

materia

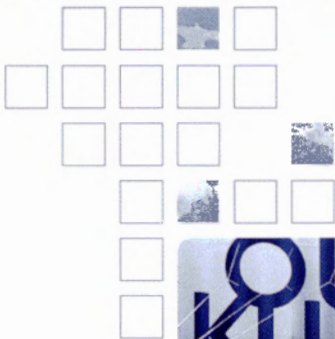
1-2004

Geologia & Kaivos- ja prosessiteknikka & Metallurgia & Materiaalitekniikka



Piikausi jatkuu,
metallit muistavat
ja nanoteknologia
tulee.

OUTO KUMPU



Kuinka voimme olla enemmän kuin osiemme summa? Yhdistymällä saman brändin alle.

Kaikilla Outokumpu-brändin alle yhdistyneillä yrityksillä on ainutlaatuista kokemusta metallien valmistamisesta ja jalostamisesta. Ruostumattoman teräksen ja kuparin lisäksi osaamisemme kattaa monipuolisesti metalleihin liittyvän teknologian.

Käytämme tätä kokemusta ja osaamista auttaaksemme asiakkaitamme tehostamaan toimintaansa ja siten vahvistamaan markkina-asemaansa.

Outokumpu on dynaaminen metalli- ja teknologiakonerni. Vahvuutemme on syvälinen metallitehtäin ja metallien valmistamiseen liittyvä osaaminen, jota hyödynnämme saavuttaaksemme johtavan aseman kaikissa yrittäjätuottamissamme; ruostumattomassa teräksessä, kuparissa ja teknologiassa. Asiakkaitamme ympäri maailman käyttävät Outokumpun metalleja, metallituotteita, teknologiaa ja palveluja lukuun ottamatta eri toimialoilla.

**OUTO
KUMPU**

stainless | copper | technology

www.outokumpu.com

Improving Your World



OM Group, Inc. on maailman johtava metallipohjaisten erikoiskemikaalien ja pulvereiden tuottaja. Kobolttin tuottajana ja jalostajana OMG on maailman suurin, nikkelin tuottajana suurimpien joukossa.



OMG Kokkola Chemicals Oy
OMG Harjavalta Nickel Oy



Lisätietoja osoitteesta
www.omgi.com

You already know us!

PANalytical



No introduction necessary!

When you see 'PANalytical' don't be surprised: it's the new name for 'Philips Analytical', the most trusted name in X-ray fluorescence spectrometry and X-ray diffraction in the past fifty years. Nothing changes for you in the future. You'll continue to benefit from the innovative solutions that took our comprehensive product range into laboratories, research and production facilities all over the world.

You'll also continue to enjoy the same customer-oriented service and hard-earned reputation for quality that ensures you get the best out of your instruments. And you'll continue to work with the same experienced people that you have come to view more as partners than suppliers.

Oy Spectris Finland Ab
PANalytical
Sinikalliontie 1
02630 ESPOO
Tel.(09) 2709 5591
ingmar.danielsson@panalytical.com

www.panalytical.com



PANalytical

Materia-lehti kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessiteknikka ja metallurgia sekä materiaalin valmistus ja materiaalitieteiden erilaiset sovellutukset. Lehden alkuosa painottuu alan ja yritysten ajankohtaisiin asioihin. T&K-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.

TOIMITUS / Editorial staff

Päätoimittaja/ Editor in chief

Prof. Jouko Härkki, jouko.harkki@oulu.fi

Oulun Yliopisto, Prosessimetallurgian laboratorio,
08-553 2424 fax 08-553 2339, 040-521 5655

Toimittajat, T&K / Editors, R & D

DI Harri Lehto, harri.lehto@hut.fi

TKK, Mekaaninen prosessi- ja kierrätystekniikka
09-451 2786 fax 09-451 2795, 050-555 2786

DI Arni Kujala, arni.kujala@nokia.com

Nokia Mobile Phones
07180-36279 fax 07180-37290

Toteuttava toimitus/ Editorial staff

L & B Forstén Öb Ay, lb.forsten@co.inet.fi

Bo-Eric Forstén, Leena Forstén, layout

PL 45, 10601 Tammisaari
019-2415604 fax 019-2415453

TOIMITUSNEUVOSTO / Editorial Board

DI Pekka Purra, *pj / chairman*

pekka.purra@eu.omgi.com

OMG Finland Oy

09-4393 3752 fax 09-4393 3720, 050-1477

DI Kauko Ingerthilä, kauko.ingerthila@vtt.fi

VTT Prosessit

013-557 801 fax 013-557 557

DI Erja Kilpinen, erja.kilpinen@nordkalk.com

Nordkalk Oyj Abp

0204 55 3993 fax 0204 55 3901, 0400-814 156

Prof. Juhani Orkas, juhani.orkas@hut.fi

TKK, Mechanical Engineering

09-451 3515

DI Matti Palperi

09-565 1221

TkT Pekka Pokela, pekka.pokela@teknologiateollisuus.fi

Teknologiateollisuus ry

09-192 3282, 040-544 1582

FI Mikko Tontti, mikko.tontti@gsf.fi

Geologian tutkimuskeskus

020 550 2382 fax 020 550 12

ILMOITUSMARKKINOINTI / Advertising Marketing

Sepikon Oy, Kari Seppälä

Pietiläntie 5-7, E. 18, 03100 Nummela

kse@sepikon.pp.fi 09-586 4358, 0400-624 416
fax 09-586 4359

OSOITTEENMUUTOKSET / Changes in address

VMY:n rahastonhoitaja, TkL Ulla-Riitta Lahtinen,
Kaskilaaksontie 3 D 108, 02360 ESPOO,
0400-456 195

ulla-riitta.lahtinen@vuorimiesyhdistys.fi

PAINO / Printing house

Tammisaaren Kirjapaino Oy, Tammisaari

Levikki 2900 kpl (n:o 1/04 4000 kpl), 4 numeroa
vuodessa, 61. vuosikerta ISSN 0042-9317

ILMESTYMISAIKATAULU / Coming out

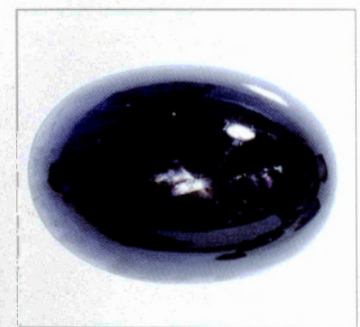
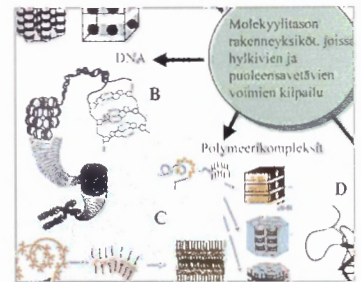
	deadline	postitus
2/2004	7.4.	1.6.
3/2004	24.6.	26.8.
4/2004	13.10	18.11.



- 3 Jyrki Juusela: Kohti korkeamman jalostusarvon tuotteita
- 5 Bo-Eric Forstén: Rahalla lyödään rahaksi
- 10 Olli Ikkala: Teknillisen korkeakoulun uusien materiaalien keskus
- 12 Krister Söderholm: Kaivannaisteollisuuden trendejä, näkymiä ja uhkakuvia
- 17 Raimo Arola, Juhani Orkas: Teräsvalimojen sulaproessi hallintaan
- 20 Juha Janko: Onko tekniikka tiedettä?
- 24 Ilmo Kukkonen: Suomen kallioperän seismiset heijastusluotaukset saatiin päätökseen
- 28 Mikko Tontti, Antero Hakapää: FEM - FennoScandian Exploration & Mining Conference in Rovaniemi
- 30 Apurahoja ja tunnustuspalkintoja
- 31 Gold Nugget Rewards
- 32 Antti Saarelainen: Ydinjätteiden loppusijoituspaikan tutkimuskairauksista

Tiede & Tekniikka 35-51

- 36 Olli Ikkala: Nanoteknologiasta mahdollisuuksia uusiin ja älykkäisiin materiaaleihin
- 43 Nora Schreithöfer, Kari Heiskanen: Kuplien ja partikkeleiden välisten voimien mittaaminen
- 48 Outi Söderberg, Veikko Lindroos: Aktiivisista muodonmuuttajamateriaaleista koneiksi?
- 52 Juho Hukka: Kordieritti
- 54 Metallurgian mahdollisuudet -loppuseminaari
- 55 Vapaa kynä
- 56 Raimo Matikainen: 19. World Mining Congress
- 56 Eila Karhu: Muotokuvan paljastus
- 57 Alan maailma
- 58 Alan Akatemia



Inside Out 59-62

- 59 Antero Hakapää: Nuoren jäsenen stipendi; Vuorimiespäivät 2004
- 60 Jari Honkanen: Kaivosjaoston syysretken kuva- ja esitysmateriaali kotisivuilla
- 60 Jarkko Fredriksson: Metallurgijaosto esittäytyi Lappeenrannan teekkareille
- 61 Heikki Pekkarinen, Harri Lehto: Rikastus- ja prosessijaoston kuulumisia
- 62 Anja Korhonen: Pikkujoulu ja sielun peili (Vuorinaiset);
- 62 Ulla Riitta Lahtinen: Uusia jäseniä; Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöitä 2003
- 63 Palveluhakemisto
- 64 Joukko Tosikkoja



Kohti korkeamman jalostusarvon tuotteita

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen ry:n perustamisesta tuli tammikuussa kuluneeksi 61 vuotta ja vain muutamaa kuukautta nuorempi on yhdistyksemme lehti Vuoriteollisuus – Bergshanteringen. Lehden tavoitteena on alusta alkaen ollut toimia tiedotuskanavana alan teollisuutta, tieteellistä tutkimusta ja teknistä kehitystä koskevilla asioilla ja edistää jäsenistön keskinäistä kanssakäymistä.

Sodan ja sodan jälkeisen ajan tilanteesta alan teollisuus on kehittynyt huimin askelin ja samalla yhdistyksemme toimiala ja jäsenkunta ovat muuttuneet ja kasvaneet. Alkuaikoina toiminnan painopiste oli epäilemättä kotimaisten mineraalisten raaka-aineiden hyödyntämisessä ja kansallisen puolustus- ja huoltovalmiuden ylläpitämisessä. Alan strategista merkitystä kansalliselle puolustuskyvylle kuvaa hyvin, että lehtemme ensimmäiset jatkosodan aikaiset numerot olivat salaisia ja numeroituja kappaleita.

Metallituotannon jalostusketjussa on vuosikymmenien kuluessa menty voimakkaasti eteenpäin. Kuuma- ja kylmävalssattujen metallituotteiden ohella tehdään ns. pitkiä tuotteita eli tankoja ja putkia, katopeltiä, lankaa, hitsauspuikkoja jne. Ehkä kaikkein pisimmälle kehitettyjä tuotteita edustavat suprajohteet, piikiekot ja magneetit, jotka edustavat ns. uusia materiaaleja ja joita hyvällä syyllä voidaan kutsua high-tech-tuotteiksi niiden edellyttämän suuren T&K-panostuksen vuoksi.

Materiaaleilla on ollut hyvin keskeinen merkitys ihmiskunnan kehityksessä. Kokonaisia aikakausia on nimetty materiaalien ja metallien mukaan ja hyvällä syyllä nykyaikaa voitaisiin kutsua "piikaudeksi", niin keskeinen merkitys piin puolijohdeominaisuuksilla on ollut elektroniikka- ja tietotekniikka -teollisuuden kehityksessä. Materiaalitekniikan tarjoamia mahdollisuuksia ei varmaankaan ole vielä likimainkaan loppuun hyödynnetty. Niinpä materiaalitekniikasta on tullut eräs

nykyaikaisen tutkimustoiminnan painopistealueista.

Vuorimiesyhdistyksen hallitus päätti kokouksessaan 7.8.2003, kuukauden tarkkuudella 60 vuotta ensimmäisen Vuoriteollisuuslehden ilmestymisen jälkeen, muuttaa lehden nimeksi MATERIA. Samalla lehden ulkoinen ilmiasu tulee huomattavasti muuttumaan ja sisällön painopiste tulee siirtymään kohti uudempaa materiaalitekniikkaa ja tiedettä. Mielestäni uusi nimi kuvastaa erinomaisesti alamme voimakasta kehittymistä kohti korkeamman jalostusasteen ja -arvon omaavia tuotteita unohtamatta kuitenkaan juuriamme, jotka ovat edelleenkin tiukasti maaperän mineraalisissa rikkkauksissa ja vuorimieshengessä.

Tämä lehden nimen, sisällön ja ulkoisen ilmeen muutos sopivat hyvin yhteen sen voimakkaan muutoksen kanssa, joka on tapahtumassa alan teollisuudessa. Edustamani yhtiö, Outokumpu Oyj, on parhaillaan rakentamassa yhdenmukaista, voimakasta brändiä, joka on paljon enemmän kuin pelkkä uusi logo tai joukko tyhjiä korulauseita. Uusi brändimme heijastaa aiempaa paremmin modernia ja dynaamista Outokumpua. Se vastaa osuvammin haluamme olla paras liiketoiminoissamme. Se lisää houkuttelevuuttamme työyhteisönä ja ennen kaikkea se lähettää asiakkaillemme voimakkaan viestin: kertoo heille keitä me olemme ja miten voimme parantaa heidän liiketoimintaansa.

Tiedän, että monet yhdistyksemme jäsenistä jäävät kaipaamaan vanhaa luotettavaa Vuoriteollisuus – Bergshanteringen-lehteä. Minulle on vakuutettu, että yhdistyksemme lehti tulee nimenmuutoksesta huolimatta edelleenkin valppaasti seuraamaan koko jäsenkuntamme edustamien alojen tapahtumia ja kehitystä unohtamatta pitkä perinteet omaavaa vuorimieshenkeäkään.

Toivotan uudelle MATERIA-lehdelle mitä parhainta menestystä. ▀

Rahapaja eli valtion laitoksena yli sata vuotta melko eristettyä elämää. Sen tekemisistä ei paljon tiedetty eikä kerrottu. Linja muuttui vuonna 1993 kun laitoksesta tehtiin osakeyhtiö. Tänäpäin Rahapaja on korkeateknologiaa hallitseva tuotantolaitos ja moderni liikelaitos, joka kansainvälisesti luetaan alansa edelläkävijöihin. Paras onnistumisen mittari on, että yritys tuottaa voittoa omistajalleen.

Rahalla lyödään rahoiksi

Tekstit: Bo-Eric Forstén Kuvat: Leena Forstén

Rahapaja on kymmenessä vuodessa pystynyt rakentamaan itselleen uuden imagon. Kun yrityksen tuotteet ovat aina olleet sekä tuottajien että kuluttajien mielenkiinnon keskipisteenä julkisuuden saanti ei ole tuottanut vaikeuksia. Yhtiö onkin pääjohtaja Raimo Makkosen johdolla hankkinut toiminnalleen prime aikaa kaikilla kanavilla tasaiseen tahtiin. Samanaikaisesti rahapajan myyntimiehet ovat lähestyneet yksittäistä kuluttajaa suoramarkkinoinnin keinoin. Yhtenä tavoitteena on ollut herättää metsäkansan oravanahkaviettiä uudelleen henkiin. Siinä on myös onnistuttu. Rahapajan liikevaihdosta yli 60 % tulee tänään numismaattisten tuotteiden myynnistä.

“Euron tulon myötä keräilyinnostus on levinnyt koko euroalueella. Keräily ei rajoitu käyttörahaan. Juhlarahojen ja mitalien lyönnistä on tullut tärkeä business. Olemme pärjänneet vähintään kohtuullisesti siinä kilpailussa ja tämä on merkittävästi auttanut meitä täyttämään kysyntäaukkoa käyttörahan puolella. Euroalueella kolikkotarpeen arviointi euron tullessa käyttöön meni kautta linjan pieleen. Joka puolella lyötiin liikaa rahaa ja sen seurauksena markkinoilla on ollut pitkään hyvin hiljaista”, toteaa euromies Raimo Makkonen.

Pahimmin kysynnän yhtäkkinen tyyntäminen on iskenyt aihiovalmistajiin.

“Muutama merkittävä aihiovalmistaja on joutunut heittämään pyyhkeen kehään. Eikä kaikilla rahapajoillakaan ole ollut helppoa. Hintataso on painettu pohjaan ja markkinoille tulevista harvoista kohteista kilpaillaan verisesti”.

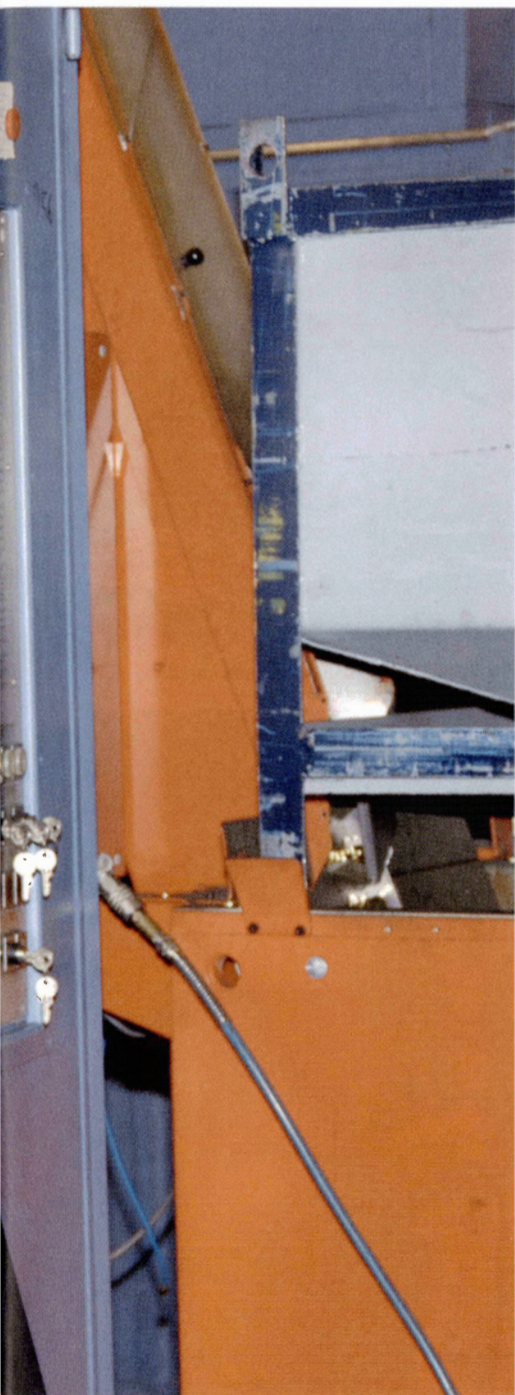
Osakeyhtiömuotoon siirtyminen ja oikeaan osunut ajoitus toiminnan uudistamisessa on Raimo Makkosen mukaan selitys siihen, että Suomen rahapaja tässä kilpailutilanteessa on pystynyt pitämään pintansa ja tekemään tulosta.



Raimo Makkonen
ja kaksi kourallista
2000 dongin
kolikkoja.

”Saimme yliotteen suurimmasta osasta kilpailijoitamme päästessämme suunnittelemaan ja rakentamaan uudet toimitilat tänne Vantaalle. Nousimme kertaheitolla teknisen kehityksen kärkeen, otimme mm. ensimmäisenä rahapajana robottitekniikkaa käyttöön. Olemme säilyttäneet 90-luvun alussa hankkimamme etumatkan soveltamalla jatkuvasti uutta teknologiaa tuotteisiimme ja valmistusprosesseihimme”.

Ensimmäinen tärkeä kehityskohde uudessa pajassa oli bi-tekniikan käyttö kolikoiden valmistuksessa. Tuloksena oli kaksimetallirakenteinen kolikko.



Kolikossa käytetään kahta eri metalliseosta, joiden sähköisten ominaisuuksien pohjalta voidaan määritellä arvoja turvatekijöiksi. Näitä kolikoita on hyvin vaikeaa väärentää.

”Uusi tuote merkitsi tuotannon ja lostusarvon kasvua ja turvanäkökohtidista saimme sopivat myyntiargumentit. Uudistimme tuotantokoneistomme niin, että puolet koneistamme, kuusi kahdestatoista, soveltuvat myös kaksimetallirahan valmistukseen. Vastavanlaista kapasiteettia ei löytnyt kilpailijoitamme. Lähdimme markkinomaan ideaa ja päänaukkena saimme 10 bathin kolikon tilauksen Thaimaasta”, kertoo Raimo Makkonen.

Samaa tekniikka käytettiin kotimaassa kymppissä, joka tuli markkinoille vuonna 1993. Kolikko on kahtena vuonna valittu maailman kauneimmaksi rahaksi.

”Se toimi erinomaisena mallikappaleena päästessäni euron tuloa valmistelemaan kansainvälisen työryhmän jäsenenä puhumaan kaksimetallirahan puolesta. Kaikilla rahapajoilla ei ollut samanlaisia valmiuksia kuin meillä, joten ajatusta tämän tyyppisestä rahasta ei purematta nieltä.”

Lopputulokset eurokolikoiden osalta oli kuitenkin Rahapajan ja Suomen kannalta erittäin myönteinen. Outokummun kehittämää metalliseosta Nordic Gold käytettiin yli puolessa uusista euroista ja konsernin aihiovalmistaja, Nordic Coin toimi monen rahapajan alihankkijana.

”Sentin kolikoissa käytetty kuparoitu teräs ei kestä kulutusta samalla tavalla kuin Nordic Gold. Kolikot eivät säilytä ulkonäköään ja muuttuvat herkästi rumiksi”, kommentoi Raimo Makkonen.

Rahapajojen valmistusprosesseissa ei ole paljon eroavuuksia. Kolikot lyödään erikoiskoneissa, joita valmistaa kaksi yhtiötä maailmassa, molemmat saksalaisia.

”Kilpailuetuja on haettava tehokkuudesta. Me olemme TK-toiminnassamme kiinnittäneet erityistä huomiota taontatyökalujen kestävyys- ja kovuusominaisuuksiin. Koneissa käytettävät työkalut joutuvat melkoiseen rasitukseen. Aihioihin lyödään kuviot samanaikaisesti kummallekin puolelle ja tahti on kova, 13 kolikkoa sekunnissa. Laatuvaatimukset ovat tiukkoja, jäljen pitää olla moitteeton. Työkalujen valmistus on meidän ydinosaamistamme. Se on monivaiheinen prosessi, jossa jokainen vaihe vaikuttaa lopputulokseen”.

Työkaluissa käytetään erittäin kovaa terästä, jonka valmistaminen ei ole jokaisen terästehtaan ohjelmassa.

”Vaikeutena on teräksen hiilipi-



200 dongin kolikot ovat aloittaneet matkansa Vietnamiin.

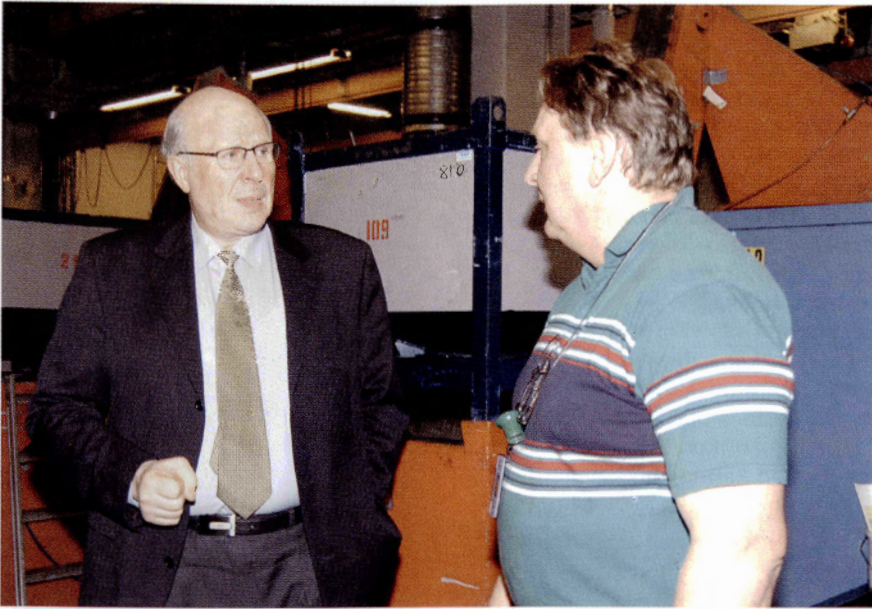
toisuuden nostaminen maksimiinsa. Tavanomaisin sulatuoja seostusmenetelmän voidaan korkeintaan päästä 0,7 prosentin hiilipitoisuuteen. Olemme kokeilleet myös pulveriterästä, jolloin hiiltä on lisätty 2,0 %:iin saakka. Silloin saa mitä haluaa, mutta tämä teräs tulee noin viisi kertaa kalliimmaksi kuin se minkä ostamme tankoina Boehleriltä Englannista”.

Työkalujen kesto vaikuttaa suoraan tuottavuuteen. Jokainen vaihto vie arvokasta ajoaikaa.

”Vaihtotiheys vaihtelee jonkin verran tuotteen mukaan. Työkalut vaihdetaan, jollei ihan päivittäin niin ainakin joka toinen päivä. Meidän pysyvänä tavoitteena on puolittaa vaihtojen määrä. Meillä on vakuumpieriaatteella toimiva erikoiskone pvd-pinnoituslaitteisto, jonka avulla annamme työkaluille kulutusta kestävästi pinnoitteen. Olemme myös kehittäneet oman erikoiskovan timanttipinnoitteen josta odotamme paljon”.

Toinen erikoisuus, johon rahapaja on keskittynyt, on kolikoiden ulkoreunaan upotettavat tekstit ja merkinnät.

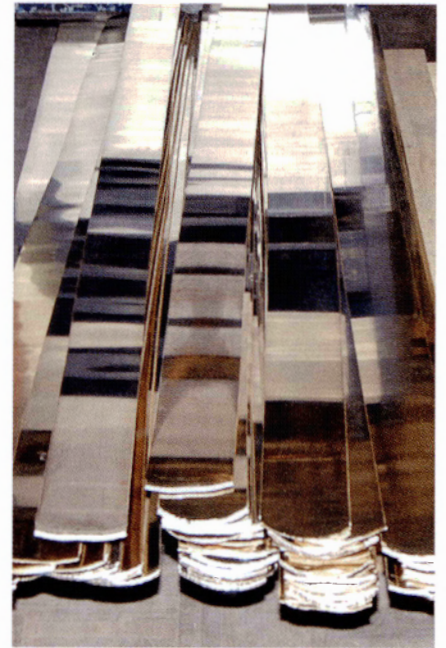
”Vaatii tarkkuutta ja osaamista sijoittaa teksti oikeaan paikkaan ja oikealla tavalla reunaan, joka on noin 1,0 mm levyinen. Ja vielä enemmän ammattitaitoa tarvitaan, että se saadaan pysymään muuttumattomana jokaisessa kolikossa. Sellaisista tehtävistä pidämme. Siihen kilpailukykyämme perustuu”, sanoo Raimo Makkonen. ▶



Raimo Makkonen on tuttu näky tuotannossa. Tässä hän keskustele Jorma Orsen kanssa.



Diamond Proof-menetelmällä lyöty mitall, jossa on käytetty väräkin.



200 kiloa hopeaa siistissä pihossa lattialla.

Dong työllistää

Vantaan Turvalaaksossa vallitsee täystyöllisyys ainakin yhden asukin kohdalla. Rahapajan koneet pyörivät täysillä ja osa käytävistäkin on otettu käyttöön varastotiloina. Ruuhkan aiheuttajana on jättitilaus Vietnamiin. Dongeja lyödään yötä päivää.

"Tehtävänäemme on vuodessa muuttaa 5000 tonnia metallia yhdeksi miljardiksi kolikoksi. Pajamme on suunniteltu 300 miljoonan kolikon vuosituotannolle, joten meidän on ollut pakko turvautua erikoisjärjestelyihin. Olemme mm. palkanneet tilapäistä työvoimaa selviytyäksemme urakasta", kertoo Raimo Makkonen ja huomauttaa, että vallitsevassa markkinatilanteessa tilauksen saanti Suomeen oli saavutus.

"Mitään isoa voittoa tilaus ei tuo, mutta meillä on työllisyys turvattuna."

Vaikein osa toimituksesta taitaa kuitenkin olla edessäpäin.

"Toimitus tapahtuu vapaasti asiakkaan varastossa ja meillä oli jo valmiit suunnitelmat kuljettaa arvolasti junalla Venäjän halki Vladivostokin vapaasatamaan. Asiakas ei kuitenkaan luottanut reitin turvallisuuteen. Meidän mielestämme taas laivakuljetus ei ole sen riskittömämpi. Malakan salmessa ja Etelä-Kiinan merellä saattaa törmätä muuhunkin kuin merenkäyntiin", toteaa

Raimo Makkonen.

Rahapaja on ennenkin toimittanut tuotteensa turvallisesti Kauko-Itään.

"Singaporeen vietiin laivalasti. Maissa oli vastassa tiukat varotoimet. Oli aseistettuja vartijoita ja panssari-ajoneuvoja. Kahdessa tunnissa lasti oli purettu ja rahat turvassa pankin holvissa", muistelee Raimo Makkonen.

Aivan toista reittiä käytettiin kun oli lyöty thaimaalaisia kultarahoja.

"Finnair kuljettaa reittikoneissaan myös jonkin verran rahtia. Varasimme Finnairin Bangkokin reitiltä kaiken ylimääräisen rahtitilan moneksi viikoksi, ja hyvin se toimi".

Viestintäpäällikkö Tarja Virolainen harjoittelee rahoilla istumista.



Metallurgi rahan maailmassa

Tekniikan lisensiaatti Raimo Makkonen, tuore kuusikymppinen, tuli vuonna 1987 Rahapajan toimitusjohtajaksi Ovako Engineeringin johtajan tehtävästä. Tiedustelimme miten metallurgi on sopeutunut rahan maailmaan.

Miten työsi Rahapajassa eroaa entisistä tehtävistäsi terästeollisuudessa?

RM: Mitä johtamiseen, tuotantoon ja teknologiaan tulee ei ole oikeastaan mitään eroja. Markkinoinnin puolella niitä on sitä enemmän. Asiakkaat ovat harvassa. Tavallisesti yksi per maa, joka tarkoittaa sitä, että systeemi on yleensä kerrasta poikki. Ostajan roolissa on yleensä ministereitä tai pankinjohtajia.

Miten sellaista kauppaa käydään?

RM: Kontaktin luominen on tärkein-

tä. Silloin etiketin noudattaminen on ensisijaisen tärkeää. Usein saattaa olla avuksi, jos käyntikortista löytyy titteli President. Henkilökohtaisesti minulla on ollut hyötyä siitä, että olen toiminut Rahapajojen johtajien neuvoston puheenjohtajana. Se on auttanut myymään itseäni ja Suomea. Sen jälkeen on saattanut päästä puhumaan varsinaisesta asiasta. Matkustaminen kuuluu oleellisena osana toimenkuvaan.

Onko sinulla ollut hyötyä teknisestä osaamisestasi?

RM: Ehdottomasti, sekä talon sisällä että kanssakäymisessä asiakkaiden kanssa. Rahapajassa metallurginen tietämys on kiitettävällä tasolla ja muodostaa kehitystyömme pohjan.

Mihin menestyksenne perustuu?

RM: Kasvumme perusta luotiin kun Rahapajasta tuli osakeyhtiö vuonna 1993. Osakeyhtiönä olemme pystyneet harjoittamaan tavanomaista liiketoimintaa samalla kun osalla meidän kilpailijoistamme ei ole ollut siihen mahdollisuutta. Ala on siinä mielessä hyvin heterogeeninen. Huomattava osa maailman rahapajoista on edelleen keskittynyt palvelemaan oman maan tarpeita.

Tarkoittaako se sitä, ettei kilpailua ole?

RM: Ei varmastikaan. Toimijoita vientimarkkinoilla riittää markkinoiden erikoisrakenteeseen nähden. Englannin ja Kanadan rahapajat ovat mielestäni kovimmat tekijät.

Ruotsin ja Norjan rahapajat ovat epäsuorasti Suomen valtion omistuksessa. Miten siinä on onnistuttu?

RM: Rahapaja Oy on kaupat tehnyt. Kaupankäyntiin ei vaikuta se kuka kenet omistaa. On totta, että rahan valmistamiseen liittyy intohimoja. Ruotsalaiset ovat kuitenkin monessa asiassa meitä suomalaisia paljon pragmaattisempia. He ovat yksinkertaisesti todenneet, että me hallitsemme tämän homman paremmin kuin he. Norjassa sen →

Itävalta



Ranska



Belgia

Eurokolikot

Euroalueen maissa on käytössä kahdeksan eri metallirahaa, jotka ovat arvoltaan, 1, 2, 5, 10, 20, ja 50 senttiä sekä 1 ja 2 euroa. Eurokolikoiden arvo puoli on sama kaikissa euroalueen maissa. Tunnuspuolella on kansallinen symboli. Kolikoiden yhteinen arvo puoli on belgialaisen Luc Luyckx'in suunnittelema. Se symboloi Euroopan unionin yhtenäisyyttä.

Yhteensä 56 miljardia eurometallirahaa oli valmiina liikkeeseen laskuun 1.1.2002. Tuotanto aloitettiin euroalueen jäsenmaiden rahapajoissa jo syksyllä 1998, mutta kaikki sinä vuonna lyödyt rahat on varustettu vuosilemmalla 1999.

Yhden ja kahden euron kolikoiden suunnittelussa on kiinnitetty erityistä huomiota väärentämisyrityksiltä suojaamiseen. Kolikoiden kaksimetallirakenteen ansioista niiden väärentäminen on vaikeaa. Kahden euron kolikossa on lisäksi väärentämistä vaikeuttava teksti kolikon reunassa.

Yhden euron kullanvärinen rengas koostuu metalliseoksesta, jossa on 75 % kuparia, 20 % sinkkiä ja 5 % nikkeliä. Hopeanvärisen keskustan sisällä on ohut nikkeli kerros, joka on päällystetty seoksella, jossa on 75 % kuparia ja 25 % nikkeliä. Kahden euron metalliseokset ovat samat niin, että hopeanvärisen renkaan metalliseos sisältää 75 % kuparia ja 25 % nikkeliä. Myös tämän kolikon ydin sisältää ohuen nikkeli kerroksen. Se puolestaan on päällystetty kullanvärisellä metalliseoksella, joka sisältää 75 % kuparia, 20 % sinkkiä ja 5 % nikkeliä.▲



Saksa



Kreikka



Suomi



Portugali



Irlandi



Espanja



Italia



Luxemburg



Hollanti

sijaan prosessi hankaloitui kun poliitikot lähtivät asiaa setvimään. Keskustelu ei kuitenkaan muuttanut tilannetta ja on jo laantunut.

Minkälainen omistaja valtiovarainministeriö sitten on?

RM: Erittäin hyvä omistaja. Meidän on helppoa toimia. Hallituksemme puheenjohtajana on Raimo Sailas. Käsityksemme mukaan hän ja muut hallituksen jäsenet luottavat meihin. Ainakin niin kauan kuin tuotamme tulosta.

Euroista syntyi ylituotantoa. Milloin varastot on syöty?

RM: Eiköhän tilanne vähitellen normalisoidu. Lasketaan, että vuotuinen hävikki kolikoissa on 4-7 %. Kymmenessä vuodessa ainoastaan puolet alkuperäisistä kolikoista on enää kierrossa. Loput löytyvät kotien laatikoista ja pulloista. EU:n laajentuminen tulee varmasti myös synnyttämään uutta kysyntää. Baltian maissa meillä on jo ollut Road Show't liikkeellä.

Onko Ruotsin mukaantuloa myös enakoitu?

RM: Svenska Myntverket toimii Rahapajan back up'ina. Sillä on käytössään sama tekniikka ja samat laatusysteemit kuin meillä Vantaalla.

Miten suuri on väärentämiskriisi?

RM: Riippuu siitä mistä rahasta puhutaan. Ranskassa todettiin vuonna 1986, että puolet liikkeellä olevista 10 frangin kolikoista oli väärennyksiä. Ne olivat peräisin Italiasta. Euroihin ei juuri ole isketty. Niiden väärentäminen on taitavallekin yrittäjälle liian työlästä ja vaikeaa. 50-centin kolikot ovat sen sijaan saaneet kellarisorvit pyörimään jossakin määrin.

Mitä tekee rahan turvalliseksi?

Raimo Makkonen esittelee Rahapajan pud-pimontuslaitteistoa.

RM: Korkea laatu on paras turva. Laatua on vaikea matkia. Kaksimetallirahoissa turvallisuusteknologia on hui pussaan ja sitä sovelletaan yhä useampaan rahaan. Eri metallikerrokset jottavat sähköä eri tavalla. Se on mitattava ominaisuus. Sellaisia ovat myös muoto, paino ja magneettinen momentti.

Miksi Suomen eurokolikoilla on kova kysyntä Keski-Euroopassa?

RM: Saksassa on maksettu peräti 35 euroa suomalaisesta yhden centin kolikosta. On otettava huomioon, ettei Suomi sijaitse aivan Euroopan keskelä eikävätkä suomalaiset ole tuhlaajakansa. Suomalaisia kolikoita on vähän. Keräilyinnostus on kuitenkin kasvanut koko euro-alueella, myös Suomessa. Se on meille mieleen.

Miten Suomen päätös jättää pienimmät kolikot käyttämättä otettiin vastaan teillä?

RM: Päätös tuli melko myöhäisessä vaiheessa ja jouduimme jonkin verran muuttamaan toimintasuunnitelmiamme. Onneksi emme olleet ehtineet lyöä kuin osan näistä kolikoista. Niitä on silti 20 miljoonaa kappaletta.

Miksi suomalaiset eivät välitä pikkukolikoista?

RM: Ehkäpä siksi, että luottokorttien käyttö meillä on melko yleistä. Suomalaisen vastakohtana ovat saksalaiset jotka käyttävät käteistä korttien sijaan ja silloin pienetkin kolikot kelpaavat. Isompien kolikoiden kohdalla suomalaiset pitävät pintansa käyttäjinä. Raha-automaattiyhdistyksen peliautomaatit ovat hyvin suosittuja. Lasketaan että 80 % liikkeellä olevista kolikoista on käynyt jonkun automaatin läpi.▲

Rahapajan vaiheet

Päätös Rahapajan perustamisesta tehtiin vuonna 1860 ja tuotanto alkoi syksyllä 1864 Helsingin Katajanokalla. Ensimmäinen tuotantoerä oli 30 000 kappaletta yhden pennin rahoja Suomen Pankille. Rahapajan ensimmäisenä johtajana toimi August Fredrik Soldan.

Vuonna 1951 Rahapaja löi Suomen ensimmäisen juhlarahan ja maailman ensimmäisen modernin olympiarahan Helsingin olympialaisten kunniaksi. Sen jälkeen rahapaja on lyönyt 48 muuta virallista juhlarahaa.

Rahapajan muutto Katajanokalta uusiin tarkoituksenmukaisiin toimitiloihin Vantaalle vuonna 1989 merkitsi uuden jakson alkua rahapajan tuotekehityksessä ja liiketoiminnassa. Rahapajan muuttuminen osakeyhtiöksi vuonna 1993 avasi suomalaiselle rahanlyöntiosaamiselle lopullisesti tien maailmanmarkkinoille.

Rahanlyöntitekniikan kehittämisessä Rahapaja on edelläkävijä Euroopassa. Rahapaja on ensimmäisenä maailmassa ottanut käyttöön lyöntitekniikan, joka perustuu timanttipinnoitteella varustetun työkalun käyttöön. Tämän patentoidun Diamond Proof -menetelmän avulla rahoille pystytään antamaan poikkeuksellisen kiiltävä pinta.▲

Rahapaja-konserni

Emoyhtiö Rahapaja Oy vastaa yhdessä Ruotsin Eskilstunassa toimivan rahapajan, Svenska Myntverket'in ja Norjan Kongsbergissä toimivan rahapajan, Den Kongelige Mynt'in kanssa itse rahanvalmistuksesta. Sen lisäksi konserniin kuuluvat Nordic Coin Oy, Oy Nordic Moneta Ab ja Rahapaja Insigna Oy. Vuonna 2002 konsernin liikevaihto oli 97 miljoonaa euroa ja liikevoitto 24,2 miljoonaa euroa. Numismaattisten tuotteiden osuus liikevaihdosta on viime vuosien aikana kasvanut voimakkaasti ja ylittää jo 60 %. Konsernin palveluksessa on 200 henkilöä, joista noin 80 työskentelee konsernin pääpaikassa Vantaan Turvalaaksossa.



Rahapaja Oy

Rahapaja Oy on Suomen valtiovarainministeriön kokonaan omistama osakeyhtiö. Yhtiömuoto takaa Rahapajalle itsenäisen toiminnan markkinoilla. Rahapajan muuttuminen valtion virastosta osakeyhtiöksi tapahtui vuonna 1993. Voimakastahtoisen kättilön, valtiovarainministeri Iiro Viinasen, ansiosta asian poliitikkojen riveissä herättämä muutosvistarinta jäi lyhytaikaiseksi. Yhtiömuoto on mahdollistanut Rahapajan itsenäisen toiminnan ja antanut sille kilpailuvaltin markkinoilla, joilla suuri osa toimijoista on toimintatavoiltaan vanhoillisia ja hidasliikkeisiä.

Rahapaja on yritysostoin merkittävästi vahvistanut markkina-asemaansa. Sen lisäksi, että Rahapaja Oy lyö kaikki Suomen rahaliikenteeseen tulevat metalliset rahat se on aktiivinen toimija kansainvälisillä markkinoilla. Vientiä on noin 40:ään maahan.

Svenska Myntverket

Svenska Myntverket on toiminut konsernin osana vuoden 2002 alusta. Esikilstonassa toimiva rahapaja valmistaa Ruotsin metalliset käyttörahat sekä vi-

ralliset juhlarahat. Rahanlyönnissä sillä on vuosisataiset perinteet. Rahapaja omistaa Svenska Myntverketin puoliksi yhdessä EuroCoin AG:n kanssa.



Den Kongelige Mynt

Norjan rahapaja, Den Kongelige Mynt, tuli osaksi konsernia heinäkuussa 2003 kun Norjan Pankki myi DMK:n Suomen Rahapajalle ja norjalaiselle Samlerhuset AS:lle. Kumpikin omistaa 50 % osakkeista. Samlerhuset on erikoistunut keräilyrahojen suoramarkkinointiin ja on alansa markkinajohtaja useassa Euroopan maassa.

Den Kongelige Mynt perustettiin jo vuonna 1686 ja se valmistaa Norjan viralliset käyttö- ja juhlarahat sekä mitalit.

Nordic Coin

Nordic Coin Oy keskittyy käyttörahojen ja juhlarahojen aihoiden sekä nii-

hin liittyvän teknologisen tietotaidon myyntiin ja markkinointiin. Rahapaja Oy omistaa yhtiöstä puolet. Toisena omistajana on merkittävä saksalainen aihiovalmistaja EuroCoin AG. Nordic Coin tarjoaa asiakkailleen kokonaispalvelua, jossa yhdistyvät raaka-aineiden tuntemus sekä aihiovalmistuksen ja rahalyöntitekniikan osaaminen.

Oy Nordic Moneta Ab

Yhtiö markkinoi numismaattisia tuotteita. Sen liiketoiminta kattaa juhlarahat sekä muut keräilyarvoa omaavat erikoisrahat ja rahamitalit. Rahapaja omistaa yhtiön osakkeista puolet. Yhteistyökumppanina on Samlerhuset A/S.

Rahapaja Insigna Oy

Rahapaja Insigna Oy syntyi kesäkuussa 2002 Rahapajan osteltua Merkkikeskus Oy:n liiketoiminnan. Yhtiön liikeidea perustuu merkki-, mitali- ja liikelahjatuotantoon. Sen asiakaspiiriin kuuluvat mm. ritarikunnat, julkishallinto, puolustusvoimat, kauppamarrit, järjestöt ja liitot, urheiluseurat sekä yritykset. ▀

Miranet

MINING DRILLING EXPLORATION

PUH. +358-(0)9-801 9671
www.miranet.fi



Teknillisen korkeakoulun uusien materiaalien keskus

UMK

Taustaa

Uusien materiaalien keskus (UMK) on Teknillisessä korkeakoulussa (TKK) materiaalitieteen tutkimustyötä harjoittava osastojen välinen yhteinen tutkimusinstituutti. Keskuksen toiminnan tavoitteena on edesauttaa korkeatasoista poikkitieteellistä ja teknisiä sekä luonnontieteellisiä aloja yhdistävää tutkimusta. UMK:n erityinen rooli on toimia tutkimuksen "katalysaattorina" ja toimeenpanijana. UMK ei pyri kilpailemaan osastojen tutkimuksen ja koulutuksen kanssa, vaan avaamaan uusia poikkitieteellisiä mahdollisuuksia ja toteutuskanavia.

Viimeistään 1990-luvulla ja vuosituhatvuotensa vaihteessa monissa yliopistoissa oli havahduttu siihen, että materiaalitutkimuksen asetelmat olivat nopeasti muuttumassa nk. nanotieteiden ja -teknologian vahvana esiinmarssina. Myös TKK:ssa lähdettiin tutkimaan mahdollisuutta perustaa uusi, poikkitieteellinen materiaalitutkimuksen keskus. UMK:n perustamisessa oli prof. Veikko Lindroosilla keskeinen osuus. Alkuperäisten hieman kapeamman toimialamäärittelyn jälkeen vahvistui nopeasti käsitys, että UMK voi tarjota poikkitieteellisen foorumin, jollaista kehittyvä korkeakoulu tarvitsee.

Toiminnasta

UMK:n toiminta käynnistyi varsinaisesti vuoden 2001 lopussa. Sen johdokuntaan kuuluvat professorit Risto Nieminen (pj), Kari Heiskanen (vpj), Veikko Lindroos, Jukka Seppälä, Ilk-

ka Tittonen ja Olli Ikkala sekä teollisuuden edustajina varatoimitusjohtaja Asko Vehanen/Okmetic Oyj sekä tutkimusjohtaja Lars Gädda/M-Real Oy. UMK:n johtajaksi valittiin professori Olli Ikkala, ja käytännön toimintaa koordinoivat ja organisoivat FT Riikka Mäki-Ontto, TkL Sami Valkama ja TkL Eero Haimi. Tällä hetkellä jäsenlaboratorioita on 18.

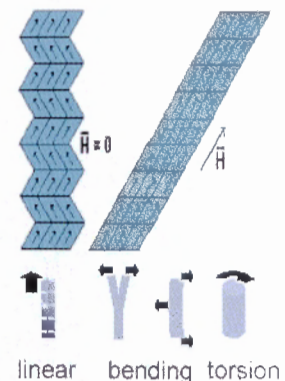
Toiminnan alkuvaiheen tärkein tehtävä on ollut uusien osastojen välisten materiaalitutkimuksen hankkeiden ideointi ja käynnistäminen. Tällä hetkellä UMK:n tutkimushankkeet liittyvät mm. nanotieteeseen, nanopartikkeleihin, hiilen nanoputkiin, itse-organisoihiin nanorakenteisiin, pintojen materiaalitieteeseen ja muistimetalleihin. Kombinatorinen materiaalitiede, robotiikka sekä puukuitujen

poikkitieteellinen materiaalitiede ovat vahvasti nousemassa. Vuonna 2003 muodostettiin nanopartikkeleja ja hiilen nanoputkia käsittelevä TKK:n ja VTT:n yhteishanke. Se on TKK:n osalta suoraan UMK:n alaisuudessa (tutkimusprofessori Esko Kauppinen ryhmään). Samanaikaisesti nanomateriaalien tutkimusresursseja on parannettu uusilla mikroskooppihankinnoilla (TEM-hankinta ja AFM-laitteistojen ajanmukaistus).

Toistaiseksi UMK:n projektit ovat olleet normaalin TEKES-projektien laajuisia. Jotta toimintaa voidaan laajentaa, tavoitteena on luoda suurempia rahoituskokonaisuuksia. Olemme viimeisen vuoden aikana valinneet yleisratkaisuksi liittoutumisen ja verkottumisen. Kaksi suurta hanketta on vireillä.

Magneettiset muistimetallit

- **Laboratoriot: Metall- ja materiaalioppi (V. Lindroos et al), Lääketieteellinen tekniikka (T. Katila et al), Fysiikka (R. Nieminen et al)**
- **Ferromagneettinen martensiittinen lejeerinki NiMnGa**
 - Nopea ja suuri muodonmuutos, jopa 10 % magneettikentän avulla
- **Ullakko et al., O'Handley et al., James and Wuttig et al.**
- **Aktiivimateriaalit, sensorit, aktuaattorit**



Nanotieteiden ja -teknologian kolmikantasopimus Otaniemen kampuksen (TKK ja VTT) ja Jyväskylän yliopiston välillä

UMK:n kehitymiselle on eduksi liittoutua kansallisesti, jotta luodaan riittävät yhteiset voimavarat kansainvälisen kilpailukyvyyn varmistamiseksi. Vaihtoehtojen tarkastelussa osoittautui, että Jyväskylän yliopistolla on nanoteknologiassa Otaniemen kampuksen osaamiseen nähden useita vahvuuksia, esimerkiksi molekyylimateriaaleissa, sensoreissa ja biomateriaaleissa. Otaniemen kampuksen erityisiä vahvuuksia ovat esimerkiksi elektroniikan prosessit ja materiaalit, laskennallinen nanotiede, funktionaaliset materiaalit, nanopartikkelit ja -putket, polymeerit, bio-orgaaninen kemia, robotiikka, puukuidut ja -prosessit sekä organisoituvat proteiinit. Kesäkuussa 2003 allekirjoitettiin "kolmikantasopimus" Otaniemen kampuksen (TKK ja VTT) ja Jyväskylän yliopiston kesken. Sen mukaisesti osapuolet pyrkivät osaltaan edesauttamaan laajan kansallisen nanotekologiaohjelman käynnistämistä. Tämän työn konkretisointi on parhaillaan käynnissä.

Nano-Helsinki

UMK:ssa on todettu myös tarve tiivistää yhteistyötä Helsingin yliopiston (HY) suuntaan. TKK/HY-akseli toimii jo nyt tutkijoiden verkostoitumisena, mutta ilman virallisempaa väylää. Culminatium Oy ja Aktiivimateriaalien ja mikrosysteemien osaamiskeskus toimivat katalysaattorina Nano-Helsinki-hankkeelle, jonka tavoitteena on yhdistää Helsingin seudun nanoteknologiahankkeet yhteisen sateenvarjon alle. Tämä työ on vastikään alkanut ja yhteistyön laatimiseen osallistuu ennennäkemättömän laaja verkosto tutkimuslaitoksia ja organisaatioita, mm. TKK, HY, VTT, Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupungit, Culminatium Oy, Uudenmaan liitto, sekä TEKES. TkT Runar Törnqvist on vastikään palkattu hankkeen vetäjäksi.

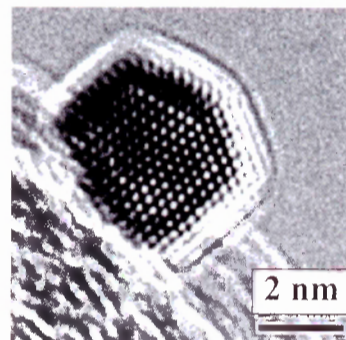
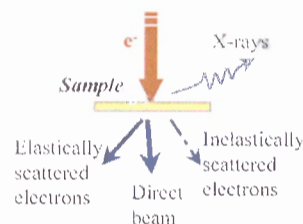
Oheiset kuvat esittävät joitakin UMK:n tämänhetkisiä hankkeita, mutta uskomme, että monia uusia hankkeita nousee tulevaisuudessa. Tämä lyhyt kuvaus riittääköön esittelemään UMK:n tavoitteita kasvaa yhteistyössä muiden kansallisten osaajien kanssa kansainvälisen tason merkittäväksi funktionaalisten materiaalien ja nanoteknologian toimijaksi. ▶

Nanohiukkastutkimus

- E. Kauppinen et al (yhdessä UMK ja VTT)
- Tekniikat
 - Mikroskopia: HREM, STEM (BF, ADF), EFTEM, röntgen
 - Diffraktio: SAED, Nanodiffraktio
 - Spektroskopia: EDS, EELS
- Sovellutukset
 - Hiukkasten morfologia ja rakenne
 - Pintarakenne
 - Diffuusio rajapinnoilla
 - Fullerenit ja nanoputket
 - **Lääketieteelliset sovellutukset**
 - **Sähköisesti ja optisesti aktiiviset materiaalit**

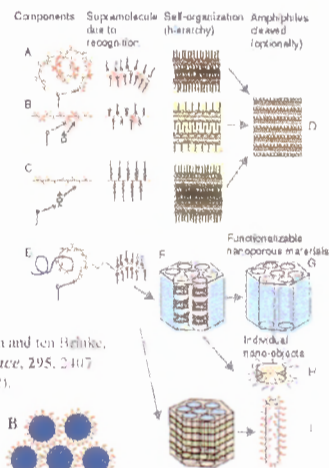


Philips CM200FEG TEM/STEM

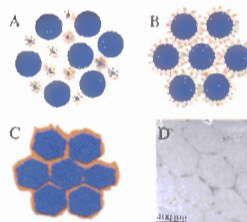


Orgaaniset nanomateriaalit

- O. Ikkala and J. Ruokolainen et al
- Funktionaaliset ja ohjattavat materiaalit perustuen polymeerien ja supramolekyylien itse-organisaatioon
 - Johdepolymeerit
 - Luminoivat polymeerit
 - Funktionaalinen huokoisuus
 - Fotonikiteet
 - Bio-synteettiset hybridit
- TEM
- Yhteistyö: Groningen, Max-Planck, Helsinki, Tampere, Jyväskylä, VTT/Bio, VTT Mikroelektronikka



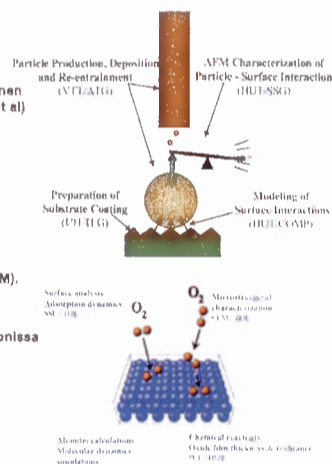
Ikkala and ten Hellema, *Science*, 295, 2497 (2002).



Mezzenga, Ruokolainen, Fredrickson, Kramer, Moses, Heeger, Ikkala. *Science*, 299, 1872, (2002)

Pintatiede

- TKK/UMK:n oma hanke (E. Kauppinen et al), Fysiikka (P. Hautajärvi ja R. Nieminen et al), Fysikaalinen kemia (K. Kontturi et al), Mekaaninen prosessi- ja kierätystekniikka (K. Heiskanen et al)
- VTT (D. Brown ja J. K. Jokiniemi et al)
- HY/Kemia (M. Leskelä et al)
- TTY/Fysiikka (M. Valden et al), Materiaalit (T. Lepistö et al)
- Oulu/Kemia (K. Laasonen et al)
- Uudet tekniikat
 - Pinnan modifiointi
 - Puhtaat pinnat
 - Hiukkasten ja pintojen väliaikat voimat (AFM).
 - Metallipintojen hapettuminen
- Sovellutukset
 - Pinnolla olevat hiukkaset tärkeitä monissa sovellutuksissa.
 - Sensorit
 - Lääkeaineen vapautus
 - Integroidut piirit
 - Katalyytit





Suomen kaivannaisteollisuudesta on sekä hyvää että huonoa kerrottavaa. Tilastojen valossa trendit ja näkymät ovat lupaavat, mutta selviä uhkiakin on: Natura 2000-verkosto, EU:n valmisteilla oleva kaivannaisjätedirektiivi sekä alaa kohtaan turhan yleisinä esiintyvät ennakkoluulot, harhakuvat ja negatiiviset asenteet.

Kaivannaisteollisuuden trendejä, näkymiä ja uhkakuvia

Kaivannaisteollisuusyhdistyksen (KTY) iltapäiväseminaarissa Helsingissä oli aiheena "Miten varmistetaan kaivannaisteollisuuden elinkelpoisuus Suomessa?" Seminaarissa kävi selvästi ilmi, että yhteistyön parantamiseen on runsain mitoin potentiaalia käyttämättä. Näkemyserot olivat yllättävän suuret. Kirjoitus perustuu seminaarissa pidettyyn esitelmään ja sitä on lyhennetty senkin takia kun edeltäjäni, ylitarkastaja Heikki Vartiainen Vuoriteollisuuslehden numerossa 2/2003 käytti osittain samoja kuvia ja tilastoja.

Jatkuuko etsintätoiminnan positiivinen trendi?

H. Vartiainen keväällä 2003 esittämä etsintävolyymin pitkän aikavälin trendi pysyi hyvänä vuoden loppuun. Ennen vuotta 1995 Suomessa vallitsi tietty konsensus eikä varsinaista kilpailua ollut. Suomen avauduttua todelliselle kilpailulle nähtiin vuonna 1995 kaikkien aikojen ryntäys Suomeen, valtaajina toimivat silloin lähinnä ulkomaiset yhtiöt. Siitä kiinnostus ja aktiviteetti hiipui jonkin verran aina vuoteen

1999 asti, minkä jälkeen trendi on ollut hitaasti nouseva.

Kansainvälisesti malminetsintään huippu nähtiin vuonna 1997, kun maailmassa käytettiin malminetsintään yhteensä noin 5 miljardia dollaria. Tätä huippuvuotta seurasi selvä laskeva trendi siten, että vuonna 2002 käytettiin enää noin 1,9 miljardia dollaria. Ruotsissa samanlainen laskeva trendi alkoi vuonna 1999, sen sijaan Suomessa ei laskevaa trendiä ole koettu. Vuonna 2002 Suomessa käytettiin etsintään noin 41,5 miljoonaa euroa ja lupaavaa kyllä, timanttikairauksen määrässä tehtiin vuonna 2002 kaikkien aikojen ennätys, kairattiin yhteensä noin 179 km. Lukuun sisältyy parin ison kaivosprojektin inventointikairaukset. Timanttikairauksen määrän on kansainvälisesti todettu korreloivan positiivisesti uusien löytöjen kanssa.

Vuoden 2003 etsintävolyymista ei vielä voida sanoa mitään varmaa, tilastot valmistuvat vuoden 2004 alussa. Valtausten määrässä ei vuoden 2003 aikana tapahtunut selvää trendikäännettä. Syyskuun 2003 puolessa välissä oli voimassa 1851 valtausta, sisältäen

390 huuhtontakultavaltausta Lapissa. Sekä valtausten määrässä että etsintävolyymissa tulee nyt kuitenkin, ainakin tilapäinen pudotus valtausten määrässä, osittainen syy siihen selviää seuraavasta kappaleesta. Vuoden 2004 alussa on tullut paljon uusia valtaushakemuksia.

Vuonna 2003 koettiin Suomessa suuria yritysjärjestelyjä

Etsijöiden ryntäyksestä Suomeen 1990-luvun puolessa välissä vastasivat jo suureksi osaksi ulkomaiset yhtiöt. Tämä kehitys on jatkunut saavuttaen, ainakin toistaiseksi huippunsa vuonna 2003. Kaksikymmentä vuotta sitten suurimmat valtausten haltijat olivat Outokumpu Oy, GTK, Oy Lohja Ab, Rautaruukki Oy, Oy Partek Ab, Malmikaivos Oy, Kemira Oyj, Ruskealan Marmori, Juuan Dolomiittikalkki Oy ja Kajaani Oy. Vuoden 2004 alussa suurimmista vain kahdella ensimmäisellä on enää valtauksia. Mitä on siis tapahtunut?

Malminetsintään lopettaneiden lista on pitkä, tässä vain tärkeimmät: Rautaruukki Oyj, Kajaani Oy, Kemi-

Taulukko 1. Toiminnassa olevien kaivosten lukumäärät ja louhinnan volyymit 2001 ja 2002
Table 1. The amount of mines and quarries, and the volume of mining in 2001 and 2002

	2002	2001	Muutos 2001-2002
Malmikaivoksia toiminnassa	4	4	0
Louhitut malmitonnit yhteensä	3 185 150	2 940 334	+244 816
Kalkkikaivoksia toiminnassa	17	16	+1
Louhitut hyötykivitonit yht.	3 743 157	4 060 373	-317 216
Muita kaivoksia toiminnassa	16	17	-1
Louhitut hyötykivitonit yht.	10 903 485	10 870 464	+33 021
Kaivoksia yhteensä	37	37	0
Louhitut hyötykivitonit yht.	17 831 792	17 871 171	-39 379

joki Oy, Oy Lohja Ab ja Malmikaivos Oy. Kemira ja Nordkalk (ennen Partek) eivät enää aktiivisesti etsi uusia esiintymiä, teollisuusmineraalien etsinnästä Suomessa vastaa ennen kaikkea GTK.

Suurimmat muutokset vuonna 2003 koki Outokumpu Oyj. Boliden Mineral Ab osti Outokumpu Oyj:n sinkkidiivisioonan, sisältäen Kokkolan sulaton, Oddan sulaton Norjassa sekä Taran sinkkikaivoksen Irlannissa. Edelleen Boliden ostaa Harjavalta Metalsin, sisältäen Harjavallan kuparisulaton ja Porin elektrolyysin. Outokumpu Oyj:lle kaupassa siirtyy Bolidenin kuparituotteiden muokkausyksiköt sekä Contech-yksikkö, teknologian myyntiyhtiö. Yritysjärjestelyn toteututtua Outokumpu Oyj omistaa 49 prosenttia "New Boliden"-yhtiöstä. Kemin kromikaivos jatkaa tärkeänä osana Outokumpu Stainlessia. Myös Hituran nikkeli- ja kuparikaivos jatkaa toistaiseksi Outokumpun lipun alla.

Yritysjärjestelyt eivät kuitenkaan loppuneet tähän, sillä emoyhtiö Outokumpu Oyj:n strategian mukaisesti myytiin muutakin. Osakkuus APP-projektissa myytiin pääosakkaalle Gold Fieldsille. Australialainen pörssi-yhtiö Dragon Mining NL osti syksyllä 2003 Outokumpu Mining Oy:lta Oriveden kultakaivoksen, Vammalassa sijaitsevan rikastamon, Outokumpu Miningin omistamat jalometalliaiheet, tärkeimmät jalometallikaivosprojektit ja valtaukset. Dragon Mining NL toimii Suomessa tytäryhtiönä Polar Mining Oyn kautta.

Näkyvin muutos toimialalla on ehkä

kuitenkin Outokumpu Oyj:n kahden sulaton, Harjavallan ja Kokkolan, siirtyminen "New Boliden"-yhtiön omistukseen. Näillä kahdella yhtiöllä on nyt eri tähtäin: "New Boliden" keskittyy jalostusketjun alkupäähän: etsintään, louhintaan ja sulatukseen, Outokumpu Oyj taas keskittyy saman ketjun loppupäähän: metallien jatkojalostukseen sekä teknologian myyntiin.

Viime vuosina merkittävästi kasvanut Tulikivi Oyj osti loppuvuodesta vuolukivi-uuneja valmistavan Kivia Oy:n, joka jatkaa Tulikivi-konsernin tytäryhtiönä.

Vuoden 2003 aikana Suomessa tapahtuneet yritysjärjestelyt ja muut toimintaympäristön muutokset ovat johtaneet siihen, että etsinnästä vastaavat GTK:n lisäksi lähinnä ulkomaiset yhtiöt, tosin yleensä suomalaiset vastaavat käytännön töistä. Toinen näkyvä muutos on se, että kaivokset Suomessa ovat entistä useammin ulkomaisten yritysten omistamia. Tästä on hyvä esimerkki Pyhäsalmen kaivos, joka jatkaa erinomaista kehitystään, nyt Euroopan syvimpänä kaivoksena kanadalaisen Inmet Miningin omistamana.

Louhinta on hitaassa kasvussa – päinvastoin kuin kuvitellaan

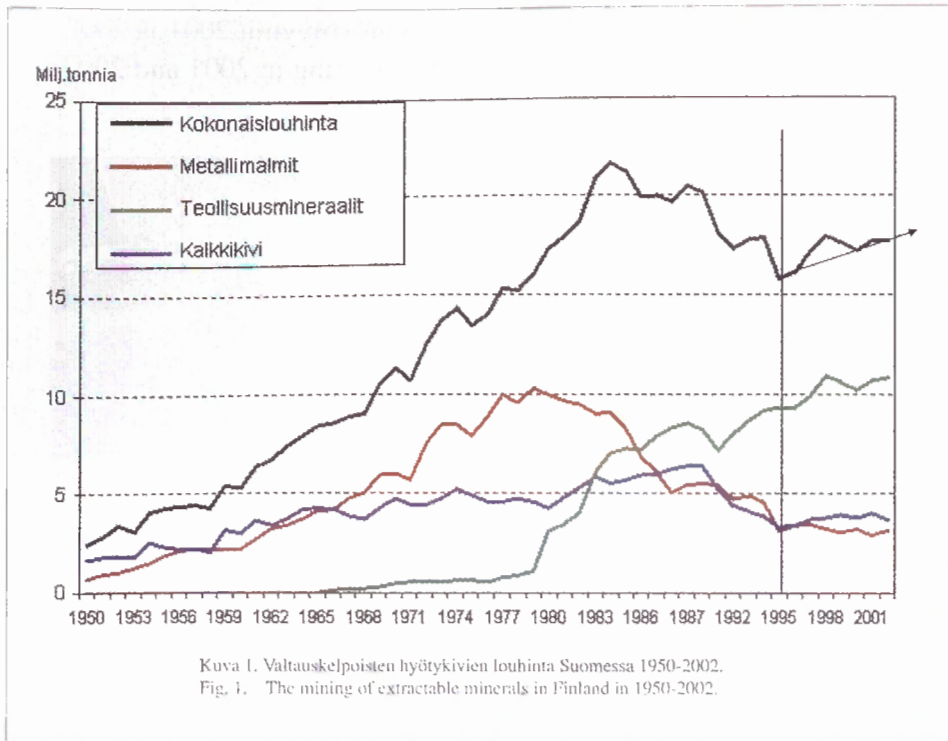
KTM:n tilastoimien valtauskelpoisten kaivoskivennäisten yhteenlaskettu louhintavolyymi oli suurimmillaan 1980-luvun alkupuolella, minkä jälkeen alkoi hidas trendi alaspäin, **kuva 1**. Huonommin tunnettu tosiasia on, että vuonna 1995 alkoi louhinnan volyymin

sa hidas ja siitä lähtien jatkonut trendi ylöspäin.

Valitettava tosiasia kuitenkin on, että metallimalmien louhinnassa huippuvuodet olivat noin 25 vuotta sitten, mistä on selvästi tultu alas. Metallikaivoksia on nyt tuotannossa neljä. Oriveden kultakaivoksen tuotanto keskeytettiin vuoden 2003 lopussa malmivarojen ehtyessä, malminetsintä jatkuu. Pah-tavaaran kultakaivoksen tuotanto on tauon jälkeen käynnistynyt, nyt Scanning Oy:n omistuksessa.

Suomessa on monipuoliset raaka-ainevarat. Metallimalmien hiipumisen on kompensoinut teollisuusmineraalien jo 1970-luvun lopussa alkanut vakaa kasvu, ks. kuva 1. Kaivoksia oli vuoden 2002 lopussa 37, eli saman verran kuin vuotta aiemmin. Samoin louhinnan volyyymi pysyi lähes muuttumattomana, ks. **taulukko 1**. Myös kiviteollisuus voi Suomessa kohtalaisen hyvin. Raaka-ainepohja on vielä osittain kartoittamatta mutta sekä viennin kasvattamiseen että jalostusasteen nostamiseen on selvää potentiaalia. Juukaan kesällä 2003 avattu Kivikeskus, kaikkine siihen kuuluvine tutkimus- ja kehitysmahdollisuuksineen, on hyvä osoitus kiviteollisuuden tulevaisuudenuskosta ja alan toimijoiden hyvästä yhteistyöstä. Aivan syystä kiviteollisuus ja KTM ovat sopineet, että vuosi 2004 on Kiven Vuosi.

Yhteenvetona voidaan todeta, että väitteet malminetsinnän ja kaivostoi-minnan hiipumisesta Suomessa ovat suurimmaksi osaksi perättömät, vain metallimalmien louhinnan kohdalla väite pitää paikkansa.



Mikä houkuttelee ulkomaisia etsijöitä Suomeen?

Tyhjentävää vastausta tähän voidaan tuskin antaa, todennäköisesti kiinnostus on monen tekijän summa. Viime vuosina Suomen malmipotentialia on menestyksellisesti markkinoitu mm. vuosittain pidettävässä PDAC-konventissa Torontossa, samoin joka toinen vuosi FEM-konferenssissa

(Fennoscandian Exploration and Mining Conference) Rovaniemellä sekä varsinkin viime vuosina Brysselissä. FEM 2003-konferenssiin Rovaniemellä joulukuussa 2003 osallistui 321 osanottajaa 20sta maasta. Siellä todettiin, että Suomessa useat lupaavat kaivosprojektit etenevät, metallien hinnat ovat nousussa, optimismi on palannut ja näkymät ovat kokonaisuudessaan lupaavat.

Oman tärkeän panoksen-
sa promovointityössä ovat antaneet mm. GTK, Pohjois-, Keskipohjanmaan- ja Itä-Suomen liitot sekä KTM. Uutta aikaisempaan on se, että Fennoskandian kilven tarjoamaa hyvää potentiaalia (kuva 2) on määrätietoisesti pidetty esillä ja on muistutettu etsijöitä kuvan 2 tosiasioista: meillä on samat kivilajit ja malmit kuin esim. Kanadassa, ja Suomessa on suhteessa panostettu vähemmän malminetsintään kuin muualla.

Hyvät uutiset ja keuhut eivät vielä tähän lopu. Ulkomaisten etsijöiden paluuteesta päätellen tärkeinä seikkoina on pidetty mm. GTK:n hyvää kilpailukykyä ja sen geodatan laatua ja määrää, johon merkittävänä lisänä on tulossa Outokumpu Oyj:n yli 50 vuoden aikana keräämä informaatio

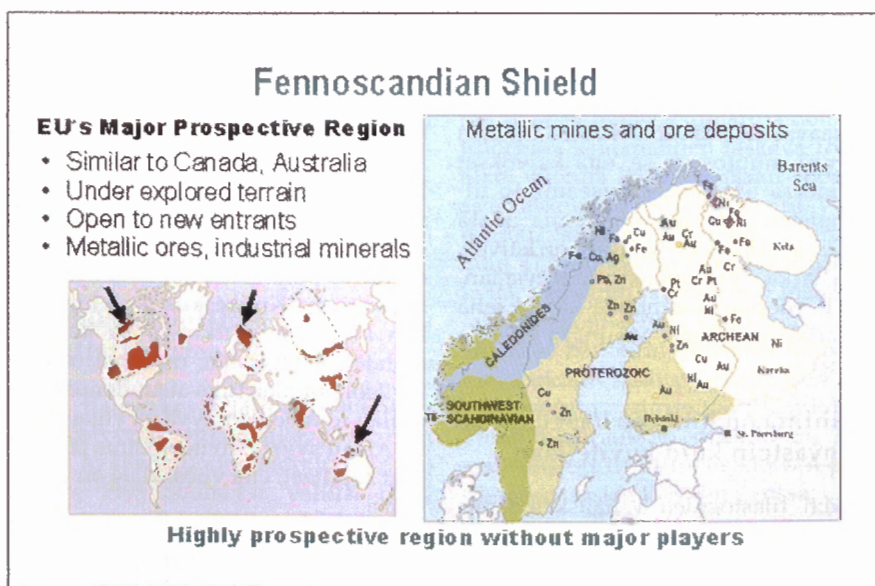
sekä Suomen poliittis-taloudellisesti vakaita oloja, erinomaista infrastruktuuria, harvaa asutusta, toimivaa lainsäädäntöä (mukaan lukien kaivoslaki) sekä selkeitä pelisääntöjä. Edelleen on mainittu useimpien viranomaisten kannustava pro mining-asetus. Myös yllä mainitut liitot, kunnat ja väestö suhtautuvat pääsääntöisesti positiivisesti kaivostoimintaan. Kaikkiällä tuki ei kuitenkaan ole näin selvää.

Useita lupaavia kaivosprojekteja vireillä

Suomessa on useita lupaavia ja eri vaiheissa eteneviä kaivosprojekteja. Toiset näistä ovat jo lähellä toteutumista, toisissa tutkimukset tai lupa-asiat ovat vielä kesken, rahoitus on auki tai kannattavuus on epävarma, kuva 3.

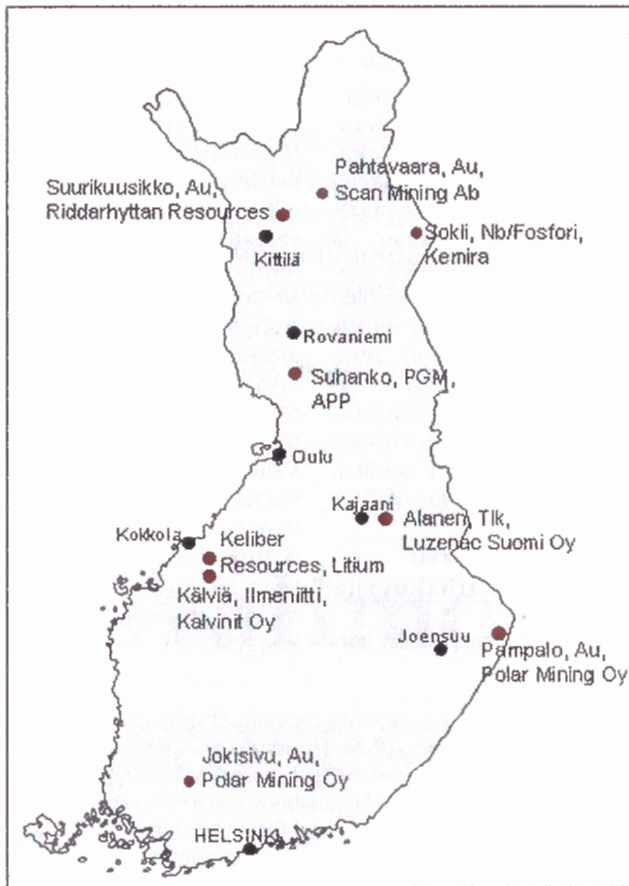
Kaivannaisteollisuutta uhkaavat monet tekijät -- Natura 2000-verkosto vakavin

Edellä esitetyistä positiivisista näkymistä ei pidä tehdä väärää johtopäätöksiä, teollisuutta uhkaavat monet tekijät. Suurin uhkatekijä on se, ettei ole riittävästi löytynyt uusia hyödyntämiskelpoisia esiintymiä. Moni muu ongelma, mukaan lukien rahoitus, yleensä ratkeaa, kun selvästi kannattava esiintymä



Kuva 2. Fennoskandian kilpi – malmikriittinen alue, jossa on potentiaalia kaivannaisteollisuuden volyymin selvään kasvattamiseen (Kuva E. Ekdahl/GTK).

Fig. 2. The Fennoscandian shield, a highly prospective but under-explored region with good potential for a substantial increase of the mining volume (E.Ekdahl/GTK)



Kuva 3. Vireillä olevia kaivosshankkeita Suomessa vuoden 2003 lopussa.
Fig. 3. The most important mine projects in Finland at the end of 2003.

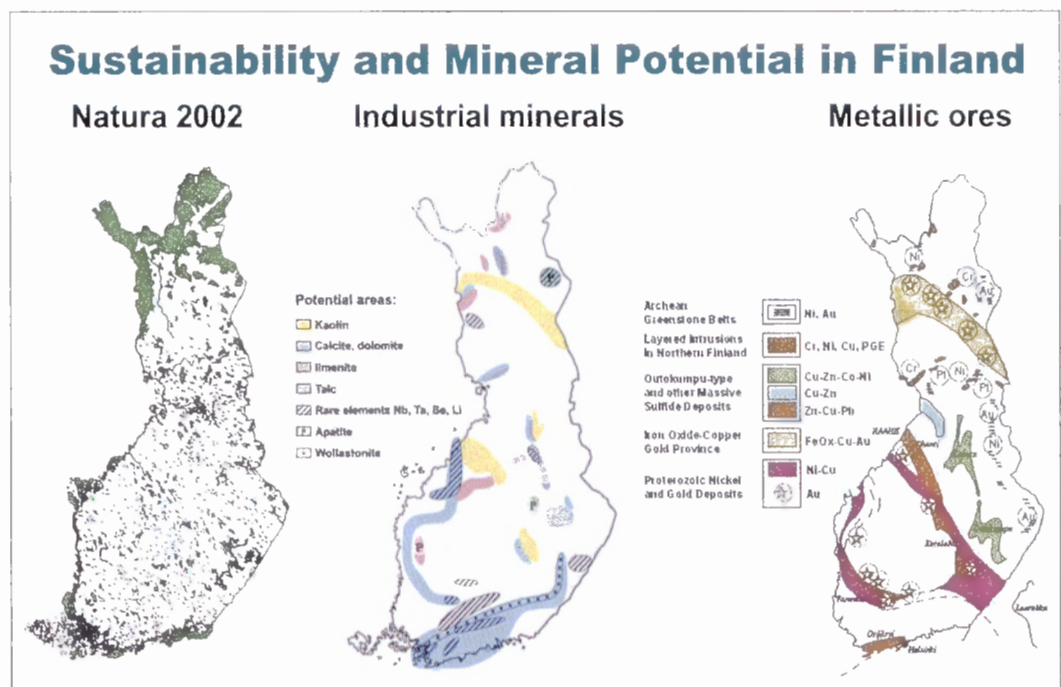
asukas. Lapissa Natura-alueiden osuus maapinta-alasta on peräti 36 prosentin luokkaa. Kuvassa 4 näytetään, miten esitetyt Natura-alueet sijaitsevat malmikriittisiin vyöhykkeisiin nähden.

Natura-verkosto aiheuttaa monella tavalla ongelmia malmiensaannalle ja esiintymien hyödyntämiselle. Malmiensaantia ja valtaustoiminta on käytännössä mahdollista Natura-alueilla ja jo myönnettyt kaivosoikeudet jäävät voimaan. Suurin ongelma liittyy Natura-alueelta tai sen vierestä löydetyn esiintymän hyödyntämiseen. Luonnonsuojelulain 10 luvun nojalla olennaista tarkastelussa on, vaarantaako esiintymän hyödyntäminen merkittävästi suojeltavia luontoarvoja. Jos vaikutukset arvioidaan merkittäviksi, vaaditaan valtioneuvoston lupa ja eräissä tapauksissa komission lausunto. Siten kansallinen harkintavalta asiassa on merkittävä. Kokemuksia lupamenettelystä ei Suomessa toistaiseksi ole. Valtioneuvosto päätöksessään 22.1.2004 varmisti, että "kaivoksen perustaminen verkostoon sisällytetylle alueelle edellyttää siten yleensä valtioneuvoston päätöstä siitä, että hanke on toteutettava erittäin tärkeän yleisen edun kannalta pakottavasta syystä eikä vaihtoehtoista ratkaisua ole". Edelleen valtioneuvosto liitti päätöksensä kaksi lausumaa: 1. "Valtioneuvosto sitoutuu edistämään malmi- ja mineraalivarojen hyödyntämishankkeita turvaamalla tutkimusmahdollisuudet näillä alueilla myös tulevaisuudessa". 2. "Valtioneuvosto on valmis tarvittaessa edistämään

löytyy. Pitoisuuksiensa tai kokonsa puolesta marginaalisten esiintymien, samoin kuin rikastusteknisesti vaikeiden esiintymien ongelmat ovat selvästi haasteellisemmat. Teollisuussijoitus Oy:n vireillä oleva kaivosrahasto – kohdealueena nimenomaan Fennoskandian kilpi – tuonee lähivuosina yhden hyvän rahoitusvaihtoehdon lisää, silloin kun hyödyntämiskelpoinen esiintymä on jo löytynyt.

EU:n jäsenmaat ovat sitoutuneet varraamaan eri luontoarvoja edustavia alueita riittävästi niin sanottuun Natura 2000-verkostoon. Valtioneuvosto hyväksyi viimeiset alueet Natura-verkostoon tammikuussa 2004 ja verkoston laajuus

on nyt selvä. Suomen maapinta-alasta liitetään näillä näkymin noin 14 prosenttia verkostoon, mikä vastaa noin 0,9 ha/



Kuva 4. Ehdotettu Natura 2000-verkosto (vihreällä) verrattuna malmikriittisiin vyöhykkeisiin (E.Ekdahl/GTK)
Fig. 4. The planned Natura 2000 Network (in green) compared to the ore-critical belts (E.Ekdahl/GTK)

elinkeino toiminnan kehittämistä alueella ottaen huomioon luonnonsuojelulain 65–66 pykälien säännökset”. Edelleen valtioneuvosto ”suhtautuu myönteisesti myös kaivospiirien muodostamiseen ottaen huomioon luonnonsuojelulain 65 ja 66 §:n määräykset”. Lausumien sisällöstä ja sitovuudesta virinnee vilkas keskustelu.

EU:n tuleva kaivannaisjäte-direktiivi huolestuttaa

Toinen alaa huolestuttava ongelma on EU:ssa parhaillaan valmisteilla olevan kaivannaisjätedirektiivin sisältö ja tulkinta. EU:n komission direktiiviehdotuksen perustelut kesällä 2003 olivat hiukan yliampuvia ja sekavia – suomalaisessa käännoksessä todettiin mm., että ”Lisäksi rikastushiekan käsittely on itsessään vaarallista toimintaa”... Ei ihme että kaivannaisteollisuus on

huolissaan siitä, mitä kaivannaisjätedirektiivi tuo tullessaan – nyt tarvitaan malttia, yhteistyötä ja maalaisjärkeä.

Kauppa- ja teollisuusministeri Mauri Pekkarinen, tutustuttuaan kaivannaisteollisuuden näkymiin ja uhkakuviin, julkisti KTY:n seminaarin jälkeen 7.10.2003 toimeksiannon, jossa mm. todetaan: ”Ympäristönäkökohtien ja kaivannaisteollisuuden intressien vastakkainasettelun välttämiseksi olen pyytänyt kauppa- ja teollisuusministeriön virkamiehiä yhteistyössä mm. ympäristöviranomaisten kanssa selvittämään, miten kaivannaisteollisuus, Natura 2000-ohjelma ja EU-direktiivien vaatimukset voidaan yhteen sovittaa kansalliset edut turvaavalla tavalla”.

Kaivannaisteollisuus kärsii ennakkoluuloista ja harhakuvista

Kaivannaisteollisuus on jo pitkään kärsinyt

ennakkoluuloista, harhakuvista ja jossain määrin myös negatiivisista asenteista. Julkisuudessa turhan usein toistuvat (hiili)kaivosonnettomuudet (jossa hiilisanaa ei mainita) ylläpitävät harhakuvia. Jatkossa on määrätietoisesti kerrottava, että suomalainen kaivosteollisuus ei edusta vanhanaikaista eikä vaarallista työtä, tapaturmatilastot kestävät vertailut muun teollisuuden kanssa – toisin on kehitysmaissa. Kaivannaisteollisuus ei myöskään saastuta luontoa, ainakaan Suomessa. Turhan moni on alkanut uskoa väitteisiin, joiden mukaan metalleja voidaan täydellisesti kierrättää, eikä uusia kaivoksia enää tarvita. Valitettavasti tämä harhausko saattaa osaltaan johtaa siihen, että raaka-aineita ei tuoteta hallitusti, luontoa säästään ja turvallisesti esim. Fennoskandiassa, vaan louhitaan jatkossa ympäristön ja turvallisuuden kannalta vähemmän kestäväällä tavalla kehitysmaissa.▲

Summary

The article is a modified version of a presentation made at a seminar arranged by the Finnish Association of Extractive Resources Industry (KTY) in Helsinki on 7 October 2003. Both positive and negative trends and scenarios are discussed. The number of claims, the number of mines and the volume of mining have remained broadly stable. Finland is continuously attracting new exploration companies, partly because of its excellent geological potential, partly due to a well performing Geological Survey, good laws and regulations, and a national pro mining attitude. The worst threat to the future of the extractive industry in Finland poses the Natura 2000 network and the uncertainty concerning what is possible within and close to Natura 2000 sites. Two other serious threats are posed by the coming EU Directives on wastes from the extractive industry, and an ongoing disinformation campaign and negative attitudes against the extractive industry.



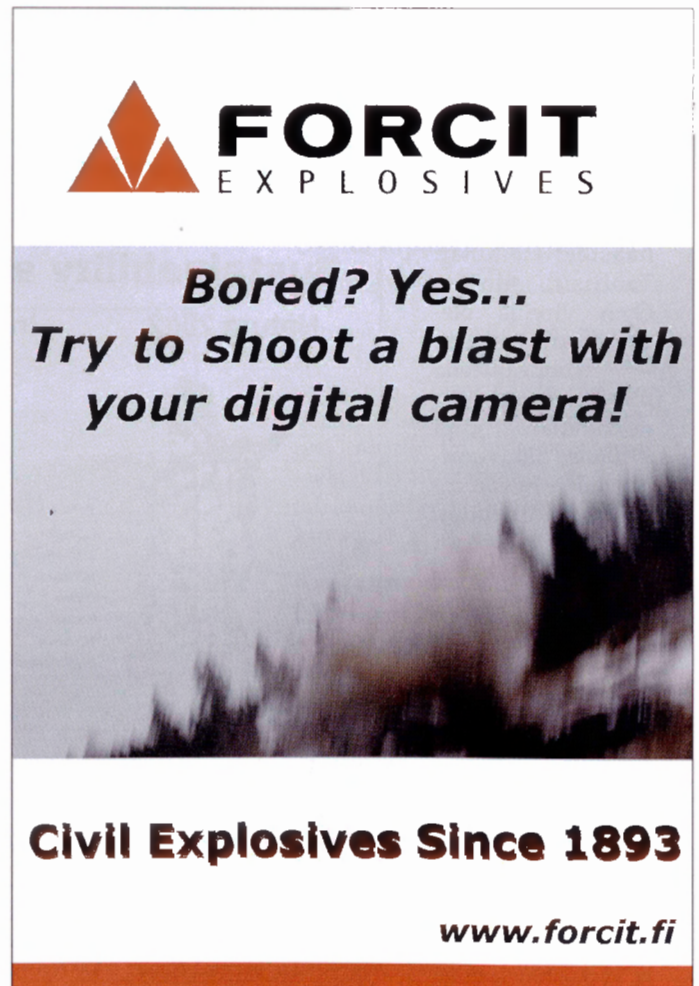
TEKNIKUM

teknikum.com

Myllynvuoraukset, kumi ja kumi/teräs
 • Lieteletkut
 • Panostusletkut
 • Letkupumpun letkut
 • Seulaverkot

Teknikum Oy
 PL 13, 38211 Vammala
 Puhelin (03) 51911
 Faksi (03) 511 3454
 www.teknikum.com

jps-mainos.fi



FORCIT
EXPLOSIVES

**Bored? Yes...
 Try to shoot a blast with
 your digital camera!**

Civil Explosives Since 1893

www.forcit.fi

Valimoiden toiminnan laadulla on suuri merkitys koko Suomen vientiteollisuuden kilpailukyvyllä. Valimoiden tuotteille ja niiden toimituskyvyllä asetetaan koko ajan kovempia laatuvaatimuksia. Valimoiden tärkeimmät asiakkaat ovat samalla oman alansa johtavia teknologiayrityksiä. Valimoiden tuotteita käytetään yritystoiminnassa, jonka kehitystyö ja tuotanto on siirtynyt yhä enemmän verkostoihin.



Raimo Arola



Juhani Orkas

Teräsvalimojen sulaprosessi hallintaan

Globaaleilla markkinoilla erikoistuminen lisääntyy ja asiakkaat laajentavat hankinta-alueita. Lähialueella suomalaisten kilpailijoina ovat länsieurooppalaiset huippuvalimot. Vaativien valujen valmistuksen osaaminen kehittyi koko ajan myös itäisessä Euroopassa ja Kauko-Idässä. Koneistetut valut ja osakokoonpanot lisääntyvät, samoin vaativat materiaalit. Valimot joutuvat sopeutumaan yhä pienempiin sarjoihin ja vaativampiin valuihin. Samalla niiden pitää kehittää kattavampia palveluja tuotekehitysyhteistyöstä kokonaistoimituksiin.

Valimoteollisuuden kehitysohjelma

Em. syiden vuoksi Teknologiateollisuus ry:n Valimoiden toimialaryhmä päätti käynnistää vuosille 2002–2005 jaksottuvan kehitysohjelman vastatakseen asiakkaiden esittämiin haasteisiin. Konkreettisia ohjaustavoitteita muotoiltiin visioryhmässä, jossa oli asiakkaiden, tutkimuksen, Tekesin ja valimoiden edustus. Visioryhmä päätyi laaja-alaiseen kehittämishankkeeseen, jossa luodaan perusta valimoteollisuuden kilpailukyvyyn kohottamiseen uudelle halutulle tasolle. Keskeisiksi kriittisiksi menestystekijöiksi listattiin seuraavat:

Uudet toimintamallit. Kyky toimia

osana vaativien asiakkaiden verkostoa ja tarjota jatkuvasti kehittyvää kilpailukykyistä palvelua myös kansainvälisesti. Kyky tunnistaa ja tarjota uusia lisäarvopalveluja ja kehittää liiketoimintaa jatkuvasti.

Prosessien laatu ja suorituskyky. Valimoiden pitää saavuttaa huippuluokan suorituskyky vaativien valujen alueella. Huippulaatuisia valuja pitää pystyä valmistamaan hallitulla prosessilla kustannustehokkaasti kerralla oikein. Muutuvien asiakastarpeiden mukaisia materiaaleja, komponentteja ja kokonaistoimituksia on pystyttävä tarjoamaan nopeasti ja joustavasti.

Globaali benchmarking. Jatkuvasti saatavilla oleva tieto omasta suorituskyvystä suhteessa kilpailijoihin. Kyky tunnistaa teknologiansiirtotarpeet oikea-aikaisesti. Verkottuminen globaaliin valimoyhteistyöhön.

Imago. Tavoitteena on edelläkävijän asema ja siten hallittu kasvu korkean osaamisen segmentillä. Tähän päästään kestävän kehityksen prosessin, korkean teknologian osaamisen, huippuluokan henkilöstön ja innovatiivisuuden avulla. Imagon avulla päästään asiakkaiden silmissä ensisijaisen toimittajan asemaan ja kyetään houkuttelemaan osaavaa työvoimaa.

Osana kehitysohjelmaa on käynnistet-

ty kaksi yritysyhmähanketta, joissa paneudutaan pallografiittiraudan ja teräksen sulaprosessin hallintaan. Mukana on suomalaisia rauta- ja teräsvalimoita sekä tutkimuslaitoksia.

Kilpailukykyinen teräsvalu sulaprosessin hallinnalla -projekti

Teräsvalutuotteiden laatuvahtelujen merkittävä aiheuttaja ovat valupinnalla ja koneistuspinnalla esiin tulleet pintavirheet. Niiden korjaustyö lisää merkittävästi valimon puhdistuskustannuksia ja sitoo muuta jalostusta. Pintavirheet voivat myös myöhästyttää toimituksia.

Pintavikoja synnyttävät sulan hapettuminen varsinkin valun aikana, reaktiot sulan kanssa kosketuksessa olevien materiaalien kanssa, muuttomateriaalien eroosio ja kaasujen synnyttämä huokoisuus. Pintavikoihin vaikuttavat näin ollen useat prosessitekijät, kuten raaka-ainepohja, senkkahygienia, tulenkestävät materiaalit, deoksidaatio ja senkkäkäsittelyt sekä valutapahtuman muuttujat.

Teräsvalimoryhmän projektissa *Kilpailukykyinen teräsvalu* sulaprosessin hallinnalla tavoitellaan valukappaleiden pintavikoihin liittyvän korjaustarpeen vähentämistä 70 prosentilla kehittämällä ja ottamalla käyttöön uutta prosessitek-

niikkaa induktiosulatukseen, senkka- ja kuonakäsittelyihin, sulansuojaukseen ja itse valutapahtumaan. Yksi projektin keskeisiä teemoja on ottaa oppia perusterästeollisuuden prosesseista.

Teräsvalimojen sulaprosessi

Teräsvalujen tuotantovolyymi Suomessa on noin 45 000 t, josta noin puolet valmistetaan valokaariuunisulatuksina ja loput induktiouunisulatuksina. Induktiouunit ovat panoskooltaan alle viiden tonnin suuruisia, kun taas valokaariuunien panoskoot ovat päälle kymmenen tonnia. Valokaariuunissa teräkset valmistavilla valimoilla tehdään sulankäsittely AOD- tai VODC-konvertterissa. Valokaariuunissa ja konvertterissa sulankäsittelyprosessit vastaavat pitkälti terästehtaiden prosesseja. Induktiouunissa tehdään teräksen sulatus ja seostus, mutta ei varsinaisia sulakäsittelyjä.

Senkkakäsittelyinä on osalla valimoista käytössä kalsiumlankakäsittely sekä kaasuhuuhdeltu lanssilla. Deoksidointi tehdään joko palalisäyksenä pääasiassa senkkaan kaadon yhteydessä tai lankainjektointina senkkaan, ks. kuva 1. Sulan pinnalla pohjavalusenkoissa käytetään eristävää peitemateriaalia, kuten vermikuliittia.

Teräsvalimoissa käytetään pääasiassa pohjavalusenkkoja, ks. kuva 2, joskin pienimpien uunien yhteydessä on käytössä myös päältävalusenkkoja. Valusuihku pohjavalusenkoissa säädetään stopparilla. Valusuihku on yleensä suojaamaton, joskin terässulan suojausta suojakaasulla valusuihkuissa ja/tai valumuotissa on suomalaisissa valimoissa jonkin verran käytetty.

Teräskappaleet valetaan pääosin hiekasta valmistettuihin kertamuotteihin, joissa sula johdetaan muottiin valukanaviston kautta. Valukappaletta vasten olevaan muottipintaan levitetään tulenkästävä peitostekerros. Sulan hapettumisen ja kanaviston ja muotin eroosion estämiseksi ja epäpuhtauksien poistamiseksi on kehitetty ja otettu käyttöön erilaisia kanavistoteknisiä ratkaisuja kuten valultaan käyttö sekä suodattimien ja kanavistogeometrian käyttö epäpuhtauksien sitomiseen kanavistossa. Valu- ja kanavistotekninen kehittäminen on jatkossakin eräs oleellinen alue pyrittäessä varmistamaan virheettömien valukappaleiden valmistus.

Prosessikehitys Kilpailukykyinen teräsvalu -projektissa

Prosessiteknologian kehittämisen osat alueet kehitysohjelmassa ovat:

- teräksen epäpuhtauksien hallinta induktiosulatus- ja senkkakäsittelyprosesseissa

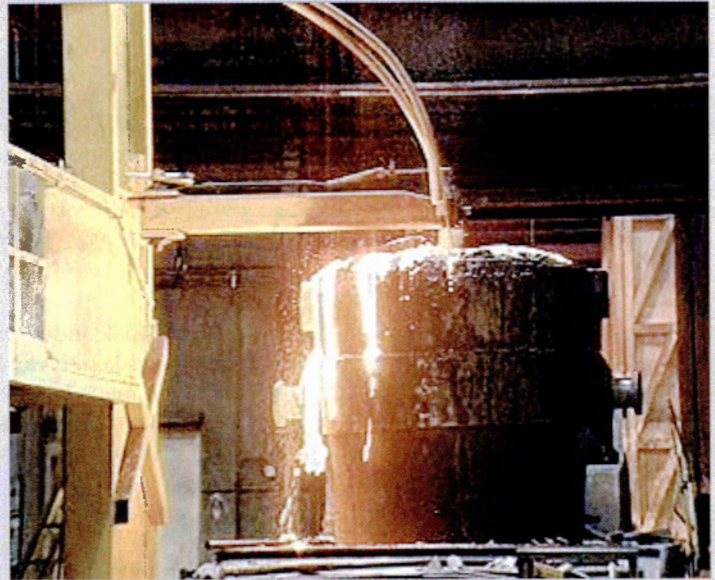
- tulenkästävät materiaalit
- sulan hapettumisen esto valussa
- muotin ja peitosteen vaikutus pinta- ja kaasuvikojen syntyyn

Valokaariuunissa valmistetuilla sulilla tarkastellaan konvertterin jälkeisiä prosessivaiheita. Itse valokaariuuni- ja konvertteriprosessit eivät sisälly kehitysohjelmassa.

Induktiouuni- ja senkkaprosessi. Induktiouunissa valmistettavilla teräksillä tarkastellaan koko prosessin, lähtien raaka-aineista valukappaleen jähmettymiseen saakka, vaikutusta terässulan

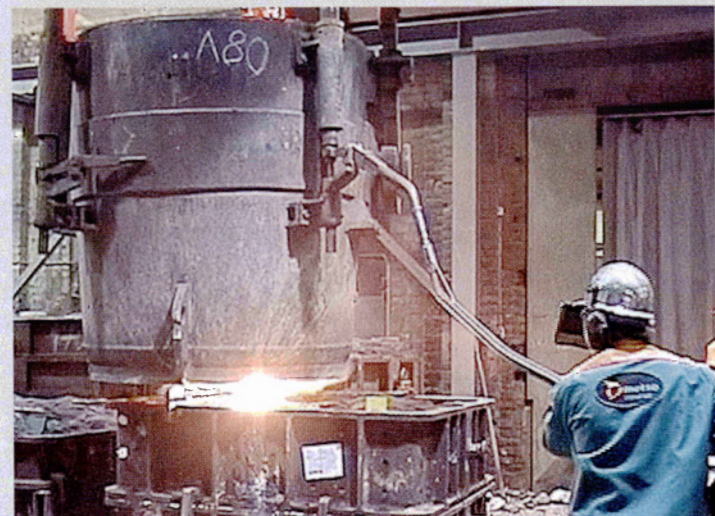
laatuun. Projektin alussa on mukana olevissa valimoissa tehty mittaukset, joissa selvitettiin miten eri prosessivaiheet vaikuttavat sulan puhtauteen. Prosessikehityskohteita, joiden hyödyt ja käyttömahdollisuudet selvitetään, ovat kaasupuhallusten, aktiivisen kuonan ja suojakaasujen käyttö uunissa ja senkassa.

Tulenkästävät materiaalit. Tulenkästävien materiaalien osalla on tapahtunut huomattavaa kehitystä viime vuosina, jota valimoissa ei läheskään kaikilta osin ole vielä hyödynnetty. Valimoprosessin erityispiirteet, esimerkiksi lyhyet sarjat ja vaihtelevat materiaalit, asettaa erityisvaatimuksia tulenkästäville materiaaleille.



Kuva 1. Sulan lankakäsittely senkassa teräsvalimoissa.

Kuva 2. Valu pohjavalusenkulla.



Tulenkestävistä materiaaleista tehdään selvitys, jossa kartoitetaan uudet materiaalit ja niiden käyttö ja soveltuvuus valimoissa verrattuna terästeollisuuteen sekä ohjeistetaan tulenkestävien käyttöä valimoissa.

Valu- ja muottitekniikka. Valu- ja muottitekniikan alueella on monia kehityskohteita ja uutta teknologiaa, jonka käyttökelpoisuutta selvitetään prosessikokeiluin.

Teräsvaluja varten kehitetyillä pohjavalusenkan erikoissuutiilillä aikaansaadaan kiinteä hyvälaatuinen valusuihku. Kaksiosaisella helposti vaihdettavalla suutiilillä voidaan lisäksi edistää suutiilen puhtautta ja prosessin joustavuutta.

Pohjavalusenkan valusuihku on stopparia käyttäen vaikea säätää. Projektissa selvitetään senkan liukusulkinen soveltuvuutta teräsvalimoprosessiin.

Terästehtaiden jatkuvavaluproses-

sissa terässula siirretään putkella suojattuna senkasta välialtaaseen ja sieltä edelleen jatkuvavalumuottiin. Myös teräsvalimoissa on viimeisen runsaan kymmenen vuoden aikana tehty kokeiluja sulan suojaamisesta valuputkella. Eräät USAlaiset valimot ovat raportoineet myös menetelmän tuotantokäytöstä, mutta tekniikka ei ole laajalle levinnyttä. Teräsvalimosovellutuksissa suojaputkivaluja on tehty senkasta muotin syöttökupuun johtavalla putkella ja valuissa ei ole käytetty kanavistoa.

Kanavisto ja muottitekniikan puolella projektissa kootaan uusin tietämys ja pyritään löytämään uusia ratkaisuja. Kanavistopuolen kehitystyö tehdään yhteistyössä ulkomaisten osaaajien kanssa.

Suomalaisissa teräsvalimoissa tehdyssä pintavikakartoituksessa muotin peitteen havaittiin olevan usein osallisena pintavikoihin. Peitteen laadun

varmistus ja pintavikoja aiheuttavien muottireaktioiden estäminen on eräs projektin tavoite.

Kilpailukykyinen teräsvalu –projektin eräs tavoite on myös tiivistää eri tutkimusryhmien välistä yhteistyötä. Tutkimustyötä on tehty TKK:ssa Otaniemessä Valimotekniikan laboratoriossa (prof. Juhani Orkas) ja Metallurgian laboratoriossa (prof. Lauri Holappa) sekä Tampereella TTY:n Valimoinstituutissa (prof. Tuomo Tiainen). Kontakteja on projektin puitteissa ollut myös ulkomaisiin osaaajiin, kuten Institut für Gießereitechnik Saksassa.

Yritysryhmäprojektin päättyessä keväällä 2005 hanketta jatketaan omilla kehitysprojekteilla, joiden avulla nyt hyvin käynnistynyt prosessien kehittämistyö saatetaan loppuun.▲



Stainless steel
- steady development

 jaro

JARO Oy Ab

P.O. Box 15

FIN-68601 Jakobstad, Finland

Tel +358 6 786 5111

Fax +358 6 786 5222

ja-ro.sales@avestapolarit.com

www.ja-ro.com



Harva insinööri on syvemmästi pohtinut omaa tieteenalaansa eli tekniikkaa ja tekniikan tiedeperustaa. Nämä pohdinnat on jätetty "humanistien" ja "muiden filosofien" temmellyskentäksi. Pohdinnan puutteen seurauksena tekniikkaa tieteenä ovat määritelleet muiden tieteiden edustajat, pääasiassa luonnontieteilijät ja tieteenfilosofit. Luonnontieteilijöillä on taipumus määritellä, lähestymistavastaan johtuen, tekniikka luonnontieteiden soveltamiseksi käytännön päämäärien saavuttamiseksi.

Onko tekniikka tiedettä?

Tekniikan yliopisto-opetuksen historiaa

Korkeakoulutasoista tekniikan opetusta annetaan Suomessa ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa; tiedepohjainen opetus annetaan yliopistoissa. Tekniikan alan formaali yliopistotasoinen opetus on yliopistolaitoksen historiassa hyvin nuorta ja ensimmäinen tekniikan alan yliopisto École Polytechnique perustettiin Ranskaan; tämä tapahtui vasta vuonna 1794. Tätä ennen tekniikan alan opetus tapahtui pääasiassa ammattikuntalaitostyyppisessä koulutusjärjestelmässä, jossa tieto ja osaaminen siirtyivät sukupolvelta toiselle.

Tekniikan saavutukset yliopistolaitoksen ulkopuolella olivat kuitenkin huomattavia: kehitettiin kello ja tuulimylly, rakennettiin goottilaiset katedraalit, kirjanpainatus irtokirjasimin innovoitiin, tehokkaat kastelu- ja vedenjakelujärjestelmät olivat käytössä jo vanhalla ajalla, metallurgia ja metallien valmistus sekä kemianteekniikan perusprosessit (käyminen, säilöntämenetelmät, kuumennus, pelkistys, uutto ja tislaus) kehitettiin jo varhaisessa vaiheessa. On erityisesti huomattava, että tämä kehitys alkoi ennen luonnontieteiden syntyä; tarkemmin sanottuna tuhansia vuosia sitten.

Yliopistolaitos ei kuitenkaan ollut 1800-luvulla valmis tunnustamaan tekniikkaa tieteeksi tieteiden joukossa vaan esim. Saksassa jouduttiin perustamaan erilliset teknilliset korkeakoulut. Yhdysvalloissa kehitys oli samanlainen. Noin kaksisataa vuotta sitten perustettiin Rensselaer Polytechnic

Institute ja West Point; aluksi näitä oppilaitoksia ei juurikaan arvostettu maineikkaampien yliopistojen joukossa. Tämä malli siirtyi myös Ruotsiin ja Kungliga Tekniska högskolan perustettiin vuonna 1827. Suomen ensimmäinen tekniikan alan yliopisto Teknillinen korkeakoulu perustettiin 1908, joka perustettiin vuonna 1879 aloittaneen Polyteknillisen opiston jatkajaksi; Polyteknillinen opisto taas pohjautui vuonna 1849 perustettuun Teknilliseen reaalikouluun. Yliopistotasoinen tekniikan opetus alkoi Suomessa siis vuonna 1908 ja tämä opetus on tällä hetkellä noin sadan vuoden ikäinen.

Suomessakaan eivät yliopistot hyväksyneet tekniikkaa yliopistojen yhteyteen ja niinpä edelleen perustettiin Tampereen teknillisen yliopiston edeltäjä Tampereen teknillinen korkeakoulu vuonna 1965 (itsenäinen yliopisto vuodesta 1972) ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston edeltäjä Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu vuonna 1969. Tätä ennen kuitenkin luotiin vuonna 1958 perustetun Oulun yliopiston yhteyteen teknillinen tiedekunta, jossa tekniikka oli samassa yhteydessä muiden tieteiden kanssa.

Väitteestä, että tekniikka ei täytä tieteen määritelmää, on ollut omat korkeakoulupoliittiset seurauksensa, joita on kuvattu edellä. Voidaan lyhyesti todeta, että tekniikan kehittyessä tieteenä niin pitkälle, että yliopistotasoinen koulutuksen tarve tuli sekä akuutiksi että ajankohtaiseksi, vanhat yliopistot eivät hyväksyneet teknisiä tieteitä saman katon alle vaan piti perustaa erilliset teknilliset korkeakoulut, jotta "tie-

teen puhtaus" voitiin säilyttää. Tätä perinnettä voisi luonnehtia tieteelliseksi rasismiksi. Viime aikoina hyljeksitystä tieteestä on kuitenkin yhtäkkiä tullut muodikasta; Vaasan, Jyväskylän, Turun ja Kuopion yliopistotkin haluavat kouluttaa diplomi-insinöörejä. Tekniikassa on jostakin syystä vetovoimaa.

Tieteiden maailma

Tekniikka voidaan määritellä joko laajasti tai suppeasti. Laajasti tekniikka ymmärretään minä tahansa kykynä tai taitona, esimerkkinä vaikkapa viulunsoiton tekniikka. Suppeamman määritelmän mukaan tekniikalla tarkoitetaan artefaktien (ällyn tai taidon tuottamien esineiden) suunnittelua, käyttöä ja näiden artefaktien ilmiömaailman tutkimista.

Tekniikan asema tieteiden järjestelmään tuottaa tekniikan ulkopuolisille ihmisille vaikeuksia ja niinpä kirjallisuudessa tieteiden järjestelmiä esiteltäessä tekniikkaa ei yleensä edes esitetä tieteenä. Tieteiden luokituksessa on keskeisenä jakoperusteena se, mihin tutkimuksen huomio kohdistuu ja tämän ohella se, mistä näkökulmasta tuota kohdetta tarkastellaan. Voimme määritellä tekniikan tutkimuksen kohteen seuraavasti: tekniikassa tutkimuksen huomio kohdistuu artefakteihin, ihmisen tekemiin keinotekoisin luomuksiin. Näkökulmana käytännöllisyys ja hyödynnettävyys.

Voimme määritellä tieteiden järjestelmän tutkimuksen kohteen perusteella seuraavasti:

* Tieteet tutkivat ihmisen muodos-

tamia käsiterakenteita (matematiikka, oikeustiede, filosofia, teologia, tietojenkäsittelytiede, ...). Matematiikka ei ole luonnontiede, joka selviää nopeasti mietittäessä, mikä on matematiikan tutkimuskohde.

* Tutkivat ihmistä, hänen toimintaansa ja hänen toimintansa tuloksia (ihmistieteet) (lääketiede, hoitotiede, psykologia, sosiologia, kasvatustiede, kauppatieteet, historia, kielitieteet, ...)

* Tutkivat luontoa ja sen ilmiöitä (luonnontieteet) (kemian, fysiikka, biologia, biokemia, geologia, ...)

* Tutkivat ihmisen (potentiaalisesti tai aktuaalisesti) tekemiä teknisiä artefakteja (tekniikka)

Yksinkertaistamalla voidaan tieteet jakaa ihmistieteisiin, luonnontieteisiin ja teknisiin tieteisiin eli tekniikkaan.

Tutkimuksen kohteen tarkastelutapa on monessa tieteessä etukäteen koulukunnittain määritelty; on olemassa erilaisia tutkimuksen paradigmoja. Paradigmaerot aiheuttavat helposti oppiriitoja, joita tekniikassa ei juuri ole tai ainakin ne ovat hyvin lyhytkestoisia. Syy oppiriitojen poissaoloon on, että tekniikassa tutkimuksen mielenkiinto kohdistuu hyödyllisen, tarpeellisen ja käyttökelpoisen tuottamiseen ja jos käytetty tutkimusmenetelmä ei pure tutkimusongelmaan, ei auta muuta kuin etsiä toinen, tehokkaampi tutkimusmenetelmä. Tästä syystä tekniikan alan tutkijat kokevat muiden tieteiden oppiristiriidat ja väittelyt siitä, että onko jokin tutkimus tiedettä vai ei, lähinnä tarpeettomana ajan tuhlauksena. Tekniikassa tutkimustulosten merkittävyys ja tutkijan kompetenssi määräytyvät tutkimustulosten hyödynnettävyyden kautta.

Tekniikka tieteenä

Tekniikkaa tieteenä voidaan kuvata seuraavilla määreillä: tekniikka on käytännöllinen tiede, jossa tutkimuksen arvo määräytyy sovellettavuuden kautta; tekniikan tutkimus on ensisijaisesti käytännön ongelmien (artefakteihin liittyvien) ratkaisemista; tekniikan tutkimus ei ole hypoteettis-deduktiivista eli luonnontieteellisen tutkimustradition mukaista; tekniikan tutkimuksen tarkoitus on tuottaa entistä parempia artefakteja ja parempaa ymmärrystä artefakteihin liittyvistä ilmiöistä; tekniikka tutkii artefakteja pääsääntöisesti niiden toimintaympäristössä. Tekniikassa ei olla kiinnostuneita ilmiöstä sinänsä vaan aina ilmiöstä jossakin; tässä on merkittävä ero luonnontieteisiin.

Tekniikka voidaan edelleen jakaa

kolmeen tasoon: tekniikka varsinaisena tieteenä, tekniikka toimintana ja suunnitteluna sekä tekniikka artefakteina ja niiden käyttönä. Artefaktitasoa (auto, kännykkä, viemäriverkko) maallikko kutsuu tekniikaksi, koska on fyysisesti nähtävissä ja koettavissa. Tätä tasoa voi, jos niin halutaan, kutsua myös teknologiaksi.

Rajanveto tekniikka tieteenä vs. tekniikka toimintana on jossain määrin mielivaltainen mutta jaottelulla on koulutushistoriallinen pohjansa: tekniikka tieteenä = yliopistot ja teknilliset korkeakoulut, tekniikka toimintana ja käyttönä = ammattikorkeakoulut ja ammatilliset oppilaitokset. Tekniikka voidaan määritellä edelleen tieteeksi, jossa yhteys artefakteihin määrittelee tieteen tekniseksi tieteeksi. Tieteenala tekniikassa määräytyy tutkittavien artefaktien mukaan. Klassinen jaottelu on seuraava (artefaktit -> tieteenala): koneet ja laitteet -> konetekniikka; rakenteet -> rakentamistekniikka; tuotantoprosessit -> prosessitekniikka; sähköä käyttävät artefaktit -> sähkötekniikka. Jos yhteys häviää, tieteenala lakkaa olemasta tekninen tiede; säätötekniikka voi supistua matematiikan osa-alueeksi, biotekniikasta tulee yhteyden hävittäessä biokemiaa tai biologiaa.

Tekniikka tieteenä on tieteistä ehdottomasti vanhin. Jo tuhansia vuosia sitten pystyttiin konstruoimaan esimerkiksi pyramideja, kastelujärjestelmiä, merikelpoisia laivoja, vesijärjestelmiä, metallituotteita kuten kouruja ja aseita sekä olutta ja viiniä. Näitä artefakteja voi pitää pelkästään insinööritaidon tuotteina, mutta taustalla on ollut hyvin syvä ymmärrys materiaaleista ja niiden ominaisuuksista kuten kestävydestä, virtaavien aineiden ominaisuuksista, epäpuhtauksista ja niiden haitallisista vaikutuksista, dynaamisista ja staattisista kuormista sekä tuotteiden prosessoinnista. Miten tämä tietous on tuona aikana on saavutettu? Ilmeisesti takana on ollut keuhollista tutkimusta tai tuotekehitystä, jota tavallisesti kutsutaan yrityksen ja erehdyksen menetelmäksi.

Tekniikan suhdetta muihin tieteisiin leimaa muiden tieteiden käyttö työkaluina ja eräänlaisina aputieteinä. Tekniikka tarvitsee omissa toiminnassaan muiden tieteenalojen tutkimustuloksia ja tutkimusmenetelmiä. Voidaan todeta, että muut tieteet tarjoavat työkaluja teknisten ongelmien ratkaisuun. Tekniikalla on erityissuhde matematiikkaan, mutta matematiikkakin on vain yksi työkalu tekniikan ongelmien ratkaisussa.

Tekniset tutkimusongelmat ovat

usein niin laajoja, ettei niitä yritetäkään ratkaista kokonaisina vaan ongelmat paloitellaan osaongelmiksi. Mikäli mahdollista, niin osaongelma formuloidaan matemaattiseen muotoon. Formulointi on pääsääntöisesti puutteellista, joka johtuu tarkasteltavien ilmiöiden puutteellisesta ymmärtämisestä. Matemaattiseen muotoon formuloitu ongelma ratkaistaan matematiikan keinoin. Matematiikka tässä ei insinööriä kiinnosta sinänsä vaan matematiikkaa käytetään ratkaisun tuottavana työkaluna. Matemaattisesti ratkaistu ongelma on vielä tulkittava eli sen merkitys todellisessa tilanteessa arvioitava. Matemaattisesti oikea ratkaisu ei vielä tarkoita, että ratkaisulla olisi mitään käytännön eli teknistä merkitystä.

Kuvassa 1 on esitetty tilanne, jossa tekninen ongelma ratkaistaan käyttämällä matematiikkaa työkaluna. Ongelmat tekniikassa esittäytyvät usein hyvin epämääräisinä asioina, joten ensimmäinen tehtävä on ongelman tunnistaminen ja sen muotoilu tekniseksi ongelmaksi. Seuraavana on edessä kvalitatiivinen muunnos, jota yleensä sanotaan mallittamiseksi. Mallittamisen tuloksena käsissämme on matemaattinen ongelma, joka voidaan ratkaista matemaattisesti.

Matemaattisen ongelman ratkaisu ei välttämättä vielä auta kokonaisongelman ratkaisussa. Edellisissä vaiheissa tehdyn virheen vuoksi voidaan joutua palaamaan takaisin teknisesti formuloiutuun ongelmaan. Matemaattisen ongelman ratkaisu on vielä tulkittava reaali maailman puolelle; tämä on myös kvalitatiivinen muunnos. Lopulta saadaan ratkaisu alkuperäiseen ongelmaan.

Edellä esitetyssä ratkaisussa kriittisin vaihe on mallittaminen; jos kahdelle toisistaan tietämättömälle ryhmälle annetaan tehtäväksi saman monimutkaisen kohteen, esim. masuunin, mallittaminen, niin lopputuloksena on kaksi erilaista formulointia. Näin ei olisi, jos kvalitatiiviset muunnokset olisivat eksakteja. Voidaan todeta, että tekniikka ei ole eksakti tiede.

Lyhyt historiallinen katsaus

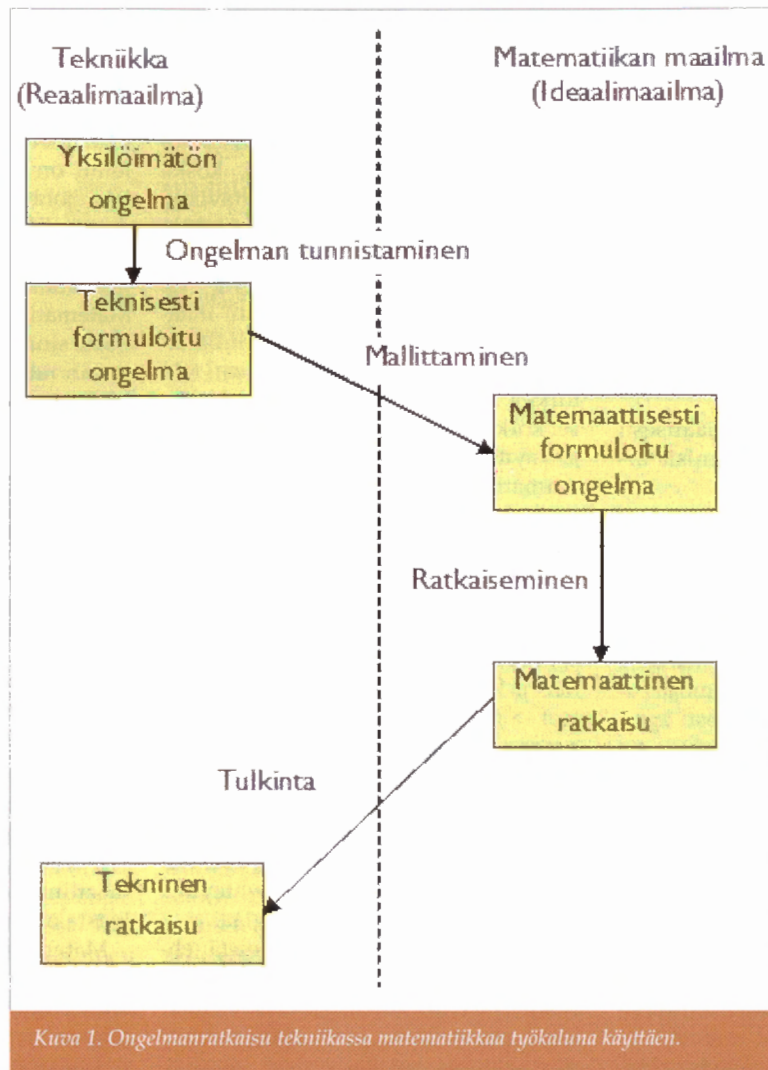
Luonnontieteilijöiltä me insinöörit saamme jo peruskoulussa kuulla, että tekniikka on sovellettua luonnontiedettä. Jos katsomme tieteiden historiaa, niin asia on aika tavalla päinvastoin; tekniikka edeltää luonnontieteitä. Esimerkiksi kemian synty taustalla on alkemistien toiminta keskiajalla. Vasta 1700-luvun lopulla ja erityisesti 1800-luvun alussa alkemia muuttui toiminn-

naksi, jota voidaan sanoa systemaattiseksi tieteeksi eli kemiaksi. Fysiikan synty voidaan liittää Isaac Newtoniin (1643-1727) mutta vasta 1800-luvulla fysiikka kehittyi nykyisen kaltaiseksi tieteeksi.

Voidaan lyhyesti sanoa, että ns. kovat luonnontieteet syntyivät 1800-luvulla teollisen vallankumouksen jälkeen. Teollisen vallankumouksen alku sijoitetaan yleensä 1700-luvulle, jolloin syntyi kaksi merkittävää teknistä innovaatiota: höyrykoneen keksi noin vuonna 1705 englantilainen Thomas Newcomen kaivospumpujen voimalähteeksi ja James Hargreaves kehitti 1764 käsinyöritettävän kehrukoneen eli Kehruujennyn. Teolliseen vallankumoukseen liittyvä koneiden ja laitteiden sekä ilmiömaailman tuntemuksen tarve oli keskeisenä syynä siihen, että luonnontieteet kehittyivät niin voimakkaasti 1800-luvulla.

Jos luonnontieteiden ajatellaan edeltävän tekniikkaa ja tekniikka ymmärretään luonnontieteellisen tiedon soveltamisena, niin mitenkähän roomalaiset kykenivät tekemään tiensä ja vesijohtonsa, egyptiläiset pyramidinsa ja suomalaiset oluensa; luonnontieteistähän ei tuolloin tiedetty mitään. Ajatus tekniikasta luonnontieteellisen tiedon soveltamisena edellyttää myös, että on olemassa selkeä, yksikäsitteinen ja luonnontieteen periaatteita noudattava tie luoda teknisiä artefakteja luonnontieteellisestä tiedosta. Kännykkämme ja automme olisivat tässä tapauksessa kaikki samanlaisia; näinhän asia ei kuitenkaan ole. Fuusioenergian hyötykäytön perustana oleva luonnontieteellinen ilmiömaailma on selvitetty jo puoli vuosisataa sitten, mutta ihmiskunnan hyödyksi fuusioenergiaa ei ole vielä valjastettu. Ei ole olemassa selkeää, yksikäsitteistä tietä luonnontieteellisestä tiedosta tekniseen artefaktiin eli fuusioenergiaa käyttävään voimalaitokseen.

Miksi sitten useat insinöörit, muiden tieteiden edustajista puhumattakaan, ajattelevat, että tekniikka on luonnontieteiden soveltamista. Syitä ajatteluun on



Kuva 1. Ongelmanratkaisu tekniikassa matematiikkaa työkaluna käyttäen.

ainakin kolme. Ensimmäinen ja merkittävin syy on se, että peruskoulussa eikä myöskään lukiossa opeteta tekniikkaa vaan pelkästään ihmistieteiden ja luonnontieteiden alueisiin kuuluvia asioita. Tämä on eräs muoto edellä esitetystä tieteellisestä rasismista. Luonnontieteiden, erityisesti fysiikan ja kemian, opetus on kuitenkin suhteellisen abstraktia eivätkä asiat tahdo koululaisten päähän jäsentyä, joten luonnontieteiden ilmiöitä on havainnollistettu teknisten artefaktien kautta näitä esimerkkeinä käytetään. Huomionarvoista tässä on se, että luonnontieteiden opetuksen havainnollistamiseen käytetty opetuksellinen ratkaisu on ymmärretty todellisuuden mallina.

Toinen syy löytyy yliopistoissa harjoitetusta insinöörikoulutuksen mallista eli kaksivaiheisesta koulutuksesta. Aluksi opiskellaan luonnontieteitä ja matematiikkaa, jonka jälkeen siirrytään tekniikan opiskeluun. Syynä asioiden käsittelyjärjestykseen ei suinkaan ole tekniikan tiedepohja vaan halu rationalisoida opetusta. Kaksivaiheinen

koulutus luo käsityksen tekniikasta luonnontieteiden soveltamisena. Kolmas syy löytynee siitä tosiasista, että usein "tiede" ymmärretään luonnontieteen kaltaiseksi tieteeksi ja tekniikka tätä kautta pyrkii imitoimaan luonnontieteellistä tapaa tehdä tiedettä. Tekniikassa on kuitenkin erityispiirteitä, joita ei ole luonnontieteissä: mm. laadun käsite, suunnitteluprosessin keskeisyys ja innovatiivisuus. Voidaan todeta, että joiltakin osiltaan tekniikka muistuttaa enemmän taidetta kuin tiedettä.

Tekniikka vs. luonnontieteet

Tekniikan ja luonnontieteiden välillä on eräitä merkittäviä eroja, joista keskeisimpiä on lueteltu seuraavassa. Luonnontieteissä toiminnan tavoite on tietämyksen ja ymmärryksen lisääminen niiden itsensä takia; tekniikassa tavoitteen-

na on onnistuneiden, ihmisten tarpeita vastaavien artefaktien ja systemien luominen. Luonnontieteessä asiat pyritään selvittämään käyttämällä kontrolloituja koejärjestelyjä; tekniikassa keskeisiä ovat suunnittelu, keksiminen ja tuotannollinen toiminta. Luonnontieteissä pyritään yleistämään ja luomaan teorioita. Luonnontieteet ovat reduktionistisia; tekniikka taas on holistinen tiede eli pyrkii monien, keskenään kilpailevien vaatimusten, teorioiden, datan ja ideoiden integrointiin. Mallituksessa luonnontieteet pyrkivät mahdollisimman tarkkoihin malleihin; tekniikassa tavoitellaan riittävää, tavoitteen saavuttavaa mallin tarkkuutta. Luonnontieteissä edelleen pyritään tekemään oikeita johtopäätöksiä testattujen teorioiden ja tarkan datan pohjalta; tekniikassa pyritään tekemään hyviä tai riittäviä päätöksiä epätäydellisen datan ja karkeiden mallien pohjalta. Huonotkin päätökset pyritään tekniikassa jalostamaan paremmiksi; toiminta on usein iteratiivista.

Ehkä suurin ero tekniikan ja luon-

nontieteiden välillä on seuraava: luonnontieteet pyrkivät mahdollisimman yleisiin tutkimuskohteensa ilmiöitä koskeviin teorioihin, tekniikassa tällaista pyrkimystä ei juurikaan näy. Fyysikoiden tavoittelema suuri yhtenäisteoria (ajatus yleisestä fysikaalisen todellisuuden teoriasta) vaikuttaa aivan mielekkäältä tavoitteelta fysiikassa; ajatus yleisestä tekniikan teoriasta tai yleisestä tekniikasta ei varmasti tunnu kovin mielekkäältä tavoitteelta.

Tekniikka tieteenä elää ja toimii reaali maailmassa, jossa teorit on vietävä käytäntöön tai heitettävä roskiin, keskenään ristiriitaisista vaatimuksista pitää tehdä toimiva kokonaisuus, aikaa ja rahaa tutkimuksen tekemiseen on rajoitetusti, päätöksenteko ja mallit perustuvat epämääräiseen ja epäluotettavaan tietoon ja jossa ihmisten omat rajoitukset ovat arkipäivää. Luonnontieteet keskittyvät tiedon lisäämiseen; tekniikka keskittyy asioiden tekemiseen. Työnjako on tässä mielessä selkeä.

Esimerkki lienee paikallaan. Reaktori, esim. masuuni, on monimutkaisen tekninen artefakti. Luonnontieteilijän, vaikkapa kemistin, mielenkiinto ja helposti tutkimuskohteeksi muodostuva asia on masuunissa tapahtuva reaktio; voidaan sanoa, että luonnontieteilijä pyrkii tieteenalansa mukaisesti redusoimaan. Tekniikan alan edustajan mielenkiinto kohdistuu reaktoriin, joka on kokonaisuus ja edellyttää holistista näkökulmaa. Pelkän reaktion tarkastelu voi olla esimerkiksi vain 5 % koko reaktoriproblematiikasta. Masuunissa vaikuttavat ilmiöt ovat hyvin monipuolisia ja monimutkaisia ja tässä tilanteessa ilmiöitä tulee tutkia ja tarkastella artefaktiyhteydessään eikä pelkästään redusoituina ilmiöinä laboratoriossa.

Artefaktiyhteydessä ilmiöiden tarkastelu on aina jossakin määrin puut-

teellista, koska reaali maailma ei ole sama kuin luonnontieteiden ideaali maailma. Tekniikassa joudutaan usein tästä syystä tunnustamaan, että useita ilmiöistä, esim. masuunin lämmönsiirrosta, ei ole olemassa tarkkaa tietoa; on olemassa vain sellaista tietoa, jonka avulla masuunia voidaan käyttää. Tämä ei tekniikassa välttämättä ole mikään ongelma; riittää kun artefaktin ilmiömaailma pystytään hallitsemaan; eihän auton ajajankaan tarvitse tietää, miten auto toimii.

Masuunin tutkimusta, suunnittelua, toteutusta ja käyttöä varten prosessi-insinööri tarvitsee runsaasti koulutusta. Hänen on ymmärrettävä reaktoriin liittyvä fysikaalis-kemiallis-tekninen ilmiömaailma, hallittava artefaktin suunnittelu – suunnitteluprosessin ja suunnittelun keskeisyys on merkittävän tekniikan muista tieteistä erottava seikka – automaatiojärjestelmien, hallittava toteutusprojekti henkilösuhteiseen, artefaktin käyttö ja ylläpito sekä jatkokehitys; lisäksi kaikki pitäisi tehdä kustannustehokkaasti. Lyhyesti voidaan todeta insinöörin olevan tässä tilanteessa kemisti, fyysikko, matemaatikko, ekonomi, psykologi, jne.; lyhyesti sanottuna insinööri.

Tekniikka on tiedettä!

Karkealla tasolla nykyiset tieteet voidaan jakaa tutkimuksen kohteen perusteella ihmistieteisiin, luonnontieteisiin ja tekniisiin tieteisiin eli tekniikkaan. Monitieteisessä yliopistossa, jollainen esim. Oulun yliopisto on, näiden kolmen tieteen osuudet opiskelijamäärästä ovat 45 % (ihmistieteet), 30 % (tekniikka) ja 25 % (luonnontieteet).

On syytä erottaa tekniikka ja luonnontieteet toisistaan. Vaikka tekniikka käyttääkin runsaasti hyväkseen

luonnontieteiden tutkimustuloksia ja myös tutkimusmenetelmiä, ei tekniikka ole luonnontieteiden kaltainen, reduktionistinen tiede vaan holistinen, kokonaisuuksia tarkasteleva tiede. Tekniikka voidaan ymmärtää myös tieteeksi, joka tiettyjen taloudellisten, inhimillisten, lainsäädännöllisten, psykologisten, luonnontieteellisten ja biologisten rajoitusten puitteissa luo artefakteja; tavallaan hakee artefaktin muodon yrittämällä ratkaista rajoitetun optimoinnin ongelman. Tekniikka tulisi nähdä omana tieteen tekemisen kenttäänään ihmistieteiden ja luonnontieteiden rinnalla. ▀

Kiitokset kasv.lis. Jouni Peltoselle tekstiin liittyvistä kommentteista.

Kirjallisuutta:

Adams J L (1991) *Flying Buttresses, Entropy, and O-rings – The World of an Engineer*. Massachusetts: Harvard University Press.

de Vries M J (1996) *Technology Education: Beyond the "Technology is Applied Science" Paradigm*. Journal of Technology Education. Vol. 8 No. 1, Fall 1996.

Gardner P L (1995) *The relationship between technology and science: Some historical and philosophical reflections*. Part 2. International Journal of Technology and Design education 5(1), ss. 1-33.

Harrison M (1994) *Science and technology – partnership or divorce*. In Banks F (ed) (1994) *Teaching Technology*. London: Routledge. ISBN 0-415-10254-5.

Sparkes J (1993) *Some differences between science and technology*. In McCormick R, Newey C & Sparkes (eds) *Technology for technology education*. Addison-Wesley Publishing Company.

Summary

Very few engineers with university education bother to analyze the basics of their own domain, that is the concepts of engineering and technology. Usually we find a definition that engineering or technology is application of scientific knowledge to practical tasks. Is this really true? If we look back in history we find that actually science follows technology: Torricelli was inspired by mine pumps, and thermodynamics followed the steam engine. In fact, most technological activities are not based on recent scientific discoveries at all.

Science and engineering are closely related but distinctly different; science is about building up knowledge, engineering is about getting things made. High-tech companies and not-so-high-tech companies live or die by their ability to design well, produce efficiently, and complete successfully in business. There is much more than science in such activities. In fact, engineering is at the top of the scientific ladder. The goal of science is the pursuit of knowledge and understanding for its own sake; the goal of engineering is the creation of successful artifacts and systems to meet people's wants and needs. They are, in fact, quite different activities. Basic engineering concepts such as design, construction, testing, planning, quality assurance, problem-solving, decision making, interpersonal and communication skills are rarely found in science.

How is it that we engineers come to think that engineering is applied science, when the reality and history around us constantly proves the opposite? The main reason is that engineering is not taught to our children at all. The basic education consists solely of human sciences and natural sciences; engineering or technology is excluded.



Dos. Ilmo Kukkonen (GTK)
& FIRE Working Group

FIRE-Working Group:

Geologian tutkimuskeskus: E. Ekdahl, I. Kukkonen, R. Lahtinen, M. Nironen, A. Kontinen, J. Paavola, H. Lukkarinen, A. Ruotsalainen, J. Lehtimäki, H. Forss, E. Lanne, H. Salmirinne, T. Pernu, P. Turunen, E. Ruokanen

Helsingin yliopiston Seismologian

laitos: P. Heikkinen, A. Korja, T. Tiira
Oulun yliopisto, Geotieteiden laitos: S.E. Hjelt, J. Tiikkainen

Oulun yliopisto, Sodankylän Geofysiikan Observatorio: J. Yliniemi

Terramecs Ky: E. Jalkanen

Spetsgeofizika: R. Berzin, A. Suleimanov, N. Zamoshnyaya, I. Moissa, N. Isko, V. Litvinenko



Viime vuonna saatiin valmiiksi mittavat kenttätöyt Suomen toistaiseksi suurimmassa yksittäisessä geotieteellisessä tutkimushankkeessa, maankuoren rakenteita heijastusseismisin menetelmin luodan- neessa FIRE-hankkeessa. Nyt hanke on siirtynyt tulosten tulkinta- ja raportointivaiheeseen.

Suomen kallioperän *seismiset heijastus-* *luotaukset päätökseen*

FIRE-hanke (lyh. sanoista Finnish Reflection Experiment) on laaja kallioperän perustutkimushanke, jota Geologian tutkimuskeskus (GTK) toteuttaa yhdessä Helsingin yliopiston Seismologian laitoksen, Oulun yliopiston Geotieteiden laitoksen ja Sodankylän Geofysiikan Observatorion kanssa. Hankkeen seisminen mittausosa kuuluu Venäjän ja Suomen väliseen velkakonversiosopimukseen 2001-2003. Näin Venäjä kuittaa entisen Neuvostoliiton aikaisia velkojaan Suomelle erilaisin tieteellisin laite- ja palvelutoimituksin.

Tämän erikoisjärjestelyn vuoksi FIRE-hankkeessa toimi seismisenä urakoitsijana venäläinen valtionyritys Spetsgeofizika yhdessä kauppahuone Machinexportin kanssa. Spetsgeofi-

zika toi hanketta varten Suomeen erikoisvalmisteiset ajoneuvot, seismisen mittauskaluston ja noin 45-60 henkeä henkilökuntaa. Urakasta vastaavana organisaationa toimi Geologian tutkimuskeskus, joka vastasi kenttätöiden järjestelyistä, tarvittavasta liikenteenohjauksesta ja mittausten laadun valvonnasta. Kotimaisen FIRE-konsortion henkilökuntaa oli maastotöissä jatkuvasti noin 10 henkeä.

Miksi seismisiä heijastusluotauksia?

Suomessa ei ole aikaisemmin voitu käyttää seismisiä heijastusluotauksia tässä laajuudessa kallioperätutkimuksiin. Menetelmä on kallis, mutta sen antama tieto maankuoren rakenteista on

erotuskyvyltään olennaisesti parempi kuin millään muulla geofysiikalla maankuoren tutkimusmenetelmällä. Menetelmällä voidaan erottaa maankuoren yläosista heijastajia, joiden paksuus on vain muutaman kymmenen metrin luokkaa ja kuoren alaosastakin erottuu vielä muutaman sadan metrin paksuisia kerroksia.

Suomen kallioperän kehityshistorian tärkeät tapahtumat, kuten arkeisen kratonin repeäminen n. 2 miljardia vuotta sitten, merialtaan muodostuminen kratonin länsipuolelle nykyisen Keski- ja Itä-Suomen alueelle, ja svekofennialaisessa orogeniassa noin 1,93-1,84 miljardia vuotta sitten tapahtuneet laattojen törmäykset ovat kaikki jättäneet kallioperään jälkiä, jotka voidaan kartoittaa seismisen heijastusluotauk-



1. Spetsgeofizikan luotausautot Keuruun pohjoispuolella maaliskuussa 2003.
Kuva: I. Kukkonen, GTK.



2. Luotausauto tärinälaitteisto laskettuna tienpintaan. Kuva: I. Kukkonen, GTK.

hetetyn aallon aiheuttamia heijastuksia rekisteröitiin tien penkalle asennettua 18,1 km pitkää geofonilinjaa käyttäen. Käytössä oli 362 aktiivista geofonikanavaa, ja kussakin kanavassa oli 12 geofonia asennettuna 50 m:n matkalle (Kuvat 3 ja 4).

Seisminen signaali lähetettiin aina 100 m:n välein. Näin syntyneessä mitausdatassa rekisteröidään jopa 90 kertaa heijastus samasta maankamaran kohdasta. Siten voidaan prosessoinnissa tehokkaasti erottaa kohinasta heikkojakin kallioperän heijastajia. Mittausten ohjaus tapahtui kuorma-auton alustalle asennetusta seismisestä asemasta, josta operaattori antoi vibraattorikomennot ja tallensi mitatun datan tietokoneen muistiin (Kuva 5).

sen avulla. FIRE-hankkeen tulokset avaavat uuden näkymän Suomen kallioperään ja sen kehityshistoriaan.

FIRE-hankkeessa mitattu seisminen heijastusluotausaineisto on osoittautunut erittäin laadukkaaksi, ja se sisältää runsaasti aiemmin täysin tuntemattomia geologisia rakenteita useiden kymmenien kilometrien syvyydeltä. Tämä onkin eräs FIRE-hankkeen tavoitteista, uuden syvärakennetiedon hankkiminen Suomen kallioperästä. Tutkimuslinjoja on kaikkiaan neljä ja niiden yhteispituus on yli 2100 km. Kenttätyöt tehtiin v. 2001-03 aikana kolmessa jaksossa.

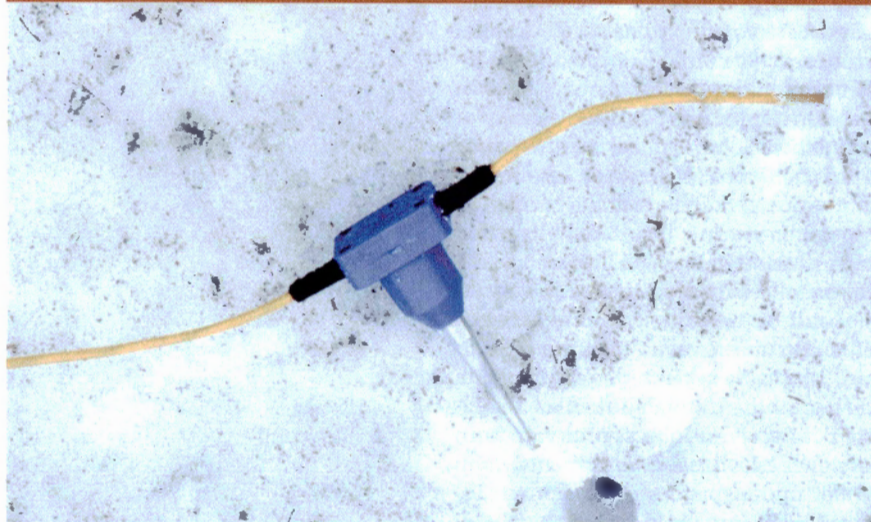
Vibroseisminen menetelmä

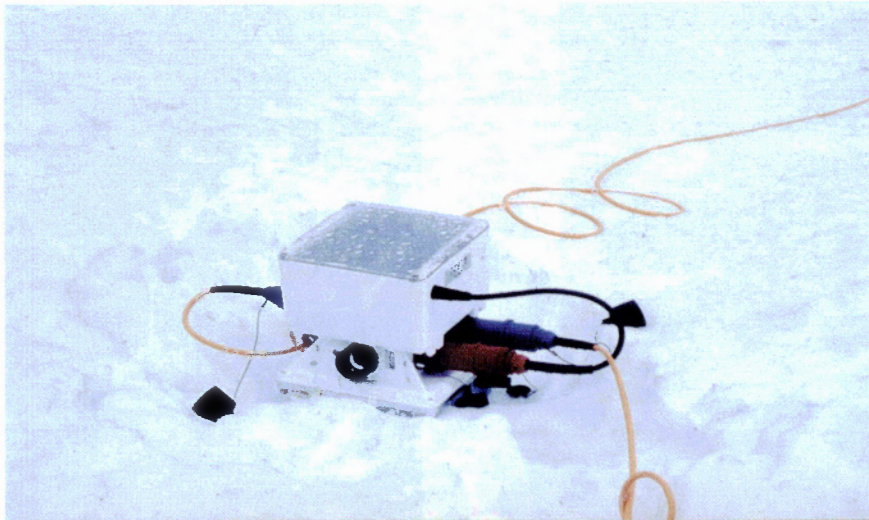
Mittaukset tehtiin käyttäen vibroseisimistä menetelmää, joka on alunperin kehitetty öljynetsintään, mutta yhä enemmän menetelmää käytetään myös kiteisten peruskallioalueiden, kuten Suomen maankamaran, tutkimuksiin.

Raskaan erikoiskaluston vuoksi FIRE-mittauksia ei voitu tehdä maastossa, vaan ne oli tehtävä teitä pitkin (Kuva 1). Seisminen signaali synnytetään hydraulisella laitteistolla, joka on asennettu Ural-kuorma-auton alustalle

(Kuva 2). Auto pysähtyy mittauksen ajaksi. Hydraulikka synnyttää 12-80 Hz taajuudella värähtelevän 30 s pitkän seismisen signaalin. Seismisen signaalin vahvistamiseksi käytettiin viittä vibraattoriautoa yhtenä ryhmänä, joka oli tiellä 50 m:n pituisella matkalla. Lä-

3. Tällaisia noin 15 cm mittaisia geofoneja (karakteristinen taajuus 10 Hz) levitettiin rekisteröintilinjalta noin 4300 kpl. Osoittautui, että geofonit voitiin talviaikaan asentaa kovaksi pakkautuneeseen tienpenkan lumeen, jossa ne saivat yllättävän hyoän akustisen kontaktin maankamaraan. Kuva: I. Kukkonen, GTK.





4. Geofonien analogisen signaalin digitoinnissa käytettiin kuvan esittämiä laitteita. Kuvassa on kuuden geofonikanavan yhteinen digitointiyksikkö ja sen päällä aurinkokenno, jonka varassa laite toimi useita päiviä jopa talvihämärässä. (Digitointiyksiköitä muuten katosi työn aikana useita. Jos tapaat tällaisen laitteen, ota yhteys artikkelin kirjoittajaan.) Kuva: I. Kukkonen, GTK.

Kullakin mittauspisteellä rekisteröity ns. korreloitu signaali on 30 sekunnin mittainen. Tänä aikana seisminen P-aalto etenee maankamarassa noin 80 km:n syvyyteen ja takaisin, joten mittauksen syvyyssulottuvuus riittää hyvin läpi koko maankuoren, joka on Suomessa noin 50 km paksu.

Vibroseismisen menetelmän yhtenä etuna on se, että siinä syötetään seismistä energiaa maahan pitkän ajan kuluessa, jolloin esim. räjäytyslähteisiin verrattuna ympäristöriski on hyvin pieni. Räjäytysseismikkä ei olisi voitu käyttää tämänkaltaisessa työssä, sillä tarvittavat lähdesignaalit olisivat edellyttäneet n. 10-20 kg dynamiittipanoksia. Se olisi ollut jo tarvittavien lupien kannalta lähes mahdotonta, tehtiinhän mittaukset julkisia teitä pitkin.

Vibraattorisignaalin maahan välittävä aluslevy, joka lasketaan tien pintaan mittauksen ajaksi, on noin 1,6 neliömetrin kokoinen. Vibrauksessa käytettävä suurin voima on 65 % auton painosta, eli noin 10 tonnia. Tästä aiheutuva kuormitus on samaa luokkaa tai pienempi kuin raskaiden ajoneuvojen tiehen kohdistama kosketuspaine. Tähänastiset kokemukset osoittavat, että vibroseisminen mittaus ei aiheuta alustaltaan normaalin rakennetun tien tapauksessa haittaa päällysteelle eikä rakenteille. Sitä ehkäisee mm. se, että signaali on taajuudeltaan lineaarisesti 30 s aikana kasvava "taajuuspyyhkäisy", joka estää rakenteiden mahdollista resonointia syöttötaajuuksilla. Vähäisiä päällystevaurioita syntyi vain noin kymmenessä pisteessä yhteensä noin 17 000 mittauspisteestä. Vauriot korjattiin FIRE-projektin toimesta.

Käytännön kysymyksiä: Liikenteenohjausjärjestelyt

Perinteellisesti geofysikaalisia kenttämittauksia tehdään Suomessa joko maastossa tai muuten rauhallisilla alueilla. FIRE-hankkeessa oli pakko toimia yleisiä maanteitä pitkin raskaan mittauskaluston vuoksi. Sen vuoksi tarvittiin väistämättä myös liikenteen ohjausta, koska 50 m pitkä vibraattori-ryhmä tukki ajoradan oikean kaistan. Koko toiminta yleisillä teillä edellytti Tiehallinnon ja paikallisten Tiepiirien antamia lupia tiellä työskentelyyn. Työskentelyalue merkittiin mittaukselta varoittavin liikennemerkkein ja vibraattorien ympärillä oli 80 ja 50 km/h



5. Kuorma-auton lavalla olevassa kontissa toimi kenttämittausten hermokeskus, eli seisminen rekisteröintiasema, josta annettiin ohjeet vibraattoreille radiolla ja koottiin mittausdata tietokoneen muistiin. Kuvassa operaattori A. Nisounov ja tulkki B. Rozhkov. Kuva: I. Kukkonen, GTK.

nopeusrajoituksia. (Niistä huolimatta opimme projektin aikana paljon autoilijoiden kiireestä ja kaasujalan ominaispainosta!)

Liikenteenohjauksesta huolehtivat GTK:n kenttämiehet, jotka koulutettiin viranomaisten edellyttämällä kurssilla tehtäviinsä. Muutenkin työturvallisuus otettiin hankkeessa vakavasti, eikä henkilövahinkoja sattunut kertaakaan.

Koska mittaukset tehtiin yleisillä teillä liikenteen seassa, pyrittiin mittauksista tiedottamaan laajasti sanomalehdissä ja paikallisradioissa. Näin saatiin viesti nopeusrajoituksista ja muista ohjeista tehokkaasti ja oikealla hetkellä yleisön tietoon.

Mittauslinjojen valinta

FIRE-hankkeen mittauslinjat valittiin ennen kaikkea geologisen relevanssin perusteella. Koska hankkeen yleistavoitteena on selvittää Suomen kallioperän keskeisten geotektonisten yksiköiden rakenne ja kehityshistoria, linjat ylittävät mm. arkeaisen kratonin ja proterotsooisen kallioperän välisen rajapinnan useassa kohtaa. Linjat ylittävät myös Keski-Suomen granitoidikompleksin kahdella toisiansa risteävällä linjalla ja vastaavasti Lapissa tavoitteena oli saada kuoren läpileikkaus koko Lapin geologiasta (kuva 6). Resurssien sallimissa rajoissa voitiin tehdä myös

FIRE - Finnish Reflection Experiment 2001-2005

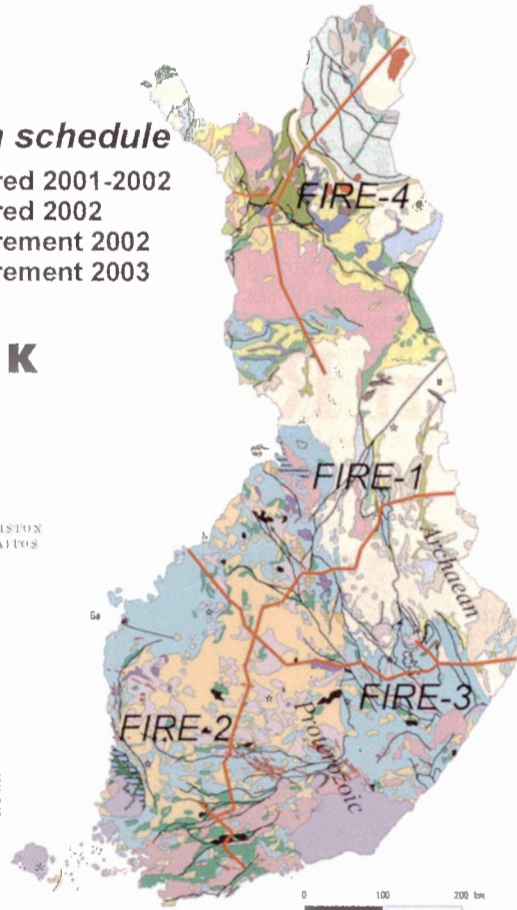
Acquisition schedule

FIRE-1: Measured 2001-2002

FIRE-2: Measured 2002

FIRE-3: Measurement 2002

FIRE-4: Measurement 2003



6. Yleiskartta tutkimuslinjoista Suomen kallioperäkartalla. Geologinen pohjakartta: GTK

kuoren mittakaavaisia "pistoraitteita" mm. Outokumpu-jakson yli ja Sirkka-Muonio -välille. Eräänä tärkeänä kriteerinä oli myös ylittää useita malmineitsinnän kannalta potentiaalisia vyöhykkeitä, joiden syvärakennetta voitaisiin siten selvittää koko maankuoren mittakaavassa.

Geologisen merkityksen lisäksi pyrittiin myös siihen, että osa linjoista kulkisi seuraten aikaisempia taivutusluotauslinjoja (SVEKA, FENNIA ja POLAR), joilta on olemassa hyvät maankuoren nopeusmallit. Heijastusseisminen menetelmähän ei anna tietoja kuoren eri kerrosten P- ja S- aaltojen nopeuksista, vaan pelkästään heijastavista rakenteista.

Viimeisenä kriteerinä linjojen sijoituksessa oli käytettävissä oleva tietverkosto. Siten lopulliset linjat eivät ole suorita, vaan tielinjoja seuraavia, paikoin hyvinkin kiemuraisia reittejä. Se ei ole kuitenkaan varsinaisesti haitta, sillä heijastajien todellista asentoa voidaan paremmin tulkita, jos linja on hieman mutkitteleva.

Maankuoren mittakaavassa tehty-

jen luotausten lisäksi FIRE-hanke teki kokeilumielessä korkean resoluution mittauksia myös malmipotentialisilla alueilla, Outokumpu-jaksolla ja Suhangon kerrosintrusiolla yhteensä noin 45 linja-km. Tavoitteena oli saada kokemusta menetelmän sopivuudesta malmialueiden syvärakennetutkimukseen ylimmän 5 km:n syvyysalueella. Näissä mittauksissa nostettiin vibroseismin signaalin taajuutta ja lyhennettiin rekisteröinti- ja vibropistevälejä mahdollisimman korkean resoluution saavuttamiseksi. Alustavat tulokset ovat erinomaisia ja rohkaisevat jatkamaan menetelmän soveltamista malmikohteisiin jatkossakin.

Laatuvalvonta

Heijastusseismin mittausten laadun varmistamiseksi FIRE-konsortio asetti maastotöihin oman laatuvalvonnasta vastaavan geofyysikon, joka seurasi ja ohjasi päivittäin urakoitsijan työtä ja tarkasti tehdyt suoritteet. Lisäksi valvontaan osallistui lyhyemmissä jaksoissa konsortion tutkimuslaitosten

geofyysikoita, jotka samalla tutustuivat seismin heijastusluotaukseen käytännössä. Oma laatuvalvonta oli keskeinen komponentti hyvän lopputuloksen varmistamisessa, ja samanlainen laatuvalvonta on yleisenä käytäntönä myös ulkomailla tehtävissä seismissä urakointihankkeissa.

Laajakulmarekisteröinnit

Oulun yliopiston Sodankylän observatorio ja Helsingin yliopiston Seismologian laitos käyttivät hyväksi vibroseismitä signaalia tekemällä osalla luotauslinjoista ns. laajakulmarekisteröintejä. Siirrettävien automaattisten mittausasemien avulla voitiin rekisteröidä vibroseisminen signaali kymmenien kilometrien etäisyydellä vibraattoreista. Laajakulmarekisteröintien avulla laaditaan mm. maankuoren yläosan nopeusmalleja täydentämään heijastusluotausten antamaa kuvaa.

Tulosten tulkinta käynnissä

FIRE-hankkeen maastotyöt valmistuivat kesäkuussa 2003. Tällä hetkellä koko mittausaineisto on prosessoitu ja aineisto on konsortion tutkimusryhmiin käytössä ja tulkittavana. Spetsgeofizikan geofyysikot tekivät aineiston ensimmäisen prosessoinnin jo maastotutkikohdissa alustavan tuloksen näkemiseksi ja laatuvalvonnan tarpeisiin. Urakoitsija viimeisteli kenttätyöjaksosten jälkeen prosessoinnin Venäjällä. Seismologian laitos vastaa Suomessa prosessoinnista ja tuottaa tulkinnassa käytettävät migroidit tulokset. Tulosten tieteellinen tulkinta ja käsittely ovat kotimaisen FIRE-konsortion tehtävänä. Urakoitsija ei osallistu aineiston tulkintaan.

Tässä vaiheessa ei vielä voida esitellä yksityiskohtaisia tuloksia työn keskenkäisyyden vuoksi. FIRE-hankkeen tulkinta- ja raportointivaihe jatkuu vuoden 2005 loppuun. Tulkintatehtäviin osallistuu noin 20 konsortion tutkijaa. Keskeisiä teemoja ovat maankuoren rakenteiden tektonisen historian tulkinta, sekä heijastajien ja muun geologisen ja geofysikaalisen aineiston korrelointi ja yhteistulkinta. FIRE-hankkeeseen liittyy tällä hetkellä myös useita geologisia ja geofysikaalisia gradu- ja väitöskirjatutkimuksia, joissa hyödynnetään ja analysoidaan luotausten tuloksia. FIRE-hankkeen seismit heijastusluotaustulokset tulevat varmasti olemaan keskeistä Suomen maankuoren tutkimusaineistoa lähivuosina. Jatkamme varsinaisten tulosten esittelyä hieman myöhemmin myös Materia-lehden palstoilla.▲

The FEM-conference was attended in December by more than 300 participants, a record figure in the six-year history of this series of bi-annual events.

FEM - FennoScandian Exploration & Mining Conference in Rovaniemi

The conference was sponsored by the Society for Geology Applied to Mineral Deposits, Outokumpu Co, Hartwall Co, Attorneys at Law Jukka Kallio Co, Santa Park, Gold Prospector Museum, City of Rovaniemi and County of Rovaniemi and arranged by Regional Councils of Lapland, Kainuu, Oulu, Central Ostrobothnia, Northern Savo, Southern Savo, and Northern Carelia, Ministry of Trade and Industry, University of Oulu and Association of Finnish Extractive Resources Industry.

One third of the participants had arrived from abroad, from 20 countries. They accounted for almost all the 18 presentations, covering research and business alike.

In his opening address at the Lappia Hall Mr *Raimo Sailas*, the Permanent Secretary of Ministry of Finance drew attention to the obvious discrepancy between the number of promising deposits and the number of mines currently under exploitation; there are numerous promising deposits and very few operating mines. More capital providers and risk takers should be found, in addition to serious entrepreneurs, Mr Sailas said.

Another domestic speaker was Mr *Juha Marjosola*, the managing director of Finnish Industry Investment Ltd, a governmental body. He summarised believing that the newly established FII Ltd has the potential in bridging the gap between early-stage exploration and sources of equity-orientated development capital, required to finance prospective developments.

Foreign presentations

Bill Mercer, President of the PDAC, gave a talk about global trends in explora-



The FEM-Conference gathered a large audience at the Lappia Hall in Rovaniemi in December.



tion – a perspective from Canada. His main message was that there is light at the end of the tunnel. Metal prices have started to show signs of recovery. However, there is a couple of important issues that the industry is facing as it looks to the future. Firstly, China, whose effect can be positive or negative. Secondly, there is the increasingly complicated permitting process required to develop a mine.

Paul Anciaux, Enterprise Directorate General, European Commission, spoke about mining industry from the European Union perspective. He mentioned a.o. that over 20 % of the European GDP is dependent in some form or other on the extractive industry. Dr Anciaux described directives effecting on this industry: The Seveso II Directive covering industrial risks related to the use and storage of dangerous substances, directive on the Management of Waste from the extractive industry and a technical guidance document "Best available technologies reference document (BAT) for the management of tailings and waste rock in mining"

In his interesting lecture Dr *Bob Foster* (Exploration Consultants Ltd) mentioned a.o. that Precambrian shield areas represent only 14 % of total exposed continental crust; yet they host around 50 % of the world's giant gold deposits, very important Ni, PGE and massive sulphide deposits as well as diamond pipes.

Dr. *D.I. Groves* (University of Western Australia) gave a lecture on computer-assisted integrated targeting in exploration. According to him the future challenge is to adapt 2D GIS-methodology to 3D analysis of block models. At the global scale we must learn to use global reconstructions to predict the location of covered mineral provinces based on their past location during metallogenically productive periods of Earth history.

Dr. *Roy Spencer* concluded, that while the potential for discovery of large new diamond deposits capable of affecting the diamond industry is limited, existing markets are stable and new markets, e.g. China and India, are being developed.

Dr. *Robin Hill* (CSIRO, Australia) and Prof. *Heikki Papunen* (University of Turku, Finland) described the Fennoscandian region having several geological domains with obvious prospectiveness for nickel (and Cu, PGE), which are highly probable candidates to underpin premier sustainable metals industries.

Resources Manager *J.P. Osborne* (APP, Gold Fields Ltd) and Regional Manag-

er *M.J. Botha* (Europe, Gold Fields Int'l Services Ltd) had a lecture about the use of recoverable resource estimation in assessing selective mining options for the Suhanko project. Using the Suhanko Recoverable resource estimates, total resources at a cut-off grade of 1.0 g/t, amount to 12.2 Moz contained in 156.7 Mt at an average grade of 2.42 g/t 2PGE+Au, with an additional 0.2% Cu and 0.09% Ni. A 2.0 g/t cut-off was applied to potential underground resources at SK Reef. Feasibility studies indicate that the Suhanko Project is capable of producing over 400 000 oz PGE's per annum with significant amounts of Cu and Ni.

Geologist *Nicole L. Patison* and Director *Thomas Lindholm* (Riddarhyttan Resources AB) announced that the size of the Suurikuusikko Gold deposit is at the moment over 11.5 Mt at 5.4 g/t Au from which 57% is indicated and 43% inferred resources at 2 g/t cut-off. The resource remains open along strike and depth.

Director *Viktor N. Ustinov* et al. (AL-ROSA Co Ltd, Russia) informed that the commercial diamond deposits of the Arkhangelsk Diamond Province have

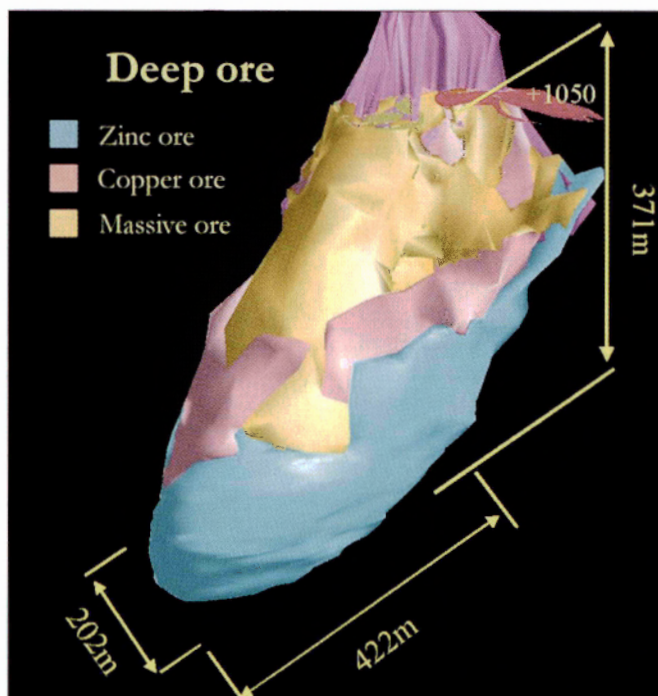
18% potential of developed diamond reserves of Russia. Mining of Lomonosov deposit started in September 2003. The Arkhangelskaya kimberlite pipe is the richest (0.99 car/t) in the deposit, which consists of six kimberlite pipes.

Domestic

Dr *Timo Lindborg*, a frequent speaker at earlier FEM Conferences deplored the financing problems of junior mining companies. He said it's almost impossible for a Finnish enterprise with a mineral deposit to obtain financing from Finland.

The pre-conference events included two short courses on gold and platinum group elements. Both were fully booked.

The successful event was culminated at the Conference Dinner on Sta Barbara Day, December 4th, with an announcement by Mr *Markku Isohami* (Outokumpu Oyj) of three Outokumpu Gold Nugget Rewards. They were given to Professor *Pekka Nurmi*, Mr *Kaj Front* and geologist *Eelis Pulkkinen*. Award winners and their work are described separately in this magazine. ▀



Pyhäsalmi Mine Oy

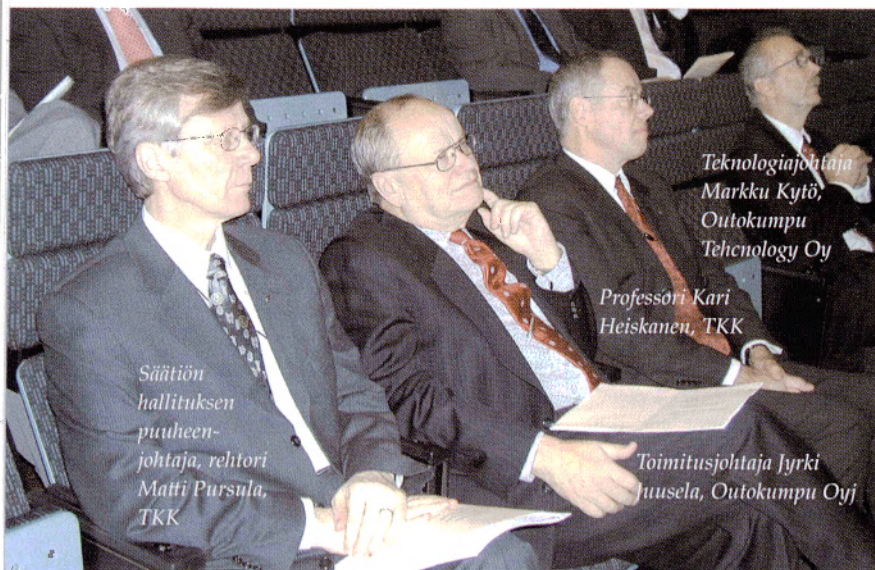
PI 51, 86801 PYHÄSALMI

Puh. (08) 769 6111

Fax (08) 780 404

email: etunimi.sukunimi@pyhasalmi.com

INMET
MINING



Säätiön hallituksen puheenjohtaja, rehtori Matti Pursula, TKK

Professori Kari Heiskanen, TKK

Teknologiajohtaja Markku Kytö, Outokumpu Technology Oy

Toimitusjohtaja Jyrki Juusela, Outokumpu Oy

Outokumpu Oyj:n Säätiö, jonka tarkoituksena on edistää metallien valmistuksen ja jalostuksen, metalli- ja kaivosteknologian, malmigeologian ja niiden liiketoiminnan tutkimusta ja opetusta yliopistoissa, on 4.12.2003 jakanut apurahoja vuodelle 2004 ja opinnäytetunnustuspalkintoja yhteensä 295 000 euroa.

Apurahoja ja tunnustuspalkintoja

Vuoden 2003 väitöskirja- ja diplomityöt

Tunnustuspalkinnot, 2 000 euroa erinomaisesti suoritetuista opinnäytteistä.

Filosofian tohtori Rais Latypov, Oulun yliopisto, palkittiin vuoden 2003 väitöskirjatyöstä "Constructions of phase equilibria diagrams and their application to petrological problems of some basic-ultrabasic intrusions of the Kola Peninsula and Siberia, Russia".

Dipl.ins. Petri Kempainen, Teknillinen korkeakoulu, palkittiin vuoden 2003 diplomityöstä "Effect of specimen size and geometry on fracture resistance behaviour of some metallic alloys".

Professori-apuraha

Professori Pentti Karjalainen, Oulun yliopisto, 10 000 e

Professoriapuraha päätettiin myöntää professori Pentti Karjalaiselle Oulun yliopistosta mm. hänen ansioistaan merkittävänä metallisten materiaalien tutkijana, tutkimusprojektien käynnistäjänä uusilla metallitekniikan aloilla sekä kouluttajana ja tutkimusryhmien johtajana.

Apurahat tutkimusryhmille

Professori Tuomo Alapieti, Oulun yliopisto, 16 000 e

"Emäksinen ja ultraemäksinen magmatismi ja siihen liittyvät platinametalliniikkeli-kuparimineralisaatiot".

Professori Olof Forsén, Teknillinen korkeakoulu, 30 000 e

"Kullan ja platinametallien talteenotto HydroCopper-prosessissa".

Professori Ari Lehto, Teknillinen korkeakoulu, 10 000 e

"Selvitys kuparin käytöstä aurinkoenergian hyödyntämisessä".

Tekniikan tohtori Seppo Louhenkilpi, Teknillinen korkeakoulu, 13 500 e

"Prosessin monitorointi- ja laadunestusmallien kehittäminen jatkuvaavalussa".

Professori Tuomo Tiainen, Tampereen teknillinen yliopisto, 32 000 e

"Kuparin ja kupariseosten materiaaliominaisuudet nopeassa muokkauksessa".

Jatko-opiskeluun Suomessa

Tekn.lis. Lasse Forsbacka, Teknillinen korkeakoulu, 10 000 e

Dipl.ins. Petra Jauhainen, Teknillinen

Vuoden väitöskirjatyöstä palkitti filosofian tohtori Rais Latypov, Oulun yliopisto (vas) ja säätiön asiamies, teknologiajohtaja Markku Kytö, Outokumpu Technology Oy.



korkeakoulu, 13 500 e

Dipl.ins. *Anu Martikainen*, Teknillinen korkeakoulu, 16 000 e

Fil.maist. *Tero Niiranen*, Helsingin yliopisto, 10 500 e

Fil.maist. *Juri Näsi*, Oulun yliopisto, 13 500 e

Tekn.lis. *Pekka Rajamäki*, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 13 500 e

Dipl.ins. *Katri Sirola*, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 13 500 e

Dipl.ins. *Outi Söderberg*, Teknillinen korkeakoulu, 13 200 e

Dipl.ins. *Esa Virtanen*, Oulun yliopisto, 10 000 e

Tekn.lis. *Jorma Virtanen*, Teknillinen korkeakoulu, 13 500 e

Dipl.ins. *Sonja Voipio*, Teknillinen korkeakoulu, 11 500 e

Jatko-opiskeluun ulkomailla

Dipl.ins. *Olli Vuola*, Sveitsi, 10 000 e

Matka-apurahat

Professori *Lauri Holappa*, Teknillinen korkeakoulu, 4 600 e

Dipl.ins. *Mika Mäkinen*, Teknillinen korkeakoulu, 4 000 e

Opiskelija-apurahat (á 800 euroa)

Helsingin yliopisto

Matti Huttunen

Oulun yliopisto

Anna-Maija Alariukka, Simo Isokääntä, Teemu Juutinen, Mirja Kaikkonen, Jenni Koitila, Juhon Kupila, Jarkko Okkonen, Mikko Palosaari, Antti Pasanen, Vesa Pieskä, Petri Tuominen, Tuire Valkonen, Henna Valppu, Mari Vengasaho

Turun yliopisto

Kaisa Kauppinen, Jussi Mattila

Teknillinen korkeakoulu

Mari Lundström, Sonja Nurmi

Tampereen teknillinen yliopisto

Ville Eronen, Maria Hiekkänen, Mikko Hokka

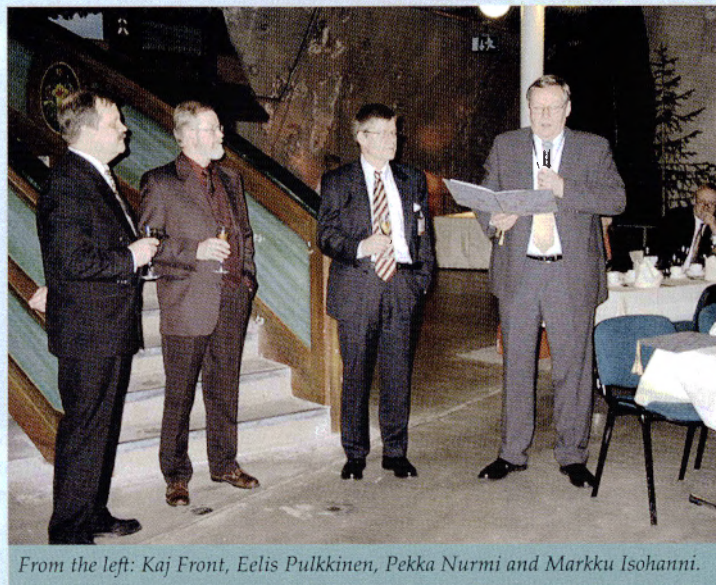
Åbo Akademi

Åsa Corin, Mathias Forss, Gustav Westerland

Opiskelu ulkomailla

Helena Lind, Britannia Saksa, Alankomaat; *Mikko Pajukoski*, Kanada; *Tuomas Savola*, Itävalta.▲

Gold Nugget *Rewards*



From the left: Kaj Front, Eelis Pulkkinen, Pekka Nurmi and Markku Isohanni.

Outokumpu Gold Nugget Rewards were given in FEM, December 4, 2003 to Professor Pekka Nurmi, Mr Kaj Front and geologist Eelis Pulkkinen.

Pekka Nurmi and Kaj Front, lead by Pekka Nurmi, did gold exploration in the area of sericite-quartz rich rocks at Kutemajärvi in Orivesi, SW-Finland. The area has been studied as a source for sericite by various companies since 1946. The exploration was done in the name of the Porphyry-Project of the University of Helsinki in collaboration with Oy Lohja Ab, the owner of mineral rights at that time. The geophysical magnetic and electromagnetic studies and geochemical sampling were followed by two diamond drill holes 1982. The discovery hole intersected an ore grade gold zone that was later called pipe No II. Production started 1994 and to date when mine production will cease at least for a while at the end of the year, mine has produced 13 tons of gold. Even small, Orivesi gold mine has been a good profit maker to Outokumpu every the year.

Geologist Eelis Pulkkinen was the leader of the field team of GTK researching the Sattasvaara komatite complex in

Sodankylä and exploring the area. After skilled and insistent studies skarn rocks with anomalous copper were located in the middle of the complex and 1985 the Pahtavaara gold mineralisation was found at the eastern part of the complex. Thanks to Eelis Pulkkinens innovative and devoted work the finding led quickly to gold production in the area. The Pahtavaara gold property was sold to Terra Mining Ab and the company developed it to a mine which started production in 1996. The mine was closed in 2000 and opened again 2003 by Scanmining Ab.

The history of the Outokumpu Gold Nugget Reward is as follows: In 1935 Mr Evert Kiviniemi found at Laanila, Inari, the biggest gold nugget ever discovered in Finland, weighing 392,9 grams. A copy of this nugget was donated to Mr Tuomo Korkalo, the founder of Saattopora gold deposit in 1990. In order to continue the tradition, Outokumpu Oy decided to donate a fine silver, gold-coated copy of this gold nugget to be given to such persons whose discovery will lead to opening an industrial scale precious metal mine in Finland.▲

Viime lokakuun puolivälissä astui Ruotsin maan-
kamaralle 14 hengen seu-
rue, jolla oli tarkoituksena
tutustua Ruotsin ydinjätteiden
loppusijoitusohjelmaan
ja erityisesti siihen liittyviin
haastaviin kallioperän
tutkimuskairauksiin.

Ydinjätteiden loppusijoituspaikan tutkimuskairauksista

Ruotsissa ydinenergiaa tuotetaan neljässä eri paikassa, yhteensä 11 reaktorilla. Korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituspaikkatutkimuksia varten on Ruotsissa ainakin näin aluksi valittu Forsmarkin ja Oskarshamnin voimaloiden ympäristöt. Tutustumiskohteenamme oli Oskarshamnin alue, jonka välittömässä läheisyydessä sijaitsee Äspön tutkimuslaboratorio. Siihen olennaisena osana kuuluu maanalainen, 450 metrin syvyyteen ulottuva lopullisia sijoitusolosuhteita simuloiva tutkimustunneli.

Oskarshamnin voimala sijaitsee maanteitse noin 280 kilometriä Tuk-

holmasta etelään aivan Itämeren rannalla Kalmarinsalmen suulla. Ruotsin ydinjätteiden sijoitukseen liittyvistä tutkimuksista vastaa voimalayhtiöitten omistama SKB (Svenska Kärnbränslehantering AB), joka toimii tiiviissä yhteistyössä Suomen vastaavan organisaation Posiva Oy:n kanssa. Pääperiaatteet ydinjätteen sijoittamisessa niin ruotsalaisella kuin suomalaisellakin osapuolella ovat pitkälti yhdenmukaiset. Lopullinen sijoituspaikka korkea-aktiiviselle jätteelle tulee sijaitsemaan noin 500 metrin syvyydessä, missä 5 metriä pitkät kupariset jättekapselit sijoitetaan bentoniittisavella

tiivistettyihin onkaloperänsä. Tilojen käyttöönotossa on Suomella ja Ruotsilla erilaiset aikataulut: Ruotsissa loppusijoituspaikkatutkimuksia jatketaan mahdollisesti aina vuoteen 2007 saakka, kun taas Suomessa luolaston rakentaminen Olkiluotoon aloitetaan jo kuluvan vuoden aikana. Kaiken kaikkiaan käytettyä ydinpolttoainetta sijoitetaan luolastoihin Suomessa 6500 tonnia ja Ruotsissa 8000 tonnia.

Tutkimuskairausten tilaajalla oli tiukka vaatimus näytteen saatavuudesta eli vaatimuksena oli mahdollisimman häiriötön timanttikairasydännäyte. Lisäksi vaatimukseen kuului



Sisin näyteputki
avattuna juuri
noston jälkeen.

Oskarshamn, Ruotsi



Suomalaiset Oskarshammnin työmaalla. Vas. Esko Räisänen, Ilkka Eskola, Pekka Mikkola, Juha Salmelainen, Timo Mäki, Martti Damsten, Heikki Saarnio, Jarmo Vesanto, Kari Lohva, Mikko Honkamo, Heikki Hiukkanen ja Pertti Murtovaara.

mahdollisuus kairata jopa 1500 metriä pitkiä reikiä, joten kalustolta vaadittiin melkoista suorituskykyä. Tilaajan vaatimukset täytti ns. kolmoisteräputkella (NQ 3) varustettu timanttikairauskalusto, jolla Oskarshammnin alueella kairaavat urakoitsijoina Suomen Malmi Oy sekä sen ruotsalainen yhteistyökumppani Drillcon AB. Urakoitsijoilla on käytössään kaksi automaattiohjauksella olevaa Atlas Copco B20 APC -kairauskoneita, joilla tilaajan vaatimaa NQ 3 -reikäkokoa (reikä Ø 75,6 mm, sydän Ø 50,2 mm) pystytään kairaamaan vaaditut 1500 metriä.

Kairaus tapahtuu yleisesti käytössä olevalla wire line -menetelmällä, jolloin näytteen nostossa ei tarvitse manuaalisesti purkaa pisimmillään jopa tuhannen metrin pituista putkijonoa, vaan kairausputkien sisälle lasketaan näytteen noston yhteydessä vaijeriin kytketty noutaja, joka lukkiutuu näyteputkeen ja tuo sen sydännäyteineen vinnin avulla maan pinnalle. Oskarshammnin tutkimuskairauksissa poikkeavaa on kuitenkin se, että maan pinnalle nostetaan yhden näyteputken sijasta kaksi sisäkäistä putkea, joista sisempi ja ohuempi on lukkorenkaiden poiston jälkeen avattavissa pöydällä pituussuunnassa kahteen osaan. Näin perinteisen näyteputken laatikkoon tyhjentämisen sijaan esille saadaan täysimittainen, häiriintymätön näyte, jossa tutkimuksissa tärkeät erilaiset heikkousvyöhykkeet, kuten

ruhjeet, raot, kalliosavilustot, siirrokset ja rapautumat ovat tarkalleen oikeilla paikoillaan.

Oskarshammnissa kairataan 12 tunnin vuoroissa. Keskiarvoksi vuoroa kohden on saatu 30-35 metriä kairasydäntä. Kairauspaikoille on valettu laaja 30 senttimetriä paksu betonilaatta koneen vakauden, työmaahygienian ja turvallisuuden maksimoimiseksi. Kairauksissa käytetty vesi on porakaivovettä, jotta se olisi mahdollisimman lähellä alueen luontaista, kohtalaisen suoloista kalliopohjavettä. Lisäksi ennen kairausreikään pumppausta siihen sekoitetaan oranssi väriaine erilaisten vuotojen kontrolloimiseksi. Reiässä olevan vesipilarin painoa vähennetään huuhtelun tehostamiseksi pumppaamalla erillisellä kompressorilla ilmaa 100 metrin syvyyteen. Kairausvesi kerätään hallitusti ja selkeytetään kolmessa altaassa ennen poisjohtamista.

Kairausparametrit tallentuvat muiistikortille, minkä lisäksi ne siirtyvät on line -tietoina kairauskoneen vieressä olevaan tilaajan (SKB) parakkiiin. Normaalien kairausparametrien lisäksi tilaaja saa tietoa mm. veden sähkön johtavuudesta sekä happipitoisuudesta. Vierailupäivänämme työn alla oli 1000 metriä pitkä reikä, josta oli kairattu 680 metriä. Reiän alkukaltevuus oli 60 astetta. Reiän toteutunut kaltevuus ja suunta mitataan 100 metrin välein Maxibor-mittauksella. APC-automat-

tiohjauksella varustettu kairauskone helpottaa merkittävästi kairajaan työtä valvomalla asetettujen kairausparametrien toteutumista, jolloin metrien kestoikä pitenee. Myös täyden teräputken mittaiset ajot toteutuvat varmemmin.

Niin geoteknisissä kuin malminetsintäkairauksissa tilaajien vaatimukset näylteen ehdottomasta saannista ja syvyytarkkuudesta ovat lisääntyneet. Vaativien kalliorakennuskohteiden lisäksi kolmoisteräputkikairauksien työkenttiä ovat geologisesti haastavat malminetsintäkohteet. Niihin kuuluvat esimerkiksi ns. reef-tyyppiset platinametallimineralisaatiot, jotka usein esiintyvät hyvin ohuina, mutta rikkaina kerroksina. Reef-malmeissa sivukiven ja malmin geotekniset ominaisuudet poikkeavat usein suuresti toisistaan, mikä aiheuttaa juuri tilaajan kammoamaa sydänhukkaa. Platinametalleihin liittyvät tutkimuskairaukset ovat Pohjois-Suomessa juuri nyt ajankohtaisia. Muina kohteina tulevat esille pehmeissä ja haurassa muodostumissa esiintyvät mineralisaatiot, joita ovat esimerkiksi kallioperämme timanttiaiheet geologisesti vanhoissa kimberliiteissä sekä kaoliini- ja talkkirikkaissa miljöissä tapahtuvat tutkimuskairaukset.

Suomen Malmi Oy ja Atlas Copco Louhintateknikka Oy Ab haluavat kiittää mukana olleita mielenkiinnosta ja asiantuntevista keskusteluista. ▀

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET har 11.300 studenter och 1.400 anställda. Vi utbildar inom ett brett område – från musik och media till teknik. Vår forskning bedrivs inom teknisk och filosofisk fakultet. Här finns drygt 60 forskningsämnen, med tyngdpunkten inom tillämpad teknik. Universitetet är Luleås största arbetsplats. Vi har också verksamhet i Piteå, Kiruna, Boden och Skellefteå.

PROFESSOR/UNIVERSITETSLEKTOR I HYDROMETALLURGI

Institutionen för kemi och metallurgi svarar idag för huvuddelen av utbildningen inom kemiteknik (industriell kemi) med avslutningar i mineralteknisk metallurgi och processkemi. Vi bedriver forskning inom områdena kemi, kemisk teknologi, biokemisk och kemisk processteknik, processmetallurgi, och mineralteknik. Forskningen är såväl tillämpad som grundvetenskaplig och bedrivs med finansiering från företag, stiftelser och forskningsråd. Institutionen har idag ca 60 anställda varav 5 professorer, 5 adjungerade professorer och ca 20 doktorander. Dessutom finns ytterligare 23 forskarsutbildande. Vi har modern utrustning för experimentell verksamhet.

Arbetsuppgifterna kommer i första hand att bestå av forskning och undervisning inom Hydrometallurgi. I befattningen ingår att ansvara för utvecklingen av grundutbildning inom såväl Kemiteknik programmet som de arenautbildningar som är under utveckling. Forskningen kommer i första hand beröra bakterie katalyserad lakning i lab-, bänk- och demonstrations skala där speciellt lösningsrening ingår. Befattningens inplacering som professor/universitetslektor kommer att ske efter bedömning av sakkunniga. Vi söker en kvalificerad hydrometallurg med erfarenhet av bakteriekatalyserad lakning och lösningsrening. Befattningen förutsätter växelverkan med industri och internationella forskningsorganisationer. En viktig samarbetspartner kommer att bli BIOMETECH, ett projekt och forskningscentrum som är under utveckling i Skellefteå. Dokumenterad erfarenhet av att självständigt genomföra och leda forskningsprojekt förutsätts. Befattningen har externfinansiering under fyra år och innehavaren förutsätts under denna tid ha byggt upp en verksamhet som beträffande finansiell situation och forskningsinnehåll kan verka i förvarighet.

BEHÖRIGHET

Behörig att anställas som professor är den som har visat såväl vetenskaplig som pedagogisk skicklighet. Behörig att anställas som universitetslektor är den som avlagt doktorsexamen eller har motsvarande vetenskaplig kompetens eller har någon annan yrkesskicklighet som är av betydelse med hänsyn till anställningens ämnesinnehåll och de arbetsuppgifter som skall ingå i anställningen, genomgått högskolepedagogisk utbildning eller på annat sätt förvärvat motsvarande kunskaper, samt visat pedagogisk skicklighet. Vid bedömning kommer särskild vikt att läggas vid vetenskaplig och pedagogisk skicklighet. Erfarenhet och skicklighet i projektledning samt relevant industriell erfarenhet kommer att beaktas.

UPPLYSNINGAR

Upplýsningar lämnas av professor Bo Björkman, tfn 0920-49 12 92, e-post bo.bjorkman@km.luth.se eller prefekt Allan Høllingren, tfn 0920-721 40, e-post alho@km.luth.se Upplýsningar om tillsättningsförfarandet lämnas av Anders Landström, tfn 0920-49 19 64, e-post amh@adm.luth.se Övrig information finns på vår hemsida www.luth.se

ANSÖKAN

Ansökan skall ställas till Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå och vara registrator tillhanda senast 1 februari 2004. Redogörelse för den sökandes vetenskapliga, pedagogiska och övriga verksamhet ska bifogas ansökan. För bedömning av vetenskapliga meriter ska de sökande välja ut tio publikationer som skickas med ansökan. De pedagogiska meriterna ska särskilt dokumenteras, se information om rekrytering av lärare vid Luleå tekniska universitet på adress www.luth.se/Lediga_jobb. Ansökan ska lämnas i tre separata uppsättningar. Ange ref nr 300-2003 i ansökan.



Luleå tekniska universitet S-971 87 Luleå
TELEFON: 0920 910 00, TELEFAX: 0920-913 99
INTERNET: www.luth.se

Tiede & Tekniikka

Sivut 36-42. Professori Olli Ikkala, Teknillinen korkeakoulu, Uusien materiaalien keskus, Teknillisen fysiikan ja matematiikan osasto, vastaa kysymykseen mitä ovat nanotiede ja nanoteknologia.

Sivut 43-47. TkT Nöra Schreithofer ja professori Kari Heiskanen, Teknillinen korkeakoulu, Mekaanisen prosessi- ja kierrätystekniikan laboratorio, ovat tutkineet partikkeleiden ja kuplien vuorovaikutusta.

Sivut 48-51. Professori Veikko Lindroos ja DI Outi Söderberg, Teknillinen korkeakoulu, Metallin ja materiaaliopin laboratorio, tarkastelevat erilaisia aktiivisia materiaaleja sekä paneutuvat TKK:lla tehtyyn muistimetallitutkimukseen ja erityisesti vuosina 1998-2003 toimineeseen MSM-materiaaliprojektiin (MSM Magnetic Shape Memory).



Olli Ikkala (s. 1953) valmistui TKK:n teknillisen fysiikan ja matematiikan osastolta diplomi-insinööriksi 1977 ja tekniikan tohtoriksi 1983 (Kylmälaboratorio). Väitöskirja liittyi uusien ns. vorteksifaasiin löytämisen supranestemäisestä ³Heliumista. Vuosina 1984-1994 hän työskenteli Neste Oy:n tutkimuskeskuksessa ensin sähkökemiallisen energian varastointiin liittyvissä hankkeissa. Sitten hän osallistui Neste Oy:n ja Uniax Corp (USA) yhteishankkeeseen sähköisesti johtavien polymeerien kehittämiseksi. Vuonna 1994 hän siirtyi TKK:n teknillisen fysiikan ja matematiikan osastolle aloittamaan "pehmeiden" ja polymeeristen aineiden fysiikkaa. Ma. professori 1998-2000 ja professori 2001-, aiheena polymeerifysiikka ja molekulaariset nanorakenteet. Uusien materiaalien keskuksen johtaja 2002-. Olli Ikkalan tutkimusaiheena ovat polymeerien ja orgaanisten materiaalien organisoituneet nanorakenteet ja niiden avulla saavutettavat toiminnot. Hänellä on yli 100 julkaisua (3 Sciencessä) ja parikymmentä patenttia. Olli.Ikkala@hut.fi <http://www.umk.hut.fi/> ja <http://omm.hut.fi/>

Professori Olli Ikkala, Teknillinen korkeakoulu Uusien materiaalien keskus, Teknillisen fysiikan ja matematiikan osasto ja Suomen akatemian huippututkimusyksikkö "Bio- ja nanopolymeerit"

Nanoteknologiasta mahdollisuuksia uusiin ja älykkäisiin materiaaleihin

Taustaa

Nanoteknologiasta on tullut muodikas sana. Ei ole montaa yliopistoa, korkeakoulua tai tutkimuslaitosta, jonka esitteissä sitä ei mainita. Jopa suurelle yleisölle tarkoitetuissa lehdissä kirjoitellaan asiasta ja nostetaan esille futuristisia näkemyksiä. Kuvataan kuinka hiilen nanoputkista tehdään köysi avaruuteen ja kuinka nanoskaalan tietokoneet ja keinoäly mullistavat maailman. Patentointi on vilkasta ja yritykset muodostavat nanostrategioita. Rahoitusmaailmassa pohditaan rikastumisen mahdollisuuksia, vaikkakin hurskas toivomukseni olisi, että siellä ei ehdoin tahdoin suunniteltaisi uuden "kuplan" muodostamista. Kuten kaikkeen uuteen, on tähänkin nousemassa myös varottelijoiden rintama. Pitääkö heihin suhtautua vakavasti, tuleeko nanokoneista uusia Frankensteineja, vai onko kyseessä enemmänkin uskomuksiin perustuvaa uuden pelkoa, muistetaanhan esim. että pari sataa vuotta sitten varoteltiin junaliikenteen vaaroista äärimmäisten (ehkä 50 km/h) nopeuksien vuoksi.

Mitä sitten on nanoteknologia ja nanotiede? Onko se sitä, että elektroniikainsinöörit tekevät yhä pienempiä elektroniikkapiirejä. Onhan jo nyt perinteisessä elektroniikan litografiassa viivanleveys suuruusluokkaa 100nm tai alle (1nm=0.000000001m). Onko siis kaikki elektroniikka automaattisesti nanoteknologiaa? Toisaalta kemistit syntetisoivat uusia yhdisteitä. Tyypillinen kemiallisen sidoksen pituus on 0.1nm ja tyypillinen molekyylin

koko on suuruusluokassa 1-10nm. Onko siis kaikki kemia automaattisesti nanoteknologiaa? Tai onko nanoteknologia se, että metallurgi kasvattaa yksikiteistä piitä, jossa on vain vähän hilavirheitä? Tai onko kaikki biotekniikka automaattisesti nanoteknologiaa? Onko nano siis vain uusi ja muodistettu kutsumanimi jo olemassaoleville ja perinteisille tieteenaloille? Mielestäni näin ei ole. Kuten kaikissa suurissa mahdollisuuksissa, on nanonkin aiheuttamassa huumassa lieveilmiöitä. Yritän seuraavassa luonnehtia joitakin näkökohtia, miksi taustalla on uusia ja vallankumouksellisia mahdollisuuksia, mutta että ne vaativat kärsivällistä ja erityisesti poikkitieteellistä työtä vielä pitkään.

Mitä ovat nanotiede ja nanoteknologia?

Termistö ei vielä ole vakiintunut ja otan suuren riskin yrittäessäni jotenkin määritellä nanoteknologiaa ja nanotieteitä. Ne ovat uudenlaisten materiaalien ja toimintojen (funktioiden) poikkitieteellistä suunnittelua ja toteuttamista lähellä molekyyllitasoa olevien rakenteiden avulla (kokoluokassa n. 1-100nm) ja näiden valjastamista suuremman toimivan kokonaisuuden osaksi. Suunnittellessa makroskooppista konetta (esim. autoa) tarvitaan koneen toiminnan teoreettinen (ehkäpä lujusoppillinen, fysikaalinen ja termodynaaminen) suunnittelu ja simulointi, syvä ymmärrys materiaalivalinnoista, materiaalien työstö halutun muotoiseksi, kokoonpano, optimointi, testa-

us, ja toiminnan sekä prosessin tekninen ja taloudellinen evaluointi.

Vastaavaa tarvitaan nanotekniikassakin. Mutta jos pienennetään yksittäinen toiminnallinen yksikkö lähelle molekyyllitasoa "nanokoneeksi", eivät makromaailman työkalut aina sovellu eivätkä ilmiötkään ole välttämättä samat. Ei esimerkiksi voida käyttää perinteisiä valumuot- teja 1-10nm nano-osien työstämiseksi eikä perinteinen valu muutenkaan ehkä onnistuisi rajapintaenergioiden vuoksi. Yleisemmällä tasolla, tunnetaan vielä puuttelli- sesti miten nanokoneet toimivat. Sitä paitsi materiaalien ominaisuudet muuttuvat kun lähestytään molekyyllitasoa. Nimittäin ns. klassillinen fysiikka ja materiaalitiede eivät silloin välttämättä päde, koska nano-osien ominaisuudet määräytyvät kvanttimekaniikasta. Esimerkiksi elektro- niikasta tuttu Ohmin laki (joka kertoo, että johtimessa jännite on vastus kertaa virta) ei enää toimikaan kun johtimen koko on nanotasoa. Tällöin ei ole yllättävää, että nanoelektronikassa saadaan ominaisuuksia, joita ei perin- teisessä elektronikassa saavuteta. Jopa metallin ja eristeen raja-aidat hämärtyvät kun valmistetaan nanoskaalan ryppäitä (klustereita).

Usein toiminnallisuus saavutetaan materiaalin kuvioin- nilla, ajatellaanpa vaikka transistoria tai solun seinämässä olevaa nanokanavaa, jonka ohjatulla läpäisyllä säädellään ionitasapainoa solussa, tai DNA:sn emästen järjestystä, joka ohjaa proteiinien tuotantoa.

Voidaan sanoa että materiaalin kuvioinnin suhteen nano- tekniologia etenee kahdella rintamalla:

Evolutionaarinen nanotekniologia

Toisaalta nanotekniologia on elektronikan pakkaamista yhä pienemmäksi ja se on ainakin tähän saakka seurannut ennustettavasti Mooren lakia, jossa laskentakapasiteetti

kaksinkertaistuu aina puoleltoista vuoden välein. Tämä tärkeä nanotekniologian haara oleellisesti "kasvaa" makro- maailman elektronikan litografiaprosesseista ja miten niillä sekä uusilla litografiamenetelmillä voidaan kuvioida yhä pienempiä osia (ns. top-down menetelmät).

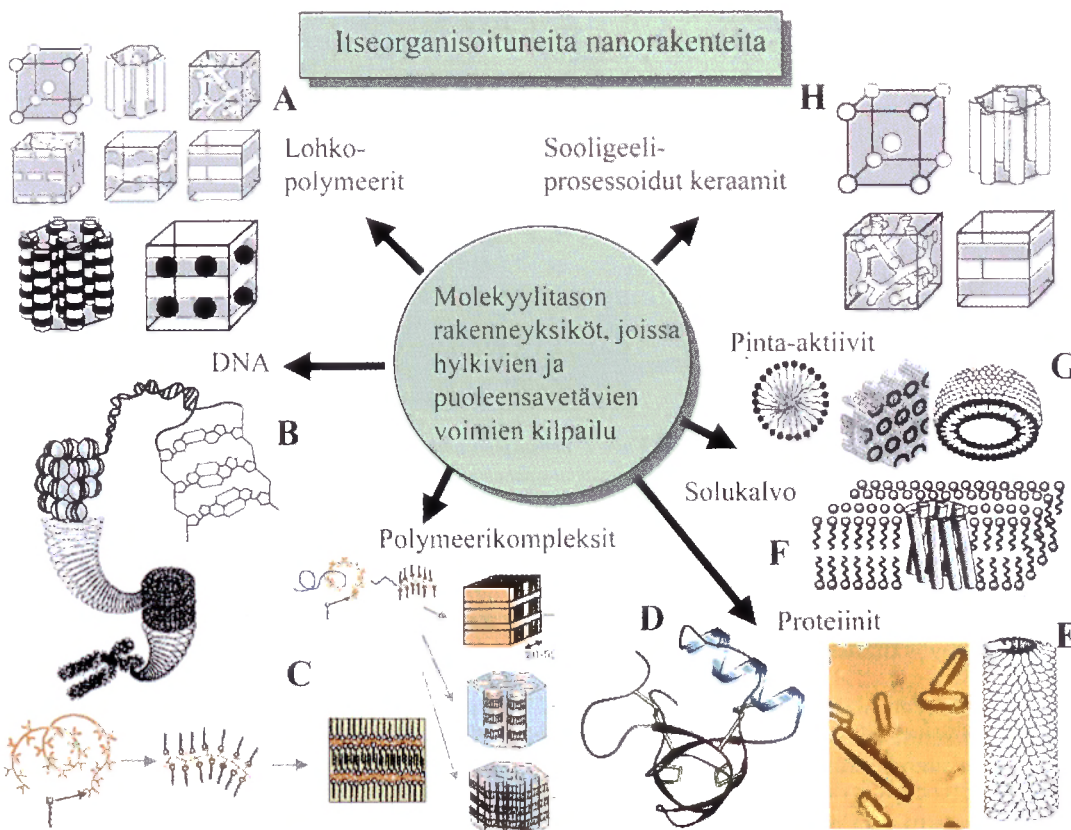
Revolutionäärinen nanotekniologia

Kun saavutetaan riittävän pieni koko, ei materiaali enää käyttyä samalla tavalla kuin on totuttu. Siksi sen uusia ja yllättäviä ominaisuuksia ei ehkä voida ennustaa esi- merkiksi Mooren lailla. Materiaalit suunnitellaan mole- kyyllitason yksiköistä (ns. bottom-up menetelmät) siten että kuviointi ja osien muoto on "koodattu" järjestettävien molekyylien koostumukseen. Näin ne järjestyvät halu- tulla tavalla ja muodostavat spontaanisti, nanorakenteet 1-100nm kokoluokassa. Halutun rakenteen koodaaminen molekyylien koostumukseen on vielä vaikea ja poikkeite-ellinen tehtävä, ja onnistuu vasta tietyissä materiaali- ryhmässä.

Seuraavassa esitän joitakin esimerkkejä erilaisista revolutionaariseen nanotieteeseen ja nanotekniologiaan liittyvistä materiaaleista ja rakenteen koodaamisesta. Siksi olen rajannut pois puolijohteet ja niiden litografia- ja höyrystysprosessit sekä metallit, varsinkaan kun en katso asiantuntemukseni riittävän niiden tarkasteluun.

Materiaalien nanoskaalan rakenteiden "koodaaminen" itseorganisaatiolla

Luonnossa on lukuisia esimerkkejä toiminnallisista nano- rakenteista ja kuvassa 1 esitetään niistä joitakin. Esimer- kiksi solukalvot (kuva 1F) muodostuvat molekyyleistä, joissa on "kaksi päätä". Toinen pää on hydrofiilinen eli vesiliukoinen ja toinen pää hiilivetyketju, joka on



Kuva 1. Esimerkkejä itseorganisoituneista ja hierarkisista (sisäkkäisistä) nanorakenteista. A) Lohko-polymeerit, B) DNA, C) Polymeerikomplekseja, D) Proteiineja, E) Tobaccamosaikkeivirus, F) Solukalvo (kaksiskerros), G) Pinta-aktiivit, H) Keraamit.

Figure 1. Some examples of self-organized (hierarchical) nanostructures. A) Block copolymers, B) DNA, C) Polymeric complexes, D) Proteins, E) Tobacco mosaic virus, F) Double layer forming the cell membrane, G) Surfactants, H) Ceramic hybrids.

hydrofobinen ja siten haluaa välttää kosketuksen veteen. Siksi tällaiset "amfiifiliset" molekyylit pakkautuvat siten, että hiilivetyketjut ovat lähellä toisiaan. Koska molekyylin koko on nanometrialueella, syntyy nanoskaalan rakenne. Saatava nanorakenne voidaan "ohjelmoida" säätämällä hiilivetyketjun pituutta ja ketjujen lukumäärää, sekä hydrofiilisen ryhmän kokoa. Solukalvoissa amfiifilit ovat evoluution myötä kehittyneet niin, että syntyy kuvassa 1F esitetty kaksoiskerros. Rakenne on pehmeä ja dynaaminen.

Itseorganisoitumiselle tyypillistä on se, että aiottavan nanorakenteen "koodi" ohjelmoidaan molekyylin kemialliseen rakenteeseen toisiaan hylkivien ja toisistaan "pitävien" kemiallisten ryhmien rakenteilla ja kilpailulla.

Solukalvojen kanssa analogisia ovat surfaktantit (pintaaktiivit), jotka vedessä muodostavat erilaisia rakenteita (kuva 1G). Jopa tavallisimmissa pesuaineissa käytetään hyväksi tätä eli imeytetään irrotettava rasva misellaarisen (pallomaisen) nanorakenteen sisään. Tuskin kukaan silti haluaa väittää, että käsien pesu olisi nanoteknologiaa. Mutta samantapaisia molekyyleja voidaan käyttää uudella tavalla, esimerkiksi lääkeaineen ohjaamiseen oikeaan paikkaan ja ohjattuun vapauttamiseen ja silloin kysessä saattaa olla nanotekniikka. Proteiinit (kuva 1D) ovat polymeerejä eli pitkiä helminauhamaisia molekyyleja, joissa kukin toistuva helmi voidaan valita 20 vaihtoehdoista aminohaposta. Kukin aminohappo voi olla hydrofiilinen, hydrofobinen, se voi tehdä vetysidoksen (kuten vesi) tai olla tekemättä, tai sillä voi olla muita "toimintoja". Näin ollen proteiini laskostuu nanoskaalan rakenteeksi, ja koodi siitä on ohjelmoitu ketjun toistoyksiköiden järjestykseen. Mutta valitettavasti tätä koodia ei vielä tunneta eli vielä ei täysin tunneta miten proteiinien kolmiulotteinen rakenne voitaisiin ymmärtää toistoyksiköiden järjestyksellä. Kuva 1D esittää miten tietyt proteiinit voivat esim. itseorganisoitua neulasmaiseksi kiteiksi. Vastaavilla organisoitumisilla saattaa olla suurta biokemiallista merkitystä joissakin systeemeissä. Kuva 1E esittää miten tupakkamosaiikkiviruksessa proteiinit ja RNA itseorganisoituvat sauvamaisiksi kokonaisuusiksi.

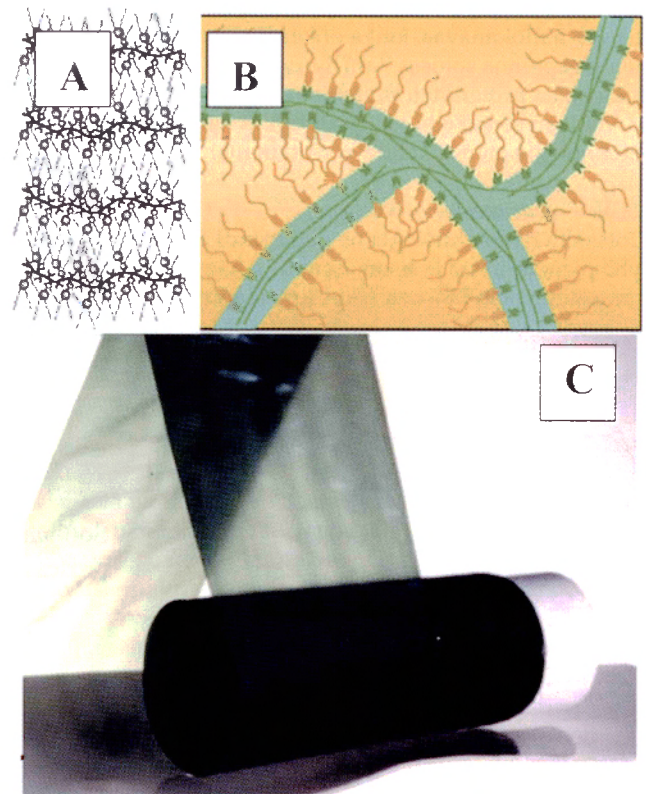
Mutta onneksi proteiinien lisäksi on materiaalitieteilijöille olemassa "helpompia" materiaaleja, joilla voidaan jo nyt ennustettavasti tehdä nanoskaalan insinöörityötä: Lohkopolymeereissa (Kuva 1A) on proteiinien tapaan useita erilaisia toistoyksiköitä, mutta niitä on vain muutamaa tyyppiä, esim kahta tai kolmea tyyppiä (proteiinien kahdenkymmenen sijaan). Tällöin rakenteet voidaan suunnitella, "koodata", ja valmistaa hallitusti. Lohkopolymeerien nanorakenteilla on erityisiä ominaisuuksia, kuten mekaaniset ja elastiset omaisuudet, optiset sekä sähköjohtavuusominaisuudet. Niitä voidaan käyttää myös "nanoskaalan valumuotteina" (kuva 3C) eli templaatteina tai jopa nanoskaalan litografiamateriaaleina. Näillä voidaan myös ohjata epäorgaanisten aineiden nanorakenteiden muodostumista sekä kiteytymistä. Tässä analogia on tietysti jälleen luonnossa, jossa esimerkiksi simpukoiden kuorissa on epäorgaanisen ja polymeerisen materiaalin nanokomposiittirakenteen vuoksi erittäin hyvät mekaaniset omaisuudet. Nanorakenteisilla keraameilla voitaneen valmistaa myös uudenlaisia magneettisia materiaaleja.

Edelliset esimerkit kuvaavat molekyylejä, joissa toisistaan pitävät ja hylkivät ryhmät on kemiallisesti kiinnitetty ketjuun ohjatussa järjestyksessä ja siten koodataan "pysyvästi" haluttu nanorakenne.

Viimeaikoina on kuitenkin huomattu, että voidaan

käyttää myös heikompia ns. fysikaalisia sidoksia, esim vetysidoksia ja koordinaatiota. Tällöin voidaan valmistaa materiaaleja, jotka reagoivat ulkoisiin ärsykkeisiin, koska sidoksia voidaan avata ja purkaa. Eli koodia voidaan säätää. Esimerkiksi voidaan valmistaa materiaaleja joiden värit tai sähköjohtavuus muuttuvat lämpötilan mukana (Kuva 1C).

Ovatko tällaiset materiaalit vasta laboratorioasteella? Jo pitempään on eräitä kumimaisia lohkopolymeerejä käytetty esimerkiksi perinteisen kumin korvikkeena eräissä sovellutuksissa. Vesiliukoisia lohkopolymeerejä käytetään erityissovellutuksissa, esimerkiksi virtausominaisuuksien säätöön. Yleisesti itseorganisoituneet materiaalit ovat kalliimpia kuin perinteisemmät materiaalit. Sovellutusten määrä on kuitenkin jatkuvasti nousussa, esimerkkinä suomalaisen PANIPOL Oy:n sähköisesti johtava polymeerikompleksi (synteettinen metalli), kuva 2. Siinä polymeerit on itseorganisaatiolla aikaansaatu levymäiseksi nanorakenteiksi (3nm etäisyys) ja aikaansaadaan uusi "funktio" eli muutetaan muuten sulamaton ja työstämätön polymeeri teollisesti prosessoitavaksi. Näin ollen PANIPOL on yksi esimerkki uuden



Kuva 2. Sähköisesti johtavaan polyaniliinin itseorganisoituneet kompleksit ovat esimerkki miten materiaalien ominaisuuksia voidaan muuttaa teollisesti käyttökelpoiseksi. Polyaniliini on normaalisti sulamaton ja huonosti liukeneva polymeeri, mutta itseorganisaation avulla sille muodostetaan nanorakenne (A), mikäli vuoksi se tulee prosessoitavaksi. Nämä puolestaan antavat mahdollisuuden tuottaa esim. polymeeriestosten juhlavia kalvoja (B ja C) (www.panipol.com).

Figure 2. Self-organized complexes of polyaniline provide an example how the materials properties can be modified using tailored nanostructures for applications. Polyaniline does not melt and is a poorly soluble synthetic metal but becomes processible and conductive upon formation of the nanoscale structures (A). They, in turn, allow eg. conducting films (www.panipol.com).

Kuva 3. Nanoluokoisia materiaaleja. A) Zeoliitit, B) Keraamit jotka valmistettu sooligeeliprosessilla amfiifilisten molekyylien avulla ja joista orgaaninen osa poistettu, C) Lohkopolymeerit, joiden nanorakenteista voidaan poistaa polymeerikomponentti ja esin täyttää magneettisella metallilla, D) Bionanopumppu, joka esim erottaa kiertäisiä (kiraalisia) molekyyliä, joilla erilainen "kätisyys", E) Solukalvon kaksokerros ja läpäisyä ohjaavat kalvoproteiinit, F) Huokoiset supramolekulaariset kiteet.

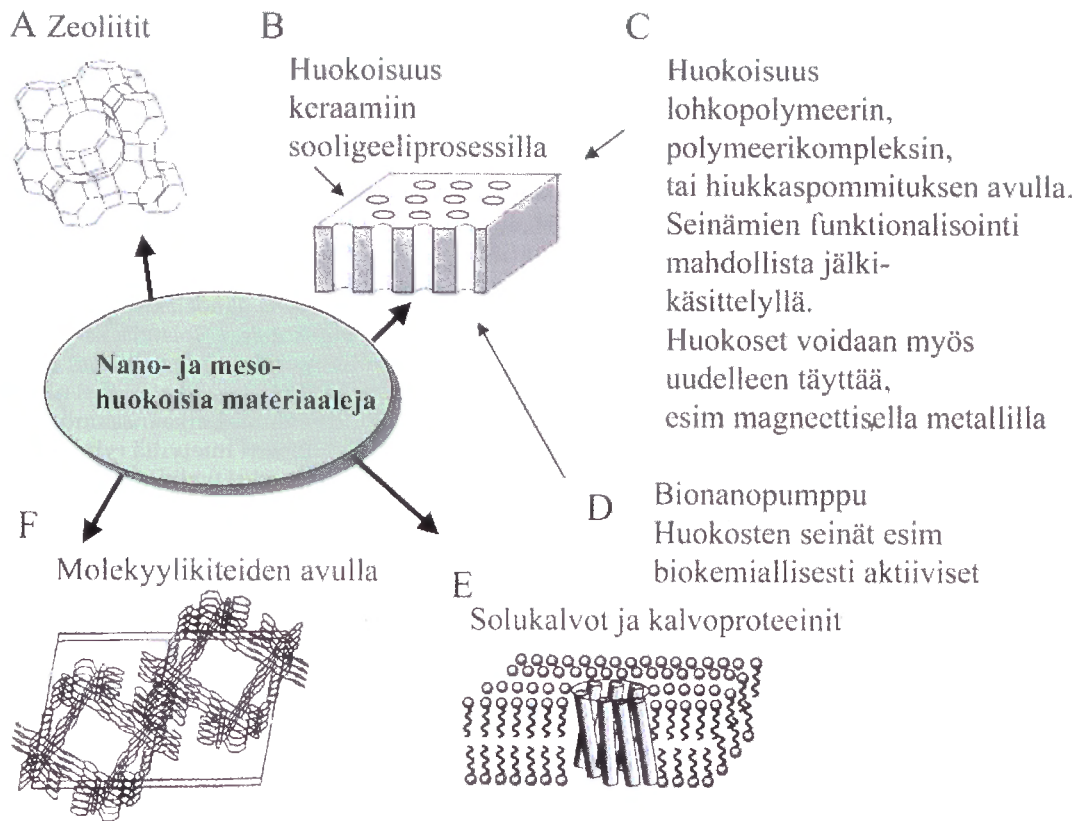
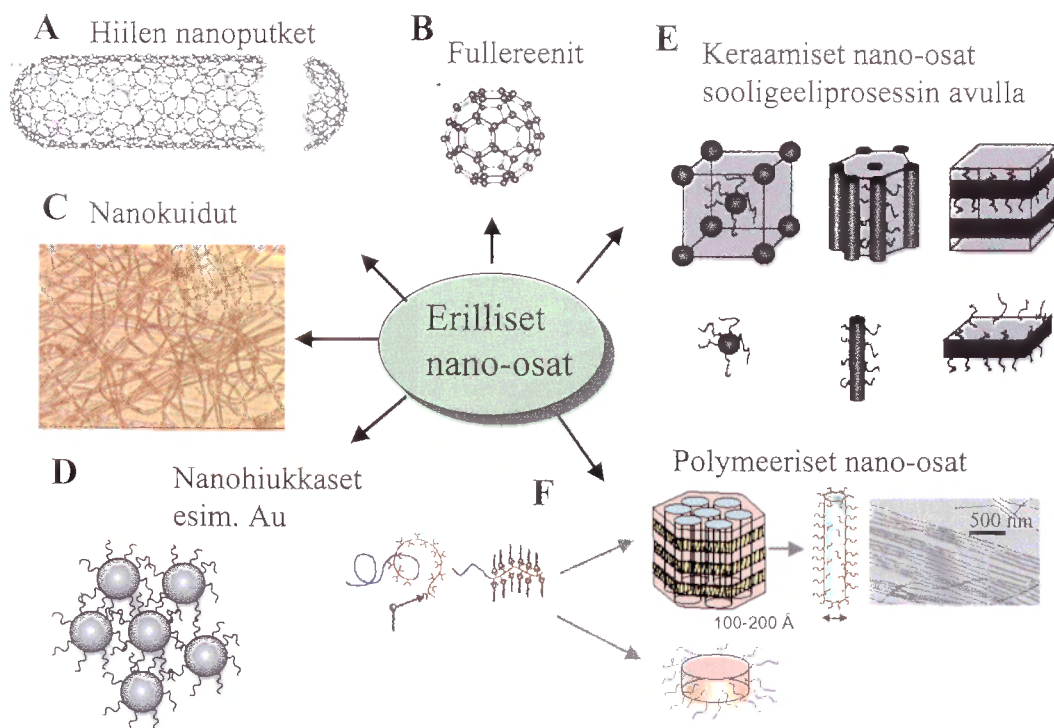


Figure 3. Nanoporous materials. A) Zeolites. B) Ceramic hybrids that have been prepared using self-organized templates and where the organic phase has been removed. C) Block copolymers, from which part of the nanostructures have been cleaved in a controlled way and which can be refilled by e.g. magnetic metals. D) Bionanopumps can e.g. separate molecules with different chiralities. E) The membrane proteins control transport through the cell membrane. F) Porous supramolecular crystal.



Kuva 4. Nano-osia. A) Hiilen nanotutket, B) Fullereeni, C) Sähköstaattisesti valmistetut nanokuidut, D) Ryppäät (klusterit), E) Keraamiset nano-osat, F) Polymeeriset nano-osat.

Figure 4. Nanoscale objects. A) Carbon nanotube, B) Fullerene, C) Electrospun fibers, D) Functionalized clusters and nanoparticles, E) Ceramic nanoparticles, F) Polymeric nanoparticles.

sukupolven nousevista nanotieteistä hyväksikäyttävistä yrityksistä.

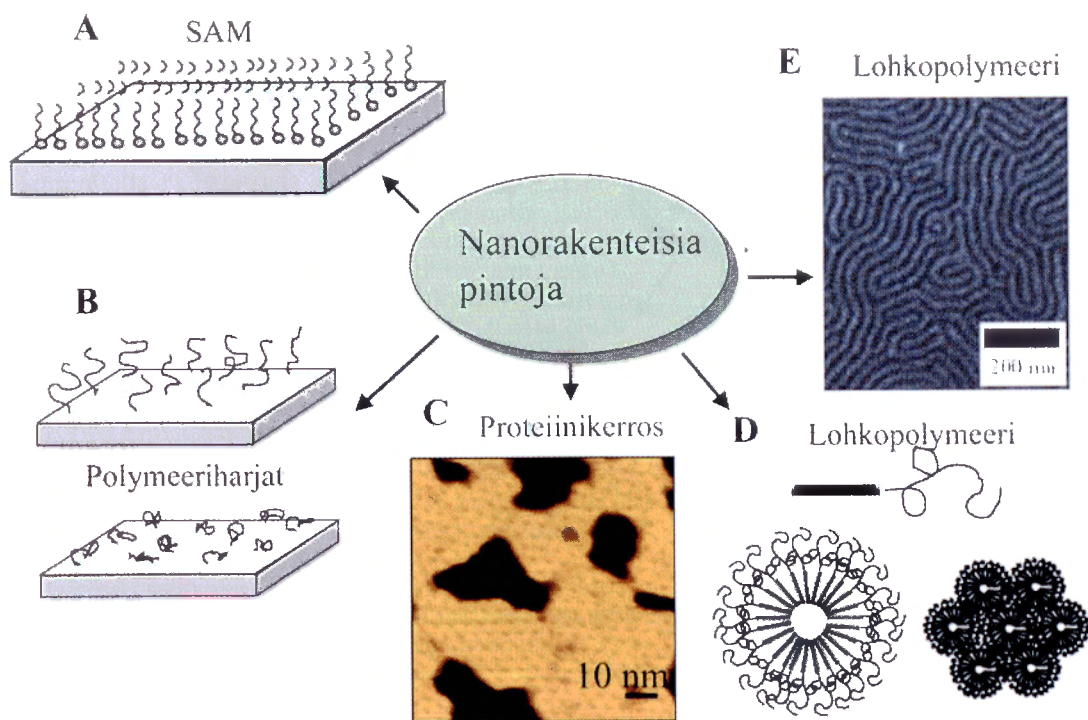
Nanohuokoiset materiaalit ja niiden toiminnallisuus

Otan nanohuokoisuuden ja sen säädeltävyyden sekä ohjattavuuden esimerkiksi eräästä toiminnallisuudesta eli "funktioista". Luonnon esimerkki on tietysti solukalvo (kuva 3E), jossa ionien läpäisyä ohjaavat pinta-aktiivisten molekyylien muodostaman kaksoiskerroksen läpi ulottuvat kalvoproteiinit. Niiden laskostuminen on ulkoisesti ohjattavissa, mikä ohjaa kanavan läpäisyä. Synteettiseen kalvoon huokoisuus voidaan saada monella tavalla, esimerkiksi hiukkaspommituksella. Lisäksi huokosten seinämien "aktiivisuutta" voidaan säätää liittämällä niihin erilaisia kemiallisia ryhmiä. Esimerkiksi huokosten seinät voidaan tehdä biokemiallisesti aktiivisiksi siten että ne päästävät läpi vain halutunlaisia molekyylejä eli ne toimivat selektiivisinä bionanopumppuina. Itseorganisoituneita polymeereja voidaan käyttää "muotteina" eli templaatteina huokosten valmistamiselle. Esimerkiksi pinta-aktiivien ja lohkopolymeerien avulla voidaan aikaansaada itseorganisoituja keraameja, joiden nanorakenteesta voidaan hallitusti poistaa orgaaninen faasi. Siten jää jäljelle huokoinen keraaminen "ranka" (kuva 3B). Tällainen materiaali antaa mahdollisuuden tehdä tarkasti määriteltyjä huokosia nm-alueella. Jo pitempään on ollut tunnettua, että zeoliitit (kuva 3A) ovat teollisesti mielenkiintoisia, koska niiden suuri ja tarkasti määritelty nanohuokoisuus antaa esimerkiksi katalyyttisen aktiivisuuden. Samaten voidaan polymeerisestä itseorganisoituneesta nanorakenteesta poistaa haluttuja osia ja jää jäljelle nanohuokoinen "polymeeriranka" (kuva 3C). Sitä voidaan käyttää esimerkiksi nanoskaalan muottina, joka tyhjennyksen jälkeen täytetään magneettisella metallilla ja siten saadaan magneettihila, joka voi mahdollistaa uusia muistikonsepteja. Myös elektroniikassa huokoisella

materiaalilla on merkitystä pyrittäessä matalan dielektrisen vakion materiaaleihin.

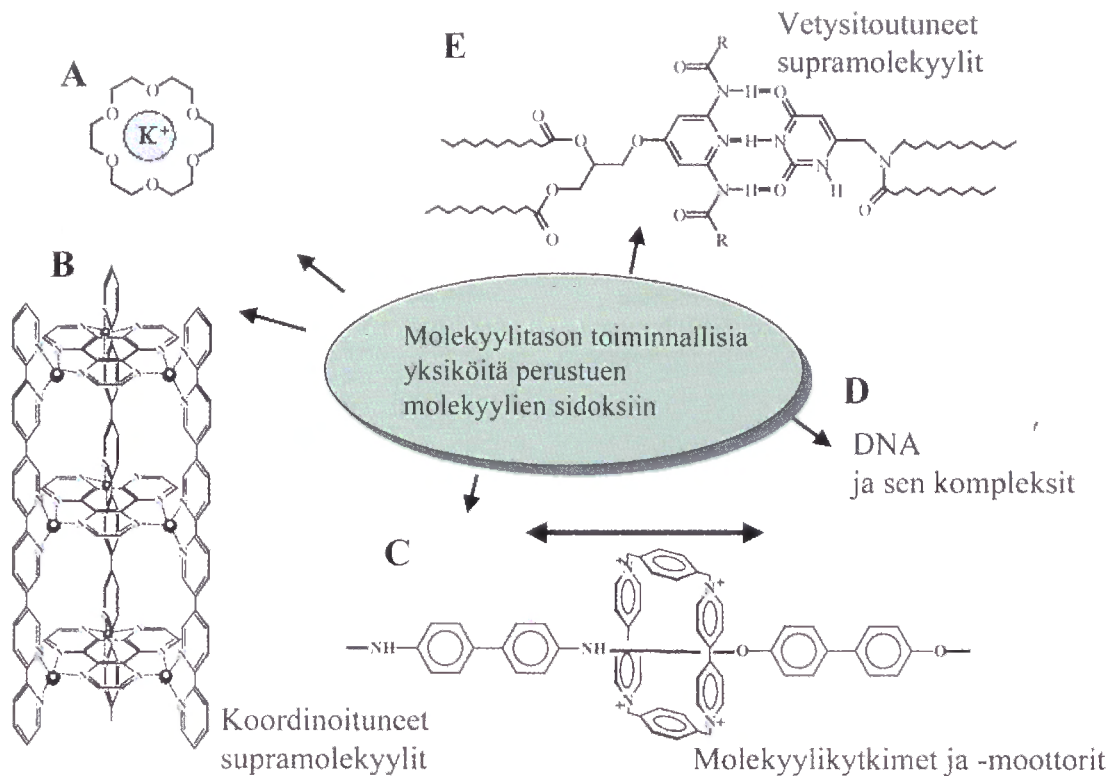
Nanoskaalan rakenteosat

Suurelle yleisölle tunnetuimpia lienevät hiilen nanoputket (kuva 4A), joita on joskus esitelty melkein nano-teknologian synonyymienä. Niiden rakennetta voidaan periaatteessa säätää tarkasti ja niillä onkin erinomaisen hyvin määritellyt sähköiset ja optiset ominaisuudet ja ne ovat erittäin vahvoja. Siten niillä uskotaan olevan sovellutuksia nanoelektroniikassa, fotoniikassa, ja nanokomposiiteissa. Toistaiseksi ongelmana on ollut niiden prosessointi ja tuotanto, mutta näyttää siltä että ratkaistuja on syntymässä, esimerkiksi niiden kasvatuspinnoille ja liukenevuuden aikaansaaminen kompleksoimisella tai kemiallisesti liitetyillä ryhmillä. Mutta hiilen nanoputket ovat vain yksi (vaikkakin tärkeä) ryhmä "nano-osia". Itse asiassa erilaisten muiden yhdisteiden ja alkuaineiden nanoputkia on aikaansaatu jo varsin paljon. Edelleen, jos kuvitellaan hiilen nanoputki "lyhennetyksi" palloksi, on kyseessä fullereeni (kuva 4B). Fullereeni on siis pyöreä ja sillä voi olla merkitystä aurinkokennoteknologiassa. Pyöreitä nano-osia ovat myös kullin ja muiden materiaalien ryppäät (klusterit). Näistä esimerkiksi kultaryppäät ovat erityisen mielenkiintoisia, koska niihin voidaan kiinnittää yksinkertaisella kemialla toiminnallisia ryhmiä, esimerkiksi polymeerejä ja DNA. Niillä uskotaan olevan merkitystä sensoritekniikassa. Kuvat 4E ja F esittävät miten itseorganisoituilla "muotteilla" voidaan valmistaa keraamisia ja polymeerisiä "nano-osia". Uskotaan että kun opitaan koodamaan monimutkaisiakin nanorakenteita itseorganisoituihin materiaaleihin, voidaan valmistaa vastaavat erilliset nano-osat. Teollisesti lupaava ja verrattain yksinkertainen tekniikka on sähköstaattinen materiaalien kuidutus (kuva 4C), jonka avulla voidaan valmistaa jopa alle 100nm paksuisia kuituja ja siten fuktionalisoida materiaalienn pintoja verkoston avulla.



Kuva 5. Nanorakenteisia pintoja A) Yhden molekyylin pintakerros ("self-assembled monolayer" eli SAM). B) Pintojen peittäminen polymeerisillä "harjoilla", joiden muotoa voidaan säätää. C) Pinnan itseorganisoitunut proteiinikerros. E) Esimerkki erästä lohkopolymeerin rakenteesta pinnalla. D) Huokoinen lohkopolymeerin pintakerros.

Figure 5. Nanostructured surfaces. A) Self-assembled monolayer (SAM), B) Polymer brushes covering the surfaces where the shape of the chains allow tuning of the surface properties, C) Self-organized surface layer based on proteins, D) Porous surface structure based on a rod-coil block copolymer, E) Block copolymer surface structure.



Kuva 6. Supramolekyyleja. A) Metallikationin sitominen rengasmaisen molekyylin sisällä, B) Metalli-ionin koordinoimisella aikaansaatu molekyylitason "hila", C) Molekyylirenkaalla aikaansaatu kytkin. D) DNA, ks. kuva 1B. E) Kahden chiestekiteisen molekyylin vetysitoutunut nestekidemäinen supramolekyylit.

Figure 6. Examples of supramolecules. A) Metallic cations can be bound within ring-like molecules when their sizes match. B) Metal coordination provide possibilities for various molecular level structures. C) A molecular level switch. D) DNA (see figure 1B). E) Combination of hydrogen bonds lead to liquid crystallinity.

Pintojen modifiointi

Vaikka erilaiset höyrystystekniikat ovat pintojen modifioinnin kannalta oleellisia elektroniikkateollisuudessa, en puutu niihin tässä. Sen sijaan tarkastelen pintojen modifiointia itseorganisoituvilla materiaaleilla. Jälleen biologiset systeemit antavat esikuvan: **Kuva 5C** esittää miten voimakkaasti pinta-aktiivinen hydrofobiiniproteiini muodostaa itseorganisoituneen pinnan. Näin biokemialliset systeemit voivat säätää pinnan ominaisuuksia ja ne voivat olla mielenkiintoisia esikuvia myös materiaalitieteilijöille. Monen biokemiallisen systeemin pinta on peitetty laattamaisesti käyttäen ns. S-proteiinia. Myös lohkopolymeerit voivat muodostaa tarkasti määriteltyjä nanorakenteita pinnoille (kuva 5E), ja niitä voidaan edelleen modifioida, jolloin saadaan pinnalle huokoinen kalvo. Lohkopolymeerin rakennetta voidaan käyttää myös litografiassa. Pinnan tarkasti määritellyllä rakenteella voidaan aikaansaada ns. superhydrofobinen pinta, johon esimerkiksi lika ei lainkaan tartu. Kuva 5A esittää erästä keskeistä tekniikkaa, jossa pinta on modifioitu yhdellä molekyylikerroksella (ns. SAM eli self-assembled monolayer). Tällainen menetelmä mahdollistaa pinnan laadun tarkan räätälöinnin esimerkiksi elektroniikkaan tai bioantureihin. Pinnalle voidaan liittää myös polymeerejä "harjoiksi" ja niiden muoto voi myös reagoida ulkoiseen ärsykkeeseen tai olosuhteisiin (Kuva 5B). Tällöin voidaan ulkoisesti ohjata

pinnan laatua ja säädä "älykäs" pinta.

Molekyylilegot eli miten molekyylit voidaan koota avain-lukko -periaatteella

Viimeiseksi muutama sana ns. supramolekyyleistä. Mitä ne ovat? DNA:ssa (kuva 1B) on kaksi polymeeriketjua kietoutunut toisiinsa kierteiseksi rakenteeksi ja kummallakin polymeerilla on sivuryhmiä. Sivuryhmillä on vetysidoksien vastaanottajia ja luovuttajia ja ne periaatteessa sopivat toisiinsa vain yhdellä tavalla, kuten avain ja lukko (tämä on pieni yksinkertaistus). Siten kullakin DNA:n ketjulla on täydellinen "peilikuvainen" vastine kaksoiskierrteen toisena ketjuna. Nämä kaksi ketjua toimivat yhtenä kokonaisuutena, ainakin suurimman osan aikaa. Materiaalitieteilijä sanoo, että tämä kahden polymeerin "liitto" muodostaa supramolekyylin (ei molekyylin koska se ei ole kemiallisin sidoksin muodostettu vaan fyysikaalisen sidoksin). Vastaavaa analogiaa voidaan käyttää materiaalitieteessä esim. nestekiteiden muodostamiseen (kuva 6E) ja metallien sitomiseen (kuva 6A). Menetelmä tarjoaa mahdollisuuksia nanoskaalan rakenteiden ohjelmoimiseksi (kuva 6B). Eräs mielenkiintoisimmista konsepteista on molekyylitason kytkin jossa molekylaarista rengasta siirrellä sähköisesti ON ja OFF-asennon välillä (kuva 6C). Tähän perustuva "molekyylitietokone" on rakenteilla.

Yhteenveto

Olen kuvannut joitakin periaatteita, joilla älykkäitä materiaaleja voidaan aikaansaada käyttäen nanoteknologiaa. Oman erikoisosaamiseni vuoksi paino on "pehmeissä" nanomateriaaleissa. Niinpä esimerkiksi muistimetalleja ei ole käsitelty vaikka niillä saattaa olla tärkeä osuus tulevaisuuden älymateriaaleissa. Mutta näkemysni mukaan ne eivät ole varsinaisesti nanotekniikkaa. Nanotekniikat ovat siis vain yksi tapa saada aikaan älymateriaaleja. Lisäksi nano ei ole attribuutti ja se ei kuvaa millään muotoa työn tasoa. Eli voi olla hyvää nanoteknologiaa ja huonoa nanoteknologiaa, aivan kuin mitä muuta tahansa tieteen ja teknologian alaa.

Olen yrittänyt osoittaa että nanoteknologia ei ole mystiikkaa eikä mitään muuta kuin normaalia tieteellistä ja teknologista työskentelyä vain pienemmällä rakennneosilla. Mutta lähestyttäessä molekyyli tasoa materiaaleilla on uusia ominaisuuksia. Ne voidaan valjastaa hyödylliseen käyttöön jos nämä heikot molekyyli tason ominaisuudet "vahvistavat" toisiaan tarkan molekyyli rakenteen ansiosta tai ne voidaan yksitellen "lukea". Nämä vaativat erityistekniikoita ja poikkitieteellisyyttä. Siksi nano ei myöskään ole muodistettu nimitys vanhoille tutkimuksen ja teknologioiden haaroille. Käsitelmäni mukaan nanoteknologiasta joskus esitetyt uhkakuvat näyttävät olevan pikemminkin sci-fi kirjallisuuden aihepiiriä kuin tieteellisesti perusteltuja. Lisäksi, jotta saamme hyödyllisiä nanoteknologian tuotteita, teknologian lisäksi ne vaativat uusia tuoteinovaatioita ottaen huomioon käyttäjien tulevaisuuden tarpeet ja pienten teknologiayritysten luomista, koska oletetaan että monet nanoteknologian ratkaisuisista kohdistuvat erityissovellutuksiin.

Lopuksi, täytyy uskalttaa kyseenalaistaa myös nykyinen nanoteknologiahuuma ja sen lieveilmiöt, ettei tapahdu kuten sadussa keisarin uusista vaatteista, jossa kukaan ei uskalla sanoa ääneen että keisarilla ei ole vaatteita ollenkaan. Uskon että nanoteknologiassa voitaneen saavuttaa uusia materiaaleja ja toimintoja, mutta ne vaativat ennennäkönmättömän laaja-alaista näkemystä ja verkottumista. On oltava avoimia keskusteluille ja raja-aitojen kaatamisille koska kukaan ei voi hallita materiaaleja biotekniikasta, koordinaation kautta litografiaan ja fotonikkaan. Nanoteknologiassa en usko olevan pikavoittoja!

Lisätietoja

Yllä käytetty materiaalia ja tietoa mm. seuraavilta tutkijoilta ja heidän ryhmiltään: Markus Linder, Hans Söderlund, Esko Kauppinen, Risto Nieminen, Päivi Törmä, Jorma Virtanen, Janne Ruokolainen, Kari Rissanen, Jukka Seppälä, Ari Koskinen, Ossi Turunen, Heikki Koivo, Janne Laine, Heikki Tenhu, Ali Harlin, Kyösti Kontturi, Gerrit ten Brinke ja Markus Antonietti. Olen käyttänyt kuvia seuraavien tutkijoiden arkistoista: Jani Turku, Teemu Ruotsalainen, Janne Ruokolainen, Pirjo Heikkilä, Gert Alberda van Ekenstein, ja Harry Nijland, siitä heille kiitos. Kuva 3C on PANIPOI. Oy:n arkistosta. ■

Summary

An overview is given on nanoscience and nanotechnology at a general level, emphasizing the various concepts of the bottom-up route. Examples are provided for self-organized and hierarchical nanostructures, how they can be used to modify materials properties, how they can be used as templates to form ceramic and polymeric nano-parts. Schemes for nanoporous and functional porosity are discussed. Nanoscale objects are briefly discussed as well as supramolecular concepts. Some possibilities and threats of the "nano boom" are discussed.

Oheinen kirjallisuusluettelo ei ole täydellinen, ja onkin vain eräs lähtökohhta ylläesityille näkökohdille.

1. Ball, P., *The Self-made Tapestry: Pattern Formation in the Nature*. 2001: Oxford University Press.
2. Ball, P., *Designing the Molecular World, Chemistry at the Frontier*. 1994: Princeton University Press.
3. Ball, P., *Made to Measure, New Materials for the 21st Century*. 1997: Princeton University Press.
4. *Scientific American*, 2001. 285.
5. *Science*, 2002. 295.
6. Whitesides, G.M., J.P. Mathias, and C.T. Seto, *Molecular Self-Assembly and Nanochemistry: A Chemical Strategy for the Synthesis of Nanostructures*. *Science*, 1991. 254: p. 1312.
7. Whitesides, G.M., *Self-assembling materials*. *Sci. Am.*, 1995. 273: p. 146.
8. Whitesides, G.M. and B. Grzybowski, *Self-assembly at all scales*. *Science*, 2002. 295: p. 2418.
9. Xia, Y. and G.M. Whitesides, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1998. 37: p. 550.
10. Bates, F.S. and G.H. Fredrickson, *Block Copolymers - Designer Soft Materials*. *Physics Today*, 1999. 52: p. 32-38.
11. Lehn, J.-M., *Supramolecular Chemistry*. 1995. Weinheim: VCH.
12. Hakanpää, J., A. Paananen, S. Askolin, T. Nakari-Setälä, T. Parkkinen, M. Penttilä, M.B. Linder, and J. Rouvinen, *Atomic resolution structure of the HFBI hydrophobin: a self-assembling amphiphile*. *J. Mol. Biol.*, 2004. 279 p. 534.
13. Lee, S.B., D.T. Mitchell, L. Trofin, T.K. Nevanen, H. Söderlund, and C.R. Martin, *Antibody-based bio-nanotube membranes for enantiomeric drug separations*. *Science*, 2002. 296: p. 2198.
14. Ruokolainen, J., R. Mäkinen, M. Torkkeli, T. Mäkelä, R. Serimaa, G. ten Brinke, and O. Ikkala, *Switching Supramolecular Polymeric Materials with Multiple Length Scales*. *Science*, 1998. 280: p. 557.
15. Ikkala, O. and G. ten Brinke, *Functional Materials based on Self-Assembly of Polymeric Supramolecules*. *Science*, 2002. 295: p. 2407.
16. Valkama, S., H. Kosonen, J. Ruokolainen, M. Torkkeli, R. Serimaa, G. ten Brinke, and O. Ikkala, *Reversible Temperature-Driven Large Photonic Bandgap Switching in Solid Polymer Films*. lähetyt julkaistavaksi, 2003.
17. Simon, P.F.W., R. Ulrich, H.W. Spiess, and U. Wiesner, *Block Copolymer-Ceramic Hybrid Materials from Organically Modified Ceramic Precursors*. *Chem. Mater.*, 2001. 13: p. 3464.
18. Thurn-Albrecht, T., J. Schotter, G.A. Kästle, N. Emley, T. Shi-bauchi, L. Krusin-Elbaum, K. Guarini, C.T. Black, M.T. Tuominen, and T.P. Russell, *Ultrahigh-Density Nanowire Arrays Grown in Self-Assembled Copolymer Templates*. *Science*, 2000. 290: p. 2126.
19. Okano, T., ed. *Biorelated Polymers and Gels*. 1998, Academic Press: Boston.
20. Paananen, A., E. Vuorimaa, M. Torkkeli, M. Penttilä, M. Kauranen, O. Ikkala, H. Lemmetyinen, R. Serimaa, and M.B. Linder, *Structural hierarchy in molecular films of two class II hydrophobins*. *Biochemistry*, 2003. 42: p. 5253.
21. Gomez-Lopez, M. and J.F. Stoddart, *Molecular and supramolecular nanomachines*, In *Handb. Nanostruct. Mater. Nanotechnol.*, H.S. Nalwa, Editor. 2000, Academic Press: San Diego. p. 225-275.
22. Mirkin, C.A., *Programming the Assembly of Two- and Three-Dimensional Architectures with DNA and Nanoscale Inorganic Building Blocks*. *Inorg. Chem*, 2000. 39: p. 2258.



Nóra Schreithofer – CV. 1998 M.Sc., University of Miskolc, Department of Process Engineering, Hungary; 2003 D.Sc., Helsinki University of Technology, Department of Rock, Engineering and Materials Science, Finland.
 Work experience: 1994 Aluminium Factory and Foundry, Ajka, Hungary; 1996 Waste water treatment plant Ajka, Hungary; 1997–1998 M.Sc. Thesis work, Helsinki University of Technology, Laboratory of Mechanical Process Technology and Recycling, Finland; 1998–2003 Doctoral Student, Helsinki University of Technology, Laboratory of Mechanical Process Technology and Recycling, Finland.
 Current position: 2003– Researcher (D.Sc.), Helsinki University of Technology, Laboratory of Mechanical Process Technology and Recycling, Finland.



Kari Heiskanen – CV. 1946 syntynyt Helsingissä. 1965 ylioppilas Kallion Yhtäiskoulu, 1971 DI TKK, 1974 Tkl TKK, 1979 Tkt TKK, 1970–1973 Outokumpu Oy Vuonoksen kalvoa, 1973–1976 Outokumpu Oy:n sähkön siipendiänti, TKK, 1976–1980 Outokumpu Oy, Kalvostekninen ryhmä, 1980–1985 Larox Oy, 1985– Prof. TKK, 1998- osastonjohtaja Materiaali- ja Kalliotekniikan osasto, 2002- TKK hallituksen jäsen, 1989–1992 VMY raskaus- ja prosessijohdon pj, 1994–1996 VMY raskaus- ja prosessijohdon pj, 1994–1996 VMY hallituksen jäsen, 1996–1999 VMY tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtaja, 1999–2001 VMY varapuheenjohtaja, 2002- VMY puheenjohtaja

Tkt Nóra Schreithofer ja Prof. Tkt Kari Heiskanen, Teknillinen korkeakoulu, Mekaanisen prosessi- ja kierrätystekniikan laboratorio

Kuplien ja partikkeleiden välisten voimien mittaaminen

Johdanto

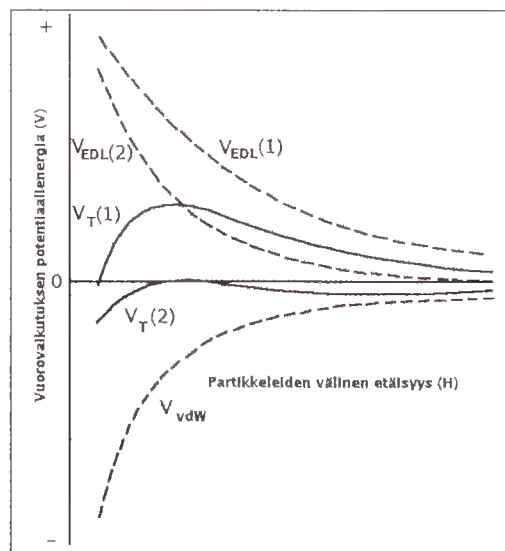
Vaahdotustutkimusta on perinteisesti tehty kahta eri tietä edeten. Vaahdotuksen pintakemiassa on viime vuosina pystytty selvittämään sulfidien kokoojien vuorovaikutukset, mutta työ on ollut paljon hitaampaa muiden mineraalityyppien suhteen. Vaahdotuskinetiikka ja mallinnus ovat hieman jääneet vaahdotuskoneiden dynamiikan ja yksittäisten partikkeleiden käyttäytymisen välimaastoon kykenemättä selittämään vaahdotuksen ilmiöitä isossa mittakaavassa ja pystymättä pintakemian ja kineetiikan yhdistämiseen. Jotta vaahdotuksen mallien käyttökelpoisuus kasvaisi pitää tämä yhdistäminen pystyä aikaansaamaan. Tätä työtä on tehty muutamassa tutkimusryhmässä maailmalla. Niistä TKK:n mekaanisen prosessi- ja kierrätystekniikan tutkimusryhmä on yksi. Ryhmän eräs tärkeimpiä tutkimuskohteita on ollut partikkeleiden ja rakeiden välisen vuorovaikutusvoimien suora mittaaminen partikkelin lähestyessä kuplaa eri nopeudella ja toisaalta partikkelin irrotessa kuplasta.

Teoria

Partikkeleiden ja kuplien vuorovaikutusta voidaan kuvata van der Waals voimien ja elektrostaattisten voimien avulla. Van der Waals voima vaikuttaa atomien ja/tai molekyylien välillä niiden elektronipilvien asemasta rakenteesta johtuen. Sillä on kolme pääkomponenttia: dispersio (London) vuorovaikutus kahden indusoituneen dipolin välillä, induktio (Debye) vuorovaikutus pyörivän ja indusoituneen dipolin välillä sekä orientaatio (Keesom) vuorovaikutus

pysyvien pyörivien dipolien välillä. Näistä dispersio on merkittävin komponentti.

Toisaalta nesteessä olevan partikkelin ja myös kuplan ympärille muodostuu sähköinen kaksoiskerros (ζ -potentiaali). Kaksoiskerrokset vaikuttavat toisiinsa usein luotaantumattomasti. Yhdistämällä vuorovaikutukset (DLVO teoria) saadaan kuvan 1 mukainen tilanne, jossa attraktiivisen van der Waals voiman ja repulsiivisen elektrostaattisen voiman yhteisvaikutuksesta toisiaan lähestyvien kappaleiden on ylitettävä jokin "energiavalli". Vaahdotuksessa on hyvin oleellista miten suuri ko. "valli" on ja mistä sen ylittämistä



Kuva 1. Partikkeleiden väliset vuorovaikutusvoimat (DLVO teoria). Figure 1. Interaction forces between particles (DLVO theory).

seen tarvittava energia tulee.

Tutkimusryhmässä on aikaisemmin tutkittu paljon erikokoisten partikkeleiden käyttäytymistä (Heiskanen et al. 2000, Heiskanen et al. 2001), jolloin on voitu todeta raekoosta johtuva hyvin erilainen käyttäytyminen. Lyhyesti todettuna hienoilla partikkeleilla on energiavallin ylittämisen tarvittavan energian riittävyys tärkeä muuttuja, mutta karkeilla partikkeleilla puolestaan se riittääkö kuplan ja partikkelin välinen adheesio pitämään partikkelin kiinni kuplassa. Kuplien ja partikkeleiden välillä olisi siis tärkeää saada karakterisoitua sekä attraktiiviset että adheesiovoimat.

Van der Waals voimien käsittely teoreettisesti on kuitenkin hyvin vaikeaa, koska periaatteessa siinä joudutaan kvanttiliemiöiden ja elektronien aaltoyhtälöiden kanssa tekemisiin. Toistaiseksi ei pystytä laskemaan vuorovaikutuksia tarkasti kuin hyvin yksinkertaisille geometrioille. Kokeellinen mittaaminen on käytännössä ainoa mahdollisuus. Tällaisia mittaustauksia voidaan melko helposti tehdä kahden kiinteän, geometrialtaan yksinkertaisen, kappaleen välillä (tutkijoiden suosikkimateriaali on kiille). Deformoitava kaasukupla vedessä asettaa kuitenkin mittaustekniikalle aivan uusia vaatimuksia.

Kokeellinen laitteisto

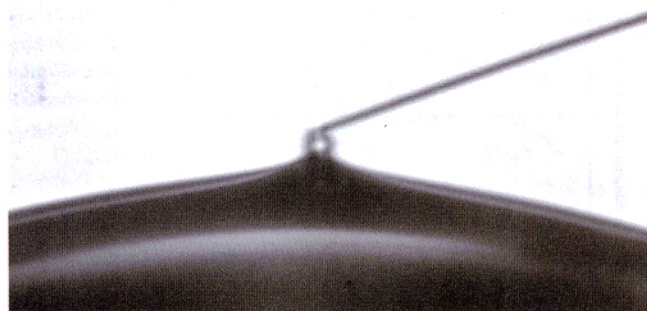
Toinen tämän artikkelin kirjoittajista (Schreithofer 2003) teki väitöskirjansa tämän mittaussongelman ratkaisemisesta. Ratkaisu perustuu atomivoimamikroskoopista tuttuun tekniikkaan, jota sovellettiin deformoituvien kuplien mittamiseen soveltuvaksi.

Tekniikassa liimataan ohuen (muutama μm) ja $n 200 \mu\text{m}$ pitkän ulokepalkin (cantilever) kärkeen partikkeli (kts kuva 2).

Ulokepalkkia valaistaan kapealla laser säteellä. Ulokepalkin taipuessa voiman vaikutuksesta valon heijastuskulma muuttuu. Tämä kulman muutos voidaan mitata tarkasti. Riippuen ulokepalkin jousivakiosta voidaan mitata voimia, jotka ovat suuruudeltaan muutamia $n\text{N}$ (10^{-12}N).

Kaupalliset laitteet eivät sovellu kovin hyvin kuplien ja partikkeleiden välisten vuorovaikutusten mittaamiseen johtuen kuvan 2 mukaisesta kuplien deformaatiosta. Instrumentti piti suunnitella sellaiseksi, että sillä pystyttiin mittaamaan myös tilanteissa, joissa kuplan deformaatio oli suuri, kun partikkeli vedetään siitä irti.

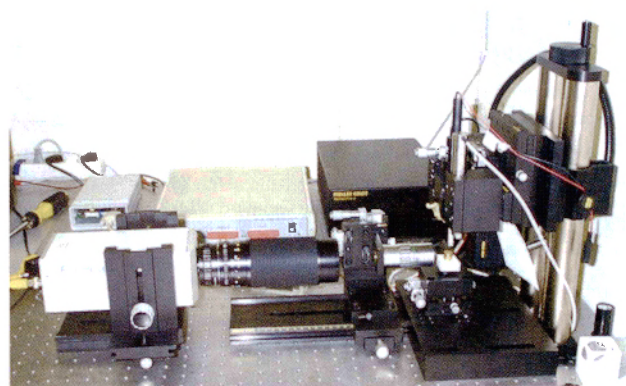
Rakennettu laite sai nimekseen CIFMA (Colloidal Interaction Force Measurement Apparatus). Sen tärkeimmät ominaisuudet olivat:



Kuva 2. Kuplan deformaatio, kun partikkeli vedetään siitä irti.
Figure 2. The deformation of a bubble at particle pull-off

- * kaksivaiheinen tietokoneohjattu paikkaohjaus
 - * askelmoottoriohjaus (25 mm; resoluutio 10 nm ja 100 nm kaksisuuntainen toistettavuus)
 - * tarkka pietsokide (paikkaresoluutio parempi kuin 0,04 nm)
- * laaja pietson liike (70 μm ; $n 10\times$ kaupallisten laitteiden pietson liike)
- * suurikokoinen valodetektori (30x4 mm)
- * suuri näytekyvetti (yli 50 ml nestettä, tilaa elektrodeille)
- * kyvetin sivulta videokuvausmahdollisuus
- * kehittynyt ohjaus ja tiedonhallintaohjelmisto (Lab-View)
- * mahdollisuus mitata halutussa kaasuatmosfäärissä
- * ei skannausmahdollisuutta xy-suunnassa
- * erittäin tehokas värinänvaimennus.

Tällaisena laite on sopiva kolloidisten partikkeleiden ja deformoituvien pintojen, kuten kaasukuplien, välisten vuorovaikutusten mittaamiseen. Laite on esitetty kuvissa 3 ja 4 (Schreithofer ja Heiskanen 2001).



Kuva 3. Sivukuva CIFMA laitteesta
Figure 3. A sideview of the CIFMA Instrument

Mittauksessa tuodaan pietsoon kiinnitetty ulokepalkki ja siihen kiinnitetty partikkeli pietson avulla halutulla nopeudella kuplaan kiinni. Pietso liikkuu siis ylös-alas suunnassa. Etäisyys-voima akselistolla voidaan piirtää kuvan 5 mukainen diagrammi. Partikkelin ollessa kaukana kuplasta ei vuorovaikutusta ole (kuvan oikea reuna). Etäisyyden lyhennyttyä riittävästi tapahtuu "jump-in" eli syntyy vuorovaikutus. Sitä ennen voi esiintyä repulsiivinen voima. Pietson ohjatussa ulokepalkkia yhä aiemmas se oikenee ja voima pienenee. Pietso alkaa jonkin hetken kuluttua kuljettaa ulokepalkkia jälleen ylöspäin ja palkin taipuma alkaa kasvaa. Jossakin kohdassa palkin aiheuttama voima kasvaa niin suureksi, että partikkeli irtoaa kuplasta (jump-off). Tämä voima on adheesiovoima. (Tämä on periaatteessa sama koe kuin Wilhelmy-plate koe pintajännityksen määrittämiseksi).

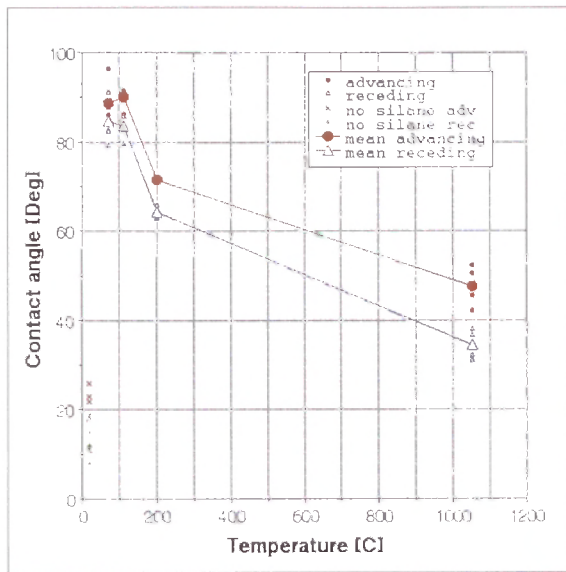
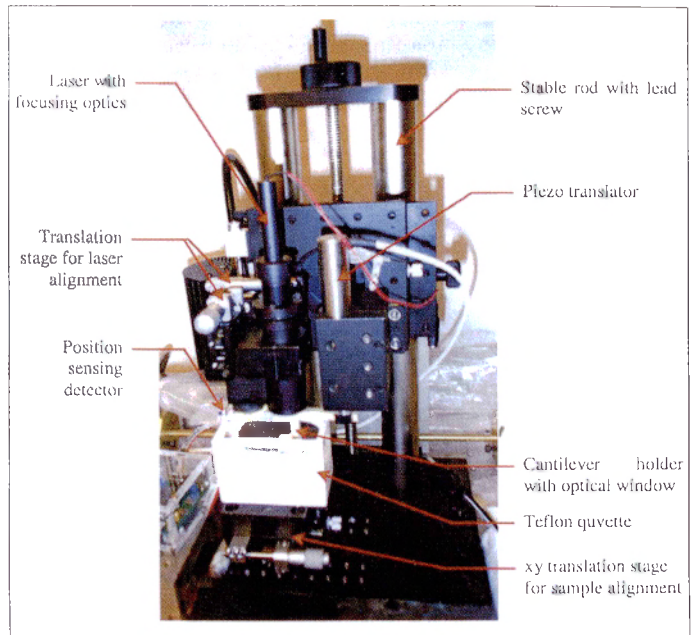
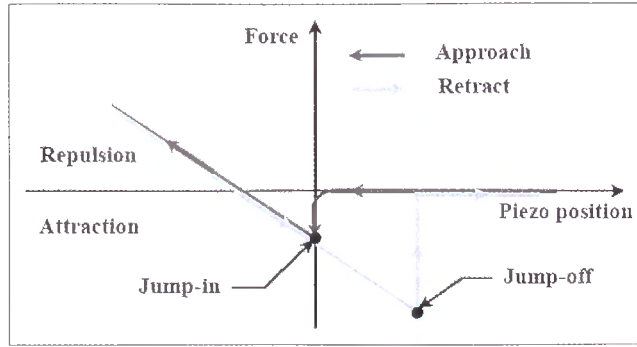
Mittauksissa pyrittiin selvittämään energiavallin etäisyyttä ja suuruutta partikkelin lähestyessä kuplaa jollain halutulla nopeudella. Toisena tavoitteena oli mitata voimia vedettäessä partikkeleita irti kuplasta. Sekä energiavallin että adheesiovoimaa tutkittiin eri silikan reunakulma-arvoilla, eri elektrolyyttikonsentraatioissa, eri ajoilla ja erilaisilla liikenopeuksilla.

Kokeet

Toistaiseksi on tehty kokeita kvartsioksidipalloilla (10, 15 ja 20 μm halkaisijaltaan), joita on käsitelty silaanilla (mm. trimetyyliklorosilaani, TMCS) eri tavoilla erilaisen reunaa-

Kuva 4. CIFMA laite edestä (video linssistä poistettu).
Figure 4. Frontal view of the CIFMA instrument (video lenses removed)

Kuva 5. CIFMA:n toimintaperiaate
Figure 5. The operating principle of the instrument



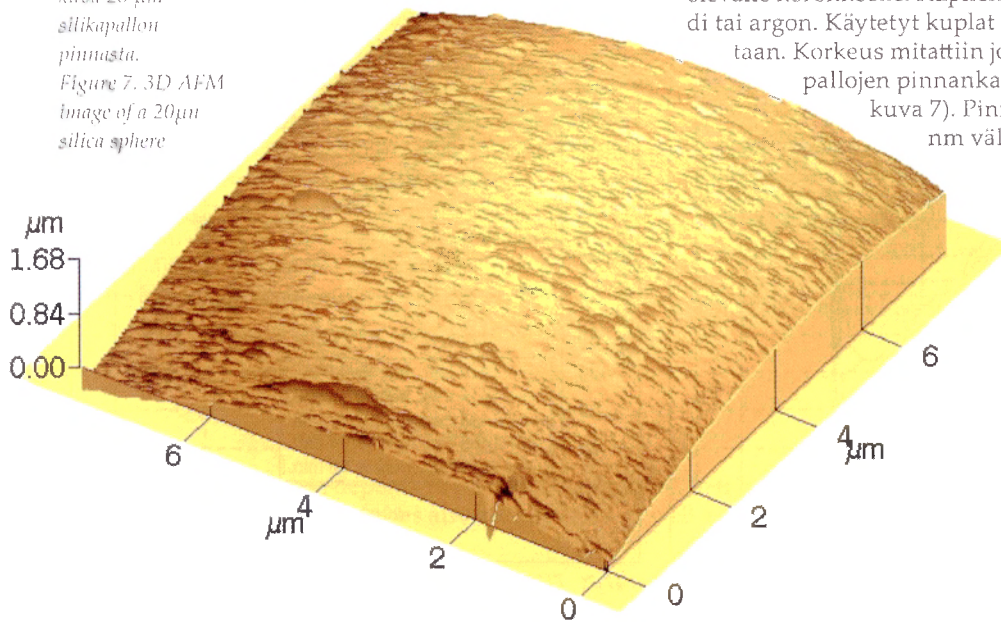
Kuva 6. Mitatut reunaikulmat TMCS silanohmin lämpökäsittelyille.
Figure 6. Measured contact angles after TMCS silanointi at different temperatures

kulman aikaansaamiseksi.

Kaikki käytetyt reagenssit ovat olleet analytiikkalaatua ja niitä on käytetty ilman lisäpuhdistusta. Käytetty vesi on ollut ultrapuhdasta. Se on puhdistettu viidessä vaiheessa mikro-suodatuksella, ajamalla se ioninvaihtohartsin läpi, aktiivihiihokäsittelyllä, käänteisosmoosilla ja lopuksi käänteisellä ioninvaihtimella. Käytetyn veden ominaisvastus oli yli $18 \text{ M}\Omega\text{cm}^{-1}$ ja pH oli 5.4 ± 0.2 . Joissakin kokeissa laite asetettiin kokonaisuudessaan haluttuun kaasuatmosfääriin ja käytetty vesi saturoitiin CO_2 tai Ar kaasulla. Joissakin kokeissa lisättiin veteen elektrolyyttiä (KCl) $10^{-1} \dots 10^{-2} \text{ M/l}$.

Kuplat tehtiin mikropipetillä teflon-kyvetin pohjalla olevalle korokkeelle. Kuplien kaasuna oli ilma, hiilidioksidi tai argon. Käytetyt kuplat olivat 650-950 μm korkeudeltaan. Korkeus mitattiin joka kokeessa AFM:llä. Silikapallojen pinnankarheus mitattiin (esimerkkinä kuva 7). Pinnan karheus vaihteli n 90-100 nm välillä.

Kuva 7. 3D AFM kuva 20 μm silikapallon pinnasta.
Figure 7. 3D AFM image of a 20 μm silica sphere

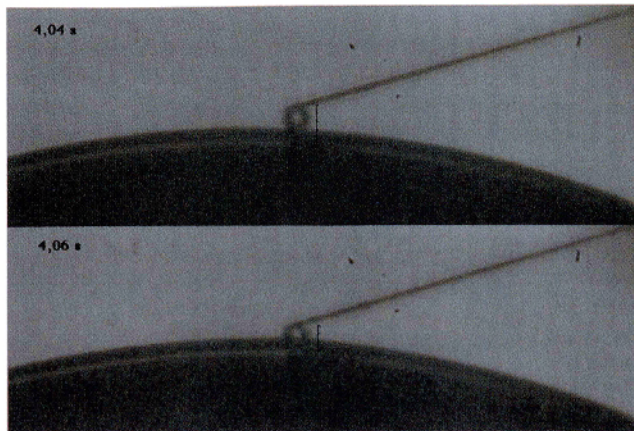


Tuloksia partikkelin ja kuplan lähentymisestä

Tulokset ovat olleet varsin yllättäviä ja tulkinnaltaan haastavia.

Ultrapuhtaalla vedellä tehtävissä kokeissa voidaan nähdä ilmiö, jota ei toistaiseksi osata selittää. Kokeissa tapahtui erittäin voimakas kuplan "hyppy" kiinni partikkeliin. Ilmiö on niin nopea, että sitä ei pystytä täysin mittaamaan. →

Kuva 8 esittää eräästä videosta sekvenssiä, jossa kuvien ero on 0,02 s. Hyppy tapahtuu, kun kuplan ja partikkelin etäisyys on n 3,5 µm. DLVO teoria ennustaa vuorovaikutuksen etäisyydeksi alle 0,15 µm, joten jokin muu ilmiö tapahtuu.



Kuva 8. Kuplan liike 15µm silikapallon lähestyessä.
Figure 8. Bubble movement at the approach of a 15µm silica sphere

Kun veteen lisättiin elektrolyyttiä tai se kyllästettiin polaarisella kaasulla (CO₂) ilmiö katosi ja vuorovaikutus on

lähellä DLVO teorian ennustamaa, kun kuplat ja partikkelit ovat "tuoreita".

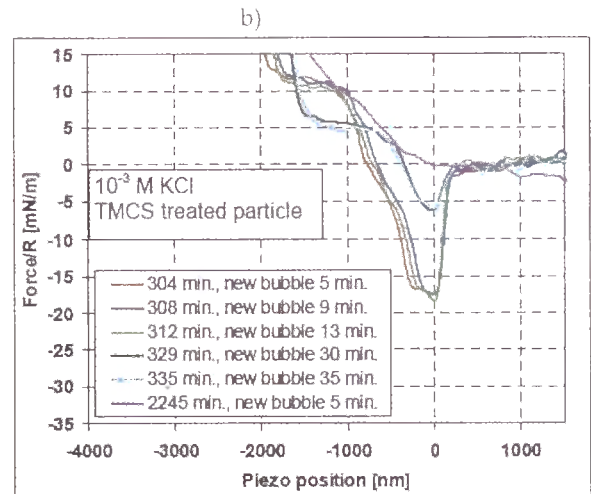
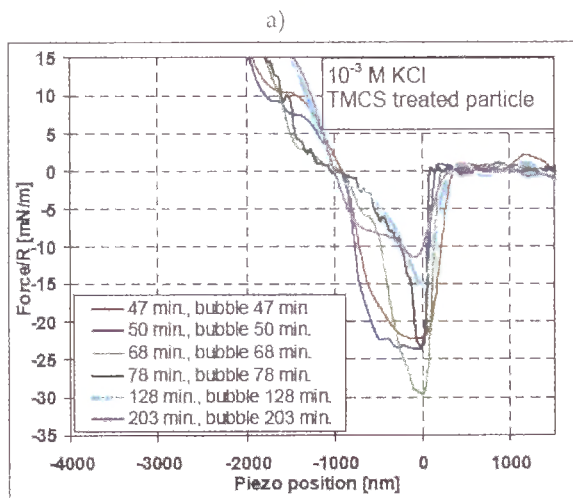
Toinen kokeiden tuoma yllätys oli, että attraktiivinen voima oli erittäin riippuvainen ajasta. Voimaan vaikuttivat niin partikkelin ikä elektrolyytissä kuin kuplankin ikä.

Tulokset, jotka on esitetty kuvissa 9 ja 10, osoittavat, että attraktio pienenee ajan funktiona ja voi kadota kokonaan n 5 h siitä, kun partikkeli on asetettu elektrolyyttiin. Kuvien tulkinnassa on negatiivinen arvo attraktiivinen ja positiivinen arvo repulsiivinen.

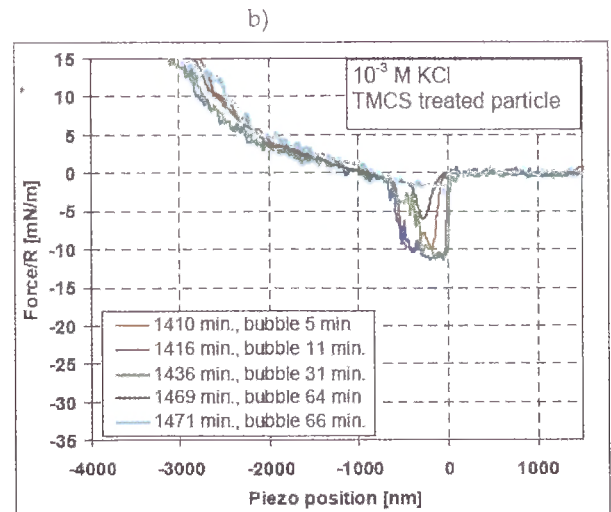
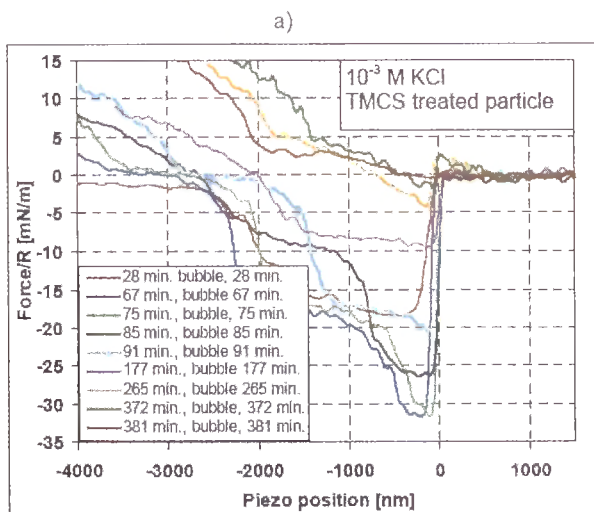
Sekä reunakulman ollessa 71,6° ja 47,7° nähtiin sama ilmiö, että attraktio aluksi lisääntyi saavuttaakseen maksiarvonsa hieman yli tunnin kuluttua. Tämän jälkeen attraktio alkoi nopeasti pienentyä. Reunakulmalla ei kuvan 11 mukaisesti ollut suurta vaikutusta attraktion suuruuteen vaan se oli molemmissa tapauksissa n 30 mN/m.

Tuloksista havaitaan myös, että ennen attraktion katoamista "energiavalli" alkaa muodostua, kun sitä ei tuoreilla partikkeleilla ja kuplilla havaita. (kuva 10a).

Pinnoilla siis tapahtuu jokin reaktio, joka pienentää reunakulmaa nopeasti. Mitä ilmeisemmin mekanismi on pinnan hydrataatio. Koska silaanipinnoitettua kappaletta voidaan lämmittää silaanin haihtumatta otettiin sellaisia partikkeleita, jotka olivat olleet niin pitkään liuoksessa, että attraktiota ei enää esiintynyt, 110°C tai 190°C lämmitykseen 8 tunniksi. Korkeammassa lämpötilassa attraktio palautui.

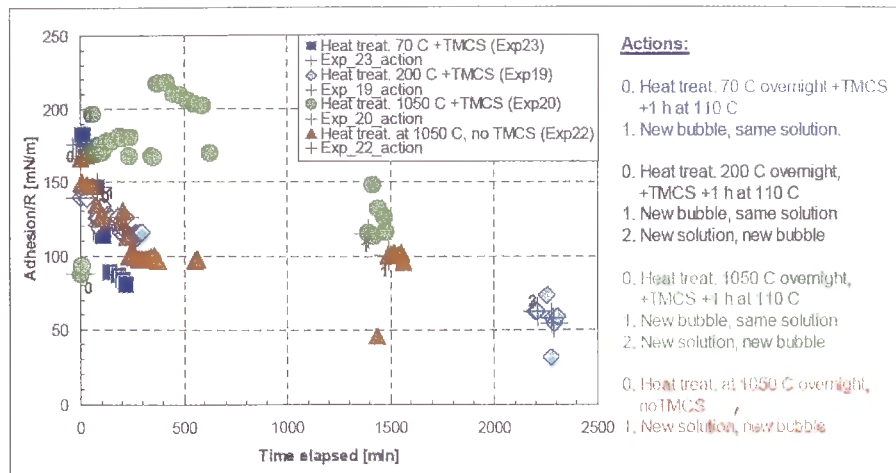


Kuva 9. Voiman muutokset partikkelin lähestyessä kuplaa. Reunakulma 71,6°.
Figure 9. Force curves at a particle approach. Contact angle 71,6 deg.

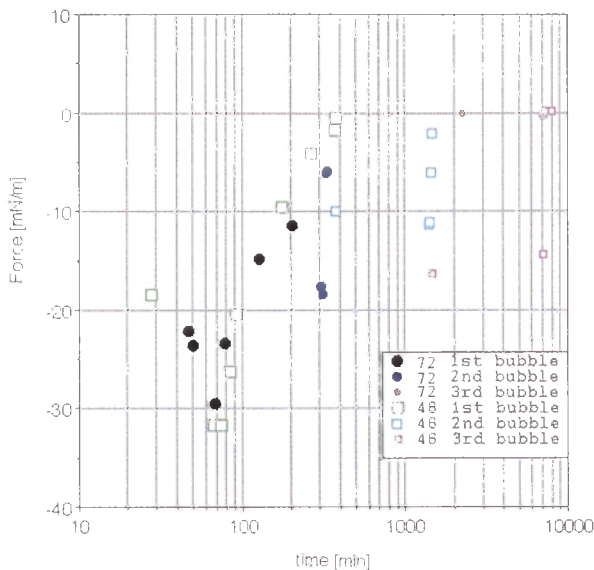


Kuva 10. Voiman muutokset partikkelin lähestyessä kuplaa. Reunakulma 47,7°. Figure 10. Force curves at a particle approach. Contact angle 47,7 deg.

Kuva 12. Adheesion maksimi-
miarvoja ajan funktiona
(eri tavoin käsiteltyjä
partikkeleita).
Figure 12. Maximum
adhesion values as a
function of time (particles
treated differently)



Kuva 11. Attraktiivinen voima ajan
funktiona reunakulman 71,6° ja 47,7°
(silaanikäsiteltyyn lämpötilaan)
partikkeleille.
Figure 11. Attractive force as a function of
time for particles having a contact angle of
71,6 and 47,7 deg.



Paitsi partikkelin viipymä-aika liuoksessa, myös kuplan viipymä-aika liuoksessa oli merkittävä muuttuja (kuva 9b ja kuva 10b). Syytä siihen miksi kupla on "tuore" 30–60 minuuttia, ei vielä tiedetä.

Joissakin kokeissa esiintynyt voimakäyrän aaltoilu on ilmiö, jota ei osata selittää (kuva 10). Toistaiseksi ei pystytä sanomaan onko ilmiö artefakti, joka johtuu esim. kuplan deformatiivisesta detektorin heijastuvasta valosta.

Tuloksia partikkelin ja kuplan adheesiosta

Adheesivoiman riippuvuus partikkelin liuoksessa viipymäajasta on merkittävä. Adheesio alkaa pienetä heti ja saavuttaa tasapainoarvon n 5 tunnin kuluttua.

Adheesio oli monissa tapauksissa vain alle puolet alkuperäisestä adheesion arvosta. Poiketen attraktiosta ei kuplan viipymäajalla ollut suurta merkitystä kuten partikkelin ja kuplan välisen adheesivoiman yhtälön

$$F_{c,max} = \pi R_p \gamma (1 - \cos \theta_{\text{recor.}})$$

mukaan ei pitäisi ollakaan.

Summary

The paper discusses the time dependent phenomena observed in the measurement of forces between particles and bubbles with a direct force meas -in force has also been studied as well as the adhesive force at the pull-off of a particle from a bubble.

Yhteenveto

Uusi "kotona rakennettu" instrumentti on avannut uusia mahdollisuuksia mitata vaahdotuksen perusilmiöitä. Tulokset ovat osin olleet aikaisempien teorioiden mukaisia, mutta edelläesitetyn kaltaisia yllätyksiä on löytynyt. Laite on osoittautunut käytössä erinomaiseksi ja analytiikka kehittyä edelleen. Tavoitteena on edetä kokoojien mittaamiseen mahdollisimman nopeasti. Laitekehitys on poikunut useita muiden alojen voimamittauksia ja toisenkin "kotiku-toisen" voimamittausinstrumentin, jolla voidaan mitata suurempia partikkeleita.

Kiitokset

Tekijät haluavat kiittää Outokumpu Oyj:n säätiötä ja Suomen Akatemian PROTEK-ohjelmaa saamastaan tuesta uuden tutkimusmenetelmän kehityksessä. ▀

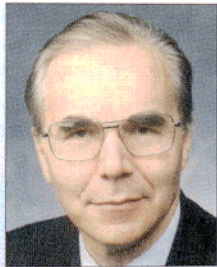
Kirjallisuusuutteet

Heiskanen K., Föhr K., Junnikkala S., Aho J., Lampinen P. ja Honkivaara K., 2000, Flotation of different particle sizes as a function of bubble surface area flux, *Proc. Canadian Mineral Processors Conference, Ottawa, CIM*, paper 12. 197-211.

Heiskanen K., Junnikkala S. ja Föhr K., 2001, Results from Pyhäsalmi Concentrator on Bubble Surface Area Flux and Flotation Rate Relationship as a Function of Particle Size, *Proc. Canadian Mineral Processors Conference, Ottawa, CIM*.

Schreithofer N. ja Heiskanen K., 2001, New experiments design for direct force measurements between particles and air bubbles, with special interests on natural mineral particles. *Proc. 6th World Congr. of Chemical Engineering, Melbourne, Aus.*

Schreithofer, N., 2003. Investigation of particle-bubble interactions with a new experimental setup, *HUT Diss. series*, ISBN 951-22-6750-0 (electronic)



Veikko Lindroos - CV. Veikko Lindroos received his D.Sc. (Tech.) degree in 1968 from Helsinki University of Technology. During 1970 - 2003 he has been Professor and Director of the Laboratory of Physical Metallurgy and Materials Science at Helsinki University of Technology. Since 2004 he is carrying out emeritus Professor duties in the same Laboratory. He has published approximately 240 scientific papers in the field of materials science of metallic and non-metallic materials. Furthermore, he is a patent holder of several patents on research methods, equipment and advanced materials. In addition to his research activities within materials science, such as metals, silicon technology and microsystems, as well as magnetic materials and metal matrix composites, he has participated in the initiation and development of non-waste technology or clean technology, sustainable development and life-cycle-analysis in Finland and abroad. He is an editorial board member of several International Journals as well as board member of International and Finnish professional organizations, such as Finnish Academies of Technology. He is a 1990 Fellow of ASM International and 1998 recipient of Recognition Award of the Finnish Academies of Technology as well as 1999 Honorary member of the Hungarian Academy of Engineering.



Outi Söderberg - CV. 1987 Master of Science (Foundry Technology), Helsinki University of Technology (HUT); 1987-1990 Laboratory Supervisor, HUT, Dept. Mech. Eng., Laboratory of Engineering Materials; 1990-1992 Information data systems project manager, Parish Union of Espoo; 1992-1995 Parental leave; 1995-2004 Researcher and Assistant, HUT, Laboratory of Physical Metallurgy and Materials Science; 2002 Secretary of ICOMAT'02 International Conference on Martensitic Transformations; 10-14 June 2002, Co-editor of the Proceedings in Journal de Physique 112 (2003); 2004 Outokumpu Oyj Foundation grant for post-graduate studies At HUT Laboratory of Physical Metallurgy and Materials Science Mrs. Outi Söderberg has participated in several research projects concerning the shape memory materials. Since 1998 she has been working with Ni-Mn-Ga alloys in HUT/MSM-project.

Dr. Outi Söderberg ja professori Veikko Lindroos, Teknillinen korkeakoulu, Metallin- ja materiaaliopin laboratorio

MSM-tutkimus Teknillisessä korkeakoulussa

Aktiivisista muodonmuuttajamateriaaleista koneiksi?

Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti erilaisia aktiivisia materiaaleja sekä uppoudutaan hieman syvemmälle TKK:lla tehtyyn muistimetallitutkimukseen ja erityisesti vuosina 1998-2003 toimineeseen MSM-materiaaliprojektiin (*MSM Magnetic Shape Memory*).

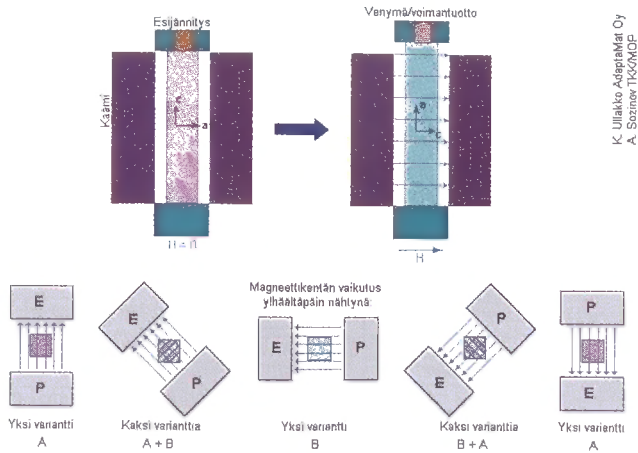
Materiaalit aktiivisiksi

Aktiiviset, adaptiiviset – peräti älykkäät materiaalit – muuttavat muotoaan tai muita ominaisuuksiaan ulkoisen ärsyksen vaikutuksesta. Ne voivat toimia liikkeen tuottajina (aktuaattoreina), antureina (sensoreina) tai samanaikaisesti molempina 1/3. Näillä aktiivimateriaaleilla voidaan osittain jo nyt, ja ainakin tulevaisuudessa, korvata erilaisia monimutkaisia mekaanisia konstruktioita, joilla pyritään tuottamaan tiettyä, ehkäpä kovinkin suoraviivaista liikettä. Ideaalitapauksessa pystytään yksinkertaistamaan monikomponenttinen liikekone vähemmän tilaa vieväksi, kevyemmäksi ja toiminnaltaan helpommaksi materiaalikoneeksi. On toki muistettava, että pelkkä toimimateriaali ei riitä, vaan tarvitaan myös toiminnan ohjaus, jotta konstruktio voisi toimia älykkäästi. Jos materiaalikoneen käynnistys tapahtuu sähköisesti, on se johdotettava – magneettikenttää käytettäessä toimielementin ympärille on

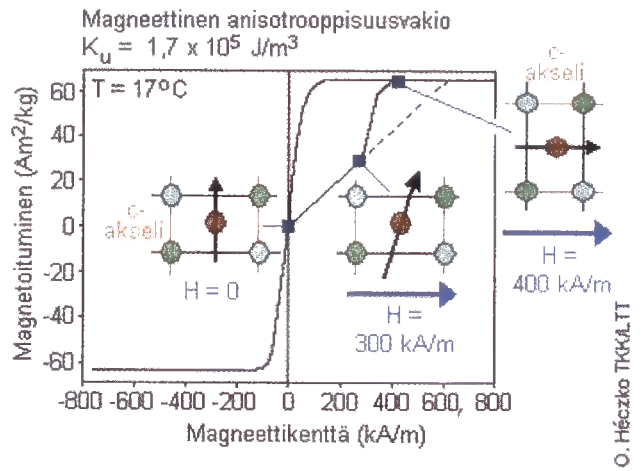
luotava sopiva magneettiympäristö, mutta itse elementti ei tarvitse johdotusta. Parhaimmillaan materiaalikone sisältää itsessään sekä käynnistys-, liike- että ohjausyksikön, mutta tällöin sen suorite on yleensä melko yksinkertainen, esimerkiksi tietty muodonmuutos tietyssä lämpötilassa.

Tärkeimmät tällä hetkellä käytettävät liikettä tuottavat materiaalit ovat pietsosähköisiä, magnetostriktiivisiä, perinteisiä ja magneettisesti ohjattavia muistimateriaaleja, elektroaktiivisia polymeerejä tai magneto/elektroreologisia nesteitä. Näistä pietsot ja magnetostriktiiviset aineet ovat tyypillisiä käyttökohteille, joissa vaaditaan suurta taajuutta (äänentoisto, ultraääni), mutta suhteellisen pientä venymää. Loput materiaalityypit sopivat suuriin muodonmuutoksiin: muistimateriaalit voiman sekä venymän tuottoon kertakäytössä tai pienillä taajuuksilla ja elektroaktiiviset polymeerit sekä magneto/elektroreologiset nesteet suuriin muodonmuutoksiin, jälkimmäiset etenkin vaimennustarkoituksiin.

MSM-materiaalit (*Magnetic Shape Memory materials*) eroavat muista aktiivimateriaaleista siinä, että niillä saadaan suuri muodonmuutos kohtuullisen suurilla taajuuksilla ilman lämpötilamuutosta. Näiden materiaalien suuri venymä magneettikentässä (*MFI magnetic field-induced strain*) perustuu kiderakennealueiden, martensiitin kaksosvarianttien, uudelleen järjestäytymiseen (kuva 1). MSM-



K. Ullakko-Adaptamat Oy
A. Somer TKK/MOP



O. Héczko TKK/MLTT

Kuva 1. MSM-elementin käyttäytyminen magneettikentässä. (a) Alussa Ni-Mn-Ga-kiderakenteen lyhyt c-akseli on ylöspäin – magneettikentän vaikuttaessa tämä akseli kääntyy kentän suuntaiseksi ja alkuperäinen yksivarianttinen martensiittirakenne on muuttunut toiseksi martensiittivariantiksi. (b) Magnetoitumiskäyrässä hilakopin käänne näkyy hyppäyksenä siinä vaiheessa, kun magneettikentän aiheuttama voima ylittää materiaalin kaksostumisjännityksen.

Figure 1. The behavior of the MSM-element in the magnetic field. (a) The short c-axis is upwards in the Ni-Mn-Ga crystal structure before magnetic field affects it – when the material is in the magnetic field this axis is turned along the field and the original single variant martensite state has changed to another. (b) Turning of the crystal lattice can be observed in the magnetization curve as a jump at the point where the force created by the magnetic field exceeds the twinning stress of the material.

materiaalin on oltava ferromagneettinen, sillä on suuri magneettinen anisotropia ja siinä esiintyy sellainen martensiittinen faasi, jossa kaksosrajat liikkuvat erityisen helposti. Käytännössä materiaalin kaksostumisjännityksen (σ_{tw}) eli sen ulkoisen voiman, jolla martensiittiset kaksosalueet on mahdollista saada samanlaisiksi yksivarianttiseksi rakenteeksi, on oltava pienempi kuin magneettikentällä aikaansaatu voima (σ_{mag}) – alle 2 MPa /4/. Ni-Mn-Ga-seoksilla saavutetaan martensiittirakenteesta riippuen 6 tai 10 % muodonmuutos 600...800 kA/m magneettikentässä taajuusalueella 1...500 Hz käyttölämpötila-alueella -120...+60°C /5-12/. MSM-elementtien on todettu toimivan 50 miljoonan kierroksen jälkeenkin /13/. Kuvassa 2 on esitetty mahdollisia käyttökohteita MSM-materiaaleille.

Muistimetalleihin liittyvää tutkimusta TKK:n Metalli- ja materiaaliopin laboratoriossa

Perinteisessä muisti-ilmiossä materiaali (SMA shape memory alloy) muuttaa muotoaan lämpötilan muuttumisen aiheuttaessa kiderakenteen vaihtumisen eli martensiitti-austeniittitransformaation. Suurin mittamuutos saadaan aikaiseksi, kun martensiittinen rakenne on muokkauksella saatu yksivarianttiseksi. Yleisimmin käytössä olevat muistimateriaalit ovat Ni-Ti-, Cu- tai Fe-Mn-Si-pohjaisia seoksia. Niiden käyttökohteet vaihtelevat satelliittiantenneista öljyputkiliitoksiin, lääketieteellisiin sovelluksiin ja mm. riisinkeittimien venttiileihin. Varsinaisen muisti-ilmion lisäksi näillä materiaaleilla saattaa esiintyä austeniittisessä tilassa myös superelastisuutta (SE superelasticity), jossa ulkoisen voiman synnyttäessä rakenteeseen martensiittia (SIM stress induced martensite) materiaali venyy huomattavasti ja se palautuu täydellisesti alkuperäisiin mittoihinsa voiman poistuessa, koska SIM häviää rakenteesta. Tätä hyödynnetään mm. hammaslääketieteessä oikomaraudoissa.

Muistimetallitutkimus aloitettiin Teknillisen korkeakoulun Metalli- ja materiaaliopin laboratoriossa (MOP) jo 1980-luvulla professori Veikko Lindroosin johdolla ja yli-insinööri Jaakko Anttilan ohjauksessa. Vuonna 1989

	Anturit ja generaattorit - voima/paikka-anturit - värähtelyn seuranta - ohjauksauvat - tehollisyys
	Aktuaattorit - robotit - manipulaattorit - lineaarilaitteet - katkaisijat
Nesteiden kuljetus - venttiilit - pumput - injektorit - mustesuihkut - lääkkeiden annostelu	Asetuslaitteet - kiinnikkeet - pidäkkeet ja puristimet - automaattinen asennus - liitoksen helppo purku
Värähtelijät ja värähtelyn vaimennus - tärinämittarit - aktiivi- ja passiivivaimennus	Liittimet - kiinnikkeet - pidäkkeet ja puristimet - automaattinen asennus - liitoksen helppo purku

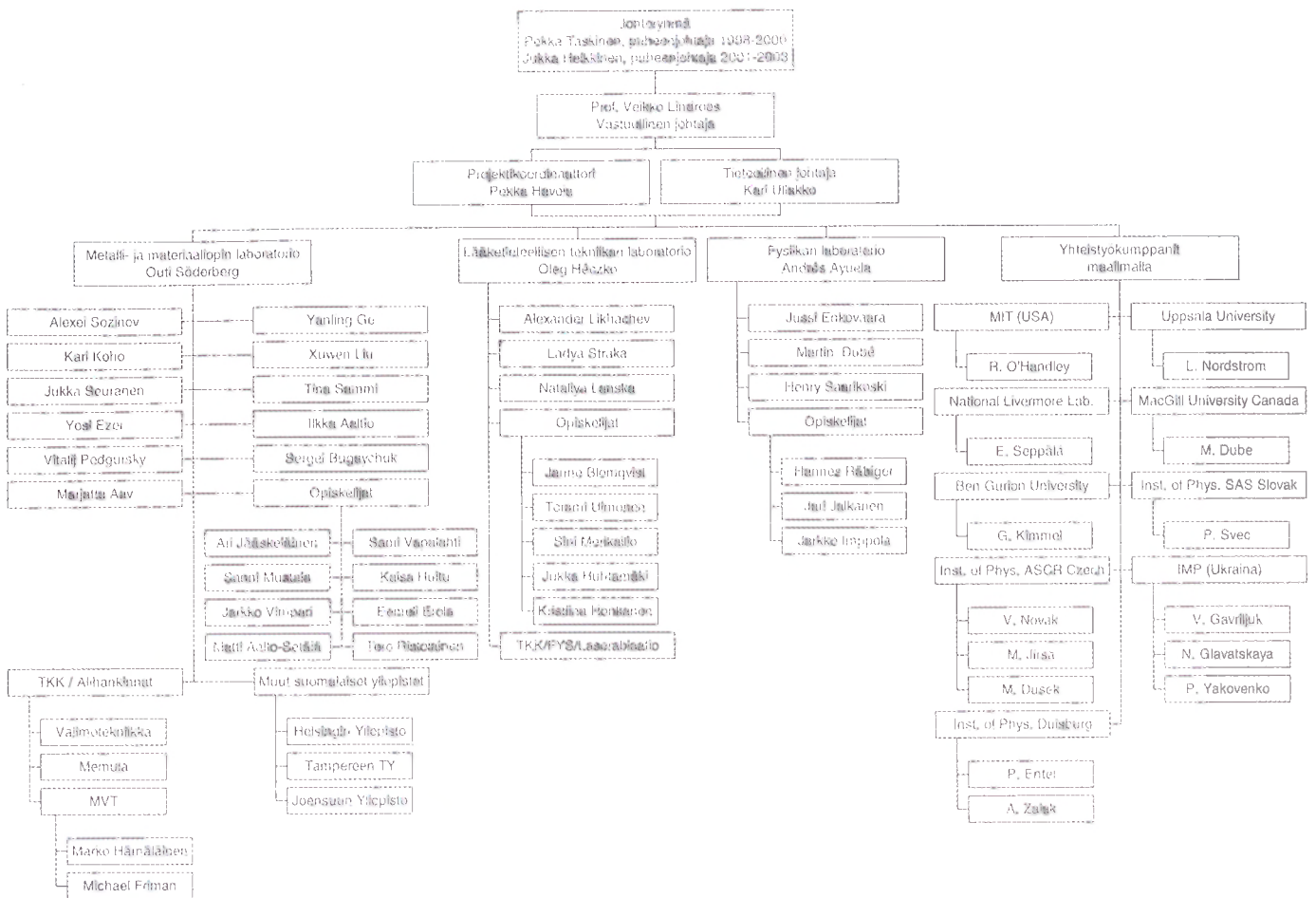
Kuva 2. MSM-materiaalien mahdollisia käyttökohteita.

<http://www.adaptamat.com>.

Figure 2. Possible applications of the MSM-materials.

<http://www.adaptamat.com>.

valmistui Eeva Närvän diplomityö aiheesta "Tutkimus jauhemetallurgisesti valmistettujen Cu-Al-Ni-seosten muistominaisuuksista" yhteistyössä Outokumpu Oy Poricopperin kanssa. 1990-luvulla tutkittiin dipl.ins. Eero Haimin ohjauksessa nikkeli-titaani-yhdisteitä kahdessa projektissa. Tekesin ja Kvaerner Tamturbinen Oy:n rahoittamassa projektissa "Pultin esikieritys SMA-aluslevyllä tai aktuaattorilla" hyödynnettiin varsinaista muisti-ilmiota /14,15/ ja VTT:n kanssa toteutetussa NiTi-pinnoiteprojektissa kehitettiin superelastinen kulutusta kestävä HIP-pinnoite /16,17/. Tyypiseosteisia muisti- ja vaimennusteräksiä on MOP:ssa tutkittu vuodesta 1996 Suomen Akatemian rahoittaman tutkimusyhteistyön puitteissa Kiovan Metallifysiikan Instituutin (IMP Institute for Metal Physics) kanssa /18,19/.



Kuva 3. MSM-projektin organisaatio. <http://syke.hut.fi/MSM/>. Figure 3. The organization chart of the HUT/MSM-project. <http://syke.hut.fi/MSM/>.

MSM-projekti TKK:lla

MSM-projekti alkoi vuonna 1995 osana Tekesin "Materiaalien sovelluslähtöinen käyttö"-teknologiaohjelmaa tekn.tri Kari Ullakon ollessa vierailevana tutkijana MIT:ssä. Tuolloin todennettiin Ni-Mn-Ga-erilliskiteessä 0,2 % venymä magneetikentässä -25°C:n lämpötilassa ja samalla esiteltiin MSM-ilmiö ensi kertaa /20,21/. TKK:lla MSM-projektin koko kasvoi merkittävästi vuoden 1998 loppupuolella, kun siitä tuli kolmen laboratorion yhteisprojekti. Koordinaatio ja materiaalivastuu kuului Metall- ja materiaaliopin laboratoriolle (prof. Veikko Lindroos), magneettiset mittaukset sekä makroskooppinen mallinnus Lääketieteellisen tekniikan laboratoriolle (LTT; prof. Toivo Katila) ja mesoskooppinen sekä atomistinen mallinnus Fysiikan laboratoriolle (FYS, prof. Risto Nieminen). Toukokuuhun 2003 jatkuneeseen projektiin osallistuivat Tekesin ja Teknillisen korkeakoulun ohella Outokumpu Research Oy, Metso Oyj, Nokia Research Center, ABB Research Oy, AdaptaMat Oy sekä Metalliteollisuuden keskusliitto. Lisäksi Suomen Akatemia on tukenut erityisesti kansainvälistä tutkijanvaihtoa mm. IMP:n (Kiova, Ukraina), Prahan Fysiikan instituutin (Institute of Physics, Tsekki) ja Bratislavan Fysiikan instituutin (Institute of Physics, Slovakia) kanssa.

Tutkimushankkeen alkuvaiheessa keskityttiin ensin kehittämään Ni-Mn-Ga-materiaalien käsittelylle sekä ominaisuuksien tutkimiselle sopivat työtavat ja tutkimuslaitteistot, jotka joko hankittiin tai rakennettiin. Samalla monikansallinen tutkimusryhmä opetteli projektikieli englannin lisäksi myös poikkiteollista ajattelua ja rakentavaa tiimityöskentelyä. Ryhmä osoittautuikin erittäin toimivaksi fyysikkojen antaessa mallinnuksesta saatuja

osviitoja materiaali- ja magneettipuolelle, näiden puolestaan palauttaessa käytännön mittauksista saadut tulokset mallinnukseen, jolloin molemmat osapuolet pystyivät innovoimaan ja iteroimaan omaa työtään. Projekti-koordinaattori tekn.lis. Pekka Havolalla oli vaikeana tehtävänä luotsata innokkaat tutkijat pysymään projektin johtoryhmän määrittämällä raiteilla. Projektin tieteellisiä johtotähtiä tekn.tri Kari Ullakon ohella toimivat Dr. Alexei Sozinov (MOP), Dr. Alexander Likhachev (LTT), Dr. Oleg Hezko (LTT) sekä Dr. Andrés Ayuela (FYS). Tohtorivetoisen tutkimuksen ansiosta MSM-projekti oli erittäin kiinnostava jatko-opiskelijoiden kannalta, etenkin koska se tuotti yli 110 julkaisua ja tieteellistä konferenssityötä kesäkuuhun 2003 mennessä. Vuonna 2002 valmistui ensimmäinen väitöskirja, Yosi Ezer (MOP) /22/, ja vuonna 2003 väitteli Jussi Enkovaara (FYS) /23/. Loppusuoralla tekeillä ovat vielä väitöskirjatytöt M.Sc. Yanling Gellä (MOP), M.Sc. Ladislav Strakalla (LTT) sekä dipl.ins. Outi Söderbergillä (MOP). Projektiin osallistuneista on väitellyt myös Vitalij Podgurski Tallinnassa /24/ ja Kiiovassa aiheesta tulevat väittelemään M.Sc. Ilya Glavatskij sekä M.Sc. Georgy Mogylny. MSM-projekti on koko ajan ollut varsin hyvä perusopiskelijoiden kouluttaja/työllistäjä ja siinä on ollut erinomainen opiskelijajoukko tutkimusapulaisina. Diplomitoihin asti heistä saatiin johdatettua Ari Jääskeläinen /25/, Kari Koho /26/ sekä Jukka Seuranen /27/. Tietenkin projektissa teetettiin lisäksi lukuisia joukko harjoitus-, kirjallisuus- sekä erikoistöitä. Projektin organisaatiokaavio on kuvassa 3.

Magneetikenttä liikuttaa oikeaa kiderakennetta

Outokumpu (ORC) ja AdaptaMat valmistivat projektille yli

130 Ni-Mn-Ga-seosta, joista tutkittiin systemaattisesti niin niiden mikrorakenteet kuin ominaisuudetkin. Järjestelmällisen tutkimustyön ansiosta 0,2%:n MSM-ilmiö pystyttiin ensin todentamaan huoneenlämpötilassa; vuonna 1999 venymä saatiin tästä 30-kertaistettua 6 %:iin (5M-rakenne) ja vuonna 2001 tehtiin venymällä 10 %:n maailmanennätys (7M-rakenne). Suurella osalla tehdyistä seoksista ei ollut MSM-ilmiöön tarvittavia oikeita martensiittisiä kiderakenteita, joiksi projektissa tehdyn kartoituksen perusteella osoittautuivat 5-kerrostunut lievästi monokliininen tai tetragoninen (5M) ja 7-kerrostunut ortorombinen (7M) rakenne. Tässä suhteessa TKK:n MSM-tutkimus oli ainutlaatuisen, sillä muualla maailmassa keskityttiin lähinnä magneettisten ominaisuuksien tutkimukseen ilman, että huomiota olisi kiinnitetty laisinkaan rakenteeseen. Kiderakennetutkimuksen lisäksi eri seosten käyttäytyminen niin mekaanisessa puristuksessa kuin magneettikentässäkin tutkittiin tarkasti. Näin pystyttiin todistamaan kaksostumisjännityksen (σ_{tw}) vaikutus MSM-käyttäytymiseen ja samalla luomaan helppo tapa testata materiaaleja niiden mahdollisen MSM-toimivuuden kannalta. Yksinkertaista voidaan todeta, että kun $\sigma_{tw} \leq 2$ MPa, niin Ni-Mn-Ga-seokselta voidaan odottaa MSM-ilmiötä. Kaksostumisjännityksen on oltava magneettikentän aikaansaamaa voimaa (σ_{mag}) pienempi. Tämä puolestaan riippuu materiaalin kiderakenteen (hilavakiot a ja c) lisäksi sen magneettisesta anisotropisuus vakiosta (K_U) kaavan $\sigma_{mag} = (1-c/a)^{-1} K_U$ mukaisesti. Näin 5M-rakenteelle saadaan voimaksi $\sigma_{mag,5M} \approx 2,6$ MPa ja 7M-rakenteelle $\sigma_{mag,7M} \approx 1,6$ MPa /4. MSM-projektissa tutkittiin ilmiön esiintymislämpötilat, joihin kiderakenteella on myös oleellinen vaikutus. Oikea martensiittirakenne saattaa muuttua joko austeniittimuutoksessa tai intermartensiittisessä reaktiossa, jolloin MSM-ilmiö katoaa. Lämpötila vaikuttaa myös hilaparametreihin sekä kaksostumisjännitykseen ja magneettisiin ominaisuuksiin. Käyttölämpötilan raja-arvot -120...+60°C vastaavat tilannetta austeniitti-martensiitti-muutoksesta alempiin lämpötiloihin ilman intermartensiittisiä reaktioita /11/. Jotta MSM-elementti toimisi mahdollisimman hyvin, se tarvitsee noin 1-2 MPa:n vastavoiman, jotta sen martensiittirakenne pysyisi yksivarianttisena. Projektissa tutkittiin myös MSM-ilmiön mahdollista väsymistä ja todettiin, että hyvällä materiaalilla ja oikeilla käyttö-parametreilla 3,5 %:n vaihteleva venymä pystytään säilyttämään yli 50 miljoonaa kertaa. Tällaisen aktuaattorin optimikäyttötaajuus on 300...500 Hz. ▀

Kirjallisuusviitteet

1. Takagi, T.; *Materials Science and Engineering A* 253 (1998) 30-41.
2. Müllner, P., Chernenko, V.A., Kostorz, G.; *Scripta Materialia* 49 (2003) 129-133.

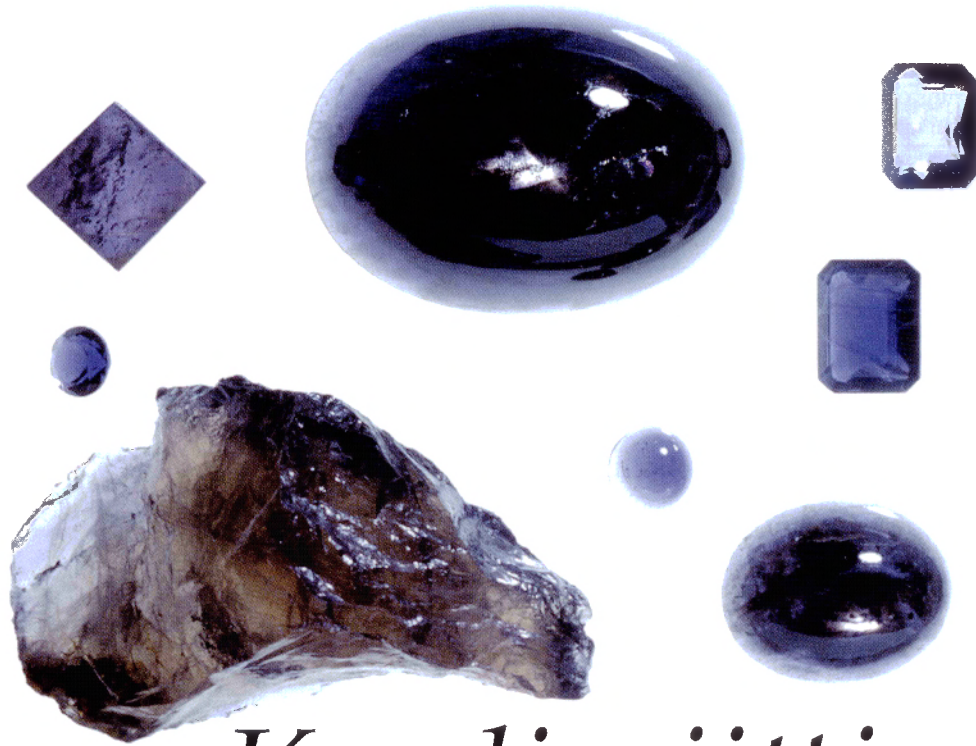
3. Ullakko K., Strand J., Honkanen K.; Liikettä tuottavat materiaalit älykässä koneissa, MET-julkaisuja 2/2002.
4. Likhachev A.A., Ullakko K.; *Physics Letters A* 275 (2000) 142-151.
5. Sozinov A., Ezer Y., Kimmel G., Yakovenko P., Giller D., Wolfus Y., Yeshurun Y., Ullakko K., Lindroos V.K.; *Journal de Physique IV France* 11 (2001) Pr8 311 - 316.
6. Heczko O., Sozinov A., Ullakko K.; *IEEE Transactions on Magnetism* 36 (2000) 3266 - 3268.
7. Sozinov A., Likhachev A.A., Lanska N., Ullakko K.; *Applied Physics Letters* 80 (2002) 1746 - 1748.
8. O'Handley R.C., Allen S.M.; Shape memory alloys, magnetically activated ferromagnetic shape-memory materials. In *Encyclopedia of Smart Materials*, John Wiley and Sons, New York, 2001.
9. Heczko O., Straka L., Lanska N., Ullakko K., Enkovaara J.; *Journal of Applied Physics*, 91 (2002) 8228 - 8230.
10. Sozinov A., Likhachev A.A., Lanska N., Söderberg O., Ullakko K., Lindroos V.K.; *Proc. SPIE* 5053 (2003) 586-594.
11. Heczko O., Straka L.; *Journal of Applied Physics* 94 (2003) 7139-7143.
12. Söderberg O., Sozinov A., Lindroos V.K.; Giant magnetostrictive materials, In *The Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, Elsevier Science, 2004. (Invited chapter)
13. TKK/MSM-projekti Tekesin loppuraportti 08/2003.
14. Haimi E., Keto-Tokoi J., Söderberg O., Lindroos V.K.; *Proc. Int. J Conf. on Shape Memory and Superelastic Technologies: Engineering and Biomedical Applications*, 2-6 March 1997, Pacific Grove, CA, USA, 1997, pp. 275-280.
15. Söderberg O., Keto-Tokoi J., Haimi E., Anttila J., Lindroos V.K.; *Journal of Materials Engineering and Performance*, 6 (1997) 517-520.
16. Koskinen J., Haimi E., Method for Forming a Nickel-Titanium Plating, U.S. Pat. 6 458 317 B1.
17. Koskinen J., Haimi E., Mahfouf A., Lindroos V.K., Hannula S.-P.; *Journal de Physique IV France* 112 (2003) 1137- 1140.
18. Söderberg O., Yakovenko P.G., Ullakko K., Gavriljuk V.G., Lindroos V.K.; *Proc. 5th Int. Conf. on High Nitrogen Steels*, Espoo-Stockholm, May 24-26, 1998. Trans Tech Publications Ltd, 1999, pp. 763-768.
19. Yakovenko P.G., Liu X.W., Söderberg O., Ullakko K., Lindroos V.K.; *Journal of Materials Processing Technology*, Elsevier Science, 2001. CD ISBN 0 08 044026 6.
20. Ullakko K.; A method for producing motion and force by controlling the twin structure orientation of a material and its used. European patent EP 0 838 095 (1995).
21. Ullakko K., Huang J.K., Kantner C., O'Handley R.C., Kokorin V.V.; *Applied Physics Letters* 69 (1996) 1966-1968.
22. Ezer Y.; *Magnetic Shape Memory (MSM) Effect in Ni-Mn-Ga Alloy*, Thesis for the degree of Doctor of Technology, Acta Polytechnica Scandinavica Chemical Technology Series, Ch. 288. Otamedia Espoo 2002. ISBN 951-666-393-4.
23. Enkovaara J.; *Atomistic simulations of magnetic shape memory alloys*. Dissertation 119 Laboratory of Physics, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland. ISBN-951-22-6313-0 (print). ISBN 951-22-6319-X (electronic). Otamedia Oy Espoo 2003.
24. Podgurski V.; *Laser Ablation and Thermal Evaporation of Thin Films and Structures*, Thesis for Doctoral Degree, Tallinn Technical University, Department of Materials Technology, TTU Press, 2001.
25. Jääskeläinen A.; *Magnetomechanical Properties of NiMnGa*. Diplomityö, TKK Metall- ja materiaaliopin laboratorio, 2001.
26. Koho K.; *Eräiden NiMnGa-muistimetalliseosten käyttäytyminen puristuksessa*. Diplomityö, TKK Metall- ja materiaaliopin laboratorio, 2002.
27. Seuranen J.; *X-ray Diffraction Structure Studies of Shape Memory Ni-Mn-Ga Alloys*, Diplomityö, TKK Metall- ja materiaaliopin laboratorio, 2003.

Summary - From active shape changing materials to machines? MSM-research at the Helsinki University of Technology (HUT)

Smart materials are able to respond to the changes in their environment. They may create movement as actuators or act as sensors or show simultaneously both of these performances. The ideal smart material can even replace a rather complicated mechanical construction created for producing certain kind of movement. Here, the Magnetic Shape Memory (MSM) alloys are special among the current active material groups (piezoelectrical, magnetostrictive, shape memory, magneto- and electrorheological) as Ni-Mn-Ga alloys produce a large strain (6% or 10%) with rather high frequencies (up to 500 Hz) in a magnetic field less than 800 kA/m at constant ambient temperature. This behaviour is possible in a temperature region -120...+60°C. At room temperature the MSM fatigue life can be more than 50×10^6 shape change cycles. The MSM effect is based on the rearrangement of the martensitic twin variants of the crystal structure. The MSM material must be ferromagnetic and have large magnetic anisotropy as well as have to show the right type of the martensite structure in which the twin boundaries are highly movable. Furthermore, the detwinning stress (σ_{tw}) needed for moving the twin boundaries, should be smaller than the force created by the magnetic field (σ_{mag}), actually less than 2 MPa. In the MSM-project at HUT during years 1998-2003, the best MSM materials, Ni-Mn-Ga alloys, were studied in detail (<http://syke.hut.fi/MSM/>). The research group consisted of international team members at three laboratories: Laboratory of Physical Metallurgy and Materials Science (MOP), Laboratory of Biomedical Engineering (LTT) and Laboratory of Physics (FYS). MOP co-ordinated the project and had the responsibility of the materials and their characterisation, LTT took care of the macroscopic modeling together with the magnetic measurements and FYS carried out the mesoscopic and atomistic modeling. The project produced over 110 scientific publications and conference presentations before June 2003. Furthermore, there were carried out two doctoral dissertations – Yosi Ezer and Jussi Enkovaara – as well as three theses for master degrees within the project.

Kordieriitti on kohtalaisen yleinen magnesium-alumiinisilikaatti, $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$, jonka yleisimmät esiintymisympäristöt ovat runsasalumiiniset gneissit ja liuskeet. Sitä tavataan myös noriiteissa, graniiteissa ja pegmatiiteissa. Se on paitsi kaunis korukivi, myös monikäyttöinen teollisuusmineraali ja mineraaliuskovaisten suosikki sisäisen tuntemuksen syventäjänä jo ammoisista ajoista.

Juho Hukka



Pielaveden kordieriittia raakakivona ja hiottuna. Kuva Jari Väätäinen, GTK

Kordieriitti

Monivärinen ja monen niminen

Nimensä kordieriitti sai ranskalaiselta kaivosinsinööriltä ja mineralogilta Pierre Cordierilta (1777-1861), joka kuvasi sen artikkelissaan "Description du dichroïte" vuonna 1809. Nimen kordieriitti antoi maanmiehensä kunniaksi toinen ranskalainen mineralogi René Haüy (1743 – 1822). Nimitys dikroiitti (kreik., *dis*, kaksi, *khros*, väri) on kordieriitin synonyymi ja kuvaa mineraalin erästä optista ominaisuutta, pleokroismia.

Pleokroismi tarkoittaa kiteen suunnasta riippuvaa valon pidätyskyvyn vaihtelua. Erittäin pleokroinen kordieriitin jalokivimuunnos tunnetaan nimellä ioliitti. (kreik. *ios*, orvokki, *lithos*, kivi). Yhdestä suunnasta katsoen kivi voi olla kirkas ja lähes väritön, toisesta suunnasta katsoen violetti tai violetin sininen ja kolmannesta kellertävä tai kellertävän harmaa. Oikeastaan pitäisi siis puhua trikroiitista eli kolmivärisestä kivistä. Vanha nimi on kuitenkin jäänyt käyttöön. Sinertävän värisävyn vuoksi myös vesisafiiri on eräs kordieriitista käytetty vanha nimitys. Mineraali on läpinäkyvä tai ainakin läpikuultava ja kiilto on lasimainen.

Mineraali on pylväsmäinen, kiderakenteeltaan rombinen ja esiintyy harvoin lyhyinä, pölkkyinä, prismoina, mutta enimmäkseen massamaisena tai raekasaumina. Kordieriitin kovuus vaihtelee välillä 7 – 7,5 eli kovuutensakin puolesta se sopii hyvin korukiveksi.

Viikinkien GPS:stä tulenkestäviin tuotteisiin

Maailman ensimmäiset polarisaatio-suotimet olivat ioliittia. Viikingit käyttivät ioliittisujuja laajoilla merimatkoillaan sijainnin määrittämiseen. Ioliittilinsin läpi auringon suunta voitiin määrittää pilvisenäkin päivänä joltisellakin tarkkuudella ja näin tiedettiin, missä mentiin. Sanottiin mineraalin näyttävän sinisimmältä suorassa kulmassa aurinkoon nähden. Senttien sijaintitarkkuuteen tällä optisella laitteella ei päästy, mutta osuivatpa Leif Eirikinpojat ja muut Vuono-Väinöt sen avulla ainakin Amerikan, jopa Islannin kokosiin maakappaleisiin maailman merillä.

Kordieriitilla on joukko fysikaalisia ominaisuuksia, jotka tekevät siitä hyödyllisen teollisuusmineraalin. Se ei juuri laajene lämmitessään ja sietää hyvin lämpöshokkeja. Sen sähkönjohtavuus on heikko ja se kestää happeja. Näihin ominaisuuksiin perustuu koko joukko kordieriitista saatuja tuotteita. Lisäksi kordieriitti on yleinen mineraali, jonka saatavuus on hyvä ja hinta siten varsin kohtuullinen.

Kordieriitin mekaaniset ominaisuudet ovat kohtalaiset ja lämmön kestävyys hyvä, joten sitä voidaan muotoilla monin tavoin. Siitä voidaan tuottaa suuria määriä erilaisia teknisiä hyödykkeitä halvoilla pursotus- ja kuivapuristusmenetelmillä. Kordieriitista valmistetaan sähköeristeitä ja erittäin suorituskykyisiä vastus- sekä lämmityselementtejä. Sitä käytetään myös poltinpulttien, erikoisuunien ja

pakokaasukatalysaattorien kannattimien tekemiseen.

Tavallinen silikaatti

Kordieriitti on yleinen mineraali runsasalumiinisissa liuskeissa ja gneisseissä samoin kuin graniiteissa, noriiteissa ja pegmatiiteissa. Se on yleinen myös massiivisten sulfidimalmien sivukivien muuttumisvyöhykkeissä. Reipas tuhat vuotta sitten, jolloin viikingit olivat voimissaan ja seilasivat maailman meriä liike- ja ryöstötoimissaan, kaikki kordieriitti tuli Nojasta.

Nykyisin kordieriitin tuottajia ovat mm. Brasilia, Sri Lanka, Tansania, Zaire, Intia, Madagaskar, Venäjä, Yhdysvallat ja Tadzikistan. Suomessa kordieriitistaan tunnettuja alueita ovat Kiskon - Orijärven seutu, Pielaveden - Kiuruveden malmialueet, Säviä tunnetuimpana, Helsingin seutu ja Lounais-Suomi ja monet muut vähäisemmät paikat.

Visioista naisvoimaan

Kordieriitti on noituuden kivi, joka vahvistaa kaikkinaisia taikavoimia ja pitkään mukana kannettuna lisää okkultistisia voimia ja psyykkistä herkkyyttä. Kivi parantaa kuvittelukykyä ja luovuutta, lisää visiointikykyä. Siksipä jo muinaiset shamaanit kantoivat sitä varmistamaan visioidensa tarkkuuden. Se edistää keskittymiskykyä, omistautumista opinnoille ja auttaa pitämään mielessä kaiken uuden opitun ja lisää näin viisautta tai ainakin oppineisuutta. Kordieriitti lisää naisvoiman, mitä ikäänä se lieneekään, magiikan ja henkisyyden arvostusta ja auttaa siirtämään sen kaltaisia voimia omaan elämäsi. Se suojaa juopottelulta ja muilta addiktioilta sekä parantaa viinan ja muiden myrkkijien aiheuttamat ulkoiset vaikutukset ja tervehdyttää sisältä maksan.

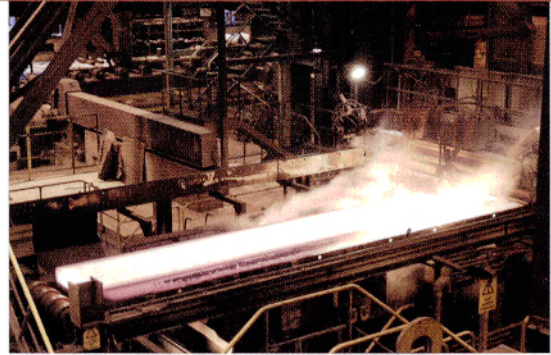
Kordieriitti on suojaava ja hoivaava kivi, joka auttaa tunnistamaan omat lahjasi ja kehittämään niitä niin, että elämäsi paranee. Kaiken lisäksi ainakin kordieriitin ljoliittimuunnos auttaa meitä ymmärtämään keitä me olemme, miksi olemme tällä planeetalla tätä nykyä, niinpä kiveä sopii käyttää erityisesti vaikeina aikoina. Lisäksi kordieriitti parantaa päänsärkyä ja kohentaa terveyttä kaikin puolin.

Löysinpä tässä verkossa harhaillessani vielä semmoisenkin oppirakennelman kuin numerologia eli lukumystiikka, joka vaikuttaa olevan uskomuskokoelma lukujen pyhydestä ja maagisesta merkityksestä. Opin piiristä taas löytyi tiedonjyvänen, jonka mukaan kordieriitti värähtelee numerolle 7. Seiska liittyy numerologiassa viisauteen, uskoon ja korkeampaan ymmärrykseen. Kyllä on maailmassa tahoja, joilla riittää rutkasti joutoaikaa ihmeoppien virittelyyn.▲



Kordieriitti, Kiuruvesi.
Kuvou Jari Vähäläinen, GTK

Metallurgijaoston koulutustapahtumia vuonna 2004



Aihoiden kuumennus

20. - 21.4.2004, Oulu

Kurssi antaa tuoretta tietoa perusmetalliteollisuuden uuniteknologiaan liittyvistä asioista. Kurssilla käsitellään teoreettisesti ja käytännön esimerkein aihoiden kuumentamista, kuumentamisen vaikutusta tuotteen laatuun ja prosessin taloudellisuutta.

Koulutus on tarkoitettu valssaamoiden henkilöstölle, laadunohjauksen esimiehille, kunnossapitohenkilöstölle, tutkimus- ja kehityshenkilöstölle sekä korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten edustajille.

Metallurgisten prosessien muuttujien korrelaatiot

16. - 17.11.2004, Oulu

Kurssilla käsitellään metallurgisten prosessien muuttujien välisen riippuvuuden löytämistä ja hyödyntämistä: hakemismenettelyt, tulosten arviointi, tunnistaminen kelpollisiksi ohjaukseen, määrittely ohjausohjelman pohjaksi ja esimerkkejä tuloksista.

Koulutus on tarkoitettu metallurgisten prosessien toiminnan syy-yhteyksien selvittämiseen ja prosessien kehittämiseen osallistuville henkilöille teollisuudesta, korkeakouluilta ja tutkimuslaitoksilta.

Lisätietoja: Kehittämispäällikkö Markus Hietala ja kehittämisassistentti Irja Kellokoski, puh. (08) 5509 700 tai s-posti: etunimi.sukunimi@pohto.fi ja www.pohto.fi

Ilmoittautumiset tilaisuuksiin: Viimeistään kaksi viikkoa ennen tilaisuuden alkua, POHTO/asiakaspalvelu puh. (08) 5509 722 tai s-posti: asiakaspalvelu@pohto.fi



POHTO Oy
Vellamontie 12, 90500 OULU
Laserkatu 6, 53850 LAPPEENRANTA

Info www.pohto.fi E-mail asiakaspalvelu@pohto.fi



Metallurgian mahdollisuudet - lisäarvoa asiakkaalle

TEKNOLOGIAOHJELMAN LOPPUSEMINAARI

Perjantaina 19.3.2004, Dipoli, Otaniemi, Espoo

OHJELMA

Seminaarin puheenjohtajana toimii johtaja Peter Sandvik, Rautaruukki Oyj

- 11.30 Ilmoittautuminen ja buffettlounas
- 12.15 **Seminaarin avaus**
Operatiivisen johtoryhmän pj. *Peter Sandvik*, Metallurgian mahdollisuudet
- 12.25 **Metallienjalostusteollisuuden tulevaisuudennäkymät Euroopassa/Suomessa**
Komission jäsen *Erkki Liikanen*, Euroopan komissio
- 12.55 **Maailma muuttuu - teknologiaohjelmat uusiutuvat**
Ylijohtaja *Martti af Heurlin*, Tekes
- 13.10 **Metallurgian mahdollisuudet – laatua ja lisäarvoa läpimenoajan puolituksella**
Ohjelmapäällikkö *Jorma Rekola*, Metallurgian mahdollisuudet
- 13.35 **Puhdas teräs – tutkimus mahdollistaa uudet tuotteet**
Professori *Lauri Holappa*, Teknillinen korkeakoulu, Metallurgian laboratorio
- 14.00 Kahvi
- 14.30 **T&K – kannattava investointi**
Teknologiajohtaja *Jussi Asteljoki*, Outokumpu Copper
- 14.55 **Asiakastarve ohjaa**
Toimitusjohtaja *Sakari Tamminen*, Rautaruukki Oyj
- 15.20 **Seminaarin päätös**
Vuorineuvos *Jyrki Juusela*, Outokumpu Oyj

Tilaisuudessa julkaistaan ohjelman loppuraportti. Seminaari on maksuton ja avoin kaikille. Ilmoittautuminen viimeistään 15.3.2004: www.tekes.fi/ohjelmat/metalli tai Leena Sorvaniemi, Metallinjalostajat, puhelin (09) 192 3380.

Arvoisat arvoisat!

Toivorikas jälkikasvumme, nyt jo omien perheidensä keskellä, suunnitteli ja rakensi omat joulunsa hyvin tarkkaan vanhempien kodista perittyjen perinteiden mukaisesti. Neljimmäinen veljeksistä jäi kyselemään itseltään miksi.

Onko kysymyksessä totuttu tapakäyttäytyminen? Vai traditio, juurtunut käsitys ja tieto, että juuri noin sen täytyy olla? Vai onko elämän kokemisen kannalta arvo sinänsä, että joulua vietetään juuri tietyllä tavalla? Mistä arvot syntyvät?

Ihminen oppii ja muuttuu kehdestä hautaan. Milloin muodostuvat perusarvot ja miten ne muokkaantuvat iän ja elämäkokemuksen karttuessa? Varmasti varsin varhain ja viimeistään aikuisiän kynnyksellä. Lähiympäristö, vanhemmat, koti, pihapiiri, koulu, opiskelu, työympäristö, avioliitto, perhe, uusperhe, lastenlapset, vanhuus, iäisyden odotus; elämänsäkokonaisuudessaan muokkaa meitä. Mutta missä tahdissa muutos tapahtuu ympäröivään maailmaan nähden?

Minkälainen arvomaailma muodostuu nuorelle, jonka vanhemmat ja lähiyhteisö toimii vastoin opetuksiaan ja omia julkipantuja ja julistettuja arvojaan? Oliko 60-luvun opiskelijaradikalismi ja Vanhan valtaus perinteisesti hyvin toimeentulevan sukupolven vesojen vanhempiensa arvomaailman ontoutteen kyllästyneen joukon nousu uusien arvojen puolesta? Entä ns. älymystön 70- ja 80-luvuilla harjoittama itään kallistunut "hyödyllinen typerys"? Jokainen voinee kuvitella sitä arvotyhjiötä, joka muodostui ääriavasemmistolaisesta asennoituneeseen ja kommunistiin sokeasti uskoneeseen kansankerrokseen utopian loppullisesti romahdettua toistakymmentä vuotta sitten. Mitä onkaan vastaavasti tapahtumassa tällä hetkellä?

Valmistuvien insinöörien työttömyysaste lähentelee kymmentä prosenttia. Tämä on runsaat kymmenen vuotta sitten tarkistettun koulutuspolitiikan tulosta. Hinnan maksavat ne nuoret, joiden pitäisi tulevina vuosina jaksaa maksaa muun muassa päättävän polven eläkkeet. Vain muutaman kuukauden työttömyys saattaa kokemusten mukaan suistaa työuran sivuraiteelle niin, ettei kovan kohtalon kokenut koskaan saavuta samaan aikaan valmistuneiden, mutta heti työtä löytäneiden ansiotasoa. Minkälaisen arvojen romahduksen kokee kortistoon valmistuva nuori?

Minkälainen arvomaailman mullistus syntyy työntekijälle, jonka työnantaja kasvua ja huolenpitoa julistettuaan irtisanoo "liiat" työntekijänsä tai siirtää koko tuotantonsa halvan työvoiman maihin?

Mihin arvoihin ihminen tämän jälkeen uskoo tulevissa työsuhteissaan, mikäli työtä on tarjolla. Eikä ongelma ole yksin työntekijöiden: Mitä ajattelee tuolloin yritysjohtaja, joka rehellisesti ja vilpittömästi aikoinaan ripusti firmansa pääoven yläpuolelle suuren taulun: Henkilöstö on tärkein voimavaramme!

Viime vuosikymmenellä oli yrityksissä muotia sankoin joukoin pohtia yrityksen arvoja. Nämä yhteisesti mietityt ja hyväksytyt opinkappaleet saatettiin sitten painettuun muotoon ja jaettiin kaikille työntekijöille. Tänään voi kysyä, missä nämä kirjaset ovat ja avasiko niitä kukaan koskaan? Tai edes silloin, kun YT-neuvotteluja ryhdyttiin käymään?

Muuttuvatko arvot kun yhteiskunta muuttuu? Varmasti, vastaisivat sosiologit. Mutta saattaisi perustellusti väittää, että muutos tapahtuu lähinnä sukupolven muutoksen tahtiin yksilön itsensä omaksumana. Vai väittääkö joku, että 17-vuotiaan arvot ovat samat kuin 77-vuotiaan? Ihmisen kokemus itsestään ja arvoistaan on hänen olemassaolonsa ja tulevaisuudenuskonsa peruspilareita. Uuden sukupolven uudistuvien arvojen hyväksymisen ei sinänsä tarvitse muuttaa henkilön omaa minuutta tai murentaa hänen omia arvostuksiaan.

Mutta muuttuuko yhteiskunta nopeammin kuin sen yksilöiden arvoasetelma antaa periksi? Ja jos, niin tulee kysyä, eikö yhteiskunnan arvorakennelman kuitenkin pitäisi olla juuri yksilöidensä arvojen summa? Vai onko niin, että yhteiskunnan nähtävissä ja koettavissa olevat arvot määräytyvät kaikkein voimakkaimpien yksilöiden arvojen, tahdon ja sanelun perusteella? Eikä suinkaan kaikkien yhteisön jäsenten moniarvoisena ajattelun summana.

Minkälaisen trauman aiheuttavat yksilölle hänen yhteiskunnan rationaaliseen kehittämiseen ja yhteiseen hyvään pyrkivien tavoitteidensa ja niistä kumpuavien arvojen osoittautuminen vääriksi ja kuolleiksi uusien arvojen murskatessa perinteisiin arvoihinsa sitoutuneen yksilön? Onko poliittisesti oikealla olevien puolueiden

kannatuksen romahtaminen seurausta niiden aikaisempien äänestäjien kokemasta arvotyhjiöstä uuden talouden paineesta? Onko tytäryhtiötaloudella ja kasvottomalla omistajuudella muita arvoja kuin raha? Kuusikymmentäluvulla jotkut lauloivat kahdestakymmenestä perheestä. Niillä ainakin oli kasvat.

Voiko yhteiskunnan voimakkaimpien yksilöiden nykyisin määrittelemä ja sanolema arvomaailma ikuisesti hallita maailmaa, tai edes teollistunutta osaa siitä? Veljeksistä neljimmäinen epäilee..▲

Neljimmäinen Veljeksistä -kolumnisarja on päätynyt. Materia-lehti tekee jatkossa tällä sivulla tilaa lukijoiden kolumnityyppisille mielipidekirjoituksille teollisuudenalamme ja yhteiskuntaa käsittelevistä aiheista. Kirjoittaa voi joko omalla nimellään tai nimimerkin suojassa. Kirjoittajan tulee kuitenkin joka tapauksessa saattaa nimensä ja yhteystietonsa päätoimittajan tietoon. Kirjoitukset tulee toimittaa sähköpostitse päätoimittajalle. Kirjoituksen optimipituus on 600 sanaa. Lehti pidättää oikeuden tarpeen mukaan lyhentää kirjoitusta tai olla sitä julkaisematta.▲



19

**WORLD MINING CONGRESS
CONGRES MINIER MONDIAL
ВСЕМИРНЫЙ ГОРНЫЙ КОНГРЕСС
CONGRESO MUNDIAL DE MINERIA
WELTBERGBAU KONGRESS**

1-5 NOVEMBER' 2003 NEW DELHI, INDIA

Prof. Raimo Matikainen

Kongressin motto oli Mining in the 21st Century- Quo Vadis?, joka on kovin vaativa mutta niin ajankohtainen meille kaikille myös Suomessa ja Euroopassa, jossa metallikaivostoiminnan määrä on jatkuvasti laskenut eikä uutta aktiiviteettia jalometallisektoria lukuunottamatta tunnu löytyvän. Teollisuusmineraalituotannossa on kehitys ollut parempi, sillä Euroopan suhteellinen osuus on edelleen korkea.

Tätä ajankohtaista teemaa oli kongressissa lähestytty 12 valmistellun keynote puheenvuoron johdatuksella. Niissä käsiteltiin kehitystrendejä malminetsinnästä kaivostoimintaan, kaivannaistuotteiden ja tuotantolaitosten erityispiirteitä, tuotantotekniikkaa sekä erityisesti ympäristökysymyksiä ja kestävän kehityksen edellyttämiä ratkaisuja. Esitelmää ja valmisteltuja puheenvuoroja kokonaisuudessaan oli n. 130 kpl, joista Suomesta oli kolme: allekirjoittaneen keynote-esitys EU:n malminetsinnän kehitystrendeistä, Tuula Puhakan esitelmä kaivosautomaatiosta ja Jukka Pukkilan esitelmä kaivosturvallisuudesta.

Perinteisesti hiili ja hiilen tuotanto saivat hallitsevan roolin esityksissä. Hiili energiaraaka-aineena on edelleen selvästi halvempi, edellä öljyä ja kaasua. Muissa kaivannaistuotteissa tuotanto on edelleen keskittynyt tyhää harvempien maailmanlaajuista toimintaa harjoittavien yhtiöiden haltuun. Avolouhinnan osuus kasvaa ja samalla maanalaisen tuotannon määrä laskee hitaasti mutta selvällä trendillä. Kaivoksien koko on myös kasvanut ja samalla myös kaivuskoneiden koko ja automaatioaste. Positiivinen kehitys kaivostoiminnan turvallisuudessa on selvä erityisesti metalli- ja teollisuusmineraalikaivoksilla. Kuten tiedotusvälineistä olemme nähneet maanalaisissa hiilikaivoksissa on edelleen vaikeuksia, mutta mitä korkeampi automaatioaste sitä parempi on kehitys.

Kestävä kehitys on nostettu johta-

vaksi teemaksi kaivosteollisuudessa, eikä sitä aseteta missään enää kyseenalaiseksi. Kongressin aikana paikalliset ympäristöaktiivit järjestivät rauhallisen mielenosoituksen kaivostoimintaa vastaan, mistä isännät olivat luonnollisesti vaivautuneita ja turvallisuusvartiointia lisättiin selvästi.

Kongressiin olennaisena osana kuuluva kaivostenäyttely oli valitettavan kaukana itse kongressihotellista, mutta kuljetus oli hyvin hoidettu.

Intialaisille isännille kongressi oli tavattoman tärkeä keino koota valtion korkein johto presidentistä alkaen pohtimaan kaivostoiminnan kehittämistä. Kaivoksia Intiassa on yli 3100 kpl, joista tosin osa on pieniä paikallisia kaivoksia, mutta yhteinen tuotanto on valtava jo pelkästään hiilen osalta n. 400 milj tonnia vuodessa. Valtion johto näkee kaivostoiminnan ja raaka-ainehuollon merkityksen kansantulon kasvuperustana. Kaivostoiminta on ollut toistaiseksi voimakkaasti kansallista, mutta nyt tiedotettiin selkeästi, että ulkomainen pääoma ja yhtiöt ovat tervetulleita. On selvästi havaittavissa, että Intia haluaa kehittää kaivossektoria nopeasti. Suuri naapuri Kiina

toimii hyvänä esimerkkinä.

Isännät olivat onnistuneet järjestelyissään erinomaisesti, ja kaikkien esitelmien ja yhteisten tilaisuuksien keskittäminen yhteen paikkaan piti kokouksen ja vieraat koossa tässä suurkaupungissa.

Kongressin tulevaisuudesta keskusteltiin erityisesti organisaatiokomiteassa, jonka uutena suomalaisena jäsenenä Tuula Puhakka oli mukana ensimmäistä kertaa. Perinteisesti lähes täysin miespuolinen jäsenistö toivotti hänet lämpimästi tervetulleeksi. Organisaatiokomitea päätti antaa seuraavan kongressin järjestelyvastuun Iranille. Kongressipaikka on Teheran ja aika 7.-11.11.2005.

Halukkaita kongressin isäntiä on viime vuosina ollut kovin rajoitetusti, mikä on sotkenut perinteistä 4 vuoden jaksoitusta. Puola on rahoittanut tähän asti kongressin sihteeristön ja puheenjohtajan, mutta näyttää siltä että tämä ei voi jatkua enää. Organisaatiokomitea pohtii asiaa parhaillaan, ja asiaan palataan lähiaikoina. Kaivostoiminnan painopiste on siirtynyt organisaation perustamisajoista Euroopan ulkopuolelle. ▴

Muotokuvan paljastus



Tiistaina 25.11.2003 paljastettiin GTK:ssa ylijohdaja Raimo Matikaisen, (oik.) muotokuva. Muotokuvan on maalannut taiteilija Alexandre Bakharov (vas). Airucina olivat Varpu Hickkaranta ja Antti Ojala. Muotokuva poikkeaa tavanomaisesta siinä, että se on maalattu ylijohdaja Matikaisen normaalissa työympäristössä eikä studiossa. Ylijohdaja Matikainen jäi eläkkeellä 31.12. Teksti: Ella Karhu, kuva Jari Väätäinen, GTK.

Outokummulle uusi ilme

Outokumpu yhdistää koko konsernin toiminnan saman brändin alle. Kaikki konsernin liiketoiminnot nimetään yhteisesti uuden brändin mukaan. Näin ollen AvestaPolaritin uusi nimi on Outokumpu Stainless. Täten se vastaa Outokumpu Copperia ja Outokumpu

Technologya. Outokumpu käyttää yhteistä brändiä kaikilla markkinoilla. Konserni on myös ottanut käyttöön uuden logon. Konsernin uudistetut internetisivut löytyvät osoitteesta www.outokumpu.com.

OUTO KUMPU

Uusi Boliden aloitti toimintansa

Boliden ja Outokumpu ovat saattaneet päätökseen kaupan, jossa Boliden osti Outokummun sinkin ja kuparin kaivos- ja sulattotoiminnot ja myi kuparituotteiden valmistuksensa ja teknologian myyntinsä Outokummulle. Uuden Boliden AB:n hallituksen puheenjohtajana toimii Risto Virrankoski. Hallituksen muut jäsenet ovat Carl Bennet, Marie

Berglund, Satu Huber, Jan Johansson Tapani Järvinen, Anders Sundström ja Christoffer Taxell. Näiden lisäksi hallituksessa on kolme ammattiyhdistysten nimeämää henkilöstön edustajaa. Yhtiön toimitusjohtaja on Jan Johansson.

www.outokumpu.com



Rautaruukin johto

Rautaruukki Oyj:n hallitus on vahvistanut konsernin johtoryhmää ja divisioonien ohjausryhmiä koskevat nimitykset.

Konsernin johtoryhmän jäsenet ovat: konsernin toimitusjohtaja Sakari Tamminen (pj), Metallituotteet-divisioonan johtaja Matti Arteva, Metalliteollisuuden Ratkaisut -divisioonan johtaja Olavi Huhtala, Konepajateollisuuden Ratkaisut -divisioonan johtaja Markku Koljonen, Rakentamisen Ratkaisut -divisioonan johtaja Lauri Rautala, Tuotantodivisioonan johtaja Heikki Rusila (toimitusjohtajan sijainen) ja konsernin talousjohtaja Mikko Hietanen.

Laajennettuun johtoryhmään kuuluvat johtoryhmän jäsenten lisäksi rahotus- ja hallintojohtaja Seppo Sahlman, tutkimus- ja kehitysjohtaja Peter Sandvik, Skandinavian aluejohtaja Jarmo Tonteri, tietohallintojohtaja Ismo Platan ja henkilöstön kehitysjohtaja Salla Sundström sekä yrityskuvasta sekä markkinointi- ja sijoittajaviestinnästä vastaava johtaja Taina Kyllönen.

Divisioonien ohjausryhmien kokoonpanot ovat:

Metallituotteet-divisioona: Sakari Tamminen (pj), Mikko Hietanen, Heikki Rusila, Lauri Rautala, Markku Koljonen, Peter Sandvik

Martti Arteva, divisioonan johtaja
Rakentamisen ratkaisut -divisioona: Sakari Tamminen (pj), Mikko Hietanen, Matti Arteva, Olavi Huhtala, Peter Sandvik

Lauri Rautala, divisioonan johtaja
Konepajateollisuuden ratkaisut -divisioona: Sakari Tamminen (pj), Mikko Hietanen, Olavi Huhtala, Peter Sandvik, Jarmo Tonteri

Markku Koljonen, divisioonan johtaja

Metalliteollisuuden ratkaisut -divisioona: Sakari Tamminen (pj), Mikko Hietanen, Markku Koljonen, Peter Sandvik, Heikki Rusila

Olavi Huhtala, divisioonan johtaja
Tuotantodivisioona: Sakari Tamminen (pj), Mikko Hietanen, Matti Arteva, Seppo Sahlman, Peter Sandvik, Jarmo Tonteri

Heikki Rusila, divisioonan johtaja.

www.rautaruukki.com

Larox osti Outokummun suodatinliiketoiminnan

Outokumpu Technologyn suodatinliiketoiminnan myynti Laroxille on saatettu päätökseen. Kaupan kokonaishinnaksi tuli 31 miljoonaa euroa. Liiketoiminnan vuotuinen liikevaihto on noin 40 miljoonaa euroa. Kaupan myötä Laroxin liikevaihdon arvioidaan nousevan yli 100 miljoonaan euroon vuonna 2004.

www.outokumpu.com



Metsolta arinauuni Kiinaan

Metso Minerals toimittaa arinauunin kiinalaiselle Wuhan Iron and Steel Corporationille. Arinauuni toimitetaan WISCO:n uuteen rautamalmin pelletointilaitokseen, josta tulee Kiinan suurin. Pelletointilaitos aloittaa toimintansa vuonna 2005. Toimitukseen osallistuvat Metso Mineralsin yksiköt Danvillessä, Yhdysvalloissa ja Salassa, Ruotsissa.

www.metso.com



Kurkilahti aloitti Kemirassa

Kemira Oyj:n hallituksen päätöksen mukaan Lasse Kurkilahden nimitys Kemiran pääjohtajaksi astui voimaan 1.2.2004.

Lasse Kurkilahti seuraa tehtävässään Tauno Pihlavaa. Kurkilahti siirtyi Kemiraan Elcotec Network Oyj:n toimitusjohtajan tehtävistä.

www.kemira.com

Tämä on uusi vakiopalsta, jossa on tarkoitus kertoa alan yliopistojen ja korkeakoulujen kuulumiset. Ne voivat liittyä nimityksiin, tutkimusasioihin, suurempiin hankintoihin, väitöksiin jne. Tarkoitus on, että palstasta tulisi suhteellisen vapaamuotoinen tiedotuskanava yliopistomaailman kuulumisista alan teollisuudessa toimiville, ja miksei myös yliopistojen välille. Palsta tullaan jatkossa kokoamaan eri yliopistoista ja korkeakouluista nimettyjen yhteyshenkilöiden avulla, jolloin kaikilla osapuolilla olisi suunnilleen samanlaiset mahdollisuudet tulla esiin. Tämän palstan avaa TKK:n Materiaali- ja kalliotekniikan osasto.

Professorinimityksiä TKK:n Materiaali- ja kalliotekniikan osastolla



Dosentti, FT **Kirsti Loukola-Ruskeeniemi** (s. 1957) nimitettiin teknillisen geologian professorin virkaan 1.4.2003 alkaen viiden vuoden määräajaksi.

Loukola-Ruskeeniemi on valmistunut filosofian kandidaatiksi 1985 ja filosofian tohtoriksi 1992. Loukola-Ruskeeniemi on toiminut Geologian tutkimuskeskuksessa vuodesta 1985 alkaen geologina, erikoistutkijana ja projektipäällikkönä. Helsingin yliopiston geokemian dosentiksi hänet nimitettiin vuonna 1998.



TkT, tutkimusprofessori **Simo-Pekka Hannula** nimitettiin materiaalitieteen professorin virkaan 1.1.2004 alkaen pysyvästi.

Simo-Pekka Hannula (s. 1952) on suorittanut diplomi-insinöörin tutkinnon v. 1977, tekniikan lisensiaatin tutkinnon v. 1982 ja tekniikan tohtorin tutkinnon v. 1988 Teknillisessä korkeakoulussa. Simo-Pekka Hannula on toiminut TKK:ssa tutkijana 1978-81, Cornellin yliopistossa tutkijana 1982-85 (Post Doctoral Associate 1982-84 ja Research Associate III 1984-85), VTT:n erikoistutkijana 1985-90, professorina ja tutkimusprofessorina vuodesta 1990.



Professori Veikko Lindroosin muotokuva ripustettiin TKK:n Materiaali- ja kalliotekniikan osaston kirjaston seinälle perjantaina 23.1.2004. Muotokuvan on maalannut taiteilija Eila-Maija Velstinen, ja sen ovat korkeakoululle lahjoittaneet professori Lindroosin oppilaat ja yhteistyöyritykset. Rehtori Matti Pursula vastaanotti lahjoituksen TKK:n kokouksessa Veikko Lindroos -seminaarissa 7.10.2003. Kuvassa tekniikan ylioppilaat Antti Ihalahti ja Sakari Siipilehto sijoittavat taulun paikalleen professori Lindroosin valtuutuksessa.

Väitöksiä TKK:n materiaali- ja kalliotekniikan osastolla

DI Xuwen Liu väitteli 31.10.2003 klo 12 materiaali- ja kalliotekniikan osastolla, sali V1, aiheesta: "A Study on the Erosion and Erosion-Oxidation of Metal Matrix Composites". Virallisina vastaväittäjinä toimivat TkT Jari Liimatainen, Metso Powdermet Oy ja PhD Alexei Sozinov, Institute of Metal Physics, Kiova. Valvojana oli professori Veikko Lindroos.

TkL Kalevi Raipala väitteli 14.11.2003

klo 12 materiaali- ja kalliotekniikan osastolla, sali V1, aiheesta: "On Hearth Phenomena and Hot Metal Carbon Content in Blast Furnace". Virallisina vastaväittäjinä toimivat professori Henrik Saxen, Åbo Akademi ja adj.prof. Jan-Olov Wikström, Luleå Tekniska Universitet. Valvojana oli professori Lauri Holappa.

M.Sc. Nóra Schreithofer väitteli 28.11.2003 klo 12 materiaali- ja kalliotekniikan osastolla, sali V1, aiheesta: "Investigation of Particle-Bubble Interactions with a New Experimental Setup". Virallisina vastaväittäjinä toimivat professor emeritus Per Stenius, HUT Forest Products Chemistry Laboratory ja professor Dr. Hans-Jürgen Butt, Max Planck Institute for Polymer Research, Mainz. Valvojana oli professori Kari Heiskanen.▲



Vuorimies- päivät 2004

Vuorimiesyhdistyksen 61. vuosikokous ja Vuorimiespäivät pidetään 26.3. - 27.3. 2004. Kuviot ovat juhluvuoden jälkeen kevyemmät, mutta tuttua linjaa noudatellaan. Illallistanssiaiset ovat muistorikkaassa DIPOLISSA, vuosikokous Marina Congress Centerissä Katajanokalla. Se Parempi Lounas nautitaan lauantaina Maestrossa, jonka sisäasu on muuttunut, mutta tunnelmanhan sinne tuovat kaikki mukanaan.

Seuralaisten ohjelmassa on ennen lounasta vastikään avattu *Mineraalikäbinetti*, Snellmaninkatu 3. Samassa yhteydessä on *Yliopistomuseo* kera kanslerien muotokuvien, vanhimmat heistä olivat samalla Venäjän keisareita, o.t.o. Asiantuntevana oppaana on professori *Martti Lehtinen*.

Vuorimiespäivien teemana on SUOMEN VUORITEOLLISUUDEN KILPAILUKYKY. Puhujiksi on lupautunut kaksi kotimaista huippunimeä ja yksi ulkomainen juhlapuhuja. Hallitus odottaa jälleen runsasta osanottoa, DIPOLIinkin mahtuu yli 500 juhlijaa. Kutsukirjeet lähtevät jäsenille helmikuussa, ilmoittautumiset ja pöytävaraukset sen jälkeen sähköpostitse tai postitse.▲

Antero Hakapää
VMY:n pääsihteeri



Näillä sivuilla
julkaistaan
Vuorimies-
yhdistyksen
jäsenille
tarkoitettua
informaatiota
sekä kerrotaan
yhdistyksen
jaostojen
sekä Vuori-
naisten
tapahtumista.

Nuoren jäsenen stipendi

Vuorimiesyhdistyksen hallitus on perinteen mukaisesti päättänyt julistaa haettavaksi yhden (1), määrältään 1000 euron suuruisen nuoren jäsenen stipendin.

Vapaamuotoiset hakemukset tulee toimittaa yhdistyksen pääsihteerille viimeistään perjantaina helmikuun 27. päivä.

Yhdistyksen huomionsoituskäytännön mukaisesti stipendi jaetaan hakemuksesta Vuorimiesyhdistyksen hallituksen päätöksellä opinnoissaan menestyneelle ja aitoa vuorimieshenkeä osoittaneelle yhdistyksen nuorelle jäsenelle. Nuoren jäsenen stipendi, joka jaetaan yhdistyksen vuosikokouksessa, julistetaan haettavaksi yhdistyksen kotisivulla ja *Materia*-lehdessä. Haku tapahtuu vapaamuotoisella, hakijan etevyyttä kuvaavalla esseellä.▲

Antero Hakapää, antero.hakapaa@vuorimiesyhdistys.fi

Kaivosjaoston syysretken kuva- ja esitysmateriaali jaoston kotisivuilla



www.vuorimies-yhdistys.fi/kaivos

Kaivosjaoston 4.-5.9.2003 Helsinkiin suuntautunut syysretki keräsi 47 jäsentä koulutustilaisuuteen sekä tutustumiskäynneille Salmisaaren hiilivaraston ja Kampin keskuksen louhintatyömaille. Ydinryhmä kävi lisäksi tutustumassa ja virkistäytymässä Itäkeskuksen maanalaisessa uimahallissa.



Metallurgijaosto esittäytyi Lappeenrannan teekkareille

Säveltäjä Toivo Kuulan majapainkassa ei liikoja lauleltu

Metallurgijaoston iskuryhmä suoritti tehokkaan täsmätiedotusoperaation lappeenrantalaisten tekniikan ylioppilaiden joukkoon lokakuun 15. päivän iltapuolella. Iskuryhmä valmisteli huolellisesti esittäytymisensä Lappeenrannan teknillisen yliopiston läheisyydessä sijainneessa Skinnarilan Hovissa hyvissä ajoin etukäteen, ja operaatioon lähdettiin mukavan kattavalla joukolla perusmetallirytyksiä. Jaoston sihteeri ja puheenjohtaja, Koskelaisen Riikka ja Ylösen Heikki Rautaruukista Raahesta, Peuraniemen Esa Outokummusta Espoosta ja Leinon Kalervo VTT:n Lappeenrannan

yksiköstä olivat lähteneet operaatioon mukaan yhdessä Etelä-Karjalan maakunnan oman metallirytyksen Imatra Steelin Ruottisen Lotan, Asikaisen Jarin ja Fredrikssonin Jarkon kera.

Skinnarilan hovi on kaunis satavuotias puuhuvila, jonka rakennutti pietarilainen hopeaseppä Pekka Silventoinen maatilansa päärakennukseksi Saimaan rannalle. Silventoisten viisipäisen lapsikatraan tyttäret ansioituivat musiikin saralla opiskellen ja esittäen taitojaan ympäri Eurooppaa. Vanhin tytär Alma löysi rinnalleen säveltäjämestari Toivo Kuulan, joka sävelsi useita teoksiaan Skinnarilassa. Viime vuosisadan alkukymmeninä huvilan vieraskirjaan kertyi erittäin kattava otos silloisista

maamme kulttuurielämän vaikuttajista musiikin lisäksi kirjallisuuden ja kuvataiteiden saralla. Nyt yliopisto käyttää huvilaa kokous- ja juhlatilaisuuksiin.

Yliopiston koneosaston Reetta Kinisjärvi ja Pekka Rajamäki olivat onnistuneet houkuttelemaan paikalle peräti 55 teekkaria. Tämän ja Koneosaston johtajan, professori Martikaisen avaussanojen innoittamina Metallurgijaoston iskuryhmä esitteli työnantajirytyksiään tavalla, jota teekkarit seurasivat herpaantumatta. Kukin kertoi vielä oman tarinansa siitä, kuinka oli alalleen päätynyt, millaisia työtehtävät ovat ja millaisina näkee omat kehittyemisensä mahdollisuudet. Tätä ovat nykyopiskelijat useissa yhteyksissä erityisesti toivoneetkin. Mielenkiintoi-

seksi koettiin myös tiedot Vuorimiesyhdistyksestä ja sen toiminnasta.

Vapamuotoisemmissa merkeissä tiedottaminen jatkui huvilan rantasaunalla. Lähinnä kolmatta ja sitä vanhempaa vuosikurssia edustanutta teekkarijoukkoa saunan lauteilla haastatellessa sai kuulla, että yksikään lähialueen yritys ei ollut heidän opiskeluaikanaan tällaista infopakkausta järjestänyt. Muutenkaan lähialueen liike-elämä ei ole tuonut itseään esille opiskelijoille. Iskuryhmä oli siis ajoittanut täsmäiskunsa mitä loistavimpaan ajankohtaan ja lähes neitseelliseen maaperään. Kasvavasta insinöörisukupolvesta jäi lämmin ja kohtelias mielikuva. Mutta onko nykyopiskelu mennyt jo kovin vakavaksi, kun Etelä-Karjalan teekkarit eivät esittäneet ensimmäistäkään laulua? Kielenkantimia ryhmämme toki yritti parhaansa mukaan kirvoittaa. ▀

Jarkko Fredriksson



Skinnarilan hovi



Metallurgijaosto järjestää infotilaisuuden teekareille vuosittain. Tilaisuuksien tarkoituksena on tehdä tunnetuksi Vuorimiesyhdistystä, Metallurgijaostoa sekä jaoston alaan kuuluvia yrityksiä ja niiden nuorten insinöörien työnkuvia. Jaosto on kierroksellaan käynyt informoimassa Oulussa, Tampereella ja Lappeenrannassa. Seuraavaksi vuorossa ovat Otaniemen teekkarit ensi syksynä.

Rikastus- ja prosessijaoston kuulumisia

Talvi on jo pitkällä ja uusitun lehden ulkoasu näkyvillä heti kannesta alkaen. Rikastus- ja prosessijaosto uudistuu sekin, viimeistään tulevalla Vuorimiespäivillä, jolloin osa vanhoista kehäraa-keista saa väistyä ja uusia voimia tulee tilalle. Toimintaperiaatteet ovat kuitenkin suunnilleen samanlaiset kuin aikaisemminkin, ja näistä jäsenistön suuntaan näkyvimpinä jaoston vuosikokous Vuorimiespäivien yhteydessä, sekä syyssekskursio ja koulutusseminaarit.

Ekskursio on pystytty järjestämään aina vuosittain, mutta toinen tapahtuma, koulutusseminaari on toteutunut hieman vaihtelevammalla aikataululla.

Viime vuoden ekskursio, Lapin Kullan Kimallus, Kemi-Tornio-Rovaniemi, oli jälleen erittäin onnistunut. Tästä olette jo saaneet lukea edellisestä lehdestä, ja lisää aineistoa, lähinnä kuvien muodossa löytyy osoitteesta

[http://](http://www.vuorimiesyhdistys.fi/rikastus/)

www.vuorimiesyhdistys.fi/rikastus/.

Viime vuonna toteutuneista aktiviteeteista mainittakoon vielä 19.-20.11.03 toteutettu kaksipäiväinen seminaari, jossa aiheena oli rikastamoautomaatio. Seminaari oli osa AUTOMIN-projektikonaisuutta. Seminaarissa tarkasteltiin lähinnä rikastamoiden automaati-

oiden tilannetta *state of the art*, ja luotiin katsaus uusiin mahdollisuuksiin. Seminaarin luennoitsijat olivat alan eturivin ammattilaisia, ja esitykset hyvin valmisteltuja, joten seminaarin anti oli näiltä osin kunnossa. Seminaarin ensimmäisen päivän päätteeksi järjestettiin vielä paneelikeskustelu, ja toinen päivä päättyi Workshop:iin, joten myös runsaslukuinen osallistujajoukko sai mielipiteensä vaivattomasti kuuluviin. Seminaaria voi kuvien kautta tutkailla myös nettiosoitteen (<http://kepo.hut.fi/>) kautta alaotsikosta, news.

Seminaarille on suunniteltu jo alustavasti "jatkoa" syksyn 2004 aikana, joten tarkkailkaa postianne myös näissä merkeissä. Osallistuminen kannattaa aina.

Alan päätapahtuma Suomessa viime vuonna oli kansainvälinen Flotation 03-konferenssi, joka pidettiin Helsingissä. Tästä tosin Rikastus- ja prosessijaosto ei voi ottaa mitään kunniaa itselleen mutta pääasia oli kuitenkin se, että myös omien rajojen sisäpuolella tapahtuu näissäkin merkeissä.

Nyt kun vuodenvaihte on taas kerran kaukana takanapäin, hyvät uudenvuodenlupaukset suunnilleen unohdettu ja katseet suunnattu jo osittain hiihtolomienkin kautta kevääseen, niin moti-

voikaa itsenne vaikka sillä, että Vuorimiespäiviin ei ole enää kovin pitkä aika. Tavataan siis siellä!

Rikastus- ja prosessijaoston johtokunta toivottaa kaikille jäsenilleen erittäin hyvää jo alkanutta vuotta 2004 ja hankkikaa vaikka mönkijä, että jaksatte loppupalven tuiskussa ja tuulessa eteenpäin!

Parhain Vuorimiesterveisin, H&H

Heikki Pekkarinen &
Harri Lehto

PS.

Ja kaiken hyvän lisäksi, voimme todeta suunnilleen erään tällä hetkellä erittäin tunnetun laulun sanoin "me ollaan vanhoja, me ollaan menneisyys", vaikka haluaisimme kuitenkin ilmaista toimintaamme enemmänkin kappaleen alkuperäisin sanoin, "me ollaan nuoriso, me ollaan tulevaisuus". Varsinkin nuoria ja tottakai vanhempiakin jäseniä tarvitaan siis lisää. Tutkailkaa ympäristöänne ja ampukaa tältä osin heti, jos siihen on vähänkin aiheutta. Panoksia ja muita ampumatarvikkeita saa ainakin jaoston puheenjohtajalta ja sihteeriltä. ▀

PALVELUHAKEMISTO

Weir Minerals
First Choice
for process efficiency

- Slurry-pumput
- Syklonit
- Slurry-venttiilit
- Myllynvuoraukset



Weir Warman Oy
Akkasentinkatu 17 B, 01100 Vantaa
Puh. +358 (0)3 877 350
Fax: +358 (0)3 877 3511
sales@weirwarman.com
http://www.weirwarman.com

Excellent
Engineering
Solutions

WEHR
MINERALS

ASH PUMPS EagleStar WEHR DAYLIK We-Crete MINERALS

Minde Gas } **AGA**

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

SARLIN
Furnaces




Kehittää, valmistaa ja markkinoi teollisuusuuneja ja lämpökäsittelylinjoja 'avaimet käteen' -periaatteella.
SARLIN OY AB • SARLIN FURNACES
Karhutie 1, 01900 Nurmijärvi • Puh. (09) 878 9280 • Fax (09) 8789 2811

TAMFELT

Tamfelt Oyj Abp
Suodatinkankaat
PL 427, 33101 TAMPERE
Puh. (03) 363 9111
Telefax (03) 363 9639
E-mail: filter.fabrics@tamfelt.fi
Internet: www.tamfelt.fi

SERTIFIOITU YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄ



SFS

Lietepumput
Suodattimet
Muut rikastuskoneet

 **metso**
minerals

Metso Minerals Finland Oy Ab
Kärkkijärvi 2, 01740 Vantaa
Puh. (09) 221 950, fax (09) 2219 5292

x.met **metorex**
Success through accuracy



**Luotettavat kannettavat
laitteet malmien ja
metallien analysointiin**

Metorex International Oy
Nihtisillankuja 5, 02631 ESPOO
Puh.: 09 3294 1, Fax: 09 3294 1300
E-mail: info@metorex.com
www.metorex.com

RHI

Tulenkestävät tiilet
Vingenkatu 16 A
67100 Kokkola
Puh. 06-834 9600
Fax 06-834 9601

YIT **Osaava kallionrakentaja** www.yit.fi

YIT RAKENNUS OY
Kalliorakentaminen
PL 36 (Panuntie 11), 00621 HELSINKI
Puhelin 020 433 111, Faksi 020 433 3747

Palvelemme ja suoritamme geolan tutkimusta kentällä ja ajanmukaisissa laboratorioissamme.

Geologian tutkimuskeskus

Betonimiehenkuja 4 Puh. 020 550 11
02150 ESPOO Fax. 020 550 12



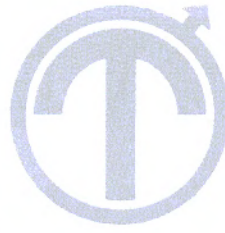
GTK

normet
Your partner for tough jobs

- nostaa
- ruiskuttaa
- kuljetttaa



normet
Normet Oy
Ahmolantie 6, 74510 Peltosalmi
Puh. 017-83 241 fax 017-823 606
info@normet.fi www.normet.fi



Kysyn vaan!

Siis ovat tunnetusti Suomen kolme turhinta kaupunkia
1) Kouvola, 2) Riihimäki ja 3) Kouvola. Entäs mitkä ovat
kolme turhinta kiinalaista keksintöä? No ne on 1) Ilotuli-
tus, 2) Ilotulitus ja 3) Mao Tse Tung

Siis ehdottaa tämä ylipormestaaja Eva-Riitta Siitonen tammikuusen HeSan mukaan jotta vanhuksat hoidotyövoiman säästämiseksi jatkossa hoitaisivat toinen toisiaan. Hyvin ketterä ehdotus. Miksei saman tien pistetä tenavat päiväkodeissa keittämään vellit ja vaihtamaan vaipat, koululaiset opettamaan toisiaan. SA intistä kapiaiset pihalle, teattereissa yleisö näyttelemään toinen toisilleen, sairaaloissa sairaat kirjoittelemaan reseptejä ja Kakolassa vangit vaihtamaan toisiaan. Ja syntyisi säästöjä ennennäkemättömästi. Siis tulee seniorikansalaisille, jotka jo kertaalleen ovat huollettavansa huoltaneet ja veroina vanhuutensa huolenpidon maksaneet turvata ansaittu ja ihmisarvoinen vapaa-aika silloin kun siihen lopulta on mahdollisuus.

Siis sen sijaan että nämä iänikuiset saneeraajat maltimakkoset päissään voivottelevat että heillä on yhdeksänsataa ihmistä liikaa, pitäisi niiden pähkäillä, mitä nämä 900 koulutettua, osaavaa ja innokasta ihmistä voisivat tehdä sen lisäksi mitä firman nykyinen strategia edellyttää ja siten aikaansaada lisäarvoa. Sen sijaan esittelevät kaiken maailman kaikkietävät analyttikot ja "pankkiirit", 25v, vakavalla naamalla, mikä businessstä edistää, eli että mitä enemmän väkeä pannaan pihalle, sen onnellisempaa osakkeenomistajille. Ja osakekurssit ei kun nousee. Siis miksei panna saman tien pihalle koko sakkia ja lopeteta koko firmaa? Kylläpä omistajia sitten vasta naurattaa. Ja levittävät moista sanomaa tyyppit, jotka elämässään eivät ole nähneet yhtään tehdasta,

yhtään duunaria, yhtään käsin tehtyä tuotetta, yhtään myyntimiestä eikä yhtään asiakasta, vain pelkkiä talousteorian oppikirjoja, joita kirjoittavat toiset samanlaiset ääliöt. Sanommepa vielä kerran: Ensin tulee tyytyväinen henkilöstö, mistä seuraa kunnan tuote. Siitä puolestaan seurauksena on tyytyväinen asiakas ja vasta *sen jälkeen* alkaa omistajan rahapussiin tippua jotain. Eikä pätäkääkään ennen. Siis sotkee joku nyt munat ja kanat.

Siis toistaa historia itseään ja ollaan taas siinä missä n. 60 v sitten: Yksi suomalainen vastaa kymmentä itänaapuria. Ja toteutuu kyseinen väittämä tällä kertaa työvoimakustanusvertailussa ko. porukoiden välillä sekä kotimaassa että lähialueilla. Mikä puolestaan sekään ei ole omiaan kaunistamaan kotimaisia työttömyys-tilastoja ja lisäämään työvoimavaltaisen businessen pysymistä rajojen tällä puolen. Eikä tilannetta ainakaan helpota että ovia ollaan aukomassa myös sille kuuluisalle yhdennelletoista.

Siis ovat nämä arvoisat firmojen mikrotukihenkilöt nokkavuudessaan ja arroganssissaan vertaansa vailla, eikä kulunut neljännesvuosisata pe-aikaa ole mitenkään onnistunut tätä asennetta muuttamaan. Siis jos menet näiltä tyypeiltä jotain kysymään, saat aluksi osaksesi säälliviä katseita ja niiden seuraksi vuodatuksen IT-hepreaa, josta et pätäkääkään tajua. Puhumattakaan, että ko. tyyppien Midaksen kosketus saa ennen jollakin tavalla toimineen pc:n tavallisesti sekoamaan lähes lopullisesti. Ja pitäisi noiden tyyppien lopullakin mieltää

että heikäläistä ammattilaista voidaan verrata kaveriin joka osaa vaihtaa vasaraan varren katkenneen tilalle, jotta se, joka tietää mitä ja kuinka kovaa pitää vasaroida, voi jatkaa naulaamistaan.

Siis esittää mielenkiintoisesti tämä kepun puoluesihteerin, että järjestettäisiin kansalaiskeräys ex-pääministeri A. Jäätteenmäen hänen Irak-rikosoi-keudenkäynnistä syntyvien kulujensa kattamiseksi. Siis tämän joka aina puhuu niin totta kuin kulloinkin mahdollista. Ja osallistuvat tähän keräykseen varmaan riemumielin erityisesti ne valtion 8000 pääkaupunkiseudun virkamiestä, joita kepu on, jälleen vastoin vaalilupauksiaan, viemässä työpaikat hajasijoittamalla virastot maakuntiin muutaman lähi-
vuoden aikana.

Siis ovat Tosikot antamassa merkittävää julkilausumaa, jonka mukaan tämän vuotisten Vuorimiespäivien järjestäminen *ennen* huhtikuun 1. päivää on merkittävä moka. Miksikö? Mieltikääpä, oi lukijat minkä merkittävän, kyseessä olevilla päivillä nautittavan hyödykkeen hinta alenee merkittävästi aprillipäivän jälkeen! Ja aikoo muuten eräs merkittävä Vuorimiespäivilläkin vastoin yleisön toivomusta soittava orkesteri siitä syystä siirtyä merkittävästi klassisemmalle linjalle varoittavana esimerkkinä. Ja edustaa uusinta tuotantoa tämä R. Straussin Also sprach Kamasutra.

J.T.

Yhteinen sävel

ROCKIT



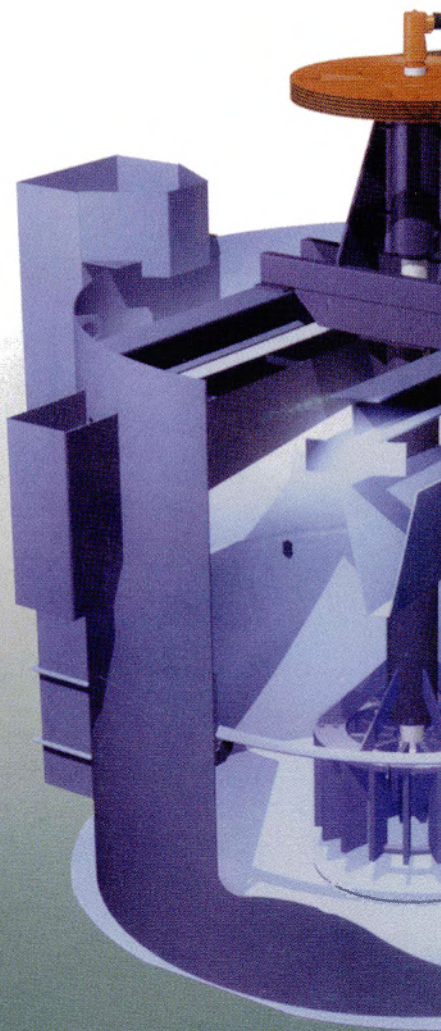
TAMROCK

www.sandviktamrock.fi

SANDVIK

Myynti ja huolto: Sandvik Tamrock Oy, PL 100, 33311 Tampere
Puh. 0205 44 4600 • Fax 0205 44 4601

Unique Mechanism Metallurgy and East



Enhanced Metallurgical Performance

- maximum particle - bubble contact within the mechanism and tank
- effective solids suspension and re-suspension
- effective air dispersion and distribution

Reduced Operating

- minimized high velocity impact on the impeller and diffuser
- improved wear material on the diffuser
- minimized absorbed power due to the profile design

Metso Minerals Finland

Tampere

Kolmihaarankatu 3-5, 33330 Tampere

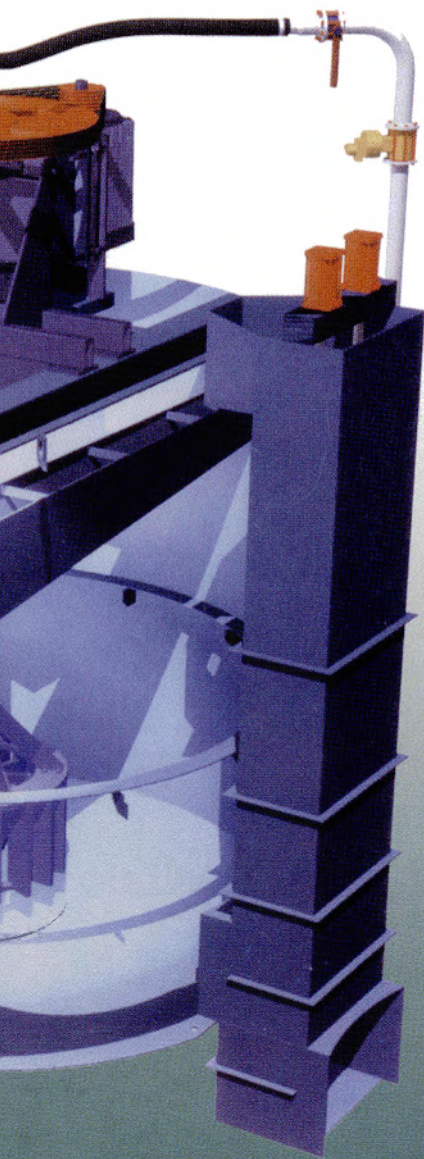
Tel. 02048 45200

Vantaa

Kärkikuja 2, 01740 Vantaa

Tel. 02048 45300

Mechanism for Improved Ease of Maintenance



www.metsominerals.com

Low Costs

• energy zones within
• user
• material for impeller and
• power due to impeller

Ease of Maintenance

- mechanism being fully suspended from the cell superstructure and therefore removable as a complete unit for general maintenance
- wear parts also replaceable without removal of the mechanism



metso
minerals