantunut useiden SHOKkien alueelle. SHOKkeihin liittyy pysyvämpiä rakenteellisia valintoja ja todennäköisesti käytännön syistä on tarpeen määritellä mm. mikä materiaalitekniikan osaaminen kuuluu minnekin. Keskeistä on miten materiaalitekniikka ylipäätään pääsee eri osaamiskeskittymien tutkimusagendalle ja miten järjestetään eri SHOKkien keskinäinen vuorovaikutus. Pismimmälle valmistelussa edenneiden metsäklusterin ja metallituotteet ja koneenrakennus-klusterin osalta näyttää siltä, että materiaalinäkökulma tulee tarkoituksenmukaisesti huomioiduksi, mutta esim. ICT-klusterin osalta tilanne ei ole yhtä valoisa. On selvää, että Teke-sin parhaillaan käynnistyvä materiaali-ohjelma ei vastaa kaikkiin yhteistyötarpeisiin, ja materiaalitekniikan osalta monipuolinen vuorovaikutus on tärkeää SHOKEja muodostettaessa.

Seminaarin pitoajankohdan jälkeen hallitusohjelmaan kirjattiin aloite huippuyliopiston perustamiseksi, ja siten asia on muuttunut erittäin ajankohtaiseksi. Huippuyliopisto-hankkeen sisällöstä ja painotuksista on sen jälkeen jo esitetty julkisuudessa erilaisia kannanottoja mm. siitä miten tutkimuksen huippu pitäisi määritellä ja miten tutkimusta pitäisi fokusoida. Työryhmän näkemyksen mukaan Suomeen tarvitaan yliopisto, joka tekee huippu-tutkimusta ja kouluttaa huippuosajia elinkeinoelämän ja yhteiskunnan palvelukseen myös materiaalitieteen ja -tekniikan alueella. Yliopiston resurssien kohdentamisessa pitäisi elinkeinoelämän tarpeet ottaa huomioon ja

samalla jokaisella yksiköllä pitäisi olla mahdollisuus tehdä myös omaehtoista tutkimusta. Kun innovaatioyliopistoa valmistelevana toimenpiteenä TKK:n hallitus päätti kokouksessaan 3.9.2007 siirtymisestä uuteen tiedekuntarakenteeseen vuoden 2008 alusta, antaa tämä työryhmän näkemyksen mukaan mahdollisuuden myös materiaalitieteen ja -tekniikan alueella tapahtuvaan kehitykseen ja uudistumiseen. Perustettavissa neljässä tiedekunnassa, jotka muodostetaan sähkö- ja tietoliikennetekniikan, insinööritieteiden ja arkkitehtuurin, perustieteiden sekä kemian-, puunjalostuksen ja materiaalitekniikan pohjalta pääosa materiaalitieteen tutkimuksesta ja koulutuksesta sijoittuu kemian, puunjalostus- ja materiaalitekniikan muodostamaan tiedekuntaan. Merkittävässä määrin materiaalitieteeseen liittyvää luonnontieteellistä perustutkimusta tehdään kuitenkin myös uudessa perustieteiden tiedekunnassa mm. fyysikan alueella. Kun muutosten tavoitteena on varmistaa tulevaisuuden kilpailukyky, parantaa resurssien käyttöä sekä luoda entistä kansainvälisempi ja kilpailukykyisempi TKK, on haasteena varmistaa erityisesti innovaatioketjun toimivuus. Jos perustutkimus ja soveltava tutkimus eriytyvät eri tiedekuntiin, on se työryhmän näkemyksen mukaan erityisen suuri riski innovaatioketjun tehokkaalle toiminnalle. Teknilliseen korkeakouluun verrattuna MIT:ssä syntyy merkittävästi enemmän innovaatioita ja spin-offeja ja tyypillisesti tutkijat perustavat siellä paljon omia yrityksiä.

Lopuksi

Materiaalitekniikka elää parhaillaan murrosta maassamme monessakin mielessä. Sen rooli kansallisesti on selvästi voimistumassa ja monet suunnitellut tai jo toteutetut toimenpiteet vaikuttavat alan menestykseen pitkälle jatkossa. Laaja keskustelu yhteisten näkemysten muodostamiseksi on välttämätöntä ja FACTEn materiaaliasiantuntijaryhmä haluaa olla tässä keskustelussa aloitteellinen. ▀

Kiven ja kallion estetiikka:

VI kansainvälinen ympäristöestetiikan kongressi Kolilla

Onko kivi "sosiaalinen konstruktio"?!

TEKSTI Geologi Toni Eerola, GeoLanguage Oy

Ympäristöestetiikan kansainvälisiä kongresseja on järjestetty Suomessa jo viisi kertaa, teemoinaan maisema, pelto, suo, metsä ja vesistö. 11.-14.06.2007 järjestettiin Kolilla 6. kansainvälinen ympäristöestetiikan kongressi, jonka teemana oli kiven ja kallion estetiikka. Suomesta ei toista tähän aiheeseen sopivampaa paikkaa löydykään.

Mielenkiintoisen tapahtuman järjestivät hienosti prof. Yrjö Sepänmaa Joensuun yliopistosta ja Lisbet Svahn Pohjois-Karjalan kesäyliopistosta. Siihen sisältyi kutsuttuja esitelmiä, esitelmäsessioita, taidenäyttelyitä, videoesityksiä, performansseja sekä retkiä. Tapahtuma oli siis hyvin poikkeuksellisesti-taiteellinen. Ohjelma ja esitelmien lyhennelmät ovat nähtävissä osoitteessa: www.pkky.fi/stoneconference.

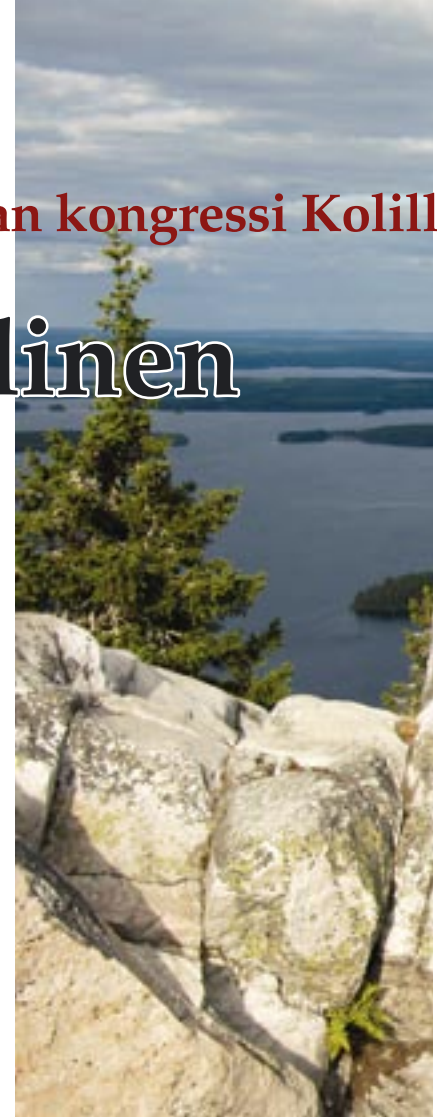
Teemasta huolimatta tilaisuudessa oli vähän geologeja. Myös kiviharrastajat loistivat poissaolollaan. Jotkut geologit olivat tulleet kutsuttuina esitelmöitsijöinä, kuten prof. Juha Karhu Helsingin yliopiston geologian laitokselta, toiset session puheenjohtajana, kuten johtaja Kari Pääkkönen, tai retkioppaana, kuten Olli Äikäs, molemmat Kuopion GTKsta. Me muut harvat (prof. Martti Lehtinen, Aimo Kejonen ja kirjoittaja) pidimme esitelmiä tavallisissa sessioissa. Pelkästä kuriositeetista ei ollut ketään eksynyt paikalle. Mutta geologit eivät ehkä välitä omaan alansa liittyvästä estetiikasta ja taiteesta?

Tästä pitivätkin huolen lukuisat taiteilijat ja ympäristöestetiikat. Reijo Kela esitti mielenkiintoisen, orogeniaksi tulkitsemani loistavan modernin tanssinsa Koli-hotellin viereisellä kalliolla ja Anneli Heliön kollektiivi mahtavan ja täynnä Kalevala-symboliikkaa olevan Tanssi vuorella-performanssin Tulikivi Oyn jätekivivuorella Juuan Nunnanlahdes-

sa. Yhdysvaltalaisella taidemaalalla ja arkkitehdillä Barbra Sadrissella oli puolestaan taidenäyttely vulkanismista. Muita näyttelyitä olivat Taneli Eskolan Kiven taide, Sulo Strömbergin Hakattu historia, Jaana Bombin Alkuvirta ja Pyhä Väkevä sekä Marjukka Vainion ja Liisa Virtasen Kirjasto kivessä Äänisjärven kivikautisista kalliopiiroksista. Tämän lisäksi Kolin ympäristössä oli opiskelijoiden tekemiä ympäristötaideteoksia.

Retkien teemana oli *Kivi kaivannaisena ja ympäristön elementtinä*, kohteinaan Tulikivi Oyn tuotantolaitos ja -louhos Juuan Nunnanlahdella, Outokummun kaivos ja sen historia sekä luontopolku Kolin geologiseen historiaan ja kansallismaiseen.

Esitelmäsessioiden teemoina olivat *Luonnonkivi ja kallioluonto*, *Kiven ja kallioiden monet käytöt* sekä *Kiven ja kallioiden kulttuuriset merkitykset*. Niissä kivien estetiikkaa käsiteltiin eri näkökulmista ja ylistettiin suuntaan jos toiseenkin. Tässä kunnostautui varsinkin kiinalaisten delegaatio. Heille kivien "rumuus" on myös kauneutta, varsinkin puutarhoissa. "Rumuuden" voi ehkä paremmin kääntää rujoudeksi, jonka voi käsittää myös "brutaalisuuden estetiikaksi", joka on varteenotettava elementti esim. Suomessa käytetyssä lohkaremaisemoinnissa. Kiinalaiset esittivät hienoja esimerkkejä kiviin liittyvästä taiteesta ja sen käytöstä. Kiinalaisissa puutarhoissa käytetään mm. paljon upeasti kars-



Koli ja Pietinen. Kuva Bo-Eric Forstén

tirapautuneita kalkkiviä. Heille kiven kauneus on luonnon taidetta *per si*.

Mutta kiveen kätkeyttä kauneutta ei voi täysin ymmärtää ilman kivitohitori Martti Lehtisen aina yhtä innostunutta esitystä. Monet muutkin esitelmät olivat kiinnostavia. Japanilaiset puutarhat eivät tietenkään olisi voineet jäädä pois. Kivirakentaminen ja siihen liittyvä ympäristötaide olivat runsaasti esillä. Ympäristöfilosofi Leena Vilkkä piti varsinaisen kallioiden puolustuspuheen, mikä on hyvin lähellä geologisten kohteiden suojeluperiaatteita, tosin filosofisesta näkökulmasta katsottuna. Kiven käyttö esihistoriallisena aikana oli myös esillä joissakin esitelmissä. Geologi Aimo Kejonen esitti puolestaan "kalliot ja kivet suomalaisessa kansanperinteessä".

On virkistävää nähdä erilaisia, muiden alojen tutkijoiden ja varsinkin taiteilijoiden näkökulmia tutkimuskohteeseemme. Monet esitelmistä kuulostivat kuitenkin tyhjänpäiväisiltä tai itsestään selviltä pohdinnoilta, kuten "onko esihistoriallisten kiviesineiden estetiikka mahdollista?". Totta kai se on, se riippuu tarkastelijasta itsestään, eikä mistään muusta.

Suokaa anteeksi junttiuteni, mutta ransan kaikella. Vaikka olen hyvin avoin uusille asioille ja kiinnostunut aiheesta, minun täytyy valitettavasti myöntää, että en ole koskaan kuullut puhuttavan kivistä myös niin paljon typeryyksiä kuin kyseisessä tapahtumassa.

Eräässä esitelmässä vertailtiin Carraran marmorin ja Kolin graniittia(!?) Kivien ikonologiaa käsiteltäessä ei oltu vaivauduttu ottamaan selvää, mitä kiiveä siellä Kolilla itse asiassa onkaan (kvartsiittia).

Sosiaalinen konstruktio

Mutta tässä mielessä tapahtuman kohokohta oli se, kun eräs ulkomailla kutsuttu esitelmäsihtööri esitti että "kivi on sosiaalinen konstruktio". Geologit nieleskelivät ja pyörivät levottomina tuoleissaan. "Mitähän tuokin tarkoittaa?", monet varmaan pätkäilivät. Samaa metafysiikkaa linjaa edustivat eräiden muidenkin esitelmäsihtöiden otsikot, kuten "kiven merkitys kivettömällä saarella", "elollinen kivi" ja "kiven pehmeä puoli".

Itse asiassa tämän "sosiaalisen kivi-konstruktivistin" esitys ei ollut edes esitelmä, ainakaan oman alamme näkökulmasta katsottuna. Siinä oli kyse suoraan paperilta luetusta, kokonaisuudesta artikkelista! Eikä yhtään kuvaa tai diaa, vain suoraa lukemista. Ja tässä hän ei ollut ainoa. Se on yksinkertaisesti humanistien tapa. Esitelmää ei valmistella esitettäväksi. Riittää kun kipuaa puhujapöytästä ja lukee. Eikö saman voi tehdä osallistumatta edes koko kongressiin? Ministeri *Tarja Cronbergin* piti tervetuliaispuheensa videon välityksellä. Paperin voi myös lähettää sähköpostitse jokaiselle luettavaksi – kotonaan.

Onkin todella mielenkiintoista, että Atlantin toiselta puolelta lennätetään ihmisiä lukemaan paperilta noin kauniita- ja monimutkaisilta kuulostavia asioita – kivistä. Kun tokaisin session jälkeen huumorimieleessä asiasta siitä "ymmärtävien" kanssa, he sanoivat aivan vakavissaan: "mutta kivi on sosiaalinen konstruktio!", aivan kuin se olisi mitä suurin itsestäänselvyys.

Eniten hämmästelin kuitenkin omaa kärsivällisyyttäni kuullessani moista. Miten en olekaan tullut ajatelleeksi sitä aikaisemmin...?! Luulen, ettei se ole varmaan käynyt monen muunkaan geologin mielessä.

Tällä kauniilla, mutta humanististen tieteiden tyypilliseen tapaan käsittämättömällä, mitään sanomattomalla

korulauseiden sanahelinän hölynpölyllä tarkoitetaan sitä, että ihminen asettaa arvoja kiville tieteen, taiteen tai käytön kautta sen alkuperän, kauneuden, käytännöllisyyden, tms. suhteen. Mutta se antaa myös sellaisen mielikuvan, että kiven olemus tai syntyperä olisi jotenkin ihmisestä riippuvainen. Eikö esim. arkeinen kivi olekaan sitä mitä se on – ilman ihmistä (tai ympäristöestetiikkaa)? Mielenkiintoinen filosofinen kysymys.

Tämä on valitettavasti humanistien lempisynti – asettaa heille kuulumattomille asioille, joista eivät mitään ymmärrä, humanistien arvoja ja -käsitteitä – ja väittää niitä todeksi – tässä tapauksessa vielä geologille! On siinä otsaa. Eikö nyt pieni nöyryys olisi sentään paikallaan?

Tosin esitelmän pitäjä oli kyllä ilmoittanut esitelmän alussa että siinä olisi provokaatiota. Siinä hän kyllä onnistui erinomaisesti. Yksikään geologi ei valitettavasti kylläkään reagoinut, koska



tämä oli päätösesiossa ja meidät oli vähemmistönä jo jyrätty kaikenlaisella ennenkuulumattomalla muiden päivien aikana, eikä kukaan enää jaksanut... Mutta tästä vielä edempänä.

Joidenkin ympäristöestetiikkaa esitelmien jälkeen yritin tuoda poikittieteellistä, geologista näkökulmaa esiin kommentteillani, mutta usein niitä ei ymmärretty tai niihin reagoitiin kielteisesti.

Kun selitin eräälle esitelmäsihtöille että kiven kauneuteen ja luonnontaitteeseen voi saada lisäarvoa selittämällä siinä näkyvä rakenne ja kiven syntyhistoria, eräs topakka suomalainen taidehistorioitsija nappasi mikrofonin ja tiuskahti siteeraten Goethea: "kaikkea ei voi eikä pidä selittää!" Olin äimistynyt. Ei pitäisi, sillä olin saanut tästä esimakua jo ensimmäisenä päivänä, omassa esitelmässäni.

Taidetta geologiassa?

Ensimmäisen päivän iltapäiväsession viimeinen esitelmä oli minun. Puhuin "Geoestetiikka: taidetta geologiassa, geologiaa taiteessa". Geoestetiikka on termi jolla katan geologisissa elementeissä nähtävän estetiikan sekä ihmisen tuottaman taiteen, jossa käytetään geologisia elementtejä tai -käsitteitä (esim. Maataide/Geotaide). Geoestetiikka perustuu siis geologin näkemykseen estetiikasta/taiteesta omassa alassaan, mutta se pohjautuu *avantgarde* -taiteen käsitteeseen, missä mikä tahansa voi olla taidetta ja kuka (tai mikä) tahansa voi tuottaa sitä – jopa luonto (ks. Terra 2/2006, Kivi 4/2006). Jos kerran esim. *Kain Tapperin* kanto on modernia taidetta, niin eikö kivi, kallio, mineraali, fossiili, maisema, tms. voi olla sitä myös? Tässä geoestetiikka on hyvin lähellä kiinalaisten käsitystä taiteesta kivissä. Itse asiassa geologisissa elementeissa voidaan nähdä abstraktia-, tai jopa käsitetäidettä, jota geologi pystyy tulkitsemaan.

Taiteen näkeminen geologiassa on valinnanvarainen kysymys. Joko sen näkee, tai sitten ei. Se riippuu jokaisesta itsestään. Kaikilla pitää olla kuitenkin vapaus määrittää itse, mitä pitää taiteena, eikä odottaa että joku auktoriteetti tai instituutio määrää sen ylhäältäpäin.

Luulin, että se kolahtaisi hyvin kyseeseen yleisöön. Odotin mahdollista kielteistä reaktiota kolleegoilta. Siksi esitelmän alussa pyysin heitä vääntämään pois päältä "geotieteellisen katkaisimensa". En tosin tiedä, ymmärsivätkö he mitään siitä, mistä puhuin?

Ympäristöestetiikat innostuivat

Päätin esitelmän ja oli kysymysten vuoro. Geologit olivat hiljaa. Mutta ympäristöestetiikat innostuivat. Ensimmäisenä kimppuuni hyökkäsi session puheenjohtaja, eräs suomalainen ympäristöestetiikan professori, joka kritisoi mm. post-moderni-termin käyttöäni. Seuraavaksi eräs toinen, ulkomainen ympäristöestetiikko runtasi minut nurkkaan vaatimalla minua määrittämään mitä on estetiikka ja mitä taide? Vastasin anteeksi pyytäen, että olen pelkkä geologin reppana joka ei välitä kyseisistä määritteistä. Se sai aikaan yleistä närkästymistä. Eli *avantgarde*-antitaiteen shokkipolitiikka toimii tässäkin. Esitin yksinkertaisesti omaa alaani edustavan näkemyksen, en ympäristöestetiikon. Tätä nämä eivät suostuneet nielemään. Pääsin kuitenkin sessiosta hengissä.

Esitelmäni aiheutti paljon keskustelua koko viikon aikana. Hyvä näin. Monet olivat nimittäin varmaan tulleet sinne vain hymistelemään ja nyökyttelämään. Sain runsaasti palautetta, sekä negatiivista että positiivista. Minua kutsuttiin *avantgarde*-taiteiljaksi, joka esitti oman manifestinsa, en tieteellistä

esitelmää. Voiko taiteesta pitää tieteellistä esitelmää?

Toinen sanoi että en voi tulla noin vaan puhumaan taiteesta ja estetiikasta, ne ovat eri asioita ja niillä on tarkat määritteet! En voi myöskään sekoittaa tiedettä ja taidetta. Hänen mukaansa geologiassakin on sama asia: ei hänkään voi puhua mitä tahansa esim. Jurassisesta kaudesta, tietämättä tai määrittämättä, mikä se on. Totta, mutta minka takia tässä kokouksessa sitten sorruttiin siihen?

Yllä nähdyn perusteella joku voisi kysyä, esittivätkö ympäristöestetiikat "tieteellisiä" esitelmiä? Sitä paitsi jos kiinalaisten näkemys on sama kuin omani, voidaan vain todeta että melkein 2 miljardia ihmistä ei voi olla väärässä!

Perimmäisenä kyse on kuitenkin poikkitieteellisyyden illuusiosta. Poikkitieteellisyys on kaunis ajatus, mutta se ei aina käytännössä toimi. Jos joku yrittää ylittää niinkin erilaisten alojen kuin geotietiedien ja estetiikan/taiteen välisen rajan, tunteamatta hyvin kuitenkin toisen alan sääntöjä, lainalaisuuksia, koodeja, käsitteitä ja keskustelua, törmää varmasti vastustukseen rajan toisella puolella, niin paljon yhtymäkohtia kuin näillä saattaisi ollakin, varsinkin oletettavasti juuri ympäris-

töestetiikan alalla. Emme puhu samaa kieltä, emmekä siksi ymmärrä toisiamme (tai halua ymmärtää?).

Sitä paitsi humanistisella puolella et ole yhtään mitään, jos et siteeraa joka väliin Goethea, Kantia, Hegeliä, yms. Siinä mielessä suutari pysyköön lestissään -ajattelu pitää paikkansa. Rajan ylityksestä rangaistaan.

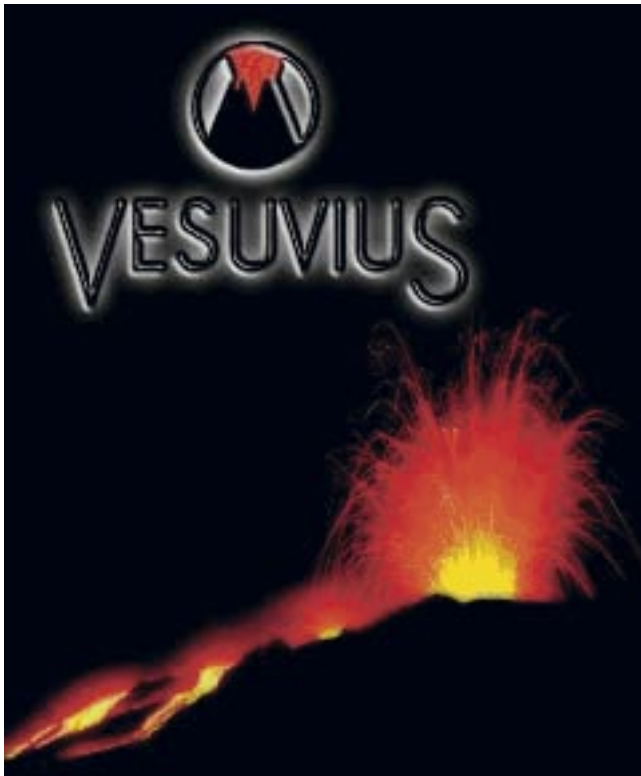
On kuitenkin vähintäänkin merkilistä, miten toiset voivat sanoa mitä soopaa tahansa päähän pälkähtää geologiasta, mutta kun geologi avaa suunsa puhuakseen taiteesta tai estetiikasta, siihen reagoidaan välittömästi. Voi tietysti vain kuvitella, miten geologit reagoisivat, kun ympäristöestetiikko tulisi puhumaan geologiseen kongressiin?

Toinen silmiinpistävä seikka oli monien luonnontieteiden vastainen ja ympäristöasioita ylikorostava asenne. Siihen törmäsi koko ajan. Ja minulla kun oli aivan väärä mielikuva ympäristöestetiikoista avoimina ja ennakkoluulottomina...

Järjestäjän ominaisuudessa Prof. Yrjö Sepänmaa oli pannut merkille kaikki nämä konfliktit, mitä päivien aikana oli tullut esiin eri keskusteluissa ja puheenvuoroissa. Hän piti diplomaattisen ja sovitteluvan päätöspuheensa korostamalla tapahtumaan osallistuneen valokuvaaja Taneli Eskolan vertauskuvaa, missä luonnon kokonaisvaltaisessa tarkastelussa ei saisi unohtaa yhtäkään näkökulmaa, mitkä ovat kuin nyrkin (luonnon) eri puolia ja jotka täydentävät toisiaan: yhdellä puolella on estetiikka, toisella puolella tiede (geologia), toisella taas kulttuuri, toisella filosofia ja toisella taide. Ajan, eli geologisen perpektiivin antaa käsivarsi. Hyvä ja osuva näkemys poikkitieteellisyyteen. Tämä olisi hyvä meidän kaikkien painaa mieleemme. Muuten se vetää turpaan.

Palatessani junalla Helsinkiin päästötilaisuuden jälkeen mietin itsekseni, että tapahtuma oli opettava ja virkistävä nyrkinisku. Tulipahan ainakin tuuletettua omia ja ehkä muidenkin ajatuksia kunnolla. Mutta näin meidän kesken: voiko taiteesta puhua tai määritellä sitä tieteellisesti, kahliten sen johonkin lokeroon? Olen enemmänkin vapaan taiteen (tai antitaiteen) puolesta.

Seuraavan ympäristöestetiikan kongressin teemana on taivas. Se pidetään kahden vuoden kuluttua Valamon luostarissa. Siellä voi varmasti kuulla ja nähdä kaikkea maan ja taivaan väliltä... Mutta ehkä sinne ei meillä "maallisten asioiden asiantuntijoina" ole mitään asiaa. Jätetään se teo-, ufo- ja meteorologeille. Ottakoot he nyt vuorostaan yhteen ympäristöestetiikkojen kanssa. ▀



Tiede & Tekniikka

Helsingin tuomiokirkko. Kuva Bo-Eric Forstén

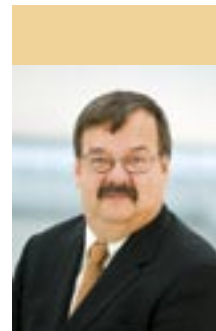
Markku Tilli

*Puhdas pii – puoli-
johteiden, antureiden
ja aurinkokennojen
raaka-aine*

Sivut 38-41.

PUHDAS PII

– puolijohhteiden, antureiden ja aurinkokennojen raaka-aine



Tutkimusjohtaja
Markku Tilli,
Okmetic

Tämän päivän kuluttajan elämää hallitsee pii – elektronisten laitteiden sielu on rakennettu piipalalle, talvella liukkailla keleillä piipala varmistaa auton tiellä pysymistä ja fossiilisten polttoaineiden kallistuessa pii muuttaa aurinkoenergiaa sähköksi. Pii on ottanut hallitsevan aseman hyvin nopeasti, ensimmäiset transistorit tehtiin laboratorioissa 40-luvun lopulla, kuluttaja näki ensimmäiset, vielä harvinaiset transistorit 50-luvun puolivälissä, ja sitten yhä nopeutuvassa tahdissa 70-luvun lopulla tuli markkinoille ensimmäiset mikroprosessorit, 80-luvun alussa tietokoneet. Syyskuun alussa julkistettiin pieni kannettava iPod, jonka muistiin voi ladata 50 000 musiikkikappaletta, Nokian kännykässä on GPS-paikannin ja tarvittavat kartat (ja kännykällä saa tietenkin yhteyden internetiin ja voi soittaa puhelujakin ympäri maailmaa 5 erilaisessa puhelinverkoissa). Pian kännykän navigaattori kykenee piianturien tuella opastamaan käyttäjän tavaratalossa halutun tuotteen äärelle, RF-linkki lukee tuotteen tiedot langattomasti ja puhelin kertoo onko vaatteen puuvilla kasvatettu ympäristöystävällisesti.

Piian avulla on kyetty nostamaan tuotteiden toiminnallisuutta oleellisesti ja toteuttamaan sellaista, josta pari vuosikymmentä sitten ei voitu edes kuvitella. Samaan aikaan piihin pohjautuva teknologia on halventunut oleellisesti. Terästeollisuus tuottaa vuodessa hiiliterästä noin miljardi tonnia. Harvemmin tulee ajatelleeksi että koko informaatioyhteiskunta lepää tänä päivänä noin 18 000 tonnin puhtaan piin vuosituotannon varassa. Tämän lisäksi viime vuonna käytettiin hieman yli 20 000 tonnia piitä aurinkokennojen tuotantoon (mikä vastasi noin 2 GW:n sähkötehoa)

Seuraavassa tarkastellaan miten piitä tehdään, miten piitä jatkojalostetaan kiekkoiksi. Koska piin sovellusalueet ovat laajat, eikä niitä saa mahdolliseksi ymmärrettävässä muodossa yhden lehden sivuille, on erimerkiksi otettu vain yksi alue (joka on samalla Suomen vahvuus globaaleilla markkinoilla) – piianturit.

Puhtaan piin valmistus

Pii on yleinen alkuaine, mutta valitettavasti se on tiukasti sitoutuneena kemiallisina yhdisteinä. Useimmat puhtaan piin kaupallisessa käytössä olevat jalostusprosessit ku-

luttavat paljon energiaa. Yleisimmin lähdetään liikkeelle puhtaasta kvartsista, joka koksien kanssa sulatetaan sähköuunissa. Ensimmäisenä välituotteena saadaan metallurgista piitä, joka jatkojalostusta silmälläpitäen granuloidaan. Tässä piissä on jäljellä sekä metallisia epäpuhtauksia, esimerkiksi rauta, ja piin sähkönjohtavuutta muuttavia epäpuhtauksia, esimerkiksi boori. Metallurgisen piin epäpuhtauksia voidaan poistaa sopivilla happokäsittelyillä, sillä kuten metalleissa piissä olevien useimpien epäpuhtauksien jakautumiskerroin on selvästi alle 1, eli epäpuhtaudet rikastuvat jäännössulaan, ts. raerajoille. Liuotuskäsittely eivät puhdistusta riittävästi, vaan puhdistusta jatketaan muuttamalla leijupatjareaktorissa hienojakoinen pii kaasumaiseen muotoon. Kaasut konvertoidaan esimerkiksi triklorosilaniiksi (TCS eli SiHCl_3), jota puhdistetaan tislamalla kahdessa vaiheessa jatkuvissa prosesseissa, poistamalla yhdessä tislaukskolonnissa TCS:n höyrystymislämpötilaa matalammassa lämpötiloissa höyrystyvät fraktiot ja toisessa kolonnissa korkeammassa lämpötiloissa höyrystyvät fraktiot. Puhdas kaasu, TCS, hajoitetaan lopuksi pyrolyytisesti vedyn kanssa kuumen piitangon päälle. Nykyaikana prosessi on hyvin suljettu, esimerkiksi prosessissa mukana oleva kloorivety on suljetussa kiertossa. Tätä prosessia kutsutaan keksijäyhtiön mukaan Siemensin C-prosessiksi.

Taulukko 1. Puhdas (puolijohdelaatuinen) pii.

Table 1. Clean (semiconductor grade) silicon.

N-tyypin epäpuhtaudet	>9N
P-tyypin epäpuhtaudet	>9N
Hiili	>7N
Metalliset epäpuhtaudet	>8N
9N = 99.9999999%	

Tällä tavalla valmistetun piin hinta heiluu maailmanmarkkinoiden mukana kuten kupari tai nikkeli. Kun valmistuskapasiteetti on vajaakäytössä, puhdasta puolijohdelaatuista piitä saa 30-40 \$ kilohintaan, ja kun kysyntä ylittää tuotantokapasiteetin, kuten nyt on vielä tilanne, niin spottimarkkinoilla hinta saattaa olla yli 200 \$/kilo. Toki tavonomaista on että raaka-ainetoimitussopimukset tehdään

perustarpeen kattamiseksi pitkäaikaisiksi, ja aivan äärihinnoilla ei volyymikappaa käydä.

Piin hinta on erityisen kriittinen aurinkokennon valmistuksessa, ja aurinkokennokulutuksen kasvaessa on pyritty kehittämään erilaisia halvempia tuotantomenetelmiä, joissa on voitu tehdä aurinkokennojen kannalta ei-kriittisiä kompromisseja puhtauden kannalta. Eräs tapa on korvata TCS silaanilla (SiH4) kaasun puhdistuksessa ja hajottamalla silaani leijupatjareaktorissa leijuvan piipölyn päälle. Saatu tuote, noin 0.5...2 mm granulipii, on niin puhdasta, että sitä voidaan käyttää puolijohdeidenkin valmistukseen. Pienenä anekdoottina voidaan varoittaa kaatamasta tällaista piitä lattialle: a) piin saaminen pois lattialta on äärimmäisen vaikeaa, ja b) lattialla ei kykene kävelemään, parempaa kuulalaakeriainesta on vaikeaa löytää. Ensimmäisenä tämän tapaisen prosessin kaupallisti USA:ssa Ethyl Co, ja nyt on vastaavan tapaisia variaatioita rakenteilla muuallakin.

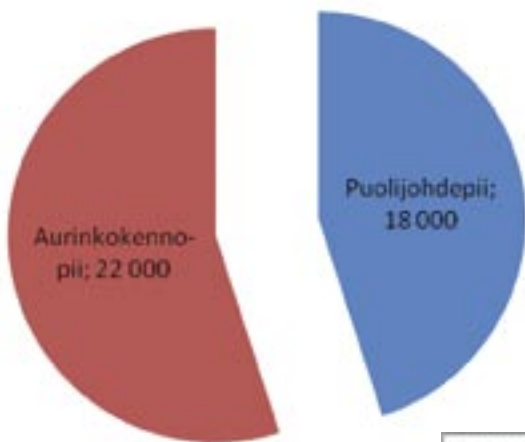
Edellä kuvattu Ethylinkin prosessi on vielä kalliikko. Tämän vuoksi viime aikojen mielenkiinto on kohdistunut erilaisiin sularaffinointitekniikoihin, joiden kaikkia yksityiskohtia ei ole vielä julkistettu. Tietävästi 2-3 laitosta on pilot-asteella, näistä yhden kapasiteetti lienee jopa 1 000 tonnia/v. Joissakin prosesseissa sähköuunisulatusvaihe on pyritty jättämään pois käyttämällä mm. lannoiteteollisuuden yhteydessä syntyviä silikaatteja raaka-aineena, ja erilaiset plasmaprosessit ovat tutkimuksen kohteena. Lähivuodet näyttävät, miten näillä tekniikoilla kyetään täyttämään erityisesti aurinkokennoteollisuuden räjähdysmäisesti kasvava tarve ja saavuttamaan installoituissa aurinkokennojärjestelmissä tavoitehintataso alle 3\$/W. **Kuvassa 1** ja **2** nähdään miten piin kulutus puolijohdeteollisuuteen ja aurinkokennoihin jakautui vuonna 2006 ja miten tuotanto-

kapasiteetin rohkeimmissa arvioissa ennustetaan kasvavan vuoteen 2015 mennessä.

Puhtaan piin tie kiteeksi

Puhdas pii on vielä puhdistusprosessien jälkeen monirakeista ja sellaisenaan käyttökelvotonta. Monirakeisesta piistä on kasvatettava erilliskide. Toinen vaihtoehto on sulattaa pii ja valaa sekä suuntaisesti jähmettää iso piiaihio, joka sahataan ensimmäisessä vaiheessa neliömäisiksi pienemmiksi aihoksi ja lopulta ohuiksi monirakeisiksi piilevyiksi. Tällaista materiaalia käytetään aurinkokennon valmistuksessa silloin, kun ei tavoitella parasta hyötysuhdetta. Tässä keskitytään kuitenkin metallurgille mielenkiintoisempaan ja yhä uusia haasteita antavaan erilliskiteen kasvatukseen. Puolijohdeet, anturit ja suuri osa aurinkokennoista rakennetaan erilliskiteiselle piikiekolle.

Piikide voidaan kasvattaa kahdella tavalla, ns. FZ- eli floatzone-tekniikalla tai CZ- eli Czochralskin tekniikalla. Valtaosa kiteistä (ja kaikki suuret kiteet) tehdään CZ-tekniikalla. CZ-tekniikan synnystä kiinnostuneen kannattaa kääriä esille MRS Bulletin (29(2004) s.348) ja perehtyä asiaan. Nykyaikana hajamielisen tutkijan tinasulaan mustepullon sijasta kastettu mustekynän kärki on korvattu lähes 10 metriä korkealla vakuumiunilla. Uunin kuumennettavassa kammio-osassa on **kuvan 3** näköinen grafiittista rakennettu lämpösuoja-kuumennusvastus-upokaskonstruktio. Grafiittupokkaan sisällä on puhtaasta kvartsista tehty kertakäyttöinen upokas. Tässä upokkaassa pii sulatetaan ja pidetään hallitussa lämpötilassa. Sulan virtauksia ja lämpötilajakaumaa hallitaan mm. upokkaan pyörittämisellä ja mahdollisesti ulkoisilla muotoilluilla magneettikentillä. Sulaan kastetaan pieni pyörivä siemenkide. Siemenkiteen päähän kyetään jähmettämään piitä hallitusti. Tavallimmat kasvatettavien kiteiden orientaatiot ovat (100) tai (111). Antureissa käytetään joskus myös (110)-orientaatiota. Ensimmäisessä vaiheessa siemenkiteen päässä olevat dislokaatiot on ajettava ulos kasvattamalla ohut kaula-osa. Kun kaula on varmasti dislokaatiovapaa, kiteen halkaisijaa kasvatetaan tavoitehalkaisijaan. Kasvatus jatkuu tasapaksua osaa tuottaen kunnes lähes kaikki upokkaan sula on käytetty. Lopussa kiteen halkaisijaa pienennetään, kasvatetaan suippo häntä. Hännän tarkoituksena on estää dislokaatioiden liukuminen kiteen tasapaksuun osaan siinä vaiheessa kun kide irtoaa jäännösslusta. Kiteen tasapaksu osa kasvaa noin 0.4...1.5 mm/min, eli kun tavanomainen kide on lähes 2 m pitkä, ja piin sulatukseen sekä uunin

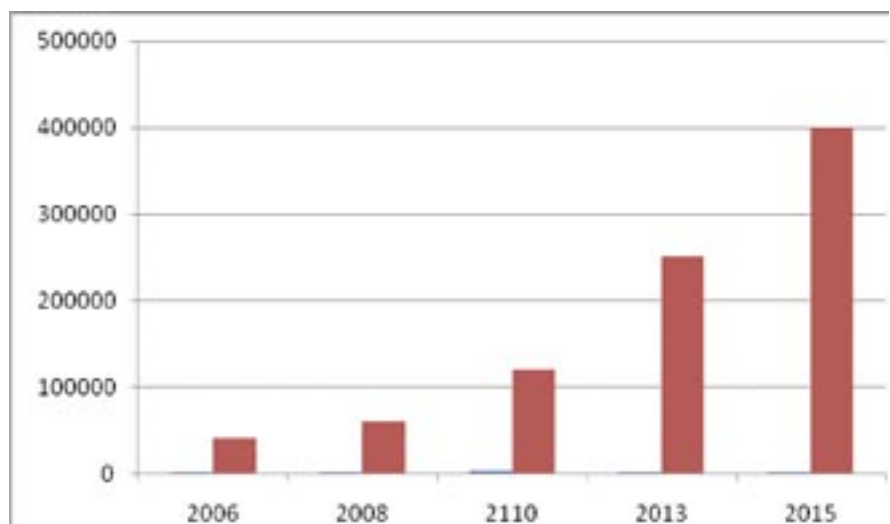


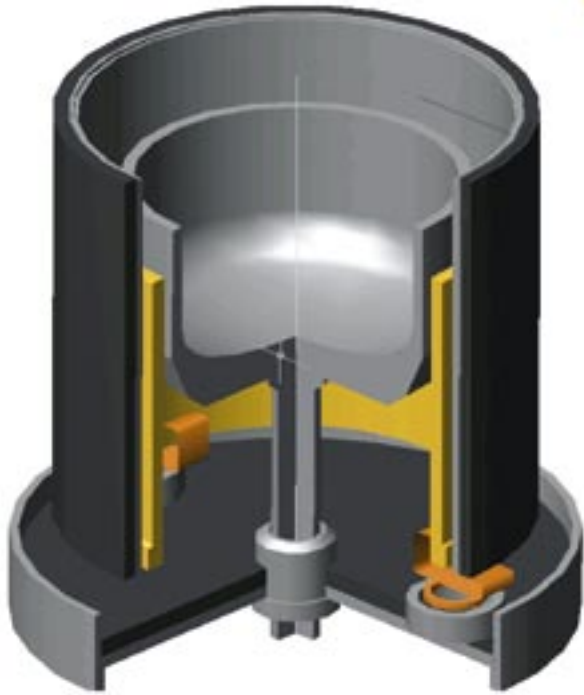
Kuva 1. Puhtaan piin käyttö vuonna 2006, tonnia.

Figure 1. Usage of clean silicon in 2006, solar silicon 22 000, semiconductor grade silicon 18 000 tons.

Kuva 2. Puhtaan piin valmistuskapasiteetin kehitysennuste (tonnia/v).

Figure 2. Forecast of clean silicon production capacity (tons/a).





Kuva 3. Hyvin yksinkertaistettu kuva CZ-uunin kuumavyöhykkeen grafiittiosista ja kiteenkasvatusuunin kasvatuskammio magneetteineen.
Figure 3. Simplified picture of a CZ furnace hot zone graphite parts and a CZ furnace growth chamber with a magnet.



jähdytykseen kuluu aikaa, niin yhden kiteen kasvatusprosessi voi viedä useita päiviä. Ratkaisevaa on kuinka hyvällä saannolla kidettä voidaan tuottaa, ja kuinka monta kiloa aikayksikössä uuni tuottaa. Tuottavuuden parantamiseksi onkin kehitelty erilaisia menetelmiä. Uunia voidaan kuumanostaa esimerkiksi syöttämällä granulipiitä kuumaan upokkaaseen, jolloin kallista kvartsiupokasta voidaan käyttää useita kertoja, ja uunin jäädyttämisen ja uudelleenlatauksen vaatima aika poistuu. Onpa kehitelty jatkuvan kasvatuksen prosesseja (tosin melko huonolla menestyksellä vielä) ja erilaisin tekniikoin pyritty nostamaan kiteen kasvatusnopeutta. Kasvatusnopeuden (tai oikeammin kiteen vetonopeuden/sula-kiinteärajapinnan kiteen puoleisen lämpötilagradientin suhteen muuttamisen) kanssa on kuitenkin oltava tarkkana, koska kasvunopeuden muutos johtaa kiteen lämpöhistorian, sula/kiinteärajapinnan muodon ja kiteen jäähdytysrajoitusta lähellä olevan lämpötilagradientin muuttumiseen. Lisäksi piin jäähdytyksessä vapautuva lämpö jää sulaan ja se vaikuttaa jäähdytysrajoitusta alla olevan sulan ominaisuuksiin ja virtauksiin.

Sulan makroskooppiset virtaukset myös muuttuvat prosessiparametrejä muutettaessa; ja tällöin vaikutetaan esimerkiksi kvartsista liukenevan hapen kulkeutumiseen sulassa ja kiteen happikonsentraatio muuttuu. Silloin kun kasvatettiin pieniä kiteitä, prosessin hallinta oli kiteenkasvattajan taidoista kiinni, kiteenkasvatusta pidettiin lähinnä taiteena. Nyt kasvatusprosessi on tiedettä ja koko uunin lämpöympäristöä mallinnetaan kehittyneillä tietokoneohjelmilla. Jopa piisulan 3-dimensionaalista turbulენტista virtausta voidaan mallintaa lähes realistisesti. Suomessa tässä mallitustyössä ollaan hyvin korkealla tasolla; Tekesin tuella on kehitetty geneeristä virtausmallia, Elmeriä, jolla kiteenkasvatusprosesseja on kehitetty.

Piikiteeseen on myös seostettava sopivaa P- tai N-tyypin

epäpuhtautta halutun sähkönjohtavuuden saavuttamiseksi. P-tyypin seosaineena kyseeseen tulee boori, N-tyypin sähkönjohtavuus voidaan tuottaa joko fosforilla, antimoniilla tai arsenilla.

Taulukosta 2 nähdään että boori rikastuu kohtuullisen heikosti sulaan, N-tyypin seosaineet rikastuvat sen sijaan voimakkaasti. Pieni jakautumiskerroin johtaa siihen, että kiteen alussa kiteen resistiivisyys on korkea, eli seosainekonsentraatio on pieni ja lopussa resistiivisyys matala seosaineen konsentraation ollessa suuri. Teknisesti erityisen ongelmallisia seosaineita ovat antimoni ja arseni. Kumpaakin käytetään vain haluttaessa saavuttaa hyvin suuri kiteen seosainekonsentraatio. Sekä antimoni että arseni höyrystyvät sulasta. Jonkin verran höyrystymistä (ja siten resistiivisyyttä) voidaan hallita uunikammion paineella. Varsinkin höyrystyvä arseni on ongelmallista, uuni likautuu ja liassa on paljon arseenin oksideja, mm arsenikkia. Arseenikiteiden kasvatuksen ja uunin huollon onkin tapahduttava hyvin kontrolloiduissa tiloissa.

Se mitä edellä on kerrottu runsaasta seostuksesta kuulostaa perinteisen metallurgin korvissa häviävän pieneltä

Taulukko 2. Seosaineiden jakautumiskertoimet.
Table 2. Distribution coefficients of dopants.

Seosaine	Tasapainon mukainen jakautumiskerroin k_0
Boori (P)	0.8
Antimoni (N)	0.023
Arseni (N)	0.3
Fosfori (N)	0.35

Kuva 4. Periaatekuva SOI-kiekkosta, jossa on rakenteita. Kiekkon valmistus lähtee liikkeelle huipputarkasta alustakiekkosta, joka kuvioidaan, kiekolle kasvatetaan oksidi ja kiekkoon liitetään toinen kiekko, liitos lujitetaan korkeassa lämpötilassa ja lopuksi liitetty kiekko ohennetaan niin että oksidin päälle jää muutaman μm :n paksu piikalvo (tarkkuus jopa $\pm 0.3 \mu\text{m}$).

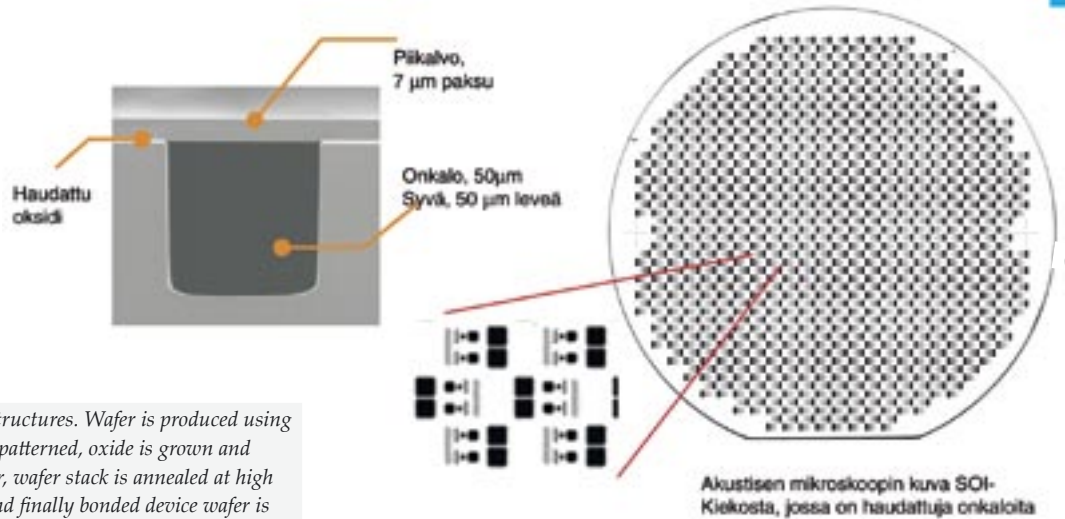


Figure 4. SOI wafer with buried structures. Wafer is produced using very high precision wafer, which is patterned, oxide is grown and wafer is bonded with a second wafer, wafer stack is annealed at high temperature to form a firm bond, and finally bonded device wafer is thinned down to a few μm thickness with an accuracy of $\pm 0.3 \mu\text{m}$.

määrältä. Silloin kun kasvatetaan hyvin korkearesistiivinen P-tyyppin (booriseostettu) kide, booria voi olla vain 2 ppb (resistiivisyys $> 1\,000 \text{ ohmcm}$). Tavanomaisen, noin 10 ohmcm resistiivisyyden kiteessä fosforia on alle 0.1 ppm. Runsaasti seostetussa 2 mohmcm kiteessä arseenia on noin 100 ppm. Mainittakoon tässä, että tällainen arseeniseostus esimerkiksi kannettavan laitteen MOSFET-komponentissa ei ole käyttäjälle ongelma. Arseeni on tiukasti piihilan korvaussijoissa ja pii on erittäin inertti aine.

Edellä on kuvattu piikiteen valmistus hyvin geneerisesti puuttumatta hienouksiin. Anturien valmistukseen kehitetyssä piikiteen valmistus- ja sitä seuraavassa kiekonvalmistusprosessissa Suomessa tehtiin 90-luvulla merkittäviä innovaatioita – tämän seurauksena Vantaalta toimitetaan merkittävä osa maailman vaativien anturien raaka-aineesta. Ratkaisevaa menestykselle on ollut kiteiden hyvä homogeenisuus ja kyky säätää kiteenkasvatuksessa tuotettuja materiaaliominaisuuksia siten, että haitallisia defektejä ei synny asiakkaan anturinvalmistusprosessissa.

Kiteestä piikiekoiksi

Kide on ensimmäisessä vaiheessa katkottava sopiviin, asiakkaan resistiivisalueen määrittelemiin osiin, myös muut lopullisen kiekon spesifikaatiot voivat rajoittaa kiteen eri osien käytettävyyttä. Katkottu lähes pyöreä kide hiotaan oikeaan mittaansa, kiteen hilasuuntien orientaatio mitataan ja merkitään, minkä jälkeen kide sahataan ohuiksi kiekkoiksi joko timanttisahalla tai nykyään yhä useammin lankasahalla. Lankasahassa ohjausrullien päälle on pingotettu teräslankakudos, joka piikarbidilietteen avulla sahaa kiteestä kiekot, jopa lähes 1 000 kiekkoa kerrallaan. Lankaa sahassa riittää muutama sata kilometriä.

Kiekkojen terävä reuna pyöristetään muutamien väli-vaiheiden jälkeen, kiekot läpätään tasomaisiksi ja tasapaksuiksi sekä syövytetään niin että mekaaninen pintavaurio poistuu. Tämän jälkeen kiekko kiillotetaan. Kiillotusprosessin valintaan vaikuttaa se, tehdäänkö kiekko puolijohdevai anturiteollisuuden tarpeisiin. Kaikista mittatarkimmat kiekot valmistetaan anturiteollisuudelle, kiekon paksuusvaihtelu (muutama sata mittapistettä kiekolla) on paljon alle 1 μm . Kiekko pestään huippupuhtaassa tilassa pölyttö-mäksi ja kemiallisesti puhtaaksi ja pakataan ilmatiiviiseen pakkaukseen asiakkaalle toimitettavaksi.

Kiillotetusta piikiekkosta voidaan jatkojalostaa vaativim-

piä tuotteita. Kiekkojen pinnalla voi olla erilaisia ohutkalvoja, kiekon pinnalle voidaan kasvattaa ohut epitaksiaalinen piikerros (lopputuote ns. Epi-kiekko), jossa voi olla alustakiekkosta poikkeava seostus, voipa siinä olla germaniumia, tai kiekosta voidaan rakentaa SOI-kiekko (rakenne jossa kaksi kiekkoa on diffuusioiliitetty yhteen ja kiekkojen välissä on ohut piidioksidikerros, sekä toinen kiekko on ohennettu ohueksi, tasapaksuksi kalvoksi). Varsinkin kehittynyt anturiteknologia käyttää entistä enemmän SOI-kiekkoja tai tulevaisuudessa SOI-kiekkoja, joiden sisään on haudattu kiekon valmistusvaiheessa erilaisia rakenteita (kuva 4). ▴

CV - Markku Tilli, Senior Vice President, Research, Okmetic Oyj

Markku Tilli obtained a degree in Materials Science (Physical Metallurgy) at Helsinki University of Technology (HUT) in 1974. Until 1980 he had various research and teaching positions at HUT specializing in crystal growth technologies. From 1981 to 1984 he managed process research and development in Silicon project at TTK silicon wafer manufacturing pilot plant. Since 1985 he has had various managing positions at Okmetic in research, development and customer support areas, now he holds a position of Senior Vice President, Research. His MEMS related activities started in 1982 when he developed a process to make double side polished silicon wafers for bulk micromachined sensors. Since then he has developed advanced new silicon wafer types for MEMS, including special epitaxial wafers, SOI and SOI wafers with buried cavities. His publication topics include oxygen precipitation in silicon, silicon crystal growth, wafer cleaning as well as silicon wafer manufacturing technologies and applications in MEMS. ▴

SUMMARY

This paper gives a short introduction to silicon wafer production for semiconductor, sensor, and solar applications from clean silicon production to final high end wafers. Especially solar energy production based on silicon will increase considerably, and consequently a large increase of clean silicon production capacity is needed. Next step in the production chain is the single crystal growth, and most of crystals are grown from the melt with Czochralski (CZ) technique, for semiconductor, sensor and for such solar applications, where good solar energy conversion efficiency is needed. The strength of Finnish silicon wafer industry lies advanced CZ growth technology usable in sensor, semiconductor, and solar applications as well as in know-how to develop and manufacture advanced silicon wafers for global sensor manufacturing markets. ▴

More out of ore!



Vuonna 1949 suomalaiset insinöörit kehittivät uuden energiaa ja ympäristöä säästävän menetelmän kuparin tuotantoon. Liekkisulatuksesta tuli yksi alan mullistavimmista keksinnöistä 1900-luvulla. Sen menestys jatkuu edelleen. Tänäpäin lähes puolet maailman kuparista tuotetaan Outotecin liekkisulatusmenetelmällä.

Tämän lippulaivateknologian vanavedessä on saavutettu muutakin menestystä. Nyt Outotecin ketjuarinateknologialla valmistetaan suurin osa maailman rautapelleteistä. Yritys on globaali markkinajohtaja myös vaahdotus- ja sakeutusteknologioissa, analysointilaitoksissa sekä kalsinointi- ja pasutuslaitoksissa.

Rikkihappotehtaita Outotec on toimittanut maailmalle jo yli 600. Patenteja yhtiön nimissä on 1987.

Perinteet velvoittavat. Samoin kuin yrityksen tuhannet asiakkaat maapallon jokaisella kolkalla. Heille Outotecin tutkimuskeskukset, laboratoriot ja koetehtaat tuottavat jatkuvasti uusia innovaatioita.

Outotec, aiemmalta nimeltään Outokumpu Technology, on johtava kansainvälinen mineraaleihin ja metalleihin keskittyvä teknologian kehittäjä ja toimittaja, joka tarjoaa asiakkailleen innovatiivisia ja ympäristöystävällisiä tehtaita, prosesseja, laitteita ja palveluja maailmanlaajuisesti. Outotec Oyj on listattu OMX Pohjoismaiseen Pörssiin Helsingissä. www.outotec.com

Outotec
More out of ore

Arseenikiisu

Kuva: Jari Väätäinen, GTK



Juha Hukka Arseenikiisu, FeAsS, on luonnossa kohtalaisen yleinen mineraali, jonka kovuus on 5,5 - 6 ja tiheys 5,9 - 6,2 g/cm³. Se on hopeanvalkoinen tai teräksen harmaa, metallinkiiltainen mineraali, jonka viiru on musta tai tummanharmaa.

Se kiteytyy monokliiniseksi prismoiksi, joita meillä tosin harvoin pääsee näkemään. Arseenikiisu on kohtalaisen yleinen, mutta melko merkityksetön malmimineraali, paitsi silloin, kun se sisältää epäpuhtauksina kultaa, hopeaa, nikkeliä tai kobolttia. Arseenikiisun hyvät tuntomerkit ovat sipulin haju, joka tuntuu iskettäessä mineraalia. Saksankielestä on tullut englantiin mineraalin toinen nimi, mispickel (saks. *Misspüchel*).

Arseenikiisun pinnalla esiintyy joskus arsenoliittia sekä arseniittia, arsenikkikukkaa, koostumukseltaan arsenitrioksidia, As₂O₃, joka on myrkyllinen mineraali. Arseenikiisu on arseenin tärkein lähde. Muita tavallisia arseenimineraaleja ovat realgari (As₂S₂) ja auripigmentti (As₂S₃). Arseeni saattaa esiintyä luonnossa myös pelkkänä alkuaineena. Sitä on tavattu esimerkiksi Pyhäsalmen ja Vihannin malmeista.

Luonnossa arseenia tavataan useimmin korkean lämpötilan hydrotermisissä juoniesiintymissä ja pegmatiiteissa yhdessä joko tinan, kullan tai hopean kanssa.

Arsenikkia ja muita myrkyjä moneen käyttöön

Arseeni ja sen yhdisteet tunnettiin jo vanhalla ajalla. Albertus Magnus kuvasi noin vuonna 1250 ensimmäisenä menetelmän, jolla arseenia voitiin valmistaa. Arseeni on puolimetalli, josta tunnetaan kolme allotrooppista eli näöltään erilaista, mutta yhtä kaikki saman arseenin

muotoa; tavallinen harmaa metallimainen, härmistymällä syntyvä musta ja pysymätön keltainen arseeni.

Tärkein arseeniyhdiste on arseenitrioksidi eli arsenikki, As₂O₃. Sitä muodostuu arseenia poltettaessa sekä arseenimalmeja pasutettaessa. Se on muiden arseeniyhdisteiden raaka-aine ja kirkastusaine lasin valmistuksessa sekä ainakin vanhoissa dekkareissa mainio apuaine rakenteellisesti v-maisten lajitoerien eliminoinnissa. Lasinvalmistuksessa jo 0,5 prosenttia arseenitrioksidia poistaa lasimassassa olevan raudan aiheuttaman viherryksen.

Arseniitit ovat arseenihapokkeen, H₃AsO₃, suoloja. Kupariarseniittia eli scheelenvihreää on käytetty maaliväriaineena. Arsenaatit ovat arseenihapon, H₃AsO₄, suoloja. Keltaisia ja punaisia arseenisulfideja tunnetaan useita; niitä käytetään ilotulitusaineissa sekä maaliväriaineina ja niillä on myös merkitystä arseenin analytiikassa. Erittäin myrkyllinen on kaasumainen arseenivety eli arsiini, AsH₃. Lyijy ja kalsiumarsenaatteja sekä Pariisin vihreää käytetään yleisesti hyönteismyrkkyjen raaka-aineena. Arseeniyhdisteitä on käytetty myös puutarhan lahosuojaukseen. Galliumarseniidi on puolijohteiden raaka-aine.

Yleinen meillä ja muualla

Arseenikiisua esiintyy usein korkean lämpötilan juonien lisäksi vulkaniiteissa sekä myös metamorfisissa kivissä, harvoin kuitenkaan emäksisissä tai ultra-

emäksisissä kivissä. Maailman suurin tunnettu arseeniesiintymä on Boliderin malmikenttä Ruotsissa. Alueelta saadaan arseenikiisun lisäksi myös kupari-, rikki- ja magneettikiisua sekä kultaa, hopeaa, platinaa ja elohopeaa. Maailman muita arseenikiisualueita löytyy Cornwallista, Kaakkois-Saksasta ja Boliviasta sekä Coloradosta Yhdysvalloista.

Suomen kallioperässä arseenikiisu on kohtalaisen yleinen kiisumalmien osa. Sitä on tavattu muutamaa raitta enemmän mm. Haapajärven Kopsan kulta-kupariesiintymästä, Raahen Lavakankaan, Ilomantsin Pampalon sekä Huittisten Jokisivun kultaesiintymistä, Kiskon Aijalan vanhasta hopeakaivoksesta, Oriveden Kutemajärven kultamalmita, Atun, Haverin ja Vihannin kiisumalmeista, monista karbonaattikiivini liittyvistä mineralisaatioista ja monista muista paikoista kautta koko maan. Kai Hytösen Suomen mineraalit -kirjasta löytyy lähes sivun mittainen luettelo arseenikiisun esiintymispaikkoja.

Herkkua kuppaan ja piristettä hulluille

Ensimmäinen ns. kemoterapeutin lääkeaine oli arseenipitoinen salvarsani, jolla hoidettiin ennen penisilliinin keksimistä herrasmiesten tautia, kuppaa. Arseeniyhdisteitä käytettiin aiemmin myös hyönteismyrkkyinä. Kaikki arseeniyhdisteet ovat myrkyllisiä. Eräillä alueilla Suomessa on todettu arseenipitoisesta kallioperästä johtuvia korkeita arseenipitoisuuksia. Juomaveden sisältämä epäorgaaninen arseeni on syöpävaarallinen ja voi aiheuttaa iho-oireita sekä ääreisverenkierron ja ääreishermoston häiriöitä.

Arseenimyrkytyksen voi saada isosta kerta-annoksesta tai toistuvista pienistä. Tähän perustunee tämän alkuaineen käyttö hengenriistotoimenpiteissä. Nirri lähtee uhrilta huvittamalla ja varsinkin entisinä aikoina surman todellinen syy jäi hämäräksi.

Maailmassa on kuitenkin pieni joukko ihmisiä, jotka ovat kehittäneet sietokyvyn arseenille. Näitä heppuja löytyy Itävallan eteläosien vuorimailta. Heitä nimitetään arseeninsyöjiksi. Mikromaa-ilmassa tällaisia otuksia on enemmänkin ja osa niistä on pantu hommiin rikastamaan sulfidimalmeja. Tällaisia elinkumppaneitamme ovat esim. *Thiobacillus ferrooxidans* ja *Thiobacillus caldus*, jotka syövät kiisua ja paskovat metalleja.

Itävallan joukko on kuitenkin havainnut, että arseeni piristää ja vahvistaa. He ovat kehittäneet sellaisen arseenin sietokyvyn, että voivat joka päivä nauttia tavalliselle ihmiselle tappavan annoksen tuota elähdyttävää myrkyä. Ei suositella kotona kokeiltavaksi. Alppimaa on kuitenkin alppimaa ja siellä pölkkypäät eivät lahoa. Pistoksena arseeninsyöjät eivät siedä piristettään yhtään paremmin kuin kukaan muukaan. Kukapa sitä toisaalta arseenia pistoksina ottamaan. ▀

Lafka 60 v

Teknillisen Korkeakoulun Materiaalitekniikan osasto ehti viettää 60-vuotisjuhliansa ennen vuodenvaihdetta, jolloin vuorimiesmeininki jatkuu isommissa kuviossa lafkan muuttuessa osastosta laitokseksi tiedekuntaan, jossa kemistit ja puumiehet ovat mukana.



Tähtikaarti. Eturivissä vasemmalta: Maaria Kinnunen, Tarja Jäppinen, Elli Nurminen ja Iina Kainulainen. Takarivissä vasemmalta: Ilkka Aaltio, Kari Heiskanen, Gijsbert Wierink, Sami Vapalahti ja Shijo Nagao.

Nuoret tähdet loistivat

TEKSTI Bo-Eric Forstén KUVAT Leena Forstén

Näin ollen katettiin pöytä koreaksi perjantaina 21. syyskuuta ja kutsuttiin vanha jengi koolle taas, eikä varmastikaan viimeistä kertaa. Lähes kolmisen sataa osaston entistä ja nykyistä opettajaa, opiskelijaa ja henkilöstöön kuuluvaa, sekä joukko kutsuvieraita tuli jättämään jäähyväiset yhdelle mielenkiintoiselle ajanjaksolle ja pohjustamaan uutta. Päi-

vän aikana kävi selväksi, että metallit ja materiaalitekniikka ovat edelleen keskeisiä elementtejä Suomen hyvinvoinnin rakentelussa, kuten sekkin, etteivät vuorimieshenki ja vuorimiesperinteet mihinkään häviä. Teollisuuden rakennemuutokset, monenlaiset nimenmuutokset ja opetusministeriön uudet linjaukset ovat sen kun tiivistäneet vuorimiesten rintamaa.

Aikoinaan TKK oli kiistattomasti vuorimiesten johtava kasvatustulos. Tänä päivänä vuorimiehiä koulutetaan eri puolella Suomea, mutta niin kauan kun isot ikäluokat ovat kuvassa mukana ja vallankahvassa kiinni, Otaniemi pitänee asemansa alan keskuspaikkana. Niinpä juhla oli kaikkien vuorimiesten yhteinen.

Oivallus luovuttaa 60-vuotisjuhlan järjestelyt nuorten käsiin johti toivotuun tulokseen. Vanhempien, joskus uusiin tuuliin kriittisestikin suhtautuneiden usko materiaalitekniikan ja vuoriteollisuuden tulevaisuuteen vahvistui toteutuksen myötä merkittävästi.

Materiaalitekniikan osaston johtaja Kari Heiskanen osoitti omaavansa hyvän pelisilmän kun hän viime keväänä antoi

osaston jatko-opiskelijoille tehtäväksi järjestää oman näköisensä seminaarin ja siihen kuuluvat synttärimenot. Kyseessä oli avoin toimeksianto.

"Karin ainoa ohje oli, että vapaat kädet ja professoreita ei saanut päästää mukaan tapahtumaa ohjaamaan", kertoo järjestelytoimikunnan puolesta Maaria Kinnunen, joka toimi juhlan seremoniamestarina.

Kari vuorostaan sanoo, nuoria tunteen, ainoastaan pelänneensä kustannusten riistäytymistä. "Sellaisesta ei kuitenkaan ollut merkkiäkään. Nuoret suoriutuivat tehtävästään esimerkillisellä tavalla. Juhlaseminaari 'Tutkii tähtien kanssa' tarjosi meille vanhemmille uusia lähestymistapoja teknisten asioiden esittelyssä. Sen lisäksi aiheisältö oli täyttävää asiaa", toteaa silmin nähden ylpeä ja tyytyväinen osaston johtaja juhlapäivän ollessa kallistumassa vapaalle.

Ulkopuolisen korvissa käsite nuori kuulostaa tässä yhteydessä yhtä suhteelliselta kuin kaikissa muissakin. Professorin näkökulmasta väitöskirjansa kanssa kamppaileva jatko-opiskelija saattaa täyttää nuoren tuntomerkkejä, mutta fuksi on taatusti eri mieltä.

JUHLATOIMIKUNTA

Ilkka Aaltio, tutkija, Materiaalitiiteen laboratorio
Iina Kainulainen, tekn. yo, Materiaalien valmistustekniikan ja jauhemetallurgian laboratorio
Maaria Kinnunen, tutkija, Mekaanisen prosessi- ja kierrätystekniikan laboratorio
Miia Kiviö, tutkija, Metallurgian laboratorio
Heli Kytönen, tutkija, Metallurgian laboratorio
Anu Lokkiluoto, tutkija, Materiaalien valmistustekniikan ja jauhemetallurgian laboratorio
Mari Lundström, tutkija, Korroosion ja materiaalitekniikan laboratorio
Tuija Mäkinen, osastosihteeri
Elli Nurminen, tutkija, Materiaalien valmistustekniikan ja jauhemetallurgian laboratorio
Sami Vapalahti, tutkija, Metallurgian laboratorio
Gijsbert Wierink, tutkija, Mekaanisen prosessi- ja kierrätystekniikan laboratorio

Juhlaseminaarissa ikäpallo pomppasi kuitenkin kuulijoiden keskuuteen. Esitelmöitsijöiden asiaansa vihkiytymisen ja esiintymisvarmuus saivat monen "vanhemman" ajattelemaan omaa ikäänsä ja osaamistaan. Vasta illempana, kun siirryttiin jälkilölyyn lafkalle, vanhempien turnauskestävyys ja kokemus tulivat paremmin oikeuksiinsa. Siellä sitten sitkeimmät varjelivat kestävän kehityksen hengessä vuorimiesperinteitä aina pikkutunneille saakka.

Aloitetaan kuitenkin alusta

Tällä kertaa Dipolin auditorioon koontuneen seminaariyleisön juhlasorina ei loppunut puheenjohtajan mikrofonin koputtamiseen, vaan vaimeni osaston omien seireenien, Senkkasiskojen kauniisti sointuvaan lauluesitykseen. Siskoista Iina Kainulainen jäi lavalle ja sai juontajaparikseen hollantilaisen *Gijsbert Wierinkin*. Elegantti pari ei ujostellut, esiintyi vakuuttavasti ja toi asiansa sujuvasti ja kuuluvasti esille suomeksi



Iina Kainulainen ja Gijsbert Wierink olisivat pärjäneet missä contest'issä tahansa.



Kaksi vanhempaa tähteä: rehtori Matti Pursula (vas) ja päivän isäntä, professori Kari Heiskanen.

ja englanniksi. Onnistunut käsikirjoitus antoi lisää mausteita esiintymiselle. Yleisö viihtyi.

Avauspuheenvuorossaan osaston johtotähti, Kari Heiskanen kertoi seminaarin rakentelussa ideana olleen löytää

uusia otteita ja näkemyksiä asioihin. Tämän takia professorit vaiennettiin, onhan heidän puheensa kuultu moneen kertaan. Nyt oli nuorten vuoro tuoda esille omat näkemyksensä.

Rehtori *Matti Pursula* toi korkeakoulun tervehdyksen juhlivalle osastolleen. Puheessaan hän painotti materiaalitekniikan osaston merkitystä kehityksessä, joka on vienyt suomalaisen metalliteollisuuden maailmanluokan toimijaksi sekä kaupallisesti että teknisesti. Hän osoitti tässä yhteydessä kiitoksen suomalaiselle teollisuudelle pitkäaikaisesta yhteistyöstä ja tuesta osaston ja TKK:n työlle.

Vahvuutena hän piti sitä, että osasto, vaikka se on joutunut kokemaan globaalin maailman turbulenssia erilaisina uudelleen organisoitena ja muutoksina, on kiitettävästi pystynyt uudistamaan ja vahvistamaan tutkimustaan.

Hän päivitti myös osaston meriittilistan. Ensin osasto valittiin korkeakoulun sisäiseksi opetuksen laatuysiköksi ja sen jälkeen valtakunnalliseksi laatuysiköksi. Opettajat ovat vuorostaan saaneet tunnustusta opetustaidoistaan ja satsauksistaan sekä opiskelijoilta, TKK:lta että ulkopuolelta, Tekniikan edistämissätiöltä. Osaston osallistumisen pohjoismaisen Hysitron-laboratorion toimintaan hän mainitsi hienona esimerkinä yhteistyöstä teollisuuden kanssa. Osaston aktiivisuus yhteispohjoismaisen metallien jalostuksen opetuksen kehittämishankkeessa sai niin ikään erikoismaininnan.

Materiaalitekniikan tulevaa asemaa TKK:n opetustoiminnassa rehtori ei suoraan kommentoinut, vaan tyytyi toteamaan: "Yksikköjaot tulevat ja menevät. Niiden tehtävä on luoda toimintaedellytykset tutkijoille, opettajille ja opiskelijoille, jotta TKK:n ja suomalaisen yhteiskunnan menestys myös tulevaisuudessa voidaan turvata. Materiaalitekniikan osasto on omalta osaltaan tehnyt tätä työtä ja uskon, että se jatkuu tulevaisuudessa vähintään yhtä menestyksekkäänä".

Monitaitoisuus on nuorten voima

Juontaja *Gijsbert Wierink* muuttui muuttaman nokkelan aasinsillan myötä tutkija *Gijsbert Wierinkiksi*. Kuten kunnan juhlassa on tapana hän aloitti tarjoamalla yleisölleen kuplivia. Tosin tämä tapahtui virtuaalisesti hänen tutkimusaiheensa puitteissa. Ihan siististi ja tarkoitukseen mukaisesti kuplat käyttäytyivätkin. Vähän nostalgiaakin mahtui mukaan. Kuva Kotalahden rikastamosta vuodelta 1959 herätti muistoja ainakin osassa yleisöä. Esitys taisi mykistää kuulija-



Lafkan hennot senkkasiskot ovat osaavaa väkeä. Huilunsoittaja (pianokin tottelee) Sivi Rauhamaa (vas.) on erikoistunut puolijohteisiin ja elektroniikan materiaaleihin. Hän tekee parhaillaan DI-työtä. Sivi on myös opiskellut Sibelius Akatemiassa. Viulunsoittaja Sivi Rannantien (keskellä) opiskelujen pääaineena oli prosessinohjaus. Leipänsä hän tienaa tutkimusinsinöörinä Koverharissa. Toinen viulisti, Iina Kainulainen opiskelee materiaalien valmistustekniikkaa ja juontaa sillä välin mm. 60-vuotisjuhlia.

kunnan. Kukaan ei saanut suutaan auki kun perättiin kysymyksiä.

Elli Nurmisella ei ollut vaikeuksia yleisönsä aktivoimissa pyyhkiessään pölyä Suomen metallurgian ehkäpä pyhimällä alueella – kuparin liekkisulatusprosessissa. Kun hän vielä esityksessään käytti jokseenkin poikkeuksellisia oivalluksia, menestys oli taattu. Lämmönvaihtimen toimintaa hän kuvasi Australian auringon alla käyttämänsä siiderijähdyttäjän avulla.

Nuori nainen ei jäänyt ihmettelemään, kun vanhempi tutkija kommentoi isällisesti yhtä, muista tuloksista irrallaan esiintyvää punaista pilkkua sanomalla, että "meillä vanhemmilla tutkijoilla on kyllä tapana poistaa tällaisia kokonaiskuvaa häiritseviä poikkeamia". Vastaus tuli lakonisesti: "Ehkä olemme liian rehellisiä".

Sami Vapalahti puhui kansainvälisestä jatkuvavalututkimuksesta. Hot link-miehenä hän on toiminut vierailevana tutkijana USA:ssa ja Meksikossa. Erikoisena lisämeriittinä hän voi sanoa hankkineensa meksikolaisia sponsoreita TKK:n ajamalle projektille. Mieleen jäävä teesi, jonka hän esitti esityksensä loppuun: "Jokaisen DI:n on hallittava mallinnuksen perusteet".

Kansainvälisyys vain korostui kun päivän NHL-tähti tuli esiintymisvuoroon. Osakan yliopiston kasvatti *Shijo Nagao* kehui Nordic Hysitron Laboratory, NHL:n puitteissa tapahtuvaa tutkimusyhteistyötä nanoindentation saralla. Nanowhiskers'itkin jäivät mieleen.

Shijon loppulause taisi olla "Research shall be continued".

Tarja Jäppinen käy esimerkkinä aikaansaavasta nuoresta tutkijasta. Tuli Dual Phase -uskoon tehdessään diplomityötä Taalintehtaalle, valmistui DI:ksi 2001,

lisenfaatiksi tänä vuonna ja nyt on väitöskirja tekeillä. Väliin mahtuu vielä pari lasta. Tunnustautui molybdeeniteräksen ystäväksi, mutta ilmoitti samalla omaavansa kalliin maun. Molybdeeniseostus nostaa herkästi teräksen hinnan taivaisiin. "Pitää etsiä jotain halvempaa yhtä hyvää!"

Ilkka Aaltioilla on jo muutama vuosi yritysjohtajana takanaan, mutta liikettä tuottavat muistimetallit ovat vetäneet hänet takaisin Materiaalitieteen laboratorioon. Esityksensä hän päätti mieleen painuvalla demonstraatiolla siitä miten automatiikkasovelluksia saadaan aikaan ohjaamalla muistimetalleja magneettisesti.

Tapahtuman hän mallinsi liikuttamalla omaa kehoaan samaan tahtiin kuin ohjausvempain. Täydet pisteet sekä taitteellisesta vaikutelmasta että teknisestä suorituksesta. Harva vanhempi ja kankaampi tutkija pystyy vastaavaan.

Esiintyjien laatimat esitelmäreferaatit löytyvät seuraavilta sivuilta. Mukana myös Mari Lundströmin tutkimustyön referaatti. Marin piti esiintyä tilaisuudessa, mutta hänelle tuli ylipääsemätön este.

Juhlateltassa oli tunnelmaa

Siirtyminen juhlapaikalle Vuorimiehentielle ei vaatinut tiennäyttäjää. Lyhyin reitti löytyi vanhasta muistista. Perillä juhlayäki oli täysin pihalla. Teltassa tunnelma nousi kuin herätysjuhlassa. Maljapuheessaan Kari Heiskasen myönsi osaston yllättyneen omasta viehätysvoimastaan.

"Kun kahdensadan ilmoittautuneen raja rikkoo, rupesimme mittaamaan sisätilojen tilakapasiteettia tarkemmin. Kun virta ei näyttänyt ehtymisen merkkejä, syntyi lievä paniikki. Onneksi osastosihteerillämme Tuija Mäkisellä oli tämä telttaratkaisu varastossaan. Koko



Markku Tilli



Tuomas Vanhanen



Juhani Uitti

osaston yhteisvoimin saimme paikat ajoissa kuntoon, ja kun sään haltijakin tänään on materiaaliteknikan puolella, tuntuu tosi hyvältä".

Puheessaan Kari vakuutti osaston olevan valmiina kohtaamaan kaikkea mitä uusi vuosi tuo tullessaan.

"Meistä on tulossa osa isompaa tiedekuntaa. Kohtaamme muutoksen entistä voimakkaampina. Metallien hyvät hin-



Pekka Erkkilä (vas) ja Paavo Hooli.



Pekka Tuokkola



Kari Knuutila



Markku Peltoniemi

nat ja kaivosteollisuuden kokema buumi antavat meille uskoa omiin kykyihimme. Erikoisvahuutemmehan on, että teemme työt yhdessä", totesi Kari Heiskanen ja päätti puheenvuoronsa näyttävällä mainospätkällä Killan uuden laulavan taskumatin puolesta.

Okmeticin Markku Tilli aloitti osaston yhteistyöpartnerien onnitteilupuheiden sarjan.

Puheessaan hän huomautti, että Okmeticilla on ainutlaatuinen side Materiaaliteknikan osastoon.

"Okmetichan syntyi aikoinaan osas-

ton spin offina. Se tapahtui jo 1980-luvun puolella, jolloin yhteistyö yliopisto-maailman ja teollisuuden välillä oli vielä harvinaista. Osasto on siis silläkin alalla edelläkävijä", totesi Markku Tilli ja luovutti kiteenkasvattajan lahjana osastolle teoksen jossa taitelija on ilmaissut näkemyksensä upokkaaseen jäähtyneestä kiteestä.

Tillin jälkeen tarttui mikkiin Bolidenin Pekka Tuokkola. Harjavallan ja Kokkolan puolen lisäksi hänellä oli hyvin henkilökohtainen syy onnitteeluihin. Sen hän kätkei lauseeseen: "Käsitykseni mukaan mitään huonoa ei voitu pistää alulle vuonna 1947".

Sitten seurasi pari korjausvaatimusta: "Kari sanoi, että metallien hinnat ovat hyviä, ne kun ovat vaan kohtuullisia. Elli Nurminen taas valitti esityksessään, että oli vaikeaa saada tarpeeksi paljon näytteitä analysoitavaksi – prosessimiehen näkökulmasta näytteitä otetaan aivan liikaa".

Tuokkola kehuu osaston roolia henkilöstön kouluttajana ja tarjosi saman tien kolme työpaikkaa haettaviksi.

Seuraavana puhujana Talvivaaran Tuomas Vanhanen pääsi välittömästi nokiittamaan. Hän iski pottiin peräti 30 työpaikkaa, jotka avautuvat haettaviksi lähiaikoina. Muistolahjana hän lupasi syntymäpäiväsankarille Pekka Perän nä-





köisen nikkelikimpaleen toimitettavaksi heti kun tuotanto pääsee alkuun.

Outokummun Pekka Erkkilä toivotti vuorostaan osastolaiset tervetulleiksi Tornioon, vaikkakin oululaiset ovat olleet hyvin hereillä työpaikkojen miehittämisessä. Pekka, jolla itsellään on 20 torniovuotta takanaan, sanoi onnittelevustajansa Paavo Hooliin viitaten, että



Ensemble Norman herkäät soinnut saavutti yleisönsä. Taisivat kuitenkin olla ulkopuolisia kun vetivät "Illan viimeisen tangon" jo klo 17.07.

*Lafka
60 v*

on esimerkkejä siitäkin, että Otaniemessä koulutuksensa hankkinut on pysynyt hengissä Torniossa peräti kolmekymmentä vuotta.

Outotecin Kari Knuutila esitti lyhyen kertauksen päivän aikana muistiin tarttuneista termeistä: nanopallo, vaahtokylpy, hölyn pöly, lempimetalli ja muistavat materiaalit, todeten päivän olleen hyödyllinen. Hän painotti miten tärkeää on, että luonnontieteiden ja insinööritaitojen intressit ovat samansuuntaisia. Materiaalitekniikan osastolla luodaan edellytykset kemisteille ja fyysikoille edetä tutkimustoiminnassaan.

Ovakon Juhani Ulitti muisti miten hän itse vuonna 1965 aloitti opintonsa osastolla ja kuinka mukavasti siinä vierähti kymmenen vuotta, kun häntä oli pyydetty assistentiksi. "Siinä diplomi, lisensiaatti ja väitöskirja seurasivat toisiaan. Kiitos siitä kuuluu professori Martti Suloselle".

Päivän esitelmien johdosta hänellä oli oma sanoma nuorille.

"Joku valitti, ettei saanut suoritettua tarpeeksi monta koetta. Vanhemman tutkijan mielestä paras ratkaisu on yksi näyte ja sen perusteella yksi koe. Silloin saadaan yhdet oikeat johtopäätökset ja tulokset. Jos joutuu ottamaan toisen näytteen, syntyy tilanne, jossa pitää turvautua keskiarvoon. Saadaan kaksi pistettä, joita yhdistää yksi viiva. Näitä yhden viivan miehiä on paljon. Vielä pahempi on, jos joutuu uudistamaan kokeen vielä kerran. Silloin ollaan jo ympärässä, josta on vaikeaa päästä ulos".

Naapureiden tervehdyksen toi geofysiikan professori Markku Peltoniemi joka esitti myös vanhempien kollegoitensa



Aimo Mikkolan ja Heikki Niinin onnittelet. Peltoniemi muistutti, että Aimo Mikkola tuli geologiana kemian osastolle assistentiksi vuonna 1945 suoraan rintamalta 28-vuotiaana. Tutkintonsa hän oli suorittanut sodan aikana lomien turvin.

"Kaikki muutkin opettajat olivat rintamaupseereja. Näiden esimerkkiä tarvitaan. Samanlaista tsemppiä tarvitaan yhä".

Seuraava tervehdys tulikin entisen rintamalinjan takaa. Lauri Pajunen toi Euroopan suurimman nikkeli-valmistajan Norilsk Nickelin lahjan osastolle painavassa muovikassissa.

Viimeisen sanan sai Päivi Tikkanen, joka puheenjohtajana kohdisti killan halaukset suoraan Kari Heiskaselle ja Lauri Holapalle, samalla kun mainosti Killan omia 60-vuotisjuhlia 30.11.07.▲

Viimeinen este Maaria Kinnusen hymyn leviämislle poistui kun telttayleisö päästi sorinansa vapaalle. Seremoniamestarina Maaria vastaanotti kiitoksia koko järjestelytoimikunnan puolesta. "Oli mielenkiintoinen projekti. Miettimistä on riittänyt aina siitä kun Kari Heiskanen toukokuussa ilmoitti että järjestelyt ovat sitten teidän heiniä. Suuri osa kiitoksista kuuluu mentorinamme toimineelle Tuija Mäkiselle. Hänen kokemuksensa tuli hyvään tarpeeseen", toteaa Maaria Kinnunen.



Vasemalla edessä Salme ja Martti Sulonen.



Lauri Pajunen (vas.), Maaria Kinnunen ja Kari Heiskanen.



Kari Tähtinen (vas.), Lauri Holappa ja Päivi Tikkanen.

Gijsbert Wierink, Researcher, M.Sc.(Tech.), Laboratory of Mechanical Process Technology and Recycling, Helsinki University of Technology, gijs.wierink@hut.fi

Modeling of Mineral Flotation

ABSTRACT Mineral froth flotation is a key unit operation for the production of mineral concentrates that can be processed downstream to metals or chemicals. Insight in the behavior of flotation equipment under different operating conditions and at different scales is important to the design of new equipment and the optimization of existing processes. Ever more so important is the demand for scale-up tools due to the spectacular increase in the size of flotation equipment over the past few decades.

In view of these interests research work in model development is being carried out within a project referred to as LoVi. The LoVi project is a research collaboration of the HUT laboratories of Mechanical Process Technology and Recycling and that of Chemical Engineering and Plant Design, together with VTT Processes. The goal of the project is to rationalize industrial multiphase process modeling by merging multi-block and flow modeling methods. Multiphase processes in view are fermentation and flotation. The focus of my Doctoral studies is on the incorporation of the latter into the generic process model.

Within the LoVi project three main fields of development can be identified.

Firstly, the development of flow and automated multi-block models and their fusion. Secondly, identification and model development of governing physico-chemical phenomena and finally, model validation. The flow model is used to evaluate flows of liquid and the movement of gas bubbles and solid particles within the liquid medium. In order to improve calculation efficiency the fluid domain is divided by an automated blocking routine into zones, generated by specified blocking criteria. These blocking criteria may be e.g. turbulent kinetic energy density or concentration of a chosen species. In addition, important physico-chemical sub-processes are investigated, such as bubble-particle collision, the behavior of bubble-particle aggregates in turbulent flow and the influence of the dynamics surfactants on these systems.

The merger of flow and automated multi-block models and better understanding of governing physico-chemical processes is to result in a prime modeling tool for the design, optimization and scale-up of industrial multi-phase processes. A design and optimization tool to manage the ever increasing scale of industrial processes such as flotation and to improve their efficiency. ▲

DI Elli Nurminen, TKK, Materiaalien valmistustekniikan ja jauhemetallurgian laboratorio, Elli.Nurminen@tkk.fi

Mölyä Pölystä – Lämmönsiirtopintojen likaantuminen

Kuparin liekkisulatusprosessissa syntyvät kuumat kaasut johdetaan useimmiten lämmön talteenottokattilan ja sähkösuojatimen kautta happotehtaalle. Prosessissa syntyvä pöly saattaa aiheuttaa ongelmia lämmöntalteenottokattilan toiminnassa. Oksidisen pölyn sulfatoitumisreaktiot voivat aiheuttaa kattilan jäähdytysvesiputkien pinnalle kertyvää kerrostumaa, joka voi aiheuttaa korroosiota ja lämmönsiirron hidastumista. Aikaisempaa tietoa pölyn vaikutuksesta kattilan lämmönsiirtoon ei ole ollut saatavissa, joten tässä tutkimuksessa on selvitetty pölyn ja sen komponenttien lämmönsiirto-ominaisuuksia. Pölyn termistä diffusiviteettiä on tutkittu Laser Flash -analyysillä ja lämmönjohtavuutta Transient Plane Source -metodilla. Materiaaleina on käytetty liekkisulatusprosessista kerättyä prosessipölyä, kattilan seiniltä kerättyä kerrostumaa, sekä puhtaita metallisulfaatteja

vertailumateriaalina. Koeparametreinä tutkittiin lämpötilan ja materiaalin tiheyden vaikutusta lämmönsiirto-ominaisuuksiin. Kaikki tutkitut materiaalit osoittautuivat tehokkaiksi lämpöeristeiksi. Termisen diffusiviteetin arvot olivat alle 0,005 cm²/s ja lämmönjohtavuuden arvot suurimmalle osalle materiaaleista luokkaa 0,5 W/mK. Korkeammassa lämpötiloissa olleen tiiviiksi sintrautuneen lasimaisen kerrostuman lämmönjohtavuusarvot olivat hieman korkeampia; n.1,5 W/mK. Materiaalin tiheys vaikuttaa lämmönsiirto-ominaisuuksiin selkeämmin kuin kemiallinen koostumus. Lämpötila vaikuttaa termiseen diffusiviteettiin laskevasti, materiaalien ominaislämpöön nostavasti ja lämmönjohtavuuteen sillä ei ole kovin suurta vaikutusta. Saatuja tuloksia voidaan käyttää hyväksi prosessin tietokonemallinnuksessa sekä uusien kattiloiden mitoituksessa. ▲

Kansainvälinen jatkuvavalu-tutkimus

Researcher Sami Vapalahti, Helsinki University of Technology, Laboratory of Metallurgy, Sami.Vapalahti@hut.fi

Esitykseni kertoo mitä, miten ja miksi TKK:n metallurgian laboratoriossa toimiva jatkuvavalu-ryhmä tekee ja kuinka oma työni asemituu ryhmän toimintakentässä. Ryhmän visio:

Pysyä maailman huippuyksiköiden joukossa jähmettymisen sekä prosessin mallinnuksen alueella ja mahdollistaa metallin jatkuvavalu-prosessin simulointi itsekehittyneiden ja kaupallisten mallien avulla sulasta valettuun tuotteeseen niin, että sen rakenne ja ominaisuudet tunnetaan koko valmistusprosessin ajan.

Mallinnus jaetaan fysikaaliseen, empiiriseen ja fundamentalistiseen mallintamiseen ja ryhmässä käytetään kaikkia niitä. Malleja käytetään, koska kokeiden tekeminen on kallista ja joskus jopa mahdotonta.

Vision haaste on multi-scale ja multi-physics ongelmien voittaminen yhdistämällä erilaisia malleja toisiinsa. Näihin haasteisiin voidaan vastata pitämällä oma tutkimussegmentti tarpeeksi kapeana ja syventämällä omia erikoisosaamisalueita ja liittoutumalla kotimaisten ja ulkomaisten huippuyksiköiden kanssa. Ryhmän avainosaamisen prosessituntemus, FEM/FDM-pohjainen prosessimallinnus, termodynaamis-kineettinen mallinnus sekä neuroverkkomallinnuksen soveltaminen.

Omassa tutkimuksessani ensimmäinen työni tutkijana oli välialtaan virtausmallinnus. Siirsin tutkimuksen DI Petri Väyrykselle 2004-05, koska olin itse lähdössä vaihtotutkijaksi USAan. Toimin nykyään tutkimuksessa ohjaajana. Tutkimus jatkuu edelleen ja tulokset ovat lupaavia. Sen ensimmäinen tavoite on akateemisen tarkastelun suorittaminen matemaattiselle mallille ja se alkaa olla täytetty. Tämä johtaisi siihen, että mallia voi käyttää tuottavasti teollisiin simulointeihin ilman matemaattisiin malleihin liittyviä verkko- ja muita analyysejä.

Nykyinen tutkimukseni koskee jatkuvavaluun tarkoitettujen lämmönsiirtomallien tarkkuutta ja sen parantamista. Se on tärkeää, koska mallien toisiojäähdytyksen nykyiset matemaat-

Fabrication, manipulation and characterization of Advanced Materials and Nanostructures

ABSTRACT The recent research activities at the Nordic Hysitron Laboratory (NHL) were presented during the celebration of the 60 years anniversary of the department of Materials Science and Engineering, Helsinki University of Technology. Under the support of the department, and the supervising of the director Prof. Roman Nowak, the authors have had cooperations for scientific researches about nanoindentation – which is an emerging technology to study the mechanical properties of materials in nanoscale. After the two years work with NHL, Dr. Fujikane has been given Ph.D by Osaka University in March, 2007. The presentation topics were selected from his dissertation, in particular on the nanomechanical characterizations achieved in the laboratory.

Starting with the brief lecture on the TriboIndenter facilitated in the laboratory, the world-wide activities in the nanoindentation researches were reported. The first example of the studies was the measurements on a bulk GaN single crystal [1]. To discuss the incipi-

tiset reunaehdot ovat epätarkkoja, online mallien tarkkuus/laskentanopeus-suhde pitää optimoida ja mikrorakennemallit vaativat tarkan lämpötilahistorian prosessista. Tutkimuksen päärahoittaja on NSF ja tehdään yhteistyössä Illinois'n yliopiston prof. B.G. Thomasin ja CINVESTAVin professorien H. Castillejosin ja A. Acostan kanssa. Tutkimuksen onnistuessa vesi- ja vesi-ilma-suuttimien jäähdytyskyky voitaisiin sitoa pisarakokoon ja nopeuteen mikä mahdollistaisi dynaamisten lämpökäsittelyiden tekemisen teollisilla suuttimilla.

Väitöskirjan tulisi valmistua ennen kesää ja sen jälkeen seuraava tutkimusaihe on austeniitin hajoamisen neuroverkkomallinnus niin jähmettymisen jälkeen kuin lämpökäsittelyissä. Se toteutetaan osana IDS-ohjelman kehittämistä, jossa IDS:n koostumusalueita laajennetaan ja lisätään ominaisuuksia lämpökäsittelyiden mallintamiseksi. ▀

ent plasticity of a single crystal, the authors accurately determined the critical shear stress applicable inside GaN, with the new and precise calibration method of the diamond indenter tips. Then, the subject went into the nanostructured materials: $W_{18}O_{49}$ nanowhiskers and SiO_2 nanospheres, provided by Dr. Fujikane himself, and by Fujitsu Laboratories, respectively. Although indentations into a nanoparticle are very difficult, they are indeed possible with the special manipulations and arrangement of the samples. The analysis of their mechanical responses in nanoscale are still on the way since no theoretical framework is so far available for such nanomaterials. The presentation concluded that the theoretical works for the nanomechanics are highly required, and the members in NHL shall continue both theoretical [2,3] and experimental [4] researches on nanoindentation for new materials appearing in near future.

REFERENCES

1. M. Fujikane, M. Leszczyński, S. Nagao, T. Nakayama, S. Yamanaka, K. Niihara, R. Nowak, "Elastic-plastic transition during nanoindentation in bulk GaN crystal", *J. Alloys and Compd.* (2006)
2. S. Nagao, K. Nordlund, R. Nowak, "Anisotropic elasticity of IVB transition-metal mononitrides determined by ab initio calculations", *Phys. Rev. B* 73,144113 (2006)
3. D. Chrobak, K. Nordlund, R. Nowak, "Nondislocation Origin of GaAs Nanoindentation Pop-In Event", *Phys. Rev. Lett.* 98, 045502 (2007)
4. M. Fujikane, S. Nagao, Z.W. Liu, D. Chrobak, A. Lehto, S. Yamanaka, R. Nowak, "Evaluation of carbon-doped low-k multilayer structure by nanoindentation", *J. Alloys and Compd.* (2007)

(FOOTNOTES)

¹ Nordic Hysitron Laboratory, Materials Science and Engineering, Helsinki University of Technology, Finland

² Dept. Sustainable Energy and Environmental Engineering, Osaka University, Japan ▀

Dual Phase teräsrakenteen saavuttaminen hitaalla jäähdytysnopeudella

Dual Phase (DP) teräs on muokkauslujittuvaa ja hyvin muovattavaa terästä. Sen rakenne koostuu martensiittisäikeistä (10-20%), joita ympäröi pehmeä ferriitti. DP-rakenne perinteisesti saadaan hehkuttamalla terästä ferriittis-austeniittisellä alueella ja karkaisemalla austeniitti martensiitiksi. Tämä ei ole mahdollista teräslangan valmistuksessa, jossa ferriittis-martensiittinen rakenne pitää saavuttaa suhteellisen hitaalla jäähdytysnopeudella suoraan austeniittialueelta. Ratkaisu on löytää sopiva seosainekoostumus, jolloin suhteellisen isokaan lämpötilavaihtelu ei vielä vaikuta faasitransformaatioon. Tällöin täysin austeniittisena valssattu teräslanka pystyy hajoamaan homogeeniseksi ferriittis-martensiittiseksi DP-rakenteeksi, jopa hitaalla jäähdytysnopeudella.

Sopivien seosaineiden löytämiseksi testattiin kuutta teräslaattaa, joissa oli vaihteluita kromi- ja molybdeenipitoisuuksissa sekä mangaani- ja piipitoisuuksissa. Koeteräksille tehtiin mm. dilatometriakokeita Gleeble-1500 termomekaanisella simulaattorilla Oulun yliopistossa.

Yhdellä Cr-Mo -seostettu koeteräksellä oli ominaisuus, joka tukee DP-teräsrakenteen muodostumista hitaalla jäähdytysnopeudella. Baniittireaktio estettiin hitaalla jäähdytysnopeudella, vaikka se oli nopeammalla jäähdytysnopeudella käynnistynyt. Terästä jäähdytettäessä hitaammin on ferriittiä muodostunut enemmän, mikä johtaa suurempaan austeniitin hiilipitoisuuteen. Hiili yhdessä muiden seosaineiden vaikutusten kanssa estää baniittireaktion käynnistymistä ja baniitin sijaan muodostuu martensiittia. Kokeessa käytössä olleista seosaineista nimenomaan molybdeeni-seostus sai tämän efektin aikaan. ▀

Magneettisesti ohjattavat muistimetallit

DI Ilkka Aaltio, tutkija, TKK Materiaalitieteen laboratorio, ilkka.aaltio@tkk.fi

Magneettisesti ohjattavat muistimetallit (engl. magnetic shape memory (MSM) alloys) on kymmenisen vuotta sitten TKK:n tutkimustyössä keksitty uusi aktiivimateriaaliryhmä, jossa ulkoinen magneettikenttä saa aikaiseksi martensiitin kaksosvarianttirakenteen muutokseen perustuvan muodonmuutoksen.

Kaksostuneen martensiittirakenteen lisäksi MSM-ilmioon tarvitaan ainakin materiaalin suuri magneettinen anisotropia sekä herkästi liikkuvat kaksosrajat. Toistaiseksi parhaiten toimivaksi MSM-seokseksi on osoittautunut Ni-Mn-Ga-seos. MSM-seoksista valmistettuja kappaleita voidaan käyttää mm. liikkeen tuottajana sähkömekaanisissa toimilaitteissa (aktuattorit).

MSM-ilmio löydettiin vuonna 1995 alkaneen TKK:n värähtelyn vaimennusprojektin sivujuonteena. Vuosina 1998-2003 toteutettiin suuri, kolmen TKK-laboratorion yhteinen, Tekesin ja teollisuuden rahoittama tutkimushanke, johon osallistui myös mm. MIT. Tämän jälkeen tutkimusta on jatkettu useassa pienemmässä hankkeessa. Projektituloksia ovat mm. MSM-materiaalien käyttölämpötilan nosto n. -10:stä +60°C:een sekä magneettikentällä saatavan maksimivenymän (MFIS magnetic field induced strain) kasvu 0,2%:sta jopa 10%:iin. MSM-ilmiota on etsitty ja joskus jopa havaittu myös muissa seossysteemeissä, kuten Fe-Pd, Fe-Pt, Ni-Mn-Al, Co-Ni-Ga ja Co-Ni-Al, mutta näiden käyttöä estää liian pieni venymä, käyttölämpötilarajoitukset (esim. nestetyössä), suuren venymän esiintyminen vain parilla ensimmäisellä liikesyklillä jne. Ni-Mn-Ga-seosten etuihin kuuluu suuri energiatulo (aktuatiovoiman ja -venymän tulo) sekä ilmioon tarvittava kohtalainen magneettikentän voimakkuus.

Nykyiset tutkimushankkeemme keskittyvätkin Ni-Mn-Ga:iin. Tosin vieläkin näiden seosten käyttöönottoa sovelluksiin on hidastanut se, että tasalaatuista materiaalia ei ole

pystytty tuottamaan toistettavasti suurissa sarjoissa. Valmistustekniikan haasteet ovat luonnollisesti yhteydessä materiaalin ominaisuuksiin. Paras MSM-ilmio saadaan erilliskiteisessä Ni-Mn-Ga:ssa, mutta ilmiön suuruuteen vaikuttavat monet muutkin materiaalin mikrorakenteeseen liittyvät seikat. Materiaalitieteen laboratoriossa on aiemmin tehty kolme Ni-Mn-Ga-seoksiin ja MSM-ilmioon liittyvää väitöskirjaa ja nyt DI Ilkka Aaltion väitöskirjaan tähtäävän tutkimuksen aiheena on Ni-Mn-Ga:n kaksosrajojen liikkeeseen vaikuttavat tekijät. Parhaillaan TKK:n Materiaalitieteen laboratoriossa on meneillään useita MSM-materiaalien tutkimukseen liittyviä hankkeita, kuten Tekes'in rahoittama projekti Ni-Mn-Ga-polymeerikomposiittien kehittämiseksi värähtelyn-

vaimennussovelluksiin (Demsmac II). European Science Foundation'in (ESF) ja Suomen Akatemian (SA) rahoittamassa projektissa "Material algorithms, Finite Element methods, Experiments" (MAFESMA) on mukana useita partnereita sekä Suomesta että muualta Euroopasta. Euroopan komission rahoittama INTAS projekti tähtää Ni-Mn-Ga-X-seosten käyttöön avaruuslaitesovelluksissa, hanke on TKK:n koordinoima ja siinä on mukana kolme muuta korkeatasoista Eurooppalaista tutkimusryhmää. Laboratorion nykyinen kahdeksan hengen MSM-tutkimusryhmä (DI Ilkka Aaltio, PhD Oleg Heczko, TkT Yanling Ge, TkT Xuwen Liu, TkT Outi Söderberg, tekn.yo. Toni Honkanen ja tekn.yo. Alexandr Soroka) toimii Prof. Simo-Pekka Hannulan johdolla. ▴

Mari Lundström, Helsinki University of Technology, Laboratory of Corrosion and Material Chemistry

Kiveä Liukseen – Kalkopyriitin liuottaminen kuparikloridiliuoksissa

Leaching of Chalcopyrite in Cupric Chloride Solutions

ABSTRACT

The development of the hydrometallurgical process options for sulphide minerals is of the great importance specifically from the environmental point of view. As the sulphur dioxide emissions from the pyrometallurgical industry are highly undesirable, there is a need to develop economically beneficial processes, which turn the sulphur coming from the sulphide minerals into elemental form. The possibility to use low-grade concentrates, low energy consumption and ability to regenerate leaching solutions increases the importance of the research of the hydrometallurgical process options.

Chalcopyrite, CuFeS_2 , is the most common copper mineral and available in large quantities and with widespread distribution across the globe. Newly, cupric ion (Cu^{2+}) is observed to be a very efficient oxidant for chalcopyrite in cupric chloride solutions, as in Outotec's HydroCopper® proc-

ess. This research, carried out in the Graduate School on New Materials and Processes focus to study the electrochemical reactions of cupric ions in concentrated chloride solutions. In this respect, specifically leaching and reaction product layers on chalcopyrite are studied. The leaching behaviour of chalcopyrite and other sulfide minerals will be studied using stationary electrodes as well as concentrates. Since the nature of the cupric chloride solution is complex, the definition of the prevailing species and the nature of the redox potential is part of the research program. Electrochemical methods, such as anodic and cathodic polarization, potentiostatic polarization, cyclic voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) are used to study the nature of the solution and the leaching reactions. Also optical and analytical methods, such as SEM, optical microscopy and ICP as well as thermodynamic calculation programs HSC and Chemsheet are used to support the research. ▴

Talvivaaran nikkelikaiivoksen rakentaminen on hyvässä vauhdissa. Talvivaaran Kaivososakeyhtiö otetaan mukaan Lontoon pörssin ja The Financial Timesin ylläpitämään FTSE 250 -indeksiin. Päätös astui voimaan 24.9.2007 alkaen. Talvivaara listautui Lontoon pörssin päälistalle 1. kesäkuuta 2007. Talvivaaran kuuluminen indeksiin on omiaan lisäämään osakkeen likviditeettiä, ja samalla se lisää kansainvälisten sijoittajien mielenkiintoa Pohjoismaisia markkinoita kohtaan.

talvivaara.virtual32.nebula.fi/index2.phtml?page_id=1147&navi_id=1147

Scandinavian Mineralsin lopullinen kannattavuuslaskelma ja täydennyskairaukset Kevitsassa valmistuvat alkuvuonna 2008. Avolouhos- ym. tekniset suunnitelmat tekee Outotec Oy. GTK:n mineraalitekniikan laboratoriossa suoritettavat rikastus- ym. kokeet ovat onnistuneet hyvin. cnrp.ccnmatthews.com/client/scandinavian_minerals/headlines.jsp

GTK on julkistanut analyysitiedot (kallionäytteet) 6544:stä näytteestä Suomen alueelta. Tietokanta ja manuaali ovat ladattavissa osoitteesta: gfk.fi/publ/RGDB/. Yksityiskohtainen kuvaus julkaisussa Rasilainen, K., Lahtinen, R. & Bornhorst, T. J. 2007. The Rock Geochemical Database of Finland Manual. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 164, 38 p. arkisto.gsf.fi/tr/164/tr164.pdf. **Sunrise Diamonds Plc** aloittaa kairaukset Kaavi-Kuopio-alueella kolmella timanttipi-toisella kimberliitillä JV-yhteistyössä Nordic Diamondsin kanssa. Mikrotimanttitestejä varten kerätään jokaisesta kimberliitistä 200 kg:n näyte. sunrisediamonds.com/download/Sunrise%20RNS%2019%20Sep%2007.pdf

Northland Resources Inc. on saanut valmiiksi Hannukaisen malmiarvion (NI43-101), jonka mukaan luokassa measured + indicated resurssi on 84,6 Mt (34,6% Fe, 0,20% Cu, 0,093 g/t Au cut-offilla 15% Fe) ja luokassa inferred lisäksi 81,6 Mt (35,7 % Fe, 0,13%Cu, 0,036 g/t Au). Yhtiö on aloittanut kairaukset Kuervitikon esiintymällä 4 km pohjoiseen Hannukaisesta. northlandresourcesinc.com/s/

NewsReleases.asp?DateRange=2007/01/01...2007/12/31

Vulcan Resourcesin Kylylahdelle (Polvijärvi) avattavasta kulta-, kupari- ja koboltti-kaiivoksesta tehdään päätös lokakuussa, jolloin yhtiö saa valmiiksi kaiivoksen uuden kannattavuusselvityksen. Suunnitelmissa on maanalaisen kaiivoksen rakentamisen aloittaminen Polvijärvelle ensi vuoden alkupuolella. Yhtiön kairaukset Hietaharjun ja Peura-Ahon (Suomussalmi) nikkeli-kupari-platinoidi-esiintymillä ovat antaneet hyviä tuloksia. vulcanresources.com.au/Kaupalehti 19.09.2007

Belvedere Resourcesin Särkiniemen nikkelikaiivoksen tuotanto on alkanut hyvin. Hitturan kaiivoksessa on alkamassa maanalainen tutkimuskairaus malmivarojen kasvattamiseksi. belvedere-resources.com/archive/2007

Tertiary Minerals on aloittamassa kairaukset Rautuvaaran entisen kaiivoksen eteläpuolella olevalla Sivakalehdon esiintymällä. Täällä on alueen voimakkain magneettinen anomalia. Inmet Mining ja Tertiary Minerals ovat solmineet yhteistyösopimuksen Tervolan Vähäjoen rauta-kupari-kulta -esiintymän tutkimiseksi.

tertiaryminerals.com/news.htm
ScanMiningin Pahtavaaran kultakaiivoksella saavutettiin huhtikuussa uusi kuukausituotantoennätys, 135 kg. scanmining.se/media/Del%20E5rsrapport%20Q2%20070823.pdf

Dragon Miningin kairaukset Oriveden (Kutemajärven) kaiivoksen Sarvisuon malmi-ossa ovat osoittaneet varat riittäviksi ja kaivostoiminta on aloitettu uudelleen. Kaivos pääsee täyteen tuotantoon vuoden loppuun mennessä. Yhtiö uudelleenarvioi Stormin ja Ekojoen (Vammala) nikkeli-kupariesiintymät. dragon-mining.com.au/operations.asp?PageID=192

Endomines AB:n kairauksissa on löydetty uusi lupaava kultavyöhyke Pampalon (Ilomantsi) kultaesiintymän läheltä. endomines.se/news.php?news=200708141200forstaresultatforpampaloeastkarnborrningsprogram

North American Palladiumin täydennyskairaukset Ahma-



vaaran platinaesiintymällä ovat antaneet jatkon suhteen hyviä tuloksia. marketwire.com/mw/release.do?id=750660&k=

Lapland Goldminers AB on ostanut Haverin kultaesiintymän Northern Lion Goldilta. laplandgoldminers.com/english/news/news.asp

Kemira GrowHow on saanut kahden vuoden jatkoajan Soklin niobi-fosforikairauksen tutkimuksilleen kaivostyöhön ryhtymistä varten. ktm.fi/files/17775/paatas_250607.pdf

Hälvälän nikkeli-esiintymää tutkivat joint venture -yhteistyönä **FinMetal Mining** (51%) ja **Magnus Minerals OY**. FinMetal Mining tutkii useita muitakin nikkeli-aiheita Enonkosken ympäristössä. finmetalmining.com/enonkoski.asp

Adriana Resources Inc. tutkii Mustavaaran vanadiinikairauksen mahdollista uudelleen avaamista. Rautaruukki Oy:n kaivostoiminta Mustavaarassa päättyi 1986. adrianaresources.com/s/Mustavaara.asp

Nordic Minesin Laivakan-kaan kultaesiintymän alustava kannattavuusselvitys osoittaa mahdollisen kaivostoiminnan varsin kannattavaksi. Raahan kaupunki on aloittanut osayleiskaavan laadinnan suunnitellulle kaivosalueelle. Yhtiö on vallannut läheisen Oltavan kulta-aiheen. nordicmines.se/index.php?menu2=on

Agnico-Eagle Suurikuusikon kultaesiintymällä on syvyyttä ainakin 1 km. Uusi kultavyöhyke on tavattu 4 km pohjoiseen Suurikuusikosta. agnico-eagle.com/English/Investors/PressReleases/2007/default.aspx

Agricola Resources on hakenut uraanivaltausta Enon alueelta kuten myös Karelian Resource Services Oy, Maw-

son Energi AB ja Namura Finland Oy. Namura Finland Oy:llä on hakemukset lisäksi Paltamosta, Kuhmosta ja Kärämäeltä, Mawson Energi AB:llä myös Paltamosta ja Karelian Resource Services Oy:llä Sallasta. ktm.fi/files/18005/Valtaus_ja_varaustaulukko_120907.pdf

Areva on tyytyväinen kesän aikana Pohjois-Karjalassa tekemiinsä geologisiin kenttätutkimuksiin. Yhtiö kertoo vakuutuneensa uraani-esiintymästä Enon ja Kontiolahden rajalla sijaitsevan Riutan alueella. [MaaseudunTulevaisuus, 24.09.2007](http://MaaseudunTulevaisuus,24.09.2007)

Areva on jättänyt varausilmoituksen uraanin etsinnästä Rovaniemen ja Ranuan alueilta. Alueelta on löytynyt useita uraaniviitteitä. Alueella tehdään säteilytutkimuksia ja kallioperänäytteenottoa. [LapinKansa, 06.09.2007](http://LapinKansa,06.09.2007)

Omya on myynyt omistamansa Mondo Minerals Oy:n Lontoossa toimivalle pääomasijoitusyhtiö HgCapitalille. Suomessa suoraan noin 200 henkilöä työllistävän Mondo Mineralsin osuus maailman markkinoista on 6-10 prosenttia. Yhtiön yksiköistä suurin sijaitsee Sotkamossa, jossa ovat tuotannon lisäksi tuotekehitys, geologinen tutkimus ja pääosa hallinnosta. Sotkamossa on valmistumassa Mondon suurinvestointi, jonka myötä Sotkamon talkkיתה- tausta tulee maailman suurin talkintuotantoyksikkö. hgcapital.com/en/news/Pages/PressReleases.aspx

Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirjan kustannussopimus on allekirjoitettu syyskuussa. Sopimusosapuolet ovat KTY toimittajana ja OPH kustantajana/painajana. Hankkeen tavoite on tarjota oppilaitoksille käsikirja ja sen liite DVD-levyke syyslukukauden alkuun 2008. ▀

TEKNIIKAN PÄIVÄT

Tekniikan päivät 2008
tammikuun 15.-16. päivinä
Dipolissa, Otaniemessä

VEDEN VARASSA

– valoa vedessä

Kaksipäiväinen yleisötilaisuus, Tekniikan päivät, järjestetään ensimmäisen kerran 15.-16. tammikuuta 2008. Tapahtuma avaa Teknillisen korkeakoulun sata vuotta yliopistona -juhlavuoden.

Ohjelma on jaettu neljään pääteemaan: luonnontieteellinen vesi, globaali vesi, logistinen vesi ja teollinen vesi. Mukana myös vesimusiikkia, panelikeskusteluja, näyttely, Akatemian tiedekahvila, elokuvia, kilpailuja...

WWW.TEKNIIKANPAIVAT.FI



Teknillisen korkeakoulun JUHLAVUOSI 2008

Yliopistona sata vuotta matkalla tulevaisuuteen

Vuosi 2008 on Teknillisen korkeakoulun juhlavuosi: asetus Suomen teknillisen korkeakoulun perustamisesta annettiin huhtikuun 2. päivänä vuonna 1908. Se tuli voimaan syyskuun 1. päivänä samana vuonna, ja yliopistotasaisen korkeakoulun ensimmäiset lukuvuoden avajaiset pidettiin syyskuun 10. päivänä.

Polyteknillisen opiston piirissä oli jo pitkään keskusteltu tarpeesta ja mahdollisuudesta kehittää oppilaitosta edelleen. Olihan vuonna 1849 aloittanut Helsingin teknillinen reaalikoulu puolesta vuosisadassa edistynyt koulusta opistoksi, ja kasvanut 12 oppilaan joukosta 400 opiskelijan yhteisöksi. Lukuvuonna 1998-99 TKK vietti teknillisen opetuksen ja oman perustamisensa 150-vuotisjuhlaa, kuten monet muistavat.

Rehtori *Gustaf Nyströmin* avajaispuhetta 1908 sopii siteerata:

”Kun Suomen Teknillinen Korkeakoulu aloittaa ensimmäisen toimintavuotensa, on korkeakoulu tahtonut yksinkertaisen juhlallisuuden kautta ilmaista sen ilon, joka valtaa kaikki, jotka harrastuksella ovat seuranneet

sen työtä.” Vuonna 2008 halutaan kiinnittää huomiota TKK:n sadan yliopistovuoden merkitykseen. Tärkeimmät juhlatilaisuudet on kiinnitetty historiallisesti merkittäviin päiviin.

Tärkeitä päivämääriä

Huhtikuun 2. päivänä järjestetään juhlallinen tohtoripromootio, järjestyksessä 20. Nuorten tohtoreiden lisäksi promovoitaviksi kunniatohtoreiksi on kutsuttu 14 ansioitunutta henkilöä.

Onnitelujen vastaanotto Otaniemessä, pääjuhla Finlandia-talolla ja juhlailalliset Dipolissa pidetään tietenkin **syyskuun 1. päivänä 2008**.

Sadasensimmäinen TKK:n lukuvuosi yliopistona avataan **syyskuun 10. päivänä 2008**, ja samana päivänä Otaniemessä kaikuu myös Alwarirock.

Jo **tammikuun 15. ja 16. päivinä** pidettävillä Tekniikan päivillä korostuu tekniikan ja tieteellisen tutkimustyön merkitys jokapäiväisessä elämässämme. Teemalla *Veden varassa* esitellään niin logistista kuin prosessivettä, luonnontieteellistä vettä ja kunnallista sekä globaalia vesihuoltoa. Dipoli on avoin kaikille, lisätietoa verkosta: www.tekniikanpaivat.fi.

Postimerkkikeskus julkaisee TKK:n juhlamerkin tammikuun **24. päivänä 2008**.

Lokakuun 18. päivänä on suurella yleisöllä mahdollisuus tutustua TKK:hon ja sen työhön avoimet ovet -tyyppisenä päivänä.

Joulukuun Dipoli-iltamat on suunnattu ensin henkilökunnalle (**4.12.**) ja sitten alumneille, joiden **5. joulukuuta** pidettävistä juhlista on tulossa varmaankin maailman suurimmat sitsit.

Kaikki mukaan, seuratkaa Polialumنین kirjeitä!

Jo Nyström sen sanoi (10.9.1908):

”Me uskomme nimittäin, että korkeakoululla on täytettävänä suuriarvoinen tehtävä, ja me toivomme, että se tärkeissä suhteissa laajennettu ja uusi suunnitelma, jonka mukaan korkeakoulu tämän jälkeen tulee tekemään työtä, sen lisätyt opettajavoimat ja ne runsaammat varat jotka sillä tästä lähin on käytettävänä, suuresti tulevat vahvistamaan sitä ja kohottamaan sen merkitystä isänmaallisessa sivistystyössä, jota myöskin sen on voimainsa mukaan määrä tukea ja edistää.”▲

Leila Teräsalmi-Sovijärvi
Tkk100 @tkk.fi



Monikerrosrakentamisen ratkaisuja – nopeammin, tehokkaammin ja turvallisemmin

Ruukki on tuonut markkinoille ratkaisukokonaisuuden, joka nopeuttaa ja tehostaa monikerroksisten toimisto- ja liiketilojen rakentamista. Useita rakennusteknisiä innovaatioita sisältävä kokonaisuus parantaa myös työmaiden turvallisuutta. Ratkaisukokonaisuus sisältää monikerroksisen toimisto- tai liikerakennuksen perustukset, rungon ja julkisivurakenteet.

”Nopea ja tehokas suunnittelu-, esivalmistus- ja toteutusketju säästää asiakkaitemme ja yhteistyökumppaneittemme aikaa ja resursseja. Ratkaisumme pienentävät myös urakkaraja- ja virheriskejä, kun rakennuksen eri osat suunnitellaan ja toteutetaan liitostekniikkaitaan vakioituna kokonaisuutena”, kertoo Ruukki Constructionin johtaja Saku Sipilä.

Innovaatioista merkittävimpiä ovat uudet perustusratkaisut, joiden ansiosta rungon pystytys voidaan aloittaa nykyistä huomattavasti aikaisemmin. Rakennusaika lyhenee, koska runkorakentaminen voi alkaa heti perustusten asentamisen jälkeen ja valutyöt voidaan hoitaa myöhemmin. Runkorakentamista nopeuttaa muun muassa uusi reunapalkkiratkaisu, joka yksinkertaistaa reunavaluja ja julkisivuelementtien kiinnitystä.

Ensimmäinen kohde Helsingin Ruoholahteen

Technopolis Oyj:n teknologiakeskukset tarjoavat teknologiayrityksille joustavat



ja muuntuvat tilat yritysten tarpeiden mukaan. Uusimpaan teknologiakeskukseensa Technopolis tilasi Ruukilta tuoteosakauppana perustukset, rungon ja julkisivut, sisältäen asennuksen ja yksityiskohtien suunnittelun.

Uudet perustusratkaisut

Sekä paaluperustuksiin kehitetty teräksinen paaluantura että kalliopohjalle kehitetty teräspierustus vähentävät suunnitteluun tarvittavaa aikaa, ja niiden asentaminen on nopeaa.

Paaluanturajärjestelmän ansiosta paalut ja paalutustyö voidaan myös optimoida entistä tehokkaammin.



Runko nousee parhaillaan

Technopoliksen rungon eli teräspilarien ja WQ- ja reunakaukalopalkkien sekä ontelolaattojen asennus on parhaillaan loppuvaiheessa.

Rakentamisen aikana tarvittavat turvakaiteet kiinnitetään monikerroskohteissa reunapalkkeihin jo ennen palkkien asen-



nusta, mikä lisää rakentajien turvallisuutta.

Ympäristöön sopiva julkisivu

Ruukki aloittaa termorankarakenteisten julkisivuelementtien asennuksen marraskuussa. Elementtien ja lasiseinien asennus jatkuu helmikuuhun 2008.

Ruukin julkisivuelementtien pintaverho on vapaasti valittavissa. Technopoliksesta tehdään tiilipintainen, koska alueen arkkitehtuurin tulee, Helsingin kaupungin ohjeiden mukaan, sisältää muistumia teollisuudesta.

Technopolis Ruoholahden ensimmäinen vaihe valmistuu kesällä 2008 ja kolmivaiheinen kokonaisuus on valmis vuonna 2010.

-> lue lisää monikerrosrakentamisesta osoitteesta www.ruukki.com

Rautaruukki toimittaa asiakkailleen metalliin perustuvia komponentteja, järjestelmiä ja kokonaistoimituksia rakentamiseen ja konepajateollisuudelle. Metallituotteissa on laaja tuote- ja palveluvalikoima. Ruukilla on toimintaa 24 maassa ja henkilöstöä 14 500. Vuodesta 2004 olemme käyttäneet markkinointinimeä Ruukki.

RUUKKI

Metallinjalostajat voimalla mukana messuilla

Valmistelut hyvässä vauhdissa

TEKSTI Expomark Oy, projektipäällikkö Tomi Niemi www.expomark.fi/materia

Metallurgisen arvoketjun loppupäähän keskittyvä Materia 08 on uusi messutapahtuma Helsingin Messukeskuksessa 15.-18.4.2008 järjestettävässä väkivahvasa teollisuustapahtumien kokonaisuudessa. Samaan

aikaan järjestetään myös teollisuuden pintakäsittelyn ja korroosioneston *Pinta 08*, metalli- ja konepajateollisuuden perinteinen *FinnTec 08* sekä uudet muovialan *PlasTec 08* ja työkalualan *ToolTec 08*. Näin konepaja- ja tuoteteollisuuden koko ketju esittäytyy yhdellä kertaa saman katon alla. Suurtapahtumassa ovat esillä konepaja- ja tuoteteollisuuden tuotantomenetelmät ja -laitteet, materiaalit, liittäminen, korroosionesto, pintakäsittely, tarkastus ja testaus.

Materia 08:ssa materiaalien valmistajat ja toimittajat esittelevät tuotteitaan ja palveluitaan materiaalien käyttäjille. Näin se poikkeaa selkeästi toisesta lähes samannimisestä messutapahtumasta FinnMateria, joka puolestaan keskittyy ketjun alkupäähän, kaivosteollisuuteen.

Herkullista ohjelmaa opiskelijoille ja ammattilaisille

Materia 08 sisältää messujen lisäksi herkullisen kokonaisuuden seminaareja ja oheistapahtumia. Luvassa on uusinta tietoa seminaareissa, jotka on suunnattu niin materiaalien kehittäjille kuin niiden käyttäjillekin.

Tekesin kolme teknologiaohjelmaa esittäytyvät. Jo pitkällä oleva *NewPro*-ohjelma esittelee erikoistuotteita ja lisäarvopalveluja metallien käyttäjille. Samoin nanoteknologian *FinNano*-ohjelmasta on jo konkreettisia tuloksia. Mukana on myös kesäkuussa käynnistynyt *Toiminnalliset materiaalit* -ohjelma. Ohjelman suunnitelmat ja tavoitteet ovat keskeisessä roolissa.

Tietoa materiaalien mahdollisuuksista

Ensi vuoden huhtikuussa pidettävä uusi Materia 08 -messutapahtuma on heti herättänyt materiaalien valmistajien ja toimittajien sekä erityisesti metallinjalostajien mielenkiinnon. Luvassa onkin kovan luokan imagokohotusta alan suurimpien yritysten vauhdittamana.

ja ominaisuuksista materiaalien käyttäjille jaetaan myös seminaarikokonaisuudessa, jonka järjestelyissä ovat mukana mm. *VTT*, *ASM Finland* ja *KP-Media Oy*. *Inspecta Oy* järjestää seminaarin, joka keskittyy hitsaamiseen ja tarkastamiseen. Lisäksi *Kuumasinkitsijät ry* järjestää Kuumasinkityspäivänsä Materia 08 -tapahtuman yhteydessä.

”Suunnitteilla olevan seminaarikokonaisuuden koordinointi neljälle messupäivälle on haasteellista. Tavoitteenamme on paketti, jonka osat täydentävät hyvin toisiaan ja muodostavat huikean kokonaisuuden”, sanoo Expomarkin toimitusjohtaja *Ari Juva*.

Suunnitteilla olevan seminaarikokonaisuuden tarkka ohjelma löytyy myöhemmin syksyllä Materia 08 -tapahtumasivuilla osoitteessa www.expomark.fi/materia.

Metallinjalostajat ry järjestää imagopäivän

Messujen ensimmäinen päivä, 15.4. on erityisesti suunniteltu opiskelijoita ajatellen. Metallinjalostajat ry kutsuu alan yliopistojen opiskelijoita Materia 08 -messuille ideoimaansa Imagopäivään ja järjestää heille tilaisuuden kuulla jäsenyritystensä toimitusjohtajien ajatuksia alan kehitysnäkymistä ja tarjolla olevista haasteista.

Bussikuljetukset tuovat osallistujat yliopistoista Helsingin Messukeskuksen ja illalla takaisin. Tarjolla on var-

sin korkeatasoista ohjelmaa. Lisäksi maamme suurimpien metallinjalostusyritysten toimitusjohtajat ovat paikalla keskustelemassa opiskelijoiden kanssa ja kuulemassa heidän odotuksiaan työelämästä. Ohjelmaan on myös varattu aikaa tutustua messuilla olevien yritysten näyttelyosastoihin sekä tavata muita alan ammattilaisia. Ja iltaan kuuluu maittava buffet.

Materia 08 painottuu metallurgisen jalostusketjun loppupäähän

Materia 08 -messujen tarjonta keskittyy metallien jalostukseen ja materiaalien monipuolisiin käyttökohteisiin. Messujen tuoteryhminä ovat kaikki materiaalit: teräkset, kuparit, kuparimetallit, muovit, kumit, komposiitit, lujitemuovit, keraamiset materiaalit, puu ja betoni. Muita tuoteryhmiä ovat puolivalmisteet, kuten levyt, valut, profiilit, putket, kalvot sekä hitsaus ja muu liittäminen, materiaalitieteiden laitteet ja tarvikkeet sekä tarkastus- ja testauslaitteet ja -palvelut.

Tapahtuma palvelee telakka-, rakennus- ja konepajateollisuuden ammattilaisia, tuoteteollisuuden ja materiaalien asiantuntijoita, suunnittelijoita ja tuotekehittäjiä, rakennesuunnittelijoita ja arkkitehtejä sekä kunnossapitohenkilöstöä, laadunvalvojia sekä ympäristö- ja työsuojeluhenkilöstöä.

Messukeskuksessa 15.-18.4.2008 järjestettävästä viiden messun kokonaisuudesta hyötyvät sekä kävijät että näyttellessä esittäjät, jotka tavoittavat yhdellä kertaa kaikki alan ammattilaiset. Kävijät pääsevät yhdellä käynnillä tutustumaan kaikkiin tapahtumiin. FinnTec 08, ToolTec 08 ja PlasTec 08 -messut järjestää Suomen Messut Osuuskunta ja Pinta 08 ja Materia 08 -messut Suomen Messujen tytäryhtiö Expomark Oy. ▀

Lisätietoja Expomarkin tapahtumista: www.expomark.fi

Pääsihteeriltä

Yhdistyksen hallitus piti elokuussa kokouksensa Pekka Perän kutsumana **Talvivaarassa**. Pekka ja muut projektin vastuulliset esittivät meille valkokankaalla ja työmaalla projekteja. Onpahan pitkästä aikaa kehitetty maahamme **maailman luokan kaivosprojekti**.

Projektihan ei ole pelkkä kaivoshanke. Prosessiin liittyy mittavaa metallurgista osaamista liuotuksen osalta. Vaikka hankkeen prosessi ei metalliksi saakka ulotukaan katselimme asiaa integroituna prosessina. Vastuuhenkilöiden innostus oli merkillepantavaa, eikä ihme kun yllätykset ovat pääsääntöisesti olleet positiivisia. Parhainta menestystä hankkeelle.

Itse kokouksessa hallitus keskusteli ja päätti seuraavien **Vuorimiespäivien teeman**. Valituksi tuli **"Huipulla tänään – miten huomenna?"**. Teeman saamasta kannatuksesta saattoi päätellä aiheen askarruttavan suurta osaa hallituksen jäsenistä. Aihepiiriä on myös käsitelty julkisuudessa usealtakin arvovaltaiselta taholta. Vuorimiespäivien pääpuhujiksi ovat jo tätä kirjoitettaessa suostuneet huipputason henkilöt, joilla varmasti on keväällä aiheesta ajankohtaista ja selkeää sanottavaa. Vaikka esiintyjien nimiä en vielä halukaan paljastaa on kotimaisten huippujen lisäksi kansainvälistäkin väriä mukana.

Edellisessä lehden numerossa kerroin siitä kiinnostuksesta mikä alan messujen järjestäjillä on yhteistoimintaan yhdistyksemme kanssa. On hienoa todeta, että toimimalla

myös ikään kuin messujen suosittelijana ja samalla informaatiokanavana jäseniimme on arvoa järjestäjille. Toisaalta myös hyvin järjestetyt ja onnistuneet messut ovat myös teollisuudenalamme etu.

Viime kirjoitukseni jälkeen **messuasiassa on tapahtunut jälleen uutta**. Yhdistyksen hallitus päätti kokouksessaan solmia uuden yhteistyösopimuksen Jyväskylän Messut Oy:n kanssa. Se koskee FinnMateria 2008 messuja 13.-14.11.2008. Sopimus on kovin samantyyppinen kuin viimeksi.

Lukijat muistanevat, että yhdistyksellä on ennestään yhteistyösopimus 15.-18.4.2008 järjestettävien Materia 08 -messujen kanssa. Näiden järjestäjänä on Expomark Oy, joka on Suomen Messut Oy:n tytäryhtiö. Mainittujen messujen nimien samankaltaisuus ainakin minua hämmentää; ehkä myös lukijoita. Asiasta on järjestäjien kanssa keskusteltu, mutta ainakaan toistaiseksi järjestäjillä on ollut syynsä pitäytyä näissä nimissä. Käytännössä messut eivät kuitenkaan paljoa mene päällekkäin. Ensi kevään Materia 08 keskittyy ennen kaikkea alamme valmistusketjun loppupäähän ja materiaalitekniikkaan. Tarkemman kuvan kummastakin messusta saatte perehtymällä heidän mainoksiinsa ja muuhun promootiomateriaaliin.▲

Kalevi Nikkilä

Materiaalitekniikan ja materiaalien jatkojalostuksen erikoismessut – nyt ensimmäistä kertaa

MATERIA 08

15. - 18.4.2008 Helsingin Messukeskuksessa

Monipuolisesti materiaaleja ja menetelmiä

TUOTERYHMÄT: materiaalit | puolivalmisteet ja komponentit | materiaalien jatkojalostaminen | hitsaus | lämpökäsittely | sopimusvalmistus ja alihankinta | tarkastus, testaus ja tutkimus

TULE NÄYTTILLEASETTAJAKSI!

Esillä koko tuotantoketju

Viisi ammattimessua esittelevät yhdessä konepaja- ja tuoteteollisuuden koko tuotantoketjun suunnittelusta toteutukseen. Katso lisää: www.teollisuus08.fi

MATERIA 08

FINNTEC
PLASTEC
TOOLTEC 08

TEOLLISUUDEN
PINTA 08

Vuorinaiset taidemuseossa ja teatterissa vuoden varrella

"Elin Danielson-Gambogi, Italian valossa" – taidenäyttely Didrichsenillä

Huhtikuussa vierailimme helsinkiläisessä Didrichsenin taidemuseossa, missä oli *Virve Heinisen* tutkimuksen pohjalta rakennettu "Elin Danielson-Gambogi, Italian valossa" -taidenäyttely.

Vuorinaisia oli kokoontunut niin, että kiersimme kahden oppaan avulla. Oman ryhmän oppaana *Taina Juvala* vei 1800- ja 1900-luvun taitekohtaan, jolloin höyrykone ja koneellistuminen vaikuttivat tavallisen ihmisen elämään hyvin tai huonosti. Kultakauden nuori taiteilija, noormarkkulainen *Elin Danielson*, lähti *Axel Gallénin* suosituksesta Italiaan, missä tapasi lopulta Firenzen taideakatemiassa opiskelevan italialaisen *Raffaello Gambogin*. Avioliittoa varten pyydettiin lupa paavilta. Tämä rakkaustarina kahlasi hyvin vaikeiden tilanteiden läpi, kunnes Elinin kuolema uudenvuoden aattona 1919 erotti taiteilijapariskunnan toisistaan. Elinin viimeisiä vuosia rasittivat suuret terveysongelmat, ja leskeksi jäänyt aviomies ajautui lähes laitapuolen kulkijaksi.

Aikalaisilleen lähettämästä kirjeenvaihdosta on päätelty, että Elin kaipasi Suomesta Italiaan ja Italiasta Suomeen. *Viktor Westerholm* järjesti ystävilleen, Elinille tilaustyön, "Jeesus Getsemanessa" (1897), Kemiön kirkon alttaritaulun, jonka hän maalasi Italiassa ja joka valmistumisen jälkeen kuljetettiin meritse Suomeen. Taiteilijan muita töitä oli usein Suomen näyttelyissä esillä. Taiteilijapa-

riskunnan maalauksia oli myös näytteillä merkittävässä taidetapahtumissa. Suomen aikakaudella maalauksissa kuvattiin kanta-aottavasti naista arkias-kareissaan, mikä aiheutti vastustusta ja vähensi aikalaisten arvostusta. Italian vuosina muuttuivat maalauksissa esiintyvät naiset vähitellen ulkopuolisiksi sivusta seuraajiksi – viimeisistä töistä ihmiset katosivat. Ranskassa omaksuttuun naturalismiin yhdistyi Italiassa taiteilijoiden suosima ulkoilmamaalaus sekä lähiympäristön kuvaaminen, joten sopeutuminen ja arvostuksen saavuttaminen paikallisten taiteilijoiden keskuudessa oli helpompaa.

Näimme myös *Raffaello Gambogin* töitä mm. Maastamuuttajat ja Hullut. Näyttelyssä oli useita teospareja, koska taiteilijapariskunta maalasi paljon samoja kohteita. Oppaamme kertoi ja havainnollisti erilaisia painotuksia teoksista mm. veden kuvaamisen taitoerot.

Didrichsenin taidemuseon kokoelmiin kuuluvan *Omenapuun* alla -teoksen konservointi on ollut taitoa vaativa ponnistus, koska se oli kokenut kaikenlaista käsittelyä noin sadan vuoden matkalla mm. kaksois-signerausta, useita kerros-lakauksia jne. .

Kierroksemme päättyi ikimuistoisesti *Aila Meriluodon* tekstiin *Lasimaalauksesta*, jonka oppaamme lausui loppusanoinaan. Pienen iltapalan jälkeen lähdimme kotimatalle "Elinin valoisa kevättä" -tunnelmissa.

Vuorinaiset ry:n kuulutus juhluvuoden matkalle!

Vuorinaiset ry valmistautuu viettämään 50-vuotisjuhliiaan 18. tammikuuta 2008 Helsingissä.

Tervetuloa Vuorinaiset ry:n jäsenehtoihin sopivat henkilöt yhdistyksemme riveihin!

Lisätietoa sihteeriltämme Aino-Riitta Kaislaniemeltä, (kaislaniemi at kolumbus.fi)

Tekstit ja kuvat Seija Aarnio



Seela Sella tulkintaa Nuoruustangosta kiiteltiin vielä ravintola Tapiontorin iltapalan ääressä.

"Seela Sella seisallaan!" Espoon Louhisalissa

Syyskuussa nelisenkymmentä vuorinaista lähti katsomaan, miltä nyky-Suomi näyttää kiukkuisen vanhan naisen silmin, näytelmän käsikirjoituksesta vastasi näytelmäkirjailija *Leena Tamminen*.

Näyttelijä *Seela Sella* antoi vahvan ja mieliin painuvan tulkinnan, jossa oli vauhtia ja huumorilla höystettyjä lausahduksia ajan hengestä. Ketsuppitanssi ja räppäys "Meikä välittää" sekä uskomattoman energinen liikkuminen olisi voinut lähdyttää monen nuoren. Kuusikymmentä minuuttia Louhisalin penkillä vierähti nopeasti kahden naisnäyttelijän seurassa rollaattorin ja tuuban tehostamana. ▀



Prof. Gabor Gaál sai arvostetun Eskola-mitalin

Suomen Geologinen Seura (SGS) luovutti 120-vuotispäivänään maan arvostetuimman geologian alan tunnustuspalkinnon, Eskola-mitalin, professori Gabor Gaálille, joka on kansainvälisesti hyvin tunnettu peruskallion tutkija.

Eila Karhu, Suomen Geologinen Seura
<http://www.geologinenseura.fi/a>



Gabor Gaál

Tänä syksynä Suomen Geologinen Seura juhlii 120 toimintavuottaan, joiden aikana Suomi on noussut monilla geologian osa-alueilla kansainväliselle huipputasolle.

Unkarilaissyntyisellä, sittemmin myös Itävallan ja Suomen kansalaisuuden saaneella Gabor Gaálilla on ollut mittava ura. Kallioperä- ja malmigeologian lisäksi Gabor Gaál on tehnyt käytännön malminetsintää, ympäristötutkimuksia ja opetustyötä. Hän oli mm. apulaisprofessorina Helsingin yliopistossa sekä luennoi myös ulkomailla vieraillevana professorina.

Viimeisten 15 vuoden aikana hän keskittyi johtotehtäviin ja kansainväliseen yhteistyöhön mm. EU:n projekteissa, Aasiassa, Etelä-Amerikassa ja Afrikassa. Hän nykyaikaisti Unkarin geologian tutkimuslaitoksen MAFIn, kun hän oli sen johtaja 1991-96 aikana, jolloin Unkari avautui länteen päin. Viimeksi ennen eläkkeelle siirtymistään 2003 hän oli Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusjohtaja.

Gabor Gaál hoitaa useiden kansainvälisten tieteellisten järjestöjen luottamustehtäviä. Hän on yksi Suomen kansainvälisimmistä geologeista nykyään, ja hän toimii yhä aktiivisesti esimerkiksi EU:n seitsemännen puiteohjelman hankeluissa. Hän on avannut runsaasti uusia yhteistyökansioita suomalaisille geologeille eri puolilla maailmaa.

Uraauurtava tiedemies

Gabor Gaál on tuottanut kansainvälisiä julkaisuja poikkeuksellisen runsaasti. Hänen julkaisunsa ovat myös laajalti käytettyjä.

Hänellä oli yliopistoaikanaan suuri merkitys laattatektonisen teorian juurruttamisessa suomalaiseen geologikuntaan. Hänen tutkimustuloksensa ovat muuttaneet käsitystä Fennoskandian kilven synnystä ja erityisesti laattatektonisten prosessien merkityksestä maankuoren kehityksessä ja malmien muodostuksessa. Hän on myös ensimmäisiä, jotka jo 1960-luvulla ymmärsivät tietotekniikan antamat mahdollisuudet geologian mallintamisessa ja malmipotentialisten alueiden paikantamisessa.

Eskola-mitali on merkittävä tunnustus geologeille

Suomen Geologinen Seura perusti 1963 prof. Pentti Eskolan nimeä kantavan ansiomitalin, Eskola-mitalin. Se on maamme merkittävin tunnustus peruskallion tutkijoille. Eskola nosti aikoinaan Suomen geologisen tutkimuksen maailmanmaineeseen peruskallion tutkimuksillaan.

Eskola-mitali on 18 karaatin kultaa ja painaa 158 g. Se annetaan sellaiselle tutkijalle, joka on ansiokkaasti tehnyt Suomen geologisia, mineralogisia tai niiden sovellusten tutkimuksia sekä niiden kautta tehnyt maamme kansainvälisesti tunnetuksi.

Mitalin on suunnitellut kuvanveistäjä Heikki Häivöja. Mitalin toista puolta Häivöja kuvailee, että Eskola on löytänyt jalon esiintymän niin peruskalliosta kuin elämästäkin. Lohkareen alareunan pyöreä merkki kuvaa geologista poraa.

Eskola-mitalin ovat aiemmin saaneet: 1963 prof. Pentti Eskola, 1969 prof. Tom F. W. Barth, 1975 prof. Väinö Auer, 1980 prof. Thure Georg Sahama, 1986 prof. Ahti Simonen, 1994 prof. Maunu Härme ja 1999 prof. Kaarlo J. Neuvonen. ▴



Lahnaslammen kaivoksella.

Mainarit matkalla

Kaivos- ja louhintajaoston perinteinen syysretki 2007 suuntautui Sotkamoon, Suomen tällä hetkellä mahdollisesti vilkkaimpaan kaivannaisteollisuuden keskukseen. Sotkamon alueella on nimittäin useita hankkeita alkamassa, sekä jo toimivia menestyksekkäitä louhoksia.

Retkelle lähtijöiden määrä rikkoi kaikkia rajoja, sillä vaikka kutsussa rajattiin lähtijämäärä ensimmäisiin 45 henkeen, saatiin loppujen lopuksi matkalle edustava noin 60 hengen vuorimiesjoukkio täynnä tarmoa ja voimaa. Suosio oli siis melkoinen!

Torstai 20.9.2007

Väsämys karisee silmistä. Helsinki-Vantaan lentokentällä vuorimiesten joukkio kokoaa rivejään, päivittelee kuulumisia ja valmistautuu lähtöön. Kello on 6.20, kun lentokone nousee ja

kääntää nokkansa kohti Kajaania.

Kajaanissa todetaan lennon olleen tasainen ja perille selviytyneiden määrän täsmäävän Helsingistä lähteneiden määrään, lukuun ottamatta yhtä matkalaukkua. Tilanne on siis suhteellisen hyvä ja matka jatkuu. Matkalla Talvivaaran konttorille, nappaamme Katinkullan edestä omatoimisesti Sotkamoon saapuneet lonely riderit. Nyt joukkioimme on täysilukuinen.

Talvivaaran konttorilla saamme kuulla mielenkiintoisen katsauksen alkavan hankkeen tilasta ja sen vaiherikkaasta historiasta. Lisäksi kuulemme (Suomessa) uudesta bioliuotusmenetelmästä, jolla metallit rikastetaan malmista bakteerien avulla taloudellisesti ja ympäristöystävällisesti. Menetelmä saa kuuntelijat esittämään kysymyksiä. Aamukahvia juodessani tunnustan itselleni, etten lainkaan hahmota niin suuria lukuja kuin 340Mt louhintaa tai 450M€ investointeja. Mutta onnekseni en olekaan vielä peloton kaivoksen toimitusjohtaja, jonka hankkeen esiintymät muodostavat yhden Euroopan suurimmista tunnetuista sulfidisen nikkelin varannoista. Olen kuitenkin ylpeä, että joukkiossamme on mies, joka sen kaiken taitaa.

Talvivaaran kaivoksen odotetaan tuottavan nikkelin ohella myös kuparia, sinkkiä ja kobolttia.

Kierrämme bussilla laajan Talvivaaran kaivosalueen ja ihailimme poraus-, lastaus-, kuljetus-, ja murskauskalustoa, sekä laajoja bioliuotuskasojen pohjatöitä. Näemme myös koekäytössä olevan bioliuotuskasan, jolla on parin vuoden sisällä todistettu bioliuotusmenetelmän toimivuus Itä-Suomen subarktisissa

olosuhteissa. Alueen sekä itse projektin laajuus saa osallistujat huokaillemaan ja keskustelemaan kiihkeästi.

Matka jatkuu ja seuraavaksi siirrymme Mondo Minerals'in Lahnaslammen louhos- ja tehdasalueelle, jonka nykyinen päälouhos saadaan louhittua loppuun vuonna 2009. Vierailu alkaa lounaalla ja jatkuu mielenkiintoisella yritysesityksellä, jonka aikana opimme talkin kulun avolouhokselta rikastamon ja mahdollisesti mikrotalkkitekseen kautta asiakkaille mm. paperiteollisuuteen. Kuulemme myös, että hommat eivät toki pääty alueella, sillä uusi avolouhos, Punasuo, avataan 2008-2009 ja se tulee jatkamaan tehtaan toimintaa. Tämän jälkeen kierrämme tehdasalueen ja lisäksi ajamme avolouhoksen reunalle ihaillemaan sekä itse louhosta, että kauniita ruskamaisemia. Maisemat ovat niin kauniit, ettei edes sade pääse pilaamaan tunnelmaa.

Viimeiseen kohteeseen, Silver Resources'in hopeakaivokselle Taivaljärvelle lähtee tutustumaan aavistuksen pienempi joukkio, sillä osa jää parantelemaan flunssaansa hotellille, ja osalla on jo kiire tutustumaan kylpylän palveluihin. Taivaljärven esiintymä löydettiin tutkimuksissa vuonna 1980 ja alueelle on jo louhittu tutkimus-/koetunneli 1988-1990, joka valitettavasti oli veden täyttämä. Aiemmin Taivaljärven malmin hyödyntäminen ei ole ollut kannattavaa, mutta nyt hopean hinnan nousua näyttää siltä, että työtä ei ole tehty turhaan. Kuuma kahvi ja munkki maistuivat tihkusateessa, rempseimmät avaavat jo ensimmäiset oluet, samalla kun ahneimmat etsivät malmikasoista kotiinviemisiksi hopeaa. Lopulta me

viimeisetkin olemme turvallisesti Katinkullan hoivassa. Ja pääsemme valmistautumaan iltaa varten.

Päivä päättyy perinteikkäästi vuorimiesten nauttiessa hyvästä ruuasta, juomasta ja seurasta. Illallisjuhlien ohjelmasta vastasi menestyksekkäästi ja viihdyttävästi paikallinen oopperalaulajan taustalta ponnistava upeääninen trubaduuri ja vitsinkertoja.

Perjantai 21.9.2007

Aikaisen aamiaisen jälkeen joukkomme kerääntyy auditorioon. Aamupäivän aikana kuulemme katsauksia sekä yleisesti kaivosten rahoituksista ja ympäristöasioista että uusista ja uudelleen käynnistetyistä kaivoshankkeista. Esiin nousee edelleen alan työvoimapula, etenkin uusien suurien hankkeiden parissa työskentelevien huoli resurssien löytämisestä. Rekrytointi ei tuota tulosta, vaan yhä useampi kouluttaa itse työvoimansa. Mutta kuten jo viime vuonna osattiin aavistaa, on Kaivos- ja louhintakäsikirjan uudistaminen tullut ajankohtaiseksi ja saamamme tiedon mukaan nyt projekti on viimein lähtenyt liikkeelle.

Lounaan jälkeen on syysretki saatua päätökseen ja kotimatka voi alkaa. Kun viimeinenkin vuorimies poistuu Helsinki-Vantaan lentokentältä, on aika kääntää katseet kohti ensi vuotta. Minne matka silloin vie, ehkä jonnekin lämpimämpään?

Sateista viis, nauttikaa syksystä! 
Stipendiaattin, Mari Teikari

Retkue Talvivaaran "Kotkanpesällä"



Metallurgijaoston keskusteluilta

Perjantaina 14.9.2007 ha-
keutui reilu 40 jäsentä
tavalla tai toisella Hämeen-
linnaan. Osa nousi bussin
kyytiin Hämeenlinnan rau-
tatieasemalla, toiset hakeu-
tuivat suoraan kesäretken
kohteeseen Patrialle.



Maistuvan lounaan jälkeen siirryimme Patrian tehtaan esittelysaliin, jossa saimme tutustua Patrian toimintaan ja huomata miten laajalla alueella yritys itse asiassa toimiikaan. Patria tekee lentokoneen siipien osia, panssariajoneuvoja ja järjestää pilottikoulutusta, nyt jokunen mainitakseni. Jotta asia ei olisi liian helppo, niin ns. "military"-kauppojen tekeminen on ihan oma erikoinen maailmansa. Kaikesta tästä saatiin kattava esitys pääsäännöltä ja metallurgijaoston jäseneltä *Jyri Taljalta*.

Jyri jatkoi vielä esitystään kertomalla Patrian tehtaan toiminnasta ja miten tuotantoa on vuosien varrella hiottu niin, että se sopii erittäin vaihtelevaan tilauskantaan, missä ei mitään voida tehdä ennen kuin asiakkaan tarpeet/toiveet on tiedossa.

DI *Mikko Niskanen* kertoi meille kattavasti simuloinnista. Saimme kuulla minkälaisella kalustolla ja ohjelmistoilla simulointeja suoritetaan sekä miten voidaan simuloinnin avulla jo suunnitteluvaiheessa huomioida esim. ajoneuvon miinaan ajo tai ammuksen osuminen ajoneuvoon. Lisäksi tällä alalla on mahdollista myös välillä päästä vertaamaan laskelmia

todellisuuteen erilaisten testien yhteydessä, minkä perusteella simulointien tiedetään toimivan hyvin.

Esitelmistä eläväisin oli *Arto Holtti*-sen esitelmä luotien läpäisevyydestä. Artolla on tausta asevoimista, ja sen huomasi sekä herran olomuodosta että suorasta puheesta. Esitelmässä lensi niin kuituja kun keraamisia sirpaleita, ja nähtiin hienoja kuvia erilaisista ammuttatesteistä. Todettakoon, että vaikka mies ei omien sanojensa mukaan puhu "insinööriä", niin metallurgian kiemuroihin sukeltettiin aika syvälle, eikä kellään kuulijoista ollut mitään huomautettavaa.

Tehdaskierroksen aikana saimme ryhmissä tutustua lähemmin AMV:hen (Armoured Modular Vehicle), joka on nykyinen ja huomattavasti kehittyneempi malli vanhasta PASIsta. Kyllä kaikille viimeistään siinä tehdasta kierrettäessä tuli sellainen olo, että kyllä suomalaiset osaavat!

Metsänvartijan Tilalla

Kierroksen jälkeen nousimme bussiin ja lähdimme tutustumaan Hämeenlinnan tykistömuseoon. Ja oli pahtava paikka. Ensin katsottiin lyhytelokuva

jatkosodan yhdestä kamppailusta "Ihantalan ihme". Tämän jälkeen ohjelmassa oli opastettu kierros. Aikaa museossa olisi voinut käyttää vaikka kuinka paljon. Esineitä oli saatu kerättyä paljon, ja erilaisia sodanaikaisia tarinoita oli mukava lukea. Suosittelemme lämpimästi kaikille vierailua museossa!

Seuraavana ohjelmassa oli illanvietto. Myös tällä saralla isännät olivat valmistelleet mitä hienointa ohjelmaa. Iltaa vietettiin Vanajanlinnan Metsänvartijan Tilalla, missä saimme käydä savusaunassa, uida järvessä, kylpeä tynnyrissä ja nauttia uskomattoman hyvästä illallisesta.

Aikataulu puskii päälle, ja jotta junnalla matkassa olevat ehtisivät viimeiseen junaan, siirryimme Metsänvartijan Tilan idyllisistä maisemista kohti Hämeenlinnan keskustaa. Moni meistä jatkoi iltaansa tutustumalla paikalliseen yöelämään, mutta se onkin sitten jo toinen tarina. ▀

Jaoston sihteeri,
Alex Lagerstedt

Uusia jäseniä

Vuorimiesyhdistys-Bergsmanna-föreningen ry:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

Kokouksessa 13.8.2007

Forss, Mathias Bror Johannes, FM, 20.12.1978, toimitusjohtaja/geologi, Ab Scandinavian Geo Pool Ltd, mathias.forss(at)geopool.fi, Ab Scandinavian Geopool Ltd., Pirkonkuja 3 A, 02700 KAUNIAINEN jaosto: geo, kai
Johansson, Peter Wilhelm, FT, 24.1.1955, geologi, GTK Rovaniemi, peter.johansson(at)gtk.fi, GTK, PL 77, 96101 ROVANIEMI jaosto: geo
Pohjolainen, Esa Ilari, FM, 22.3.1980, geologi, Suomen Malmi Oy, esa.pohjolainen(at)smoy.fi, Suomen Malmi Oy, Juvan teollisuuskatu 16-18, 02920 ESPOO jaosto: geo
Grönstrand, Sami Oscar, DI, 12.7.1971, Global Technology Manager, Outotec Minerals Oy, sami.gronstrand(at)iki.fi, Haapaniemenrinne 6 D 37, 02940 ESPOO jaosto: rik
Koskinen, Pieta-Aili Onerva, DI, 28.7.1982, prosessikehitys-insinööri, Nordkalk Oyj, pieta.koskinen(at)nordkalk.com, Nordkalk Oyj, Skräbbölentie 18, 21600 PARAINEN jaosto: rik
Rantaiso, Raimo Vilho, DI, 13.2.1958, kouluttaja, Lapin ammattiopisto, raimo.rantaiso(at)lao.fi, Suvirannantie 16 as 1, 79100 LEPPÄVIRTA jaosto: rik
Engström, Toni, 142 ov, 13.3.1977, opiskelija, TKK Materiaalitekniikan osasto, toni.engstrom(at)hut.fi, Majurinkulma 2 B 42, 02600 ESPOO jaosto: met

Pirnes, Juho Mikael, DI, 20.4.1982, tuotekehitys ja tekninen asiakaspalvelu, Ovako Bar Oy Ab, juha.pirnes(at)ovako.com, Ovako Bar Oy Ab, Terästehtaantie 1, 55100 IMATRA jaosto: met

Kiitos!

Arvoisat Yhteistyökumppanit

Meitä ilahdutti suuresti, että olitte kanssamme niin runsaslukuisesti viettämässä Materiaalitekniikan osaston 60-vuotismerkkipäivää. Samalla saimme tavata ystäviämme ja yhteistyökumppaneitamme vuosienkin takaa.

Olemme kiitollisia siitä, että olette olleet mukana rakentamassa ja tukemassa toimivaa Teknillisen korkeakoulun materiaalitekniikan koulutus- ja tutkimusyhteisöä. Jatkossa tulemme edelleen kouluttamaan korkeatasoisia asiantuntijoita toimintaanne edistämään.

Parhain yhteistyöterveisin, kiittäen,
Kari Heiskanen, Osastonjohtaja

Kravatti hukassa? No hätä!



Yhdistyksen kravatteja voi ostaa Ulla-Riitta Lahtiselta:
u-r.lahtinen(at)vuorimiesyhdistys.fi

Ohjeita kirjoittajille

➔ **MATERIAALI TOIMITUKSEEN** määräaikaan mennessä. Pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuusliitteineen on 4 painosivua.

➔ **KOKO AINEISTO** postitse levykkeellä. Pelkän tekstin voi lähettää myös sähköpostilla.

KUVAMATERIAALI aina postitse levykkeellä, ellei toisin erikseen sovit. Jokainen kuva omana tiedostonaan. Digikuvissa mahdollisimman suuri kuvakoko. HUOM! Netissä käytettävä 72 dpi:n resoluutio ei riitä painotöissä; kuvan on oltava lopullisessa koossaan terävä 300 dpi:n resoluutiolla. Tallennusmuoto: jpg (tif, eps). (Toimitus tekee kuvankäsittelyn.) Skannattavat kuvat postitse.

Taulukoissa käyvät parhaiten PowerPoint ja Excel.

➔ **PÄÄOTSIKOT JA ALAOTSIKOT** erotetaan toisistaan selkeästi.

Tiede & Tekniikka -artikkelit

➔ **KUVAT JA TAULUKOT** numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden englanninkieliset käännökset kirjoitetaan erilliselle arkille. Kuvien paikat on merkittävä käsikirjoitukseen.

➔ **KAAVAT JA YHTÄLÖT** on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon. Käytettävä SI-yksiköitä.

➔ **KIRJALLISUUSVIITTEET** numeroidaan jatkuvasti // sulkuihin tekstissä ja esitetään lopussa seuraavassa muodossa: 1. Järvinen, A.; Vuoriteollisuus-Bergshanteringen, 34 (1976) 35-39.

➔ Jokaiselle T&T-osaan tulevalle artikkelille on ilmoitettava ENGLANNINKIELINEN OTSIKKO ja kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto SUMMARY pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusriviä. Kirjoittajasta CV ja valokuva.

➔ **ERIPAINOKSET** toimitetaan kirjoittajan laskuun eri sopimuksella. Tilataan suoraan kirjapainosta (Åke Winberg 050-5163163) **ennen** lehden painatusta.

➔ **NEKROLOGIEN** pituuden pyydämme rajoittamaan noin 150 sanaan.

➔ **ILMOITUSAINEISTO** Tammisaaren Kirjapaino, Christel Westerland, PL 26, 10601 Tammisaari
prepress@tammisaarenkirjapaino.fi

Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöitä 2007



DI Pekka Erkkilä, puheenjohtaja/ president Outokumpu Oyj, PL 270, 02201 ESPOO
09-4215503 fax 09-4215550
pekka.erkkila(at)outokumpu.com

FT Elias Ekdahl, varapuheenjohtaja/ vice president Geologian tutkimuskeskus, PL 96, 02151 ESPOO
020 5502201 elias.ekdahl(at)gtk.fi

YHDISTYKSEN PÄÄSIHTEERI/ Secretary General TkT Kalevi Nikkilä Hakamaentie 5 A, 02120 ESPOO
040-5430724
kalevi.nikkila(at)vuorimiesyhdistys.fi

YHDISTYKSEN RAHASTONHOITAJA/ Treasurer TkL Ulla-Riitta Lahtinen Kaskilaaksontie 3 D 108, 02360 ESPOO
09-813 4758, 0400-456 195
u-r.lahtinen(at)vuorimiesyhdistys.fi

GEOLOGIJAOSTO/Geology section
FM Heikki Puustjärvi, pj/chairman, Outokumpu Technology, 040-592 0365
heikki.puustjarvi(at)outokumpu.com
FM Katja Sahala, sihteeri / secretary, Pyhäsalmi Mine Oy, 08-7696 214
katja.sahala(at)pyhasalmi.com

KAIVOS- JA LOUHINTAJAOSTO/ Mining and Excavation section
DI Jari Honkanen, pj/chairman, Oy Finnrock Ab 09-77714031 fax 09-7771401 jari.honkanen(at)finnrock.fi
DI Tommi Halonen, sihteeri/secretary, Oy Forcit Ab 0207 440 310 fax 0207 440 225 tommi.halonen(at)forcit.fi

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO/ Mineral processing section
DI Mirva Mustakangas pj/chairman, Teknikum Oy, 03-5191 3296
mirva.mustakangas(at)teknikum.com
DI Kari Föhr, sihteeri/secretary Outokumpu Technology Oyj, 205 292 721
kari.fohr(at)outokumputechnology.com

METALLURGIJAOSTO/Metallurgy section TkL Markus Malinen, pj/chairman Ovako Wire Oy Ab 019-19 221 4605, 040-569 7118
markus.malinen(at)ovako.com
DI Alex Lagerstedt, sihteeri/ secretary Ovako Wire Oy Ab 019-221 4321 fax 019-221 4150, 040-8207186
alex.lagerstedt(at)ovako.com

messut

JYVÄSKYLÄ
PAVILJONKI
MESSU- JA KONGRESSIKESKUS

Keskellä Suomea.
Keskellä kaupunkia.

Todellinen tapahtumakeskus!

Kaivosteollisuuden,
metallinjalostuksen
ja maanrakentamisen
suurtapahtuman
myynti on alkanut.
Varaa ja varmista
paikkasi!

Malminetsinnän,
kaivosteollisuuden,
malmien rikastus-
ja prosessiteollisuuden,
metallien jalostuksen,
tuotteiden käsittelyn ja
jatkojalostuksen,
kiviainesteollisuuden,
maarakentamisen,
metallien kierrätyksen sekä
mineraalien erikoismessut.



FinnMATERIA

Jyväskylä
Paviljonki

13.-14.11.2008

**Katso lisää: www.jklpaviljonki.fi/finnmateria2008
tai soita 014-334 0000**

Yhteistyössä:

Mediayhteistyössä:

materia
LEHTI



JYVÄSKYLÄN
MESSUT
Jyväskylä Fair Ltd

www.jklpaviljonki.fi/finnmateria2008

METALLURGIJAOSTON TULEVIA KOULUTUSTAPAHTUMIA



Valssausmetallurgian uudet mahdollisuudet

3. - 4.1.2008 - POHTO, Oulu

Tilaisuudessa käsitellään terästen valssausta metallurgisista ja metallioppillisista lähtökohdista painottaen mm. termomekaanisia käsittelyjä, suorasaamutusta, lämmin- ja kylmävalssausta. Näiden menetelmien tavoitteena on tuottaa parempia tuotteita ja vähentää jälkikäsittelyä.

Tilaisuus on tarkoitettu ensisijaisesti kehitystehtävissä toimiville insinööreille, mutta se soveltuu myös käyttötehtävissä ja asiakas-yrityksissä työskenteleville sekä alan tutkijoille ja jatko-opiskelijoille.

Luennoitsijat: Kotimaisten asiantuntijoiden lisäksi luennoitsijoina ovat Prof. Anthony J. DeArdo, Pennsylvania ja Development Engineer, Dr. Annemarie van Geest, Holland

An Overview to Fundamentals of Reduction

8. - 9.4.2008 - POHTO, Oulu

Highlights: Nucleation and growth of iron on wustite during reduction, surface segregation of foreign oxides, growth rate and growth mode of nuclei. Rate equation for gaseous reduction of iron-ore pellet and on the basis of shrinking-core model with three reaction interfaces. Direct reactions in coal char, coke or graphite composite iron-ore pellet and reduction acceleration by using the composite pellet. Iron carbide production by reducing and carburizing iron-ore in carbon monoxide-hydrogen gas mixtures and methane-hydrogen gas mixtures. Ironmaking processes by using carbon composite iron-ore pellets or briquettes, or pellets of iron and steelmaking dust in Japan.

Consultant: Mr. Yoshiaki Iguchi; Emeritus Professor of Nagoya Institute of Technology, Japan

Moderni teräksen valmistus - syksy 2008

Tulenkestävät materiaalit - kevät 2009

Lisätietoja

Markus Hietala, puh. 050 5565 725, markus.hietala@pohto.fi
Riitta Kähkönen, puh. 050 308 2213, riitta.kahkonen@pohto.fi

Tilaisuuksien tarkemmat ohjelmat netissä noin kaksi kuukautta ennen tilaisuutta: www.pohto.fi



Puh. (08) 5509 722 - asiakaspalvelu@pohto.fi - www.pohto.fi

Palveluhakemisto

Linde Gas } **AGA**

Oy AGA Ab, puh. 010 2421, faksi 010 242 0514, www.aga.fi

OKUN AUTOLÄHETTI OY

**KAIRASYDÄN- JA LOHKARENÄYTTTEIDEN
MURSKAUS- JA JAUHATUSPALVELUA**

Kalevi Räsänen
Yrittäjänkatu 1 A
83500 OUTOKUMPU
Puh. 0400 572 114
Fax (013) 550 329



Kovaa faktaa.

www.gtk.fi

YIT

Osaava kalliorakentaja

www.yit.fi

YIT RAKENNUS OY

Kalliorakentaminen

PL 36 (Panuntie 11), 00621 HELSINKI

Puhelin 020 433 111, Faksi 020 433 3747



- kallionäytekairaukset
- malminetsintä
- geotekniikka
- kallioerätutkimukset

Oy Kati Ab Kalajoki, puh. 020 7430 660, www.oykatiab.com

materia

Yhdistyksen internet-sivun osoite:

www.vuorimiesyhdistys.fi

Materia-lehti myös yhdistyksen verkkosivuilla.

Joukko Tosikkoja

Siis aloittelevan poliitikon ensimmäinen ja tärkein muistisääntö: ei pidä uskoa mitään poliittista juorua kenestäkään henkilöstä tai mistään asiasta, ennen kuin se on julkiselta taholta virallisesti kiistetty.

Kauhua, Kiimaa, Kaunaa!!!

Siis paljastakaamme ohessa, mikä on Skeltaisen median yllepräntätty Kultainen Kolmen K:n sääntö (ellei se vielä ole valjennut). Seuratkaapa, oi lukijat, iltapäivälehtien lööppejä, joku näistä kolmesta kovasta koosta esiintyy takuuvarmasti joka riivatun lööpissä. Ja mitä useampi K, sen paremmin lehteä myydään Esimerkki: *Ökyrikas keski-suomalainen kyläkauppias syytettynä väkivaltaista ja raiskauksesta*, ja lehdet revitään myyjien käsistä.

Siis alkaa orwellilainen Big-Brother-näkee-kaiken-fantasia olla Jenkkilässä kohtisillään totta, kun maahantulijoiden liikkeitä ja touhuja aletaan valvoa ihmisten mukana seuraavien mikrosirujen sekä salakuuntelun avulla (ja ollaan kommunisti-Kiinassa jo vielä pitemmällä vastaavalla tiellä). Ja käsitellään tavallista businessmatkailijaa USA:ssa kuin rosvoa ja bandiittia tavoitteena tietävästi estää murhat ja muut ilkitteot. (Ja Kiinassa plokata poliittisesti häiriintyneet.) Ja tämä kaikki maailman vapaimmaksi itseään mainostavassa maassa, jossa joka toisella on 45-kaliiperinen taskussaan tai auton hankalokerossa ja konetuliase yliopistokampuksella. Siis alkaa tämä poliisivaltio yhä enemmän muistuttaa erästä kolmatta, entistä suurta ja nykyisellään taas totalitaarista valtiota, jossa muinoin hotellihuoneiden mikrofonipitoisuus edusti merkittävää osaa rakennusmateriaaleista ja jonka kansallislaulussa muinoin laulettiin että *oi suuri vapaa synnyinmaa...* Erona

kuitenkin se että edelliseen on nykyisin hankalampi päästä sisään kuin jälkimmäisestä aikoinaan ulos. Mistä aiheesta päästään sujuvasti seuraavaan...

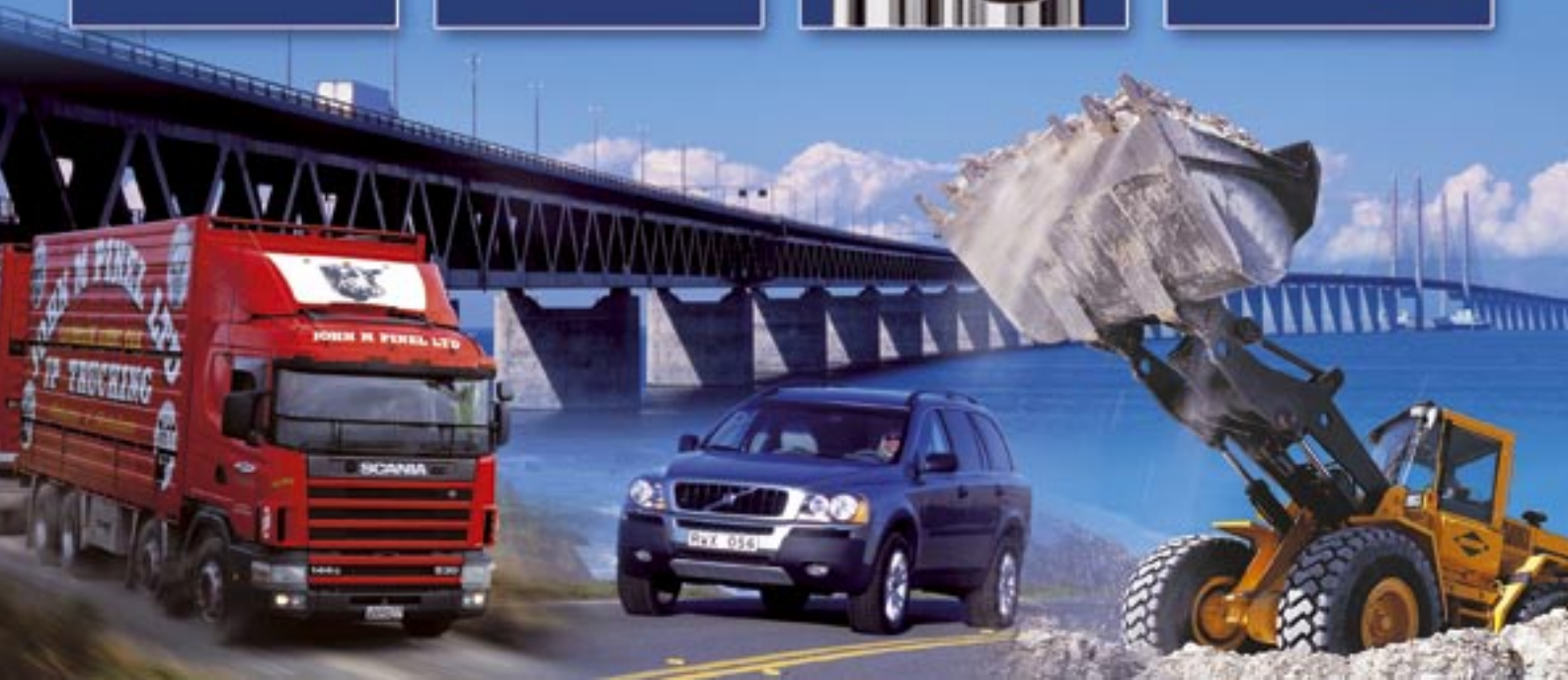
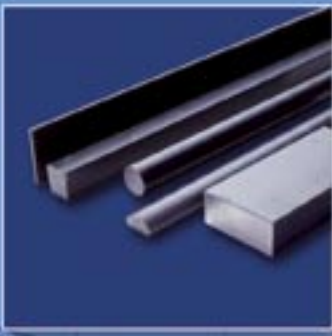
Siis TV uutisten 26.8 mukaan Venäjän kansallinen lentoyhtiö Aeroflot, tuo kaikkien yhteisten kansojen suosikkilennättäjä, aikoo nostaa palveluun ja imagoaan sekä turvallisuuden että hymykampanjan alalla. Ovat tiedottajansa mukaan jo maailman ykkösiä businessluokan palveluissa. Jaha, kiinnostavaa. Aikovat lisäksi kaikkien riemasteltavina säilyttää vanhan tutun sirppi-ja-vasara-logonsa uuden imagoonsa vahvistamiseksi. Saanemme huomauttaa, että tämä juttu *ei* esiintynyt MTV:n kymppin uutisten kevennyksessä.

Ja lisää kauraa laariin: Kun seuraa Putinin ja hänen Yhtenäisen Venäjä -puolueensa ja sen hyökkäysjoukon Nuoren Kaartin (saks. Sturmabteilung?) toimenpiteitä ja temppejuja tiedonvälityksessä, vallankäynnissä, kirjarovioilla ja vastustajien likvidoinnissa, tulee jostakin käsittämättömästä syystä mieleen eräs toinen, viime vuosisadalla Euroopassa vaikuttanut puolue toimenpiteineen, raudoitettuine saappaineen ja viiksekkäine Johtajineen, jonka nimeä mm. kantoi mainitun porukan Jugend-järjestö. Jätämme tarkemman erittelyn sikseen, koska vertausta ei ainakaan toistaiseksi tässä maassa pidettäne poliittisesti korrektina. Mutta ei hätää: tapahtukoon itärajan takana mitä hyvänsä, kuten pitkästä

aikaa uudistuneita ilmatilan loukkauksia, ei Venäjä galluppien mukaan tuulipukukansan mielestä ole meille suurin ulkoinen uhka. Sanokoon mitä tahansa maan puolustusministeri Häkämies, jolle Halosen-Tuomiojan linjan käsityksen mukaan maan turvallisuuspolitiikka ei kuulu vähääkään. Gallup-demokratia, jälleen kerran muuten, jätti määrittelemättä, mikä se suurin uhka sitten muutoin olisi.

Siis on syyskuuisissa uutisissa kerrottu, että naisten johtamat yritykset tilastojen mukaan olisivat keskimäärin kannattavampia kuin miesten. Kiinnostavaa. Toisaalta olemme antaneet kertoa itsellemme, että on suuruusjärjestyksessä kolmenlaisia valeita: tavallisia valeita, emävaleita ja tilastoja. Mutta tässä tapauksessa totuus lienee tämä yllämainittu, jos tilastoissa otetaan huomioon painotettuna johtajien tekemien mokausten volyymit. Esimerkkinä eräässä nimeltä mainitsemattomassa suurehkoissa mieshenkilön johtamassa metsäkonsernissa realisoitunut viiden miljardin euron Amerikan moka. Kehtaamme kyllä edelleen väittää, ettei tuo tutkimustulos sinänsä todista, että naiset olisivat viksumpia kuin miehet, pikemminkin että äijät ovat naisia tyhempinä.

Otsikko HS:ssa mätäkuussa: Romaneja kannustetaan ryhtymään poliiseiksi. Jotta meitä ei syytetäisi rasismista, katsomme paremmaksi jättää asian kommentoinnin tällä erää sikseen. *J.T.*



Lisäarvoa oikeilla valinnoilla

Oikea tuote. Oikea laatu. Oikea toiminta. Oikea palvelu. Siinä rehti perusfilosofiamme, joka näkyy kaikessa mitä teemme.

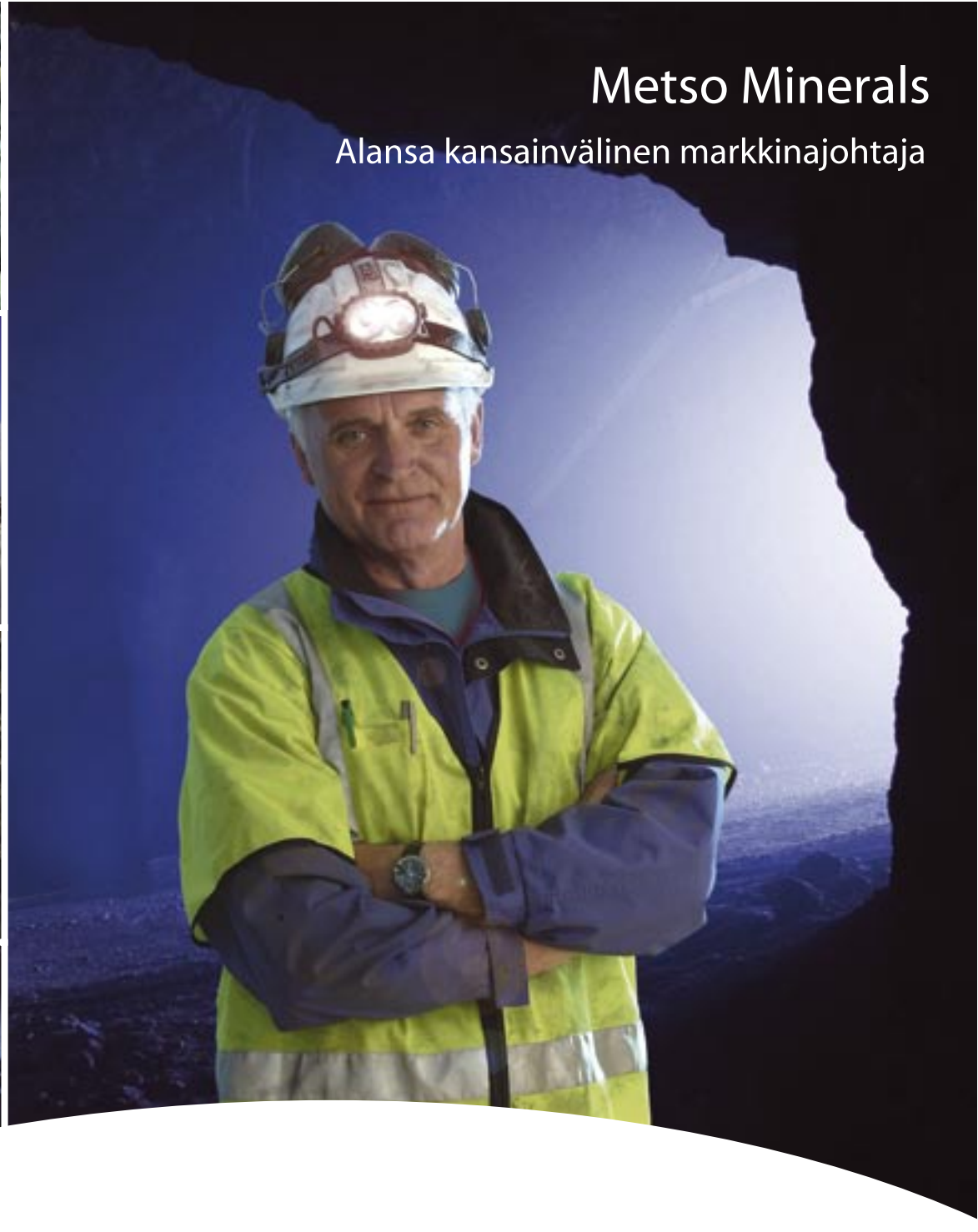
Pystymme tarjoamaan merkittävää lisäarvoa vaativimmillekin asiakkaillemme, joita ovat etupäässä raskasajoneuvoteollisuuden sekä auto- ja konepajateollisuuden yritykset.

Liikevaihtomme on noin 1,4 miljardia euroa. 16 valmistusyksikkömme palveluksessa on 4 300 työntekijää ja valmistuskapasiteettimme on kaikkiaan 2 miljoonaa tonnia terästä vuodessa.

Ovako on Euroopan johtava pitkien erikoisterästuotteiden valmistaja. Säilyttääksemme asemamme keskitymme haasteisiin.

OVAKO
a feel for steel

www.ovako.com



Metso Minerals

Alansa kansainvälinen markkinajohtaja

Markkina-alueena maailma – Kotikenttänä Suomi

Metso Minerals on kiven- ja mineraalienkäsittelyjärjestelmien sekä metallin ja rakennusjätteiden kierrätysjärjestelmien maailmanlaajuinen markkinajohtaja.

Laajan osaamis- ja prosessivalikoiman avulla tarjoamme kattavat palvelut nopeasti kasvavilla teollisuudenaloilla toimiville asiakkaillemme.

Suomessa vahvuutemme on asiakkaittemme tuotantoprosessien tuntemus sekä vahvat tuotemerkit ja kattava myynti- ja huoltopalvelu.

www.metsominerals.com

