

# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

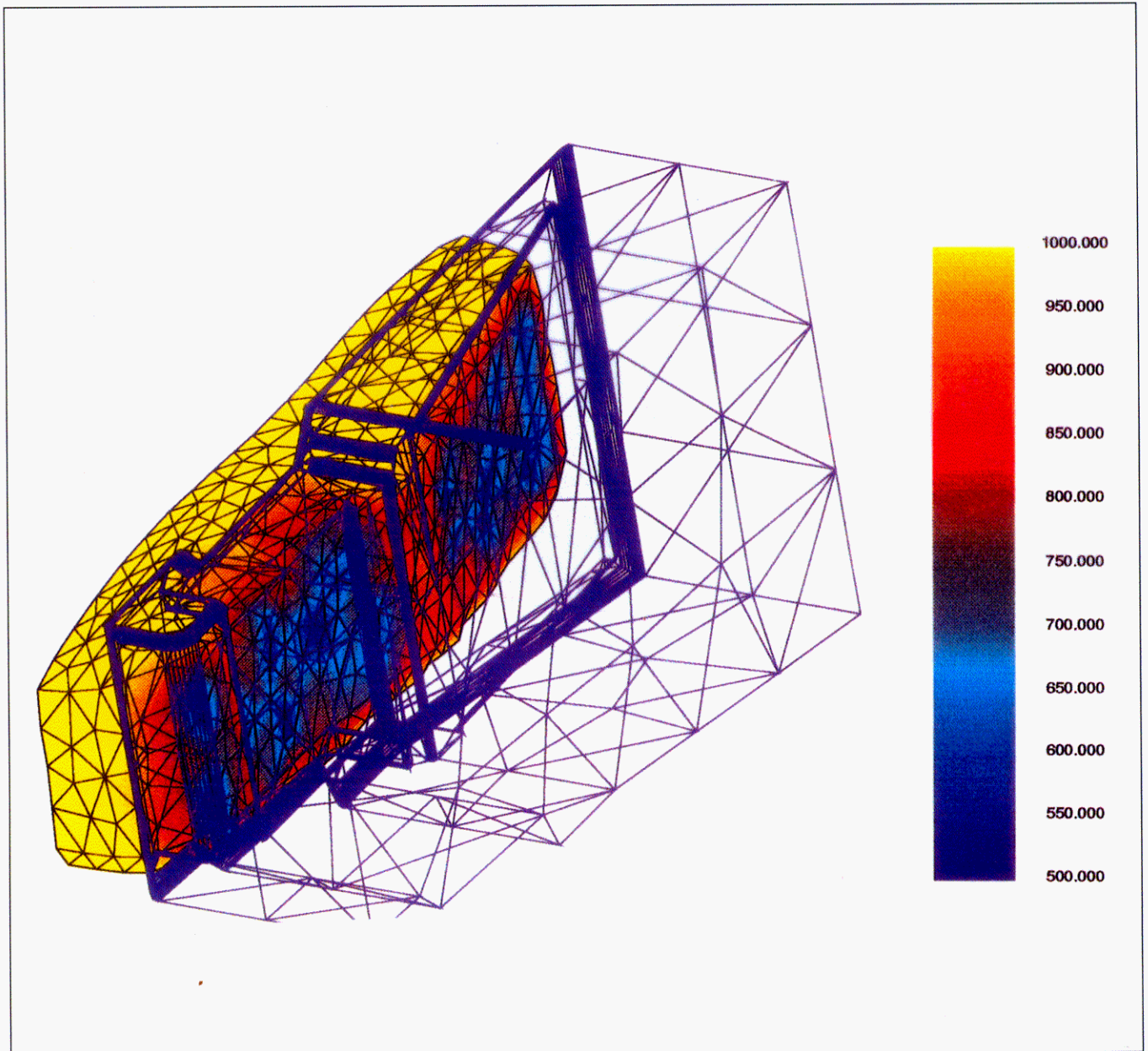


N:o 2 1996  
54. vuosikerta  
ISSN 0042-9317

Julkaisija:

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen

r.y.



DEFORM 3D-ohjelman laskemat takeen pintalämpötilat



Raahe Steelin teräksestä valmistetaan mm. seuraavia korkealaatuisia tuotteita:



monitoimijäänmurttaja



jää-, pakaste- ja kylmäkaappeja



polttoainesäiliöitä



leikkuupuimureita



muurinpohjalettu-pannuja



terässiltoja



pientalojen teräskatteita



näköalatorneja



perävaunuja



pakoputkia



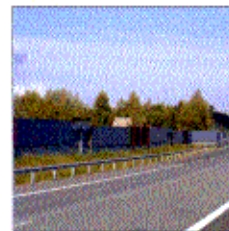
kylvöannoittimia ja kippiperävaunuja



kuumasinkittyjä R-hoitotasorakenteita



LNG-kaasutankkereita



meluaitoja



paperikoneita



ohutlevykasetteja



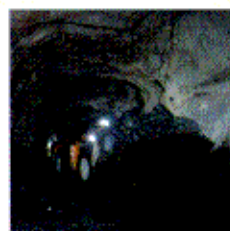
piparkakkupurkkeja



lastinkäsittelylaitteita



terästäideteoksia



kaivoskuormaaja



vuoristoratoja



hevoskenkiä



dieselmootoreita



tuulivoimaloita

## Saammeko esitellä: 24 menestystarinaa, joista myös me olemme ylpeitä

Suurten metalliteollisuusyrittysten saamat isot kaupat ovat aina hyviä uutisia kaikille suomalaisille. Käsiyksen metalliteollisuudestamme pelkästään raskaan sarjan ottelijana on kuitenkin vahvasti yksipuolinen. Maassamme on runsaasti pienempiä yrityksiä, joiden tuotteita ei aina edes mielletä metalliteollisuuden tuotteiksi.

Suurin osa Raahe Steelin vuosittain tuottamasta noin 2,3 miljoonasta terästonnista jalostetaan PK-yrityksissä korkealaatuisiksi tuotteiksi, jotka eroavat toisistaan paljonkin. Yhteistä niille kaikille on kuitenkin sama rakenneaine: korkealaatuinen kotimainen teräs.

Oma menestymisemme riippuu asiakkaidemme menestymisestä. Siksi asiakaskeskeisyys on strategiamme perusta. Se tarkoittaa mm. nopeita ja varmoja toimituksia, kattavaa jälleenmyyjäverkostoa, asiantun-

tevaa asiakaspalvelua sekä huolellisesti laadittuja tuoteluetteloita ja opaskirjoja. Näillä toimilla pyrimme lujittamaan monipuolisen suomalaisen metalliteollisuuden kilpailukykyä – niin omaamme kuin muidenkin.



**RAUTARUUKKI**  
RAAHE STEEL

Myynti ja asiakaspalvelu  
PL 93, 92101 RAAHE  
Puh. (08) 849 11  
Telefax (08) 849 2491

Jälleenmyyjät: Asva, Keskometalli, Kontino



**At Nordberg we came up with an idea as clean as water.**



Crushers that work more effectively, reliably and uniformly cost less to operate. That's why Nordberg developed its patented WaterFlush® technology to significantly improve the operation of cone crushers for the mining industry.

WaterFlush® significantly reduces the amount of energy required to operate the comminution circuit of a plant. Less energy means lower costs. Using water also decreases dust formation, which makes the method environmentally friendly.

Nordberg continues to offer better solutions. And some are as simple and as powerful as water.



**Nordberg**®

**Over 100 years of new technology**

*Nordberg Group • A Member of Rauma Corporation*

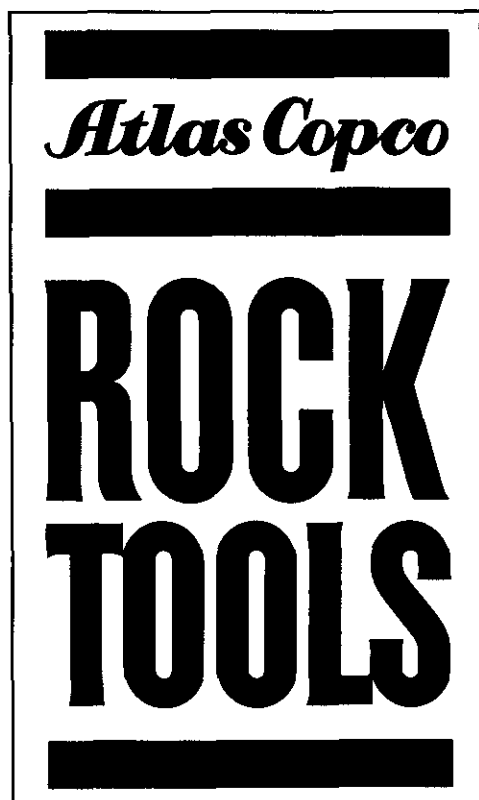
For more information, fax the Nordberg company nearest you:

**Europe** Finland Fax: +358-204-804 207, France Fax: +33-3-8539 6298,

**Americas** USA Fax: +1-414-769 4730, **Asia-Pacific** Singapore Fax: +65-738 3353

© 1996 Nordberg Group

**Nordberg Group**, P.O. Box 1220, 00101 Helsinki, Finland  
Phone: +358-204-80 140, Fax: +358-204-80 141



**Atlas Copco Rock Tools**  
kallioporat ovat osa  
kallioporauskokonaistaloutta

**Uudet yhteystietomme:**  
Piiripäällikkö **Erkki Kankaanranta**,  
Etelä-Suomi, puh. 0400-410 755

Piiripäällikkö **Börje Johansson**,  
Etelä-Suomi, puh. 0400-410 756

Piiripäällikkö **Kari Pyttynen**,  
Väli-Suomi, puh. 050-559 1316

Piiripäällikkö **Eino Mainonen**,  
Pohjois-Suomi, puh. 0400-363 063

**Oy Atlas Copco Louhintatekniikka Ab**  
Masalantie 346, 02430 Masala  
Puh. (09) 296 422, Fax (09) 296 4218

## UUSIMAA OY

Teollisuustie 19  
PL 15, 06150 Porvoo  
Puh. (019) 66 161  
Fax (019) 661 6301

SANOMALEHDET • AIKAKAUSLEHDET • MAINOSPAINOTUOTTEET • PIKAPAINOTUOTTEET



**New dimension for melting shops:  
nickel briquettes for alloys and steel-making**



A versatile alternative to Outokumpu electrolytic nickel cathodes. Nickel briquettes conform to ASTM B39. Available in various package sizes!

Call us! Wherever you are, our representative closest to you will provide information on our comprehensive range of services.

 **outokumpu**

*Outokumpu Harjoittaja Metals Oy  
P.O. Box 80, FIN-02201 Espoo, Finland  
Tel. +358 9 4211 fax +358 9 4212526*

BASE METALS • STAINLESS STEEL • COPPER PRODUCTS • TECHNOLOGY



**VIHTA VUORI OY**

LOUHINTARÄJÄHDYSINEET  
SYTYTYSTARVIKKEET  
MUITA ALAN TUOTTEITA

Puh: 014-3779311 Fax: 014 3771093

**TEK-MUR  
Tekninen Muuraus Oy**

Karsikkokuja 17 C (PL 3) 01360 VANTAA  
Puh. (09) 871 2433  
Fax (09) 871 3448

**Hyödynnä  
ammattitaitoinen  
täyspalvelumme**

**Laajaan valikoimaamme kuuluvat:**

- tulenkestävät tuotteet
- kaikenlaiset eristysmateriaalit
- turvavaihteistot, senkat, käämit ym. valimotuotteet
- sulankäsittelylaitteiden turvatarkastukset
- käämien huolto
- vanhojen induktiolaitteistojen kunnostus
- uudet teollisuusuunit ja vanhojen saneeraus

**Toimitamme suurempiakin määriä  
vuorausmateriaaleja heti  
varastostamme Turusta!**

# OSAAMISEN PITKÄ PERINNE 1896-1996

SUOMEN SUURIN JA MONIPUOLISIN  
YKSITYISSAIRAALA



**OULUN DIAKONISSALAITOS**



**PUHTAAT  
LUONNON-  
TUOTTEET**

Siilinjärven kaivos  
Pl. 20  
FIN-71801 SIILINJÄRVI

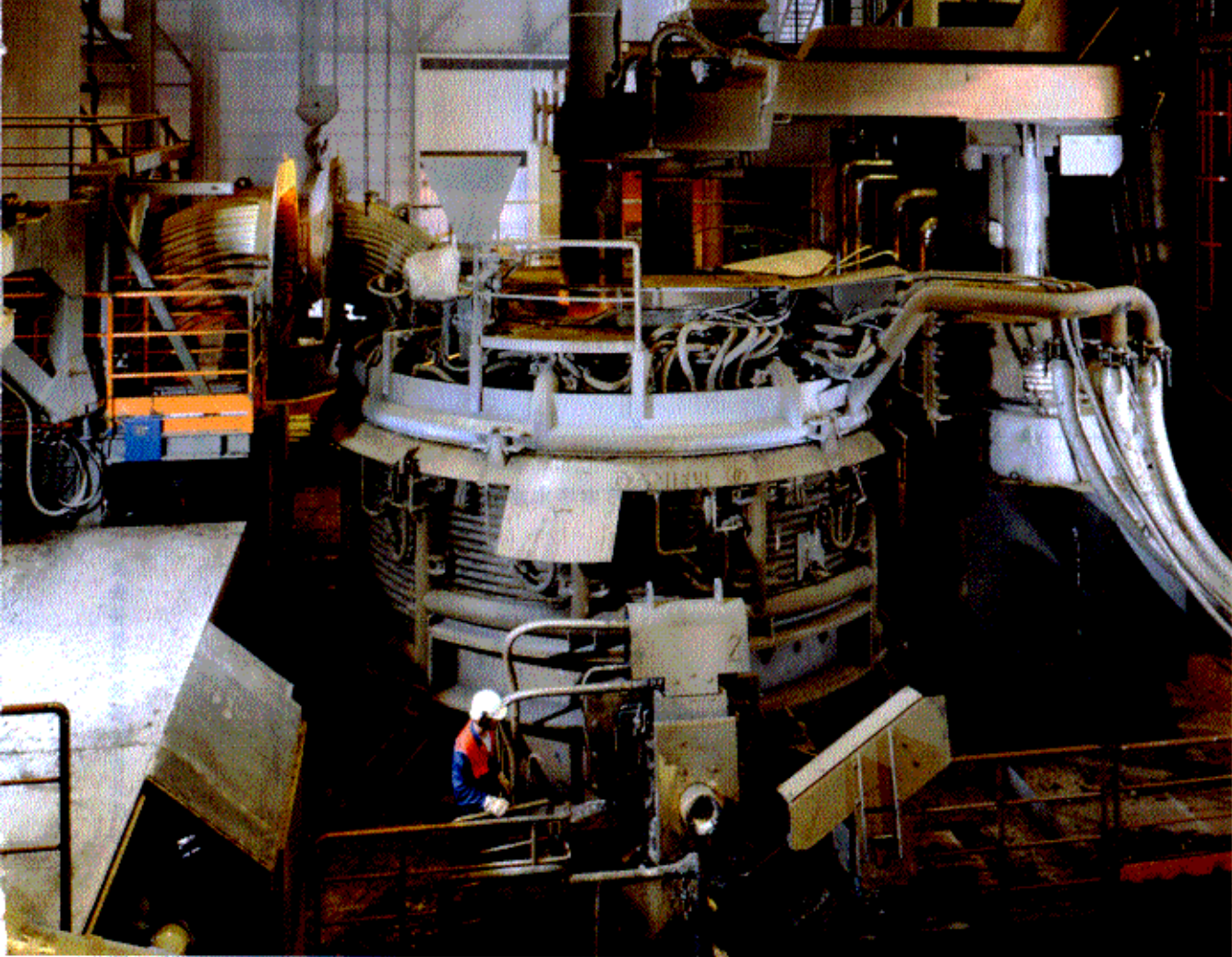
Puhelin  
(017) 400 111

Telefaksi  
(017) 400 778





# IMATRA STEELIN UUSI SULATUSUUNI TOIMII YMPÄRISTÖN PARHAAKSI



Imatra Steel valmistaa vaativia erikoisteräksiä, joiden raaka-aineena on 100 %:sti kierrätettävä teräsromu. Nyt käyttöönotettu uusi sulatusuuni ja siihen liittyvä savukaasujen suodinlaitos ottavat tehokkaasti ympäristön huomioon ja eliminoivat haitalliset pölypäästöt.

Toteutetussa investoinnissa uusi tehokas yksikkö korvasi kaksi pienitehoista valokaariuunia. Sulatuskoko kasvoi 58 tonnista 75 tonniin. Investointi vahvisti Imatra Steelin asemaa merkittävänä erikoisterästen toimittajana Pohjoismaiden sekä Keski-Euroopan auto- ja konepajateollisuudelle.

 **IMATRA STEEL**  
SUOMALAISTA TERÄSTÄ

# Puhtaasti pitkälle tulevaisuuteen.



Savuttomasti, hajuttomasti ja lähes äänettömästi. Ydinsähkö voisi haastaa puhtaudessa jopa painovoiman.



Teollisuuden Voima Oy. 27160 Olkiluoto. Puh. (02) 83 811

VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN

toivottaa kaikille  
lukijoilleen ja  
ilmoittajilleen  
Hyvää Joulua ja  
Onnellista Uutta Vuotta



VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN

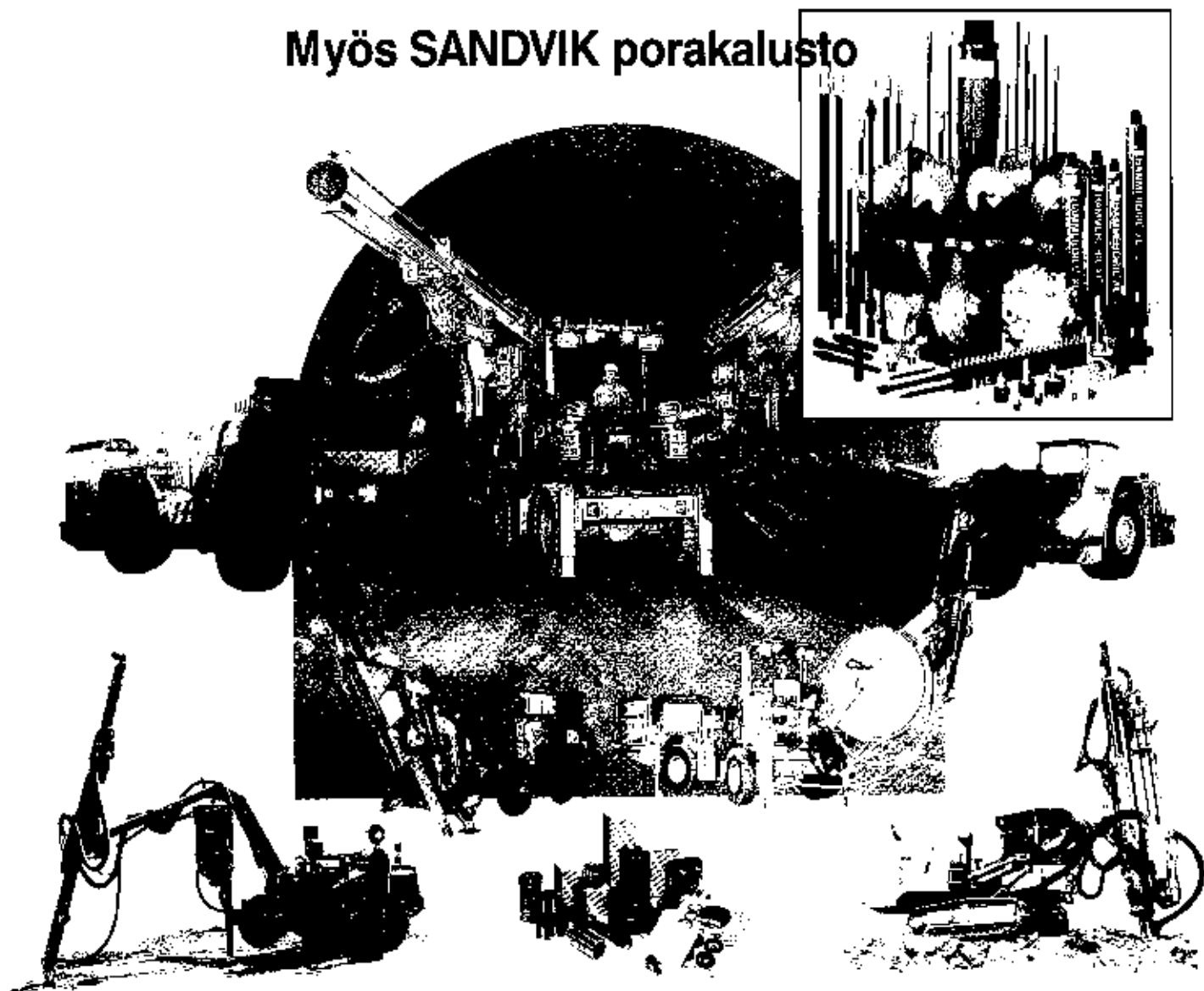
tillömskar alla sina  
läsare och  
annonsörer  
God Jul och  
Gott Nytt År





# KIVEN JA KALLION LOUHINTAAN

Myös SANDVIK porakalusto



**Myynti: TAMROCK OY,**

Pispalanvaltatie 91, 33270 Tampere, Fax 0205-44 4601

**Kotimaan huolto: TAMROCK OY,**

Pispalanvaltatie 78, 33270 Tampere, Fax 0205-44 4608

# TAMROCK

TAMROCK OY, PL 100, 33311 Tampere, Puh. 0205-44 121



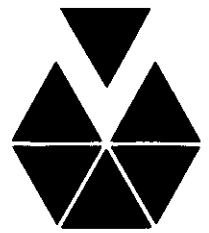
**Menestyminen vaatii vastuullisia osajia  
tulevaisuudessakin.**

 **outokumpu**

BASE METALS • STAINLESS STEEL • COPPER PRODUCTS • TECHNOLOGY



# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1996  
54. vuosikerta  
ISSN 0042-9317

Julkaisija, utgivare:  
**VUORIMIESYHDISTYS –  
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.**

Publisher:  
**THE FINNISH ASSOCIATION OF MINING AND  
METALLURGICAL ENGINEERS**

**VUORITEOLLISUUS – BERGSHANTERINGEN:**

Päätoimittaja – Editor-in-Chief:

Prof. Martti Sulonen 09-4511  
Teknillinen korkeakoulu Fax. 09-451 2660  
Materiaali- ja kalliotekniikan laitos  
02150 Espoo

Toimittaja – Editor:

DI Asko Vesanto 09-451 2788  
Teknillinen korkeakoulu Fax 09-451 2795  
Materiaali- ja kalliotekniikan laitos  
02150 Espoo

Toimitussihteeri ja ilmoituspäällikkö –  
Managing Editor and Advertising Sales Director:

Ins. Lars Heikel 09-781 396  
Punahilkantie 5 A 6  
00820 Helsinki

Toimitusneuvosto – Editorial Board:

Prof. Markku Mäkelä, pj. 020 550 22 23  
Geologian tutkimuskeskus Fax 020 550 15  
Betonimiehenkuja 4  
02150 Espoo

DI Matti Palperi 09-565 1221  
Ulvilantie 11 b D 108  
00350 Helsinki

FT Yrjö Pekkala 020 550 11  
Geologian tutkimuskeskus Fax 020 550 20  
Betonimiehenkuja 4  
02150 Espoo

DI Pekka Purra 09-421 2611  
Outokumpu Harjavalta Metals Oy Fax 09-421 2520  
PL 89  
02201 Espoo

DI Pertti Rantala 09-803 7122  
VEPU Ky, Kemianteekniikka Fax 09-803 4378  
PL 20  
02271 Espoo

TkL Seija Sundholm 09-698 4033  
Aukustinkuja 4 A tai 040-546 6366  
00840 Helsinki Fax 09-698 2006

## Ilmoitushinnat vuodelle 1997

II ja III kansi = 5.120,- 1/2-sivu = 2.920,-  
takakansi = 5.900,- 1/4-sivu = 1.740,-  
1/1 sivu = 4.330,- Lisäväri/kpl = 1.600,-

{ Ammattihakemisto-ilmoitus 1/1 vs = 660,-  
Koko: leveys = 85 mm ♦ korkeus = 25 mm

Vuosikerta = 150,- ♦ ulkomaille = 200,-  
Irtonumero = 65,- ♦ ulkomaille = 75,-

Kirjapaino: Uusimaa Oy, Porvoo, 1996

## SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

<b>Aulis Saarinen:</b> Kansainvälistyminen jatkuu	77
<b>Pekka Poutanen:</b> Maaailman teräskerma Helsingissä	78
<b>Timo Ylönen:</b> Vuorineuvos Jyrki Juusela sanoo: "Perusmetalli säilyttää asemansa"	79
<b>Pertti Lahermo, Vesa Peuraniemi:</b> Malmit ja kaivostoiminta Coloradossa, Yhdysvalloissa	80
<b>Jouko Härkki, Päivi Mannila:</b> "Kaasufaasin reaktiot masuunissa" - tutkimuksen verkottuminen	86
<b>Hannu Kuopanportti, Timo Suorsa, Eine Pöllänen:</b> Sulfidimalmien esikäsittelyn vaikutus vaahdotuvuuteen ja valmennusnopeuteen	91
<b>Jarkko Fredriksson, Petri Savolainen:</b> Energiänsäästöä teelmän-kuumennusuuneissa	95
<b>Seppo Kivivuori, Klas Andersson:</b> Metallien muokkausprosessien mallintaminen elementtimenetelmällä	99
<b>Pekka Poutanen:</b> Veikko Appelberg Vuorimiesyhdistyksen pääsihteeriksi	102
<b>J T:</b> "Pakina"	103
<b>LasseH:</b> Marjostamme uusi EU-edustajamme	103
<b>Bo-Eric Forstén:</b> Vuorineuvos Petter Teodor Forsström alias Kalkki-Petteri	104
Jatkoa Petter Forsströmin palkinnolle	105
<b>Arni Kujala:</b> Syntymäpäivärahasto	105
In Memoriam	106
VMY:n vuosikokous 21.-22.3.1997	109
<b>Jarkko Fredriksson:</b> BAMF AC -seminaari Otaniemessä toukokuussa	110
<b>Jyrki Parkkinen:</b> Teollisuus koulutti GTK:n malminetsijöitä	110
<b>Kari Kojonen:</b> Sovellettu mineralogia kaivos- ja metallurgisessa teollisuudessa	110
Suoritettuja tutkintoja - Avlagda examina	111
Uusia jäseniä - Nya medlemmar	112
Kirjalahjoitus: Lahjoittajana rouva Maija Viertokangas	113
Vuorinaisten kevätretki	114
Vuorinaisille kunniajäsen	114

**Kansikuva:** DEFORM 3D-ohjelman laskemat takeen pintalämpötilat.

**Cover:** Surface temperature distribution on forging calculated using DEFORM 3D software program.

**VUORIMIESYHDISTYKSEN  
HALLITUS  
22.3.1996**

TkT Aulis Saarinen 08-883 60  
puheenjohtaja Fax 08-883 6490  
Rautaruukki Oy  
PL 217  
90101 OULU

DI Antti Mikkonen 09-132 1339  
varapuheenjohtaja Fax 09-694 0914  
Kemira Engineering Oy  
PL 330  
00101 HELSINKI

DI Pekka Erkkilä 016-4521  
Outokumpu Chrome Oy  
95400 TORNIO

Prof. Kari Heiskanen 09-451 2789  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaali- ja  
kalliotekniikan laitos  
Vuorimiehentie 2 A  
02150 ESPOO

DI Eero Laatio 09-4211  
Outokumpu Metals & Resources Oy  
PL 43  
02201 ESPOO

FM Esko Lundén 020 455 6550  
Nordkalk Oy Ab  
21600 PARAINEN

Prof. Markku Mäkelä 020 550 20  
Geologian tutkimuskeskus  
Betonimiehenkuja 4  
02150 ESPOO

DI Tuula Purra 09-6180 2420  
Teollisuuden Voima Oy  
Annankatu 42 C  
00100 HELSINKI

TkT Peter Sandvik 08-849 2535  
Rautaruukki Oy  
Raahe Steel  
PL 93  
92101 RAAHE

DI Erkki Ström 09-4211  
Outokumpu Copper Oy  
PL 144  
02201 ESPOO

Ins. Timo Vartiainen 05-668 811  
Larox Oy  
PL 29  
53101 LAPPEENRANTA

**Yhdistyksen pääsihteeri**

DI Veikko Appelberg 09-421 3325  
Outokumpu Mintec Oy Fax 09-421 3373  
Riihitontuntie 7 C  
02200 ESPOO  
E-mail: veikko.appelberg@outokumpu.fi

**Yhdistyksen rahastonhoitaja**

LuK Marjatta Parkkinen 09-421 2442  
Outokumpu Oy Fax 09-421 3899  
PL 280  
02101 ESPOO  
E-mail: marjatta.parkkinen@outokumpu.fi

**Geologijaosto**

FT Pekka Nurmi 020 550 2325  
puheenjohtaja  
Geologian tutkimuskeskus  
Betonimiehenkuja 4  
02150 ESPOO

FK Anne Voutilainen 09-759 881  
sihteeri  
Säteilyturvakeskus  
PL 14  
00881 HELSINKI

**Kaivosjaosto**

DI Tero Vierros 020 544 4630  
puheenjohtaja  
Tamrock Oy  
Pispalanvaltie 91  
33270 TAMPERE

DI Kari Kokkonen 09-296 4236  
sihteeri  
Oy Atlas Copco Louhintatekniikka Ab  
Masalantie 346  
02430 MASALA

**Metallurgijaosto**

TkT Kari Tähtinen 09-709 5211  
puheenjohtaja  
Imatra Steel Oy  
PL 790  
00101 HELSINKI

DI Jari-Jukka Asikainen 05-680 2216  
sihteeri  
Imatra Steel Oy  
55100 IMATRA

**Rikastus- ja prosessijaosto**

DI Seppo Lähteenmäki 08-769 6111  
puheenjohtaja  
Outokumpu Finnmines Oy  
Pyhäsalmen kaivos  
PL 51  
86801 PYHÄSALMI

DI Pertti Rantala 09-421 4291  
sihteeri  
Outokumpu Mintec Oy  
PL 84  
02201 ESPOO

**Tutkimusvaltuuskunta**

FM Esko Lundén 020 455 6550  
puheenjohtaja  
Nordkalk Oy Ab  
21600 PARAINEN

**Geologinen toimikunta**

TkT Ilmo Kukkonen 020 550 20  
puheenjohtaja  
Geologian tutkimuskeskus  
Betonimiehenkuja 4  
02150 ESPOO

**Kaivosteknillinen toimikunta**

DI Matti Pulkkinen 020 544 4130  
puheenjohtaja  
Tamrock Oy  
PL 100, Pihtisulunkatu 9  
33311 TAMPERE

**Rikastusteknillinen toimikunta**

Prof. Kari Heiskanen 09-451 2789  
puheenjohtaja  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaali- ja kalliotekniikan laitos  
Vuorimiehentie 2 A  
02150 ESPOO



## Kansainvälistyminen jatkuu

Yhdistyksemme viimeisessä vuosikokouksessa käsiteltiin vuoriteollisuutemme kansainvälistymistä tarkastellen tapahtumia sekä maamme rajojen ulko- että sisäpuolelta. Suomalaiset vuorimiehet ja -naiset ovat jo kauan sitten levittäytyneet ympäri maapalloa. Viime aikoina ovat myös ulkomaiset ammattiveljet ja -sisaret löytäneet työnsä Suomesta. Jaostojen olisikin harkittava, tulisiko meidän nykyistä aktiivisemmin pyrkiä saamaan maassamme työskentelevät alan ulkomaiset ammattilaiset toimintaamme mukaan.

Kansainvälisen teräsjärjestön, International Iron and Steel Institututen (IISI) kolmaskymmenes vuosikokous pidettiin syys-lokakuun vaihteessa Helsingissä. Kokous pidettiin ensimmäistä kertaa näin kaukana pohjoisessa. Osallistujia oli yli viisisataa eri puolilta maailmaa. Tämä oli merkittävä huomionosoitus maallemme ja seurausta terästeollisuutemme korkeasta tasosta sekä suomalaisten vuorimiesten ja -naisten yli kaksikymmentä vuotta kestäneestä aktiivisesta osallistumisesta järjestön toimintaan. Tällä hetkelläkin järjestön rahastonhoitajana ja hallituksen jäsenenä toimii yhdistyksemme jäsen.

Tärkeimmässä värimetallurgian alan järjestössä, TMS:ssä (The Minerals, Metals & Materials Society) suomalaisilla on vahva edustus. Pyrometallurgisen komitean varapuheenjohtaja ja tuleva puheenjohtaja on vuorimies. Brysselistä käsin toimivissa Eurometaux'ssa on IVY-maiden työryhmän puheenjohtaja suomalainen samoin kuin Eurominingin puheenjohtaja. Myös European Zinc Institute'n puheenjohtaja on yhdistyksemme jäsen. Luetteloa järjestöistä voisi jatkaa edelleen, mutta tuon yllämainitut esimerkkeinä esille. Näitä vaikutajia tullaan haastattelemaan seuraavissa Vuoriteollisuus-lehden numeroissa.

Lukuisa on myös niiden joukko, jotka toimivat ulkomailla suomalaisissa tytär- ja osakkuusyhtiöissä, tai ulkomaisissa yhtiöissä. Yhdistyksemme rivijäsenkään ei voi olla kohtaamatta päivittäin kansainvälistymisen tuomia haasteita. Meiltä vaaditaan jatkuvasti uusia valmiuksia. Yhdistyksemme eräänä tehtävänä on edistää näitä valmiuksia ja samalla toimia kaikkien jäsenten yhdyssiteenä, jota vahvistaa kerran vuodessa koto-Suomessa pidettävät Vuorimiespäivät.

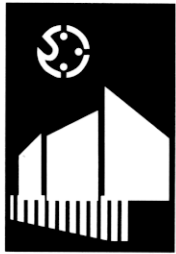
Yhteydenpito Ruotsin, Norjan, Viron ja Tanskan sisaryhdistykseen kiinteytyy. Harkittavaksemme tulee seuravaksi, tulisiko virallistaa suhteemme esimerkiksi saksalaiseen, brittiläisiin ja amerikkalaiseen yhdistykseen. Toki näihin jonkinlaiset henkilötason kontaktit ovat olemassa, ovathan useat vuorimiehet ja -naiset näissä jäseninä.

Yhdistyksemme ensimmäisen ja toisen sihteerin sekä tutkimusvaltuuskunnan sihteerin tehtävät on niputettu pääsihteerin tehtäväksi. Uudeksi pääsihteeriksi on jo valittu DI Veikko Appelberg Outokumpu Mintec Oy:stä. Hänellä on vankka kokemus vastaavista tehtävistä. Tässä yhteydessä yhdistys on saanut toimintaamme tukevien yhtiöiden myötävaikutuksella käyttöönsä pienen toimitilan ja siihen liittyen kiinteän postiosoitteen, puhelinnumeron ja faxin. Nämä helpottavat yhteydenpitoa jäsenistöön ja sisaryhdistykseen. Kommunikaatiovälineenä on myös mahdollista käyttää Internetiä, johon yhdistyksen kotisivuja on jo esitetty laadittaviksi.

Kehitys kulkee verkostumisen suuntaan, on syntymässä vuoriteollisuuden ammattiosajien globaalinen verkosto. Yhdistyksemme voi olla tässäkin asiassa avuksi.

**Aulis Saarinen**  
VMY:n puheenjohtaja

# Maailman teräskerma Helsingissä



**IISI 30**  
HELSINKI

Maailman raudan ja teräksen tuottajien järjestön IISI:n (International Iron and Steel Institute) vuotuinen konferenssi toi syys-lokakuun vaihteessa Helsinkiin maailman merkittävimpien teräsyhtiöiden johdon, noin 350 henkeä sekä heidän seuralaisensa ja alan kansainvälistä lehdistöä eli yhteensä noin 700 henkeä. Keskeisimpinä konferenssin teemoina olivat teräksen valmistusprosessit, alan henkilöstöhaasteet 2000-luvulla sekä teräksen käyttömahdollisuudet juomapakkauksissa.

...

- Oli erittäin suuri kunnia-asia Suomen kaltaiselle pienelle teräsmaille, että saimme IISI:n aina lokakuun ensimmäiselle viikolle ajoittuvan vuosikokouksen ja -kongressin Helsinkiin. Nyt konferenssi pidettiin myös ensimmäisen kerran Pohjoismaissa. Tapahtuman suurta painoarvoa kuvaa, että IISI:n jäsenyritykset tuottavat yli 70 prosenttia kaikesta maailmassa valmistetusta teräksestä ja konferenssien osanottajat koostuvat aina yhtiöiden korkeimmasta johdosta, kertoo tapahtuman isäntänä toimineen Rautaruukki-konsernin toimitusjohtaja, vuorineuvos Mikko Kivimäki.

- Olemme laskeneet, että Helsingin kokouksessa mukana olleiden teräsyhtiöiden vuotuinen liikevaihto nousee 1500 miljardin markan tuntumaan. Tällä tavoin mitaten IISI:n tapahtuma ollee suurin konferenssi mitä Helsingissä on koskaan pidetty.

- IISI:n perimmäisenä tehtävänä on alan teollisuuden toimintaedellytysten kehittäminen sekä teräksen käytön lisääminen. Kaupallisista asioista ei luonnollisesti keskustella. Vuotuisten konferenssien ohella järjestön toiminta tapahtuu kuudessa pysyvässä komiteassa ja kolmessa policy-ryhmässä.

## JUOMATÖLKEISTÄ, HENKILÖSTÖPOLITIikkaAN

Teollisuuden ponnistelut kehittää teräksen käyttöä juomapakkauksien materiaalina ovat tuottaneet tulosta. Helsingin kokouksessa todettiin, että teräksiset juomatölkit ovat nousmassa alumiinipakkausten vakavaksi kilpailijaksi pakkausmarkkinoilla.

Teräksen edut alumiiniin nähden ovat huomattavat, esimerkiksi alhaisempi hinta ja sen sopivuus paremmin kierrätykseen. Pakkausalalle on tulossa myös uusia superohuita teräsmateriaaleja.

Ensi vuosituhannella maailman terästeollisuus työllistää nykyistä pienemmän erittäin ammattitaitoisen ja monia asioita hallitsevan joukon työntekijöitä. IISI:n mukaan alan kehittämisen kannalta suurin henkilöstöpolitiikan haaste onkin, että korkeatasoisen uuden työvoiman saanti turvataan ja toisaalta



Vuorineuvos Mikko Kivimäki

vanhojen työntekijöiden koulutus onnistutaan hoitamaan riittävän hyvin.

Markkinatilannetta terästeollisuus arvioi, että vuoden 1995 jälkipuoliskon aikana alkanut kulutuksen ja hintojen lasku on nyt kääntymässä. Lähiajat osoittavat onko hintatasossa todella tapahtunut käänne. Myönteisenä piirteenä todetaan myös, että IISI:n Ultra Light Steel Auto Body -hankkeen myötä suurten autonvalmistajien kiinnostus lisätä teräksen käyttöä on selvästi kasvanut.

- Koko alan rakenteiden kannalta kiinnostava kysymys on ns. itäteräksen asema tulevaisuudessa. Teräksen kulutus ja tuotanto ovat laskeneet Venäjällä sekä entisissä sosialistimaissa. Mikä on tulevaisuudessa näiden maiden tuotannon rooli markkinoilla on edelleen monia askarruttava kysymys, sanoo Mikko Kivimäki.

## RUOSTUMATON TERÄS MUKAAN

Brüsselissä päämajaansa pitävä IISI on perustettu vuonna 1967 ja se on vanhin yhden teollisuuden alan kansainvälinen järjestö. Jäsenenä on tällä hetkellä 139 teräsyhtiötä 51 maasta. Varsinaiseksi jäseneksi voidaan ottaa yhtiö, jonka vuotuinen tuotanto on yli 1,8 miljoonaa tonnia. Liitännäisjäsenenä on kansallisia ja alueellisia terästeollisuuden järjestöjä sekä tutkimuslaitoksia.

Perinteisesti järjestöön ovat kuuluneet markkinatalousmaiden tuottajat. Uusia jäseniä arvioidaan lähitulevaisuudessa saatavan erityisesti itäisen Euroopan uusista markkinatalousmaista. IISI:n jäsenyritysten yhteenlaskettu vuosituotanto on noin 550.000 miljoonaa tonnia, mikä on yli 2/3 markkinatalousmaiden tuotannosta. Rautaruukki Oy on ollut IISI:ssä mukana vuodesta 1968.

IISI:n hallitus päätti huhtikuussa laajentaa järjestön toimintaa myös ruostumattoman teräksen alueelle. Tätä varten perustettiin järjestön sisälle oma organisaatio the International Stainless Steel Forum (ISSF).

**Pekka Poutanen**

## Vuorineuvos Jyrki Juusela sanoo: ”Perusmetalli säilyttää asemansa”

**Kotimaisten raaka-aineiden riittämättömyyden vuoksi niiden tuonti hyvinkin kaukaa on perusteltua, Outokumpu Oy:n pääjohtaja, vuorineuvos Jyrki Juusela sanoo. Samoin hän pitää luonnollisena kehityksenä sitä, että malminetsintä Suomessa tuli vapaaksi myös ulkomaalaisille.**

Ensi vuodenvaihteessa tulee täyteen viisi vuotta siitä, kun Jyrki Juusela siirtyi Outokummun johtoon. Tänä aikana yhtiö on kokenut rajun tervehdyttämiskäynnin; mitenkään helppoja nämä vuodet eivät ole Juuselan mukaan outokumpulaisille olleet.

”Olemme joutuneet luopumaan kokonaan monista bisneksistä. Samoin on vetäydytty eräistä ulkomaisista kaivoshankkeista tai jouduttu etsimään niihin mukaan toinen osapuoli. Mutta näin olemme päässeet ylös siitä syvästä kuopasta, missä Outokumpu oli 1990-luvun alkuvuosina. Samanaikaisesti on pystytty kehittämään myös uusia bisneksiä ja toteuttamaan merkittäviä investointeja, etenkin Harjavallassa ja terästeollisuudessa.”

Vuorineuvos Juuselan mukaan toimintojen tervehdyttämistä on viety läpi tunnuslauseen ”forward to basics” mukaisesti: on menty eteenpäin niihin ydinosaamisiin, mitkä ovat Outokummun vahvuuksia. ”Emme ole menneet puolustusasemiin vaan olemme hyökänneet eteenpäin, mutta niillä rintamilla joilla me pärjäämme. Siitä työstä kaikki outokumpulaiset voivat olla ylpeitä; yhtiön tuloksenteko- ja riskinotto kyky on näin varmistettu.”

Outokummun myymät tai lopettamat liiketoiminnot ovat Juuselan mukaan merkinneet 2–3 miljardin markan vähennystä liikevaihtoon. Samaan aikaan myös konsernin henkilöstö on supistunut tuhansia henkilöä.

”Huonot bisnekset on perattu pois, nyt olemme neljällä pääliiketoiminta-alueella, joissa riittää kasvua. Outokumpu on tänään ja jatkossakin nimenomaan metallialan yritys – ’metals company’. Olemme mukana useammassa kuin yhdessä metallissa ja usein kaivostoiminnasta jatkojalostukseen saakka. Meillä on tänä päivänä myös vankka kansainvälisten osajien ketju eri kulttuureista ja eri liiketoimintoista. Uutta ajattelua kuvataan nyt kannattavalla kasvulla, se on seuraava vaihe tästä eteenpäin.”

Jyrki Juusela sanoo Outokummun tervehdyttämisen menneen suunnitelmien mukaan, pahoja pettymyksiä ja yllätyksiä ei ole tullut. ”Asiat ovat olleet hyvin hanskassa. Outokummun ulkopuolelta minulle sen sijaan oli pettymys Suomen energiapolitiikan huono hoitaminen. Siinä ei päästy laman aikana järkeviin ratkaisuihin, joilla olisi myös energiapolitiittisin keinoin luotu pohjaa tämän alan teollisuuden kasvulle.”

### ULKOMAISET MALMINETSIJÄT TERVETULLEITA

Outokumpu on kotimaisten malmivarojen voimakkaan supistumisen vuoksi joutunut turvautumaan raaka-aineiden tuontiin aina Australiasta ja Chilestä asti. Jyrki Juuselan mukaan on aivan luonnollista, että nikkeli- ja kupariraaka-aineita tuodaan tänä päivänä hyvinkin kaukaa.

”Logistiikka toimii nykyään niin hyvin että voimme jatkojalostaa metalleja täällä Suomessa ja viedä ne sitten pääasiassa Euroopan markkinoille. Se on usein myös kansainvälisen työnjaon mukaan perusteltua. Myös ympäristösuojelliset näkökohdat puoltavat jatkojalostusta Suomessa. Olemme selvästikin myös tällä saralla alame eturivin yrityksiä maailmalla.”

Entä jatkossa, löydetäänkö vielä Suomesta malmeja?

”Olen tällä hetkellä jossain määrin pessimistinen värimetallien suhteen, vaikka pidemmällä ajalla uskonkin tilanteen paranevan. Onkin syytä kysyä, onko malminetsintä suunnattu oikein, sekä kansallisella tasolla että eri yhtiöissä”, Juusela sanoo.

Hän korostaa myös, että malmien löytymisen suhteen ei saa herättää turhia toiveita. ”Uutisointi malminetsinnästä on mielestäni ollut



Vuorineuvos Jyrki Juusela, Outokumpu Oy.

edesvastuutonta, siinä täytyy malminetsijöiden kyllä tuntea vastuunsa. Pitää erottaa, mikä on malmi ja mikä mineralisaatio.”

Jyrki Juusela pitää tervetulleena rajojen vapautumista myös ulkomaalaisille malminetsijöille ja kaivosyrityksille.

”On hyvä asia, että he ovat kiinnostuneita Suomesta. Ulkomainen malminetsintä Suomessa on perusteltua, koska me itse olemme saaneet vuosikautia etsiä malmeja ympäri maailmaa. Nyt meillä etsitään malmeja isommalla kapasiteetilla ja erilaisella osaamisella kuin mitä suomalaiset malminetsijät pystyisivät tekemään. Vaikka ulkomaiset yritykset keskittyvät kullaan ja timanttien etsintään, niin voidaan löytyä myös muita malmeja.”

Outokumpu ei Juuselan mukaan aio missään tapauksessa luopua omasta malminetsinnästä. ”Mutta edessä saattaa olla sopeutuminen niihin odotuksiin, mitä näemme siinä tulevaisuudessa olevan. Eli realiteetit täytyy ottaa huomioon.”

### KILPAILUKYKY TÄRKEÄÄ KAIKILLE PERUSMETALLIYRITYKSILLE

Perusmetalliteollisuudessa Suomessa on painopiste siirtynyt entistä enemmän kaivostoiminnasta metallien valmistukseen ja niiden jatkojalostukseen ja Jyrki Juusela arvioi tämän kehityssuunnan jatkuvan. Hän uskoo vakaasti, että perusmetalliteollisuus tulee säilymään merkittävänä osana Suomen perusteollisuutta jatkossakin. Mutta paikoilleen ei saa jäädä.

”Varmasti kaikilla Suomen vuoriteollisuusyrityksillä on tärkeintä jatkuvan kilpailukykyyn ylläpitäminen ja uudistuminen. Suomessa tämän alan teollisuus on kehityksen kärjessä mm. teknologioidensa kehittämisessä ja tehtaiden optimaalisessa käytössä ja kustannustehokkuudessa sekä investointien suorittamisessa. Meillä on sekä henkisiä että nyt myös osin taloudellisia rerusseja riittävästi, mutta osaammeko niitä aina käyttää oikein, se on enemmänkin johtamiskysymys.”

”Kilpailukykyyn parantamisessa entistä tärkeämmäksi muodostuvat markkinoinnin ammattimainen hoito sekä uusien tuotteiden ja palvelujen kehittäminen. Nämä ovat ne osa-alueet, joilla Suomen Vuoriteollisuus voi tulevaisuudessa erottua varsinaisista massa-tuotteiden valmistajista”, Jyrki Juusela sanoo.

Timo Ylönen



# Malmit ja kaivostoiminta Coloradossa, Yhdysvalloissa

FT Pertti Lahermo, Geologian tutkimuskeskus, Espoo

FT Vesa Peuraniemi, Geotieteiden ja tähtitieteen laitos, Oulun yliopisto, Oulu

## COLORADON KAIVOSTOIMINNAN HISTORIAA

Kaivostoiminnalla on tärkeä osa Yhdysvaltojen historiassa. Colorado on mineraalivaroiltaan eräs rikkaimmista osavaltioista. Se perustettiin vuonna 1876 erottamalla maa-alueita Nebraskan ja Kansasin territorioista. Muutamia kymmeniä vuosia aikaisemmin vuonna 1849 Kaliforniassa oli löydetty kultaa, mikä aiheutti suuren kullanetsijöiden (fortyniners) ryntäyksen sikäläisille kultakentille. Useita vuosia myöhemmin itävaltioissa vallitseva lama ja kullan hinnan nousu 35 dollariin unssilta synnytti kullankaivajien joukossa huhun, että kultaa olisi ehkä löydettävissä myös Kalliovuorilla.

Vuonna 1857 placer-kultaa löytyikin Boulderin seudulta Kalliovuorten länsireunassa. Kultaa ja hopeaa löytyi 1860-luvulla myös kallioperän juonista Cariboussa, Boulderista länteen. Laajamittainen perusmetallien tuotanto alkoi vuonna 1877 Leadvillessä, jossa louhittiin lyijykarbonaattia eli cerussiittia. Leadville sijaitsee korkeammalla kuin mikään muu Pohjois-Amerikan huomattava kaivoskaupunki (yli 3000 m). Pian kaivostoiminta alkoi monella muullakin paikkakunnalla. Idästä virtasi suurten tasankojen halki kullanetsijöitä ja heidän mukanaan kauppiaita, kapakanpitäjiä ja farmareita ylläpitämään nopeasti kasvavien kaivoskylien ja kaupunkien elinkeinoelämää ja palveluja.

Vuonna 1872 Yhdysvaltojen presidentti Ulysses S. Grant allekirjoitti kaivoslain, joka antoi malminetsijöille ja kaivosmiehille oikeuden valtion maahan arvomineraalien löytyessä. Maa-alat voitiin ostaa nimellisellä hinnalla. Samankaltainen uudisviljelijöitä koskeva laki oli laadittu kymmenen vuotta aikaisemmin. Molemmat lait johtivat lännen nopeaan valtaamiseen ja asuttamiseen, joka tapahtui Yhdysvaltojen historian mittakaavassa hämmästyttävän myöhään.

Viime vuosisadan viimeiset suuret malmitlöydöt tehtiin vuonna 1891 Cripple Creek'in kulta- ja Creede'n hopea-alueella. Volframien louhinta Nederlandissa alkoi vuonna 1900 ja fluorisälvän louhinta ensimmäisen maailmansodan aikaan. Molybdeenin tuotanto alkoi vuonna 1918 valtavana Climaxin esiintymässä, jossa työ jatkuu edelleen. Uraanin tuotanto alkoi Central Cityssä jo vuonna 1871, mutta laajassa mitassa ydin-tuotannon tarpeisiin vasta 1950-luvulla.

Coloradon mineraaliväyöhykkeen viime vuosisadan kuuluisia kaivoskaupunkeja ovat Central City ja Black Hawk, joiden

alla sanottiin olevan maailman kultarikkaimman neliömailin, Georgetown, Silverplume sekä edellä mainitut Leadville ja Cripple Creek. Nämä ovat vain muutamia kymmenien joukossa. Monet pienemmät kaivospaikkakunnat ovat hävinneet kokonaan, jääneet tyhjilleen aavekaupungeiksi (ghost towns) tai ovat jatkaneet kivuliasta elämäänsä tähän päivään asti. Vuoteen 1866 mennessä olivat syntyneet myös Ward, Jamestown, Gold Lake ja Sugarloaf. Monet niistä ovat pitkän hiljaiselon jälkeen aloittaneet uuden nousun Denverin, Boulderin ja monen muun dynaamisen keskuksen kasvun vaikutuksesta.

Eräät kaupungit, kuten Central City, Black Hawk ja Cripple Creek ovat löytäneet todellisen bonanzan uhkapelistä, jonka Coloradon osavaltio on äskettäin niissä sallinut. Päätös on herättänyt paljon ristiriitaisia tunteita ja polemiikkia, ja se onkin muuttanut kyseisten kaupunkien ilmettä uskomattoman nopeasti. Uhkapelin uusi tuleminen on kuitenkin vain jatkoa sille vanhalle perinteelle, joka kuului oleellisena osana Villin Lännen kaivospaikkakuntien elämään.

Viime vuosisadan viimeisinä vuosikymmeninä kaivostoiminta, siihen liittyvä rikastamo- ja sulattoteollisuus sekä maanviljelys olivat Coloradon vallitsevat taloudellisen toiminnan alat. Vuosien 1858 ja 1964 välisenä aikana eniten taloudellista arvoa tuotti molybdeenin, kullan ja hopean louhinta /7/. Molybdeenin arvo ylitti jalometallien arvon jo vuonna 1940. Seuraavina tilastossa olivat sinkki, lyijy, kupari, volframi, fluorisälpä ja uraani. Coloradon mineraaliväyöhyke on verrattain kupariköyhä. Vaikka kaivostoiminta taantui tämän vuosisadan alkupuolella, tuotanto jatkui 1940-luvulle, jolloin sota-ajan tarpeet kasvattivat niiden mineraalien louhintaa, jotka olivat tarpeellisia sotakoneistolle. Muu kaivostoiminta väheni ja sodan jälkeen inflaatio teki useimpien kaivosten toiminnan kannattamattomaksi. Se ei ole sen koommin noussut Boulderissa eikä muuallakaan Coloradossa entiseen kukoistukseensa.

Kaivostoiminnan kulta-aikana viime vuosisadan lopulla teitä ja rautatielinjoja koverrettiin syvien kanjonien seinämiin yhdistämään kaivoskaupunkeja, -kyliä ja -leirejä. Kapearaiteinen rautatie "Switzerland Trail of America" yhdisti Boulderin kaupungin Kalliovuorten kaivospaikkakuntiin, kuten Wardiin ja Eldoraan. Vuoden 1919 suuri tulva rikkoi osan radasta, mutta se rakennettiin uudelleen. Switzerland Trail of

America oli matkailunähtävyys 1950-luvun alkuun asti, jolloin se lyhytnäköisesti purettiin.

Kalliovuorten juurelle Boulder-joen kanjonin suulle syntynyt Boulder kehittyi 1870-luvulla kaivostoiminnan huolto-keskukseksi. Kun kaupunkiin 1870-luvulla perustettiin yliopisto, myös henkinen kehitys sai jalansijaa. Coloradon yliopiston (University of Colorado in Boulder) geotieteiden laitos sekä runsaan kolmenkymmenen kilometrin päässä niinikään aivan Kalliovuorten juurella pienessä Goldenin kaupungissa oleva Colorado School of Mines ovat tunnettuja geologian ja kaivostekniikan opinahjoja. Denverin luonnontieteellisen museon historiallisen geologian ja mineraalien kokoelmat ovat myös erinomaiset. Nykyään keskikokoinen (asukasluku liki satatuhatta) Boulder on dynaaminen koulutuksen ja talouden kasvukeskus, joka viihtyisyytensä ja kauniin luontonsa puolesta eroaa edukseen Denverin miljoonakaupungista.

Coloradon vuoristoteiden kulkija ei voi olla huomaamatta hajoavia kaivosrakennelmia ja rikastamoja sekä tuhansia kaivantoja ja kuiluja jyrkillä vuorten rinteillä, jotka kertovat Kalliovuorten kaivostoiminnan kulta-ajasta. Yksistään Boulderin vuorilla (Boulderin pinta-ala on lähes 20 000 neliökilometriä, josta puolet on entistä preeriaa) on yli 21 000 hylättyä kaivoskuilua.

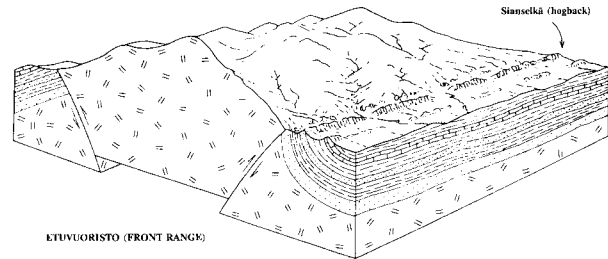
## COLORADON MINERAALIVYÖHYKKEEN GEOLOGIAA

Nuoremman Kivihiilikauden (Pennsylvanian vaiheen) aikana muinaiset Kalliovuoret (Ancestral Rockies) nousivat merestä saarina nykyisen Front Rangen paikalla. Tämä vaihe tunnetaan Coloradon orogeniana /1/. Eri vuorijonoja toisistaan erottaviin altaisiin ja kapeisiin geosynkliineihin kerrostui paksuja kivihiili- ja permikautisia sedimenttejä ja evaporaattikerrostumia.

Nykyiset Kalliovuoret syntyivät Mesotsooisien maailmankauden lopussa ja Kenotsooisien maailmankauden alkupuolella ns. Laramidisen orogenian aikana. Maankuoren kohoamisen seurauksena liitukautinen meri perääntyi lopullisesti Coloradon alueelta ja prekambriset metamorfiset kivet kohosivat korkeiksi Kalliovuoriksi, joihin tunkeutui uusia vulkaanisia ja intrusiivisia magmamassoja. Nousevan vuorijonon juurelle kerrostui uusia sedimenttejä, joiden aines oli peräisin paitsi Kalliovuorten peruskalliosta, myös vuorijonon kohottamista, kilometrien paksuisista sedimenttikivikerroksista (Kuva 1). Eräs tällainen sedimenttikivi on Lyons' in punertava hiekkakivi, jota on yleisesti käytetty rakennuskivenä /4/.

Prekambriset kivet ovat enimmäkseen voimakkaasti metamorfoituneita (high grade) gneissejä ja liuskeita /5, 6/. Etelässä metamorfoitumisen aste on alhaisempi ja paikoin esiintyy vain vähän muuttuneita sedimenttikiviä. Graniitteja esiintyy monin paikoin vanhempiin metamorfisiin kiviin

tunkeutuneina batoliitteina ja pieninä plutoneina /2, 3/. Boulderin kaupungin länsipuolella kohoava Front Rangen vuorijono on Kalliovuorten poimutuksessa kohonnut lohko (Kuva 2), mikä koostuu enimmäkseen prekambrisista gneisseistä, granodioriiteista ja graniiteista.

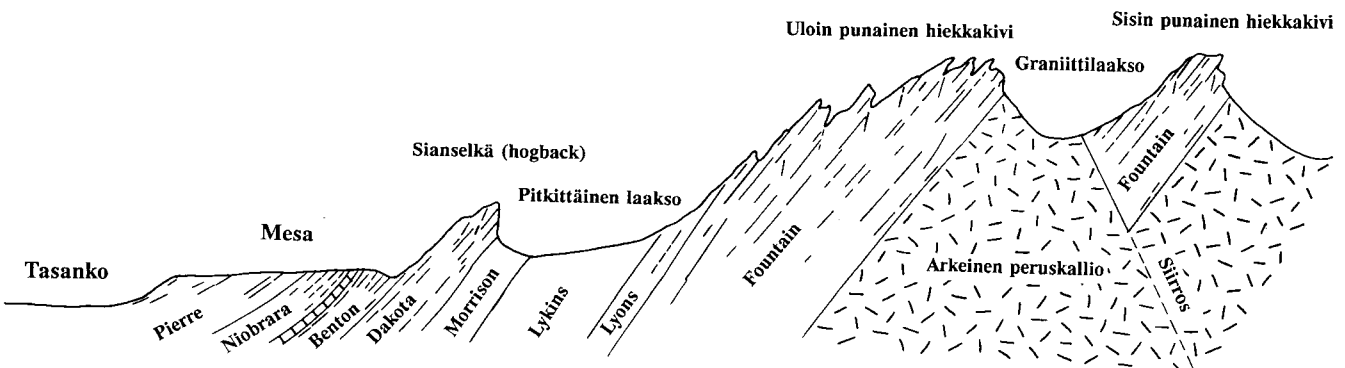


**Kuva 2.** Kalliovuorten lohkoliikunnot ja sedimenttikivien kallistuminen Front Rangen alueella (Lahermo, 1994).

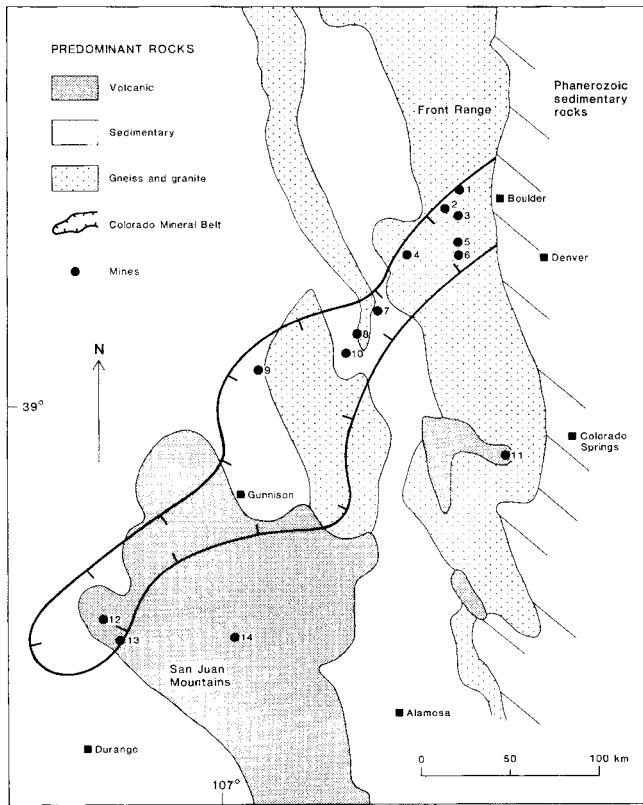
**Fig. 2.** The formation of the Front Range as a result of vertical uplift and the tilting of sedimentary rocks (Lahermo, 1994).

Pääosa kaivostoiminnasta keskittyy Coloradon mineraalivyöhykkeeseen (Colorado Mineral Belt). Se on verrattain kapea, epäsäännöllinen jakso, joka ulottuu Boulderin tienoilta lounaaseen pohjois-eteläsuuntaisten Kalliovuorten halki aina San Juan vuoristoon asti (Kuva 3). Malmivyöhyke on pääosaltaan korkeata vuoristoa, joka seuraa päävedenjakajaa (continental divide). Se leikkaa vinosti vuorijonoa, vallitsevia ruhjesuuntia ja poimujaksoja. Vyöhykkeeseen kuuluu sekä prekambrisia gneissejä ja graniitteja että paleotsooisia, mesotsooisia ja tertiäärisiä vulkaniitteja ja sedimenttikiviä. Alueellinen negatiivinen painovoima-anomalia viittaa siihen, että malmivyöhykkeen alla on syvällä olevia magmakivi-batoliitteja. Magma on levinnyt vanhan peruskallion ruhjesimpään vyöhykkeeseen ja ulottuu paikoin maanpinnalle asti. Malmivyöhyke koostuu laramidisista ja nuoremista intrusiivikivistä, jotka ovat pieninä pakuina ja lakkoliitteina esiintyviä tyypillisiä hypabyssisia eli puolipinnallisia porfyriittejä. Malmiesiintymät ovat meso- ja epitemisiä juonia, syrjäytymälmejä ja juoniverkostoja.

Malmivyöhykkeessä on todettu kaksi intrusio- ja malmimuodostuksen ajanjaksoa: laramidinen (myöhäis-Liitu- ja varhais-Tertiääri-kaudet) sekä oligoseeninen (Tertiääri-kausi).



**Kuva 1.** Geologinen itä-länsi suuntainen leikkaus Kalliovuorista ja sen itäpuolen etumaaston sedimenttikivistä Front Rangen alueella.  
**Fig. 1.** Generalized east-west geological section through the Rocky Mountains and sedimentary rocks in the area of Front Range.



**Kuva 3.** Coloradon mineraalivyöhyke ja tärkeimmät kaivokset. Numeroiden selitykset ovat taulukossa 1.  
**Fig. 3.** Colorado Mineral Belt and the most remarkable mines. Numbers are explained in Table 1.

Pääosa prekambriksen kivien mineralisoituneista vyöhykkeistä (juonet ja syrjäytysmalmit) ovat laramidisia, kun taas vulkaanisten kivien malmit (molybdeeni-, volframi- ja kulta-telluridimalmit) ovat oligoseenisia. Myös uraania ja suuria öljyliuske-esiintymiä (marlstones) on monin paikoin kenotsooisissa kerrostumissa.

Malmiesiintymät ovat pääasiassa neljää tyyppiä: 1) epi-termissiä kvartsi-ferberiiituonia prekambriksissa gneisseissä ja graniiteissa, 2) molybdeeniesiintymiä pirootteena ja juoni-verkoston tertiäärisissä intrusiivikivissä, 3) jalo- ja perusmetalleja juonina ja syrjäytysmalmeina tertiäärisissä vulkaniteissa ja prekambriksissa gneisseissä sekä 4) perusmetalleja juonina ja syrjäytysmalmeina paleotsooisissa sedimenttikivissä. Kuvassa 3 ja taulukossa 1 on esitetty Coloradon mineraalivyöhykkeen huomattavimmat kaivokset ja niiden metallit.

### COLORADON UUEMPI KAIVOSTOIMINTA

Yksi Front Rangen tunnetuimmista malmeista, Cariboun kulta-hopeamalmi, joka sijaitsee 4 km Nederlandin kylästä länteen, ansaitsee tarkemman kuvauksen. Kaivostoiminta on erään keskeytyksin jatkunut nykypäivään asti. Esiintymä löytyi alunperin hopeamalmiina 1860-luvulla. Löytöhistoriaan liittyy romanttinen tarina turkismetsästäjä Samuel Congerista, joka vaelteli alueella vuonna 1860. Hän tutustui intiaanipäällikkö Seisovan Karhun tyttäreeseen Valittavaan Kyyhkyyn. Tämä kertoi Congerille Arapaho-intiaanien aarrevuoresta. Conger löysikin neuvoton paikan ja otti näytteitä. Hän tunnisti ottamansa näytteet hopeaksi kuitenkin vasta vuonna 1869, kun hän näki samanlaista malmia Wyomingissa. Taru Arapahojen aarrevuoresta osoittautui oikeaksi. Conger ja hänen kumppaninsa

TAULUKKO 1. Coloradon tärkeimmät kaivokset ja niiden päämetallit (sijainti kuvassa 3).	
TABLE 1. The most remarkable mines and their metals in Colorado (situation in Fig. 3).	
Kaivos	Päätuotteet
1. Ward	Au, Ag
2. Caribou (+Cross Gold Mine)	Ag, Au, P, Zn, U
3. Nederland	W
4. Urad-Henderson	Mo
5. Central City-Blackhawk	Au, Ag, Cu, Pb, U
6. Idaho Springs	Au, Ag, Zn
7. Breckenridge	Au, Ag, Pb, Zn
8. Climax	Mo, W
9. Aspen	Ag, Pb
10. Leadville	Ag, Zn, Pb, Au, Cu
11. Cripple Creek	Au
12. Telluride	Au, Ag, Pb, Cu, Zn
13. Silverton	Ag, Au, Pb, Zn, Cu
14. Creede	Ag, Pb, Zn

**Taulukko 1.** Coloradon tärkeimmät kaivokset ja niiden päämetallit (sijainti kuvassa 3).  
**Table 1.** The most important mines and their metals in Colorado (situation in Fig. 3).

William Martin apulaisineen lähtivät paikalle ja ryhtyivät louhimaan malmia. Eräs prospektoreista risti alueen Caribouksi, koska se muistutti hänen mielestään Kanadan Caribou-vuoria. Lukuisat louhokset sijaitsevatkin vuorten rinteillä ja laaksoissa, paikoin yli 3000 metrin korkeudessa.

Malmijuonien paksuus vaihtelee muutamasta sentistä kymmeneen sentteihin. Isäntämineraalina juonissa on kvartsia ja malmimineraaleina kulta, hopeaa, lyijyhohdetta, sinkkivälkettä sekä kupari- ja rikkikiisua /5/. Juonten isäntäkivenä on prekambriksen Idaho Springs -muodostumaan kuuluva biotiittigneissi. Kivi on paikoin voimakkaasti suuntautunutta migmatiittia ja ulkonaisesti se muistuttaa täysin mm. Suomen pohjagneissialueen kiviä. Lukuisten malmijuonten (No-Name, Poor Man, Belcher ja Kalamazoo veins) varaan rakennettu kaivostoiminta synnytti 1800-luvun loppupuolella vuorten rinteille 3000 asukkaan kaupungin postitoimistoineen, hotelleineen, ravintoloineen ja ilotaloineen. Useat tulipalot vuosisadan vaihteessa sekä alaiset metallien hinnat romahduttivat kaivostoiminnan alueella. Niistä ajoista kertovat vuorten rinteillä vain hylätyt kaivoskuilut ja rakennusten kivijalat (Kuva 4).



**Kuva 4.** Vain kivirauniot ovat jäljellä Cariboun vuosisadan vaihteessa kukoistaneesta kaivosyhdyskunnasta.  
**Fig. 4.** Stone foundations are only left from the Caribou mining town, which was flourishing in the turn of the century.

Cariboun ja lukuisten muiden hopea- ja kultakaivosten avaaminen johti 1800-luvun loppupuolella voimakkaaseen malminetsintään Front Rangen alueella. Tällöin Nederlandin kylän lähialueilta, noin 20 km Boulderista länteen, löytyi runsaasti mustaa mineraalia, jota analysoitiin kullan ja hopean toivossa, mutta joka osoittautui tyhjäksi. Tälle mineraalille annettiin sellaisia nimiä kuin "heavy iron", "barren silver" ja "black iron". Vasta vuonna 1900 mineraali tunnistettiin ferberiidiksi eli rautarikkaaksi volframiitiksi. Nopeassa tahdissa alueelta löydettiin useita ferberiidijuonia, joiden varaan voitiin perustaa kaivoksia. Itse Nederlandin nimi on hollantilaisten kaivosmiesten antama, koska tämä vuorten sylissä lepäävä pieni tasanko toi mieleen heidän kotimaansa (sic!).

Nederland ympäristöineen oli 1900-luvun alkupuolella USA:n tärkein volframintuottaja. Varsinaisen tuotantohuipun aiheutti ensimmäinen maailmansota, jolloin aseistukseen tarvittavan erikoisteräksen tarve lisäsi volframien kysyntää. Maailmansotien välisenä aikana kysyntä pieneni ja hinta laski, mikä näkyi pienentyneinä tuotantolukuina. Toinen maailmansota aiheutti uuden huipun alueen volframintuotannossa. Ferberiidimalmin louhinta loppui kokonaan vuonna 1946 alhaisen hinnan ja pienten malmivarojen vuoksi.

Alueen volframimalmit ovat muutamasta senttimetristä metriin vahvuisia kvartsi-ferberiidijuonia, joiden isäntäkivenä on prekambriininen Idaho Springs muodostuman biotiittigneissi tai Boulder Creek granodioriitti. Malmiutumisen liittyy varhais-tertiäärin biotiitti-latiitti intruusioiden tunkeutumiseen /6/. Koska kaikki tunnetut juonet ovat kooltaan pieniä, koko tuotannollisen toiminnan aikana malmivaroja ei ollut tiedossa enempää kuin aina yhden vuoden louhinnan tarpeisiin. Nederlandin alueella on louhittu volframia 225 pienestä kaivoksesta ja useista sadoista pienistä louhoksista ja montuista (Kuva 5). Tunnetuimmat kaivokset olivat Conger, Lone Tree,



**Kuva 5.** Yksi sadoista pienistä volframilouhoksista lähellä Nederlandia.  
**Fig. 5.** One typical small tungsten quarry near Nederland.

Chance, Mammoth ja Vasco. Ferberiidirikastetta on saatu talteen n. 24 000 tonnia, jonka  $WO_3$ -pitoisuus oli 60 %.

Boulderin ja Nederlandin välistä aluetta voidaan hyvällä syyllä kutsua volframiprovinssiksi. Kaivostoiminnan loistoajoista muistuttaa karttoihin merkitty nimi "Tungsten", mikä oli pieni talorykelmä ja postitoimisto välittömästi Nederlandin itäpuolella. Yksi suurimmista volframia louhivista kaivoyhtiöistä oli nimeltään Wolf Tongue Mining Co. Se on jäänyt elämään vain paikallisena olutmerkkinä, jonka nimi on Wolf Tongue beer!

Suurin edelleen toimiva kultakaivos Coloradossa on Cripple Creek & Victor Mining. Paikka on historiallista kaivosseutua noin 160 kilometriä Denveristä etelään. Se on eräs Pohjois-Amerikan parhaita kultaesiintymiä. Kaivoksen malmivarat ovat lähes sata tonnia kultana. Tämä luku perustuu 8 miljoonaa dollaria maksaneeseen yli 150 kilometrin kairausohjelmaan.

Puolet nykyisistä kultavaroista on muutama vuosi sitten löydettyssä Cressonin esiintymässä, jonka koko laajuutta ei vielä tunneta. Kaikki kymmenen tunnettua esiintymää ovat keskimäärin 100-200 metrin syvyydellä, mikä tekee taloudellisen avolouhinnan mahdolliseksi. Suurin avolouhinnan mahdollistama syvyys on 300-400 metriä. Avolouhinta ja "heap leaching technology", joka käyttää syaniidiliuosta ja pystyy luottamaan jopa 0,04 unssia (noin 1,1 grammaa) kultaa tonnissa malmia, mahdollistaa taloudellisen louhinnan. Kaivostoiminnasta voi vielä mainita, että Idaho Springsissä vanhassa Edgar Mine-kaivoksessa toimii nykyään maineikkaan Colorado School of Mines'in opetus- ja koekaivos, jossa tulevat kaivosinsinöörit ja -geologit saavat kuuden viikon mittaisella kurssilla tuntumaa todelliseen työympäristöön ja sen aiheuttamiin ongelmiin.

## KAIVOSTOIMINNAN VAIKEUDET JA YMPÄRISTÖKYSYMYKSET

Kaivostoiminnan harjoittamisen ongelmaksi ovat muodostuneet monet esteet, kuten korkeat malminetsinnän kustannukset, vaikeudet saada ja ylläpitää paikallisia ja valtion lupia ja patenttia (kaivosoikeutta) sekä kaivostoiminnan yleiset riskit vaihtelevine metallin hintoineen. Ympäristönsuojelun tiukat, 1970-luvulla luodut vaatimukset ovat tehneet tuottavan kaivostoiminnan harjoittamisen todella vaikeaksi. Yrittäjät kokevat sen kallimmaksi ja epäsuositummaksi kuin koskaan ennen. Siitä huolimatta yrittäjiä riittää.

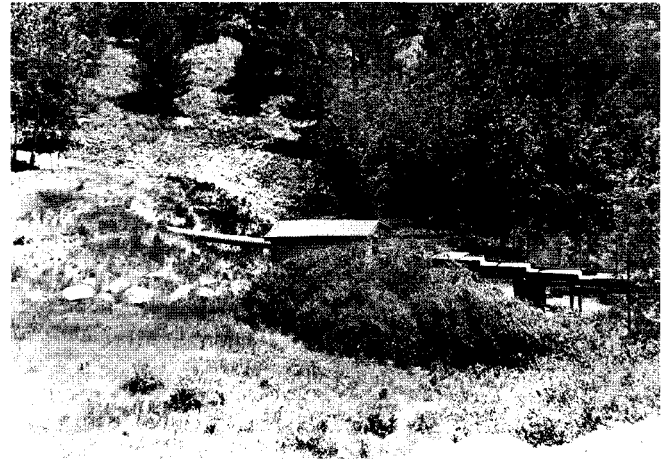
Eräs rohkeista yrittäjistä on Tom Hendricks, jonka omistama kaivoyhtiö, Hendricks Mining Co., avasi uudelleen vanhan Cross Gold Mine-kaivoksen Cariboussa (kts. edellä). Tom Hendricks, joka omistaa kaivoksen lisäksi myös pienen rikastamon Boulderissa, uskoo kaivostoiminnan tarjoamiin mahdollisuuksiin tulevaisuudessaakin. Hänen kaivoksensa tuotti vuosina 1977-1984 kultaa ja hopeaa yli 10 miljoonan markan arvosta. Malmia louhitaan 30 m leveässä, voimakkaasti muutuneen biotiittigneissin siirrossaumassa olevassa kvartsi-juoniverkostossa. Malmisssa on kultaa 8-10 g tonnissa paljain silmin näkymättömänä hienorakeisena kultana. Varmennettuja malmivaroja on 1-2 milj. tonnia, mutta varat voivat olla huomattavasti suuremmat. Viime vuosien inventointikairauksilla onkin varmistettu jo 35 malmijuonta, joiden varassa kaivostointia voitaisiin jatkaa yli 20 vuoden ajan. Lisäksi kaivoksen ympäristössä etsitään koko ajan lisää malmia käyttämällä maannosgeokemiaa sekä magneettista ja IP-mittausta, joilla malmiutumisen liittyvät muuttumisvyöhykkeet (kalium-muuttuminen) pyritään paikantamaan. Vaikka monet kairauksilla varmistetut juonet ovat osoittautuneet luultua köyhemmiksi, toiminta on lähtenyt jälleen käyntiin.



Useimmista kaivoksista valuu suldifimineraalien hapettumisen seurauksena erittäin happamia (pH alle 2,0), runsaasti raskasmetalleja sisältäviä vesiä. Vesi- ja terveyslainsäädäntö edellyttävät, että kaivosvedet puhdistetaan tehokkaasti käyttäen selkeytysaltaita ja suodatusjärjestelmiä, joiden toimivuus tarkistetaan vuosittain. Myös kiinteiden kaivosjätteiden aiheuttama vaara ympäristölle on tiukasti kontrolloitu. Tom Hendricks sanoo, että jos nykyään aikoo harjoittaa kaivostoimintaa Coloradossa, on oltava myös environmentalisti. Hänen kaivoksestaan tulevat metallipitoiset vedet johdetaan saostusaltaisiin (Kuva 6), joiden toimintaa ja tehokkuutta valvotaan tarkasti. Peräkkäisenä sarjana olevien altaiden pohjalla on zeoliittia, joka suodattaa kaivoksesta tulevasta vedestä pois lyijyn, sinkin ja kuparin. Käsittelyn jälkeen vedessä ei ole enää havaittavia määriä raskasmetalleja.

Valtauksen tekeminen on nykyään hyvin vaikeata ja voi viedä koko eliniän. Liitto- ja osavaltion hallitukselle sekä paikallishallitukselle, jotka säätelevät yksityisten maankäyttöä, on voitava osoittaa esiintymän louhinnan kannattavuus. Jotta sen voisi tehdä, malminetsintään ja malmivarojen inventointiin tarvitaan ainakin 200 000-4 000 000 markan pääoma.

Boulderin vuorilla on tuhansia kaivosvaltauksia, joista suurin osa on myönnetty kaivostoiminnan kulta-aikana vuosien 1872 ja 1910 välillä. Kun patentti on kerran myönnetty, se on pysyvä, vaikka monet valtauksset eivät nykyarvion mukaan sisällä mainittavasti arvomineraaleja. Monet valtauksista onkin myyty tonteiksi asutukseen ja lomapaikoiksi. Tällä tavoin



**Kuva 6.** Cross Gold Mine-kaivoksesta vesi johdetaan tällaisiin altaisiin, joiden pohjalla oleva zeoliitti poistaa vedestä liiat metallit.

**Fig. 6.** Water discharging from Cross Gold Mine is treated in pools, where zeolite removes the extra metals from water.

osa mahdollisesti arvokkaista luonnonvaroista on siirtynyt pysyvästi pois käytöstä.

Boulderin vuorilla ja kaikkialla muualla Coloradon mineraaliviyöhykkeellä näkyy viime vuosisadalta ja tämän vuosisadan alusta peräisin olevia louhinta- ja jätekilviä (Kuva 7).



**Kuva 7.** Etualalla ja keskellä jätekilvikasoja ja vanhoja kaivosrakennuksia Idaho Springsin ja Central Cityn välisellä alueella.

**Fig. 7.** Waste piles and old mine buildings in the area between Idaho Springs and Central City.

Monissa vanhoissa kaivoksissa voi vielä olla jäljellä hyödynnettävissä olevia malmeja. Gold Hill Mill-niminen kaivosyhtiö on äskettäin aloittanut tuhansien tonniin suuruisten vanhojen kaivosjätkekasojen hyödyntämisen 50 tonnin päivävauhdilla. Kun malmin rikastuksessa käytetään nykyaikaisia menetelmiä, ei synny haitallisia päästöjä (chemical-free zero-discharge process). Nykyinen rikastustoiminta kierrättää kaiken malmin ja prosessissa käytetty vesi varastoidaan muovilla vuorattuun altaaseen, jossa sen metallipitoisuudet neljännesvuosittain tarkistetaan. Puhtaat valuedet johdetaan pois altaasta.

## KAIVOSTOIMINNAN TULEVAISUUS COLORADOSSA

Huolimatta nykyisestä ympäristöpainotteisesta ja melko kielteisestä suhtautumisesta kaivostoimintaan, sillä on varmasti tulevaisuutta. Ympäristötekniikan ja rikastustekniikan alalla tapahtuva nopea kehitys tekee kaivostoiminnasta ja malmin rikastamisesta yhä kontrolloidumman ja valvotumman

prosessin. Monet pienet kaivosyhtiöt, joita on Boulderissa kymmeniä, voivat toimia voitollisesti. Maankäyttö on Coloradossa asutuksen, virkistyksen ja luonnonsuojelun tarpeisiin tehokasta ja omistussuhteet hajanaisia. Lisäksi vanhojen kaivosten siivoaminen ympäristökelpoisiksi ja toiminnan alkuun saattaminen voi maksaa useita miljoonia markkoja, mikä on suurin este toiminnan aloittamiselle.

Tom Hendricks tuntee hyvin Yhdysvaltojen kaivoslain, jota on muutettu ainakin 55 kertaa sitten vuoden 1872. Siihen tehtiin runsaasti muutoksia, kun tuli yleiseen tietoisuuteen, että liittovaltion maalla toimiva kaivosteollisuus ei öljy- ja kaasutuottajien tavoin maksanut rojalteja. Kaivostoiminta on riskialttiimpaa, ja tuottaa harvoin huomattavia voittoja. Monet ymmärtävät, että tulevaisuudessa tarvitaan aikaisempaa pitkäjänteisempää kansallista kaivannaispolitiikkaa, jotta estetäisiin arvokkaan, mineraaleista rikkaan maan pirstoutuminen asuntoalueiksi. Nyt ei ehkä ole oikea aika hyödyntää esiintymiä, mutta se aika tulee vielä. Koska metalleja ei voi kasvattaa, niitä on kaivettava tai louhittava.

*Tämän artikkelin tekijät ovat olleet vierailuvina tukijoina Coloradon yliopistossa Boulderissa.*

## KIRJALLISUUS-REFERENCES

1. *Chronic, H.*, 1980. Roadside Geology of Colorado. Roadside Geology Series. Mountain Press Publishing Co., Missoula, Montana, 335 pp.
2. *Gable, D.J.*, 1969. Geologic map of the Nederland quadrangle, Boulder and Gilpin counties, Colorado. U.S. Geol. Surv. Dept. Of Interior.
3. *Gable, D.J.*, 1980. The Boulder Creek Batholith, Front Range, Colorado. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 1101, 88 pp.
4. *Lahermo, P.*, 1994. Lyons-hiekkakivi ja suomalaiset kiviteollisuuden uranuurtajat Coloradossa. Summary: Lyons sandstone and the Finnish building stone pioneers in Colorado, U.S.A. Vuoriteollisuus 1: 36-39.
5. *Lovering, T.S. and Goddard, E.N.*, 1950. Geology and Ore Deposits of the Front Range Colorado. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 223, 319 pp.
6. *Lovering, T.S. and Tweto, O.*, 1953. Geology and Ore Deposits of the Boulder County Tungsten District Colorado. U.S. Geol. Surv. 245, 199 pp.
7. *Tweto, O.*, 1968. Geologic Setting and Interrelationships of Mineral Deposits in the Mountain Province of Colorado and South-Central Wyoming. Pp. 551 - 588 in: John D. Ridge (ed.), Ore Deposits of the United States. The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, 991 pp.

## SUMMARY

### ORE DEPOSITS AND MINING IN COLORADO, U.S.A.

Mining in the Rocky Mountains of Colorado started in the mid of the 19th century, when placer gold was found in 1857 near Boulder. Base metal deposit at Leadville and Au-Ag deposit at Caribou were found in 1860's. Mining at Caribou reached its climax during the turn of the century. Then a small town with 3000 inhabitants was flourishing on the steep mountain slopes. Declined metal prices and several fires closed mining in the beginning of the 20th century and stone foundations are only left as a memorial (Fig. 4). Cross Gold Mine owned by Canadian Hendricks Mining Co. has opened a new mine in the Caribou area. It produces Au, Ag, Zn and Pb.

Tungsten production from narrow quartz-ferberite veins started in 1900 and lasted up to 1946. Both world wars resulted in boom of tungsten production because of the enhanced demand of alloy steel used in weapons. The whole area between Boulder and Nederland could be called as a tungsten province. The total of 24 000 tons of ferberite concentrate containing 60 % WO<sub>3</sub> was produced from hundreds of small mines, quarries and pits (Fig. 5).

The majority of the ores and mines occur in the Colorado Mineral

Belt, which crosses both Precambrian gneisses and granites and younger Paleozoic, Mesozoic and Tertiary sedimentary and volcanic rocks (Fig. 3). Ore deposits are associated with the intrusion of young hypabyssic porphyrites. Mineralization processes have been produced in two phases: the older one is Laramide (late Cretaceous - early Tertiary) and the younger one is Oligocene (middle Tertiary). There are four main types of ores: (1) epithermal quartz-ferberite veins in Precambrian gneisses and granites, (2) molybdenite disseminations and vein stockworks in Tertiary intrusive rocks, (3) precious and base metal veins and replacement bodies in Precambrian gneisses and Tertiary volcanics and (4) base metal veins and replacement bodies in Paleozoic sedimentary rocks.

The environmental legislation puts strict limits to the mining today. The above-mentioned Cross Gold Mine is a good example, how the environmental demands must be taken into account and still to carry out economic mining. There the metal-bearing water discharging from the mine is treated with zeolite in successive precipitation pools in order to remove the extra metals (Fig. 6).

## ”Kaasufaasin reaktiot masuunissa” -tutkimuksen verkottuminen

Professori Jouko Härkki, DI Päivi Mannila, Oulun yliopisto, Prosessitekniikan osasto, Prosessimetallurgia, Linnanmaa, Oulu

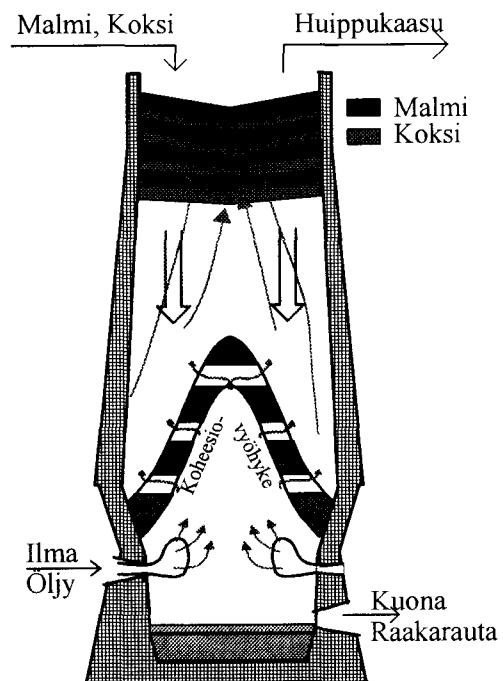
**Tekes, Rautaruukki, Fundia, Suomen Akatemia ja suomalaiset korkeakoulut** ovat panostaneet poikkeuksellisen voimakkaasti raudanvalmistuksen tutkimukseen viimeisen kolmen vuoden aikana. Syy tähän on selvä: Kaikki Suomen kolme masuunia (RR 2 kpl ja Fundia 1 kpl) on peruskorjattu vuosina 1995-96. Mahdollisuuksia ja uhkia on ollut poikkeuksellisen paljon. Rautaruukin masuuni numero 1 on ollut usean vuoden ajan Euroopan tehokkain ja masuuni 2 neljänneksi tehokkain raudantuottaja. Fundian masuuni Koverharissa on sijoittunut myös hyvin kansainvälisessä vertailussa pienuudestaan huolimatta. Kaikkiin suomalaisiin masuuneihin injektoidaan huomattavia määriä erittäin raskasta rikkipitoista polttoöljyä, joten päätehtävän, raudan tuotannon, ohella uunit ovat myös ympäristölle ongelmallisen pohjaöljyn hyötykäyttäjää.

Masuunit peruskorjataan nykyään noin 15 vuoden käyttöikä varten. Oikeilla rakenteellisilla ratkaisuilla voidaan saada aikaan säästöjä energiankulutuksessa sekä vaikuttaa tulevien vuosien huoltokustannuksiin merkittävästi. Varautumalla mahdollisiin muutoksiin prosessissa (mm. kivihiilen ja muiden pelkistimien ja/tai raudantuojien injektointiin hormitasolta) jo tässä vaiheessa, voidaan myös säästää tulevaisuuden investointikuluja huomattavasti.

Suomalaisissa masuuneissa on ollut meneillään suuri määrä muutoksia, joiden läpivienti on vaatinut kauaskantoisia päätöksiä ja tapahtumien oikeaa ennakkointia. Korkeiden tuotantolukujen ja matalan energiankulutuksen kilpailuedun säilyttäminen uusissa olosuhteissa ei ole mahdollista ilman voimakasta tutkimuspanosta. Panosmateriaalin muutokset ja öljyinjektion massiivinen lisäys ovat vaativia haasteita niin käytölle kuin tutkimuksellekin. Saavutettu tuotantoetu vaatii säilyäkseen jatkuvia ponnisteluja. Suomessa tuotettiin vuonna 1995 2,2 miljoonaa tonnia raakarautaa, joka oli noin 0,4 % koko maailman raakarautatuotannosta (526,1 milj. tonnia).

### MASUUNIN TOIMINTA YLEISESTI

Masuuni (kuva 1) on korkea vastavirtaperiaatteella toimiva kuilu-uuni, jossa käytetään pääasiassa hiiltä, lähinnä koksien muodossa pelkistämään rautaoksidia raudaksi. Rautaoksidia, metallurginen koksi ja kuonanmuodostajat panostetaan masuuniin yläosasta ja hiilipitoinen sula raakarauta ja kuona poistetaan uunin alaosasta. Metallurgisen koksien toisena tehtävänä rautaoksidin pelkistämisen lisäksi on toimia panosmateriaalin tukiaineena. Masuunin hormitasolta puhalletaan masuuniin esilämmitettyä ilmaa ja kaasumaisia, nestemäisiä tai kiinteitä hiilivetyjä ja/tai hiiltä. Hormitasolta syötettävän ilman ja polttoaineen tehtävänä on tuoda lämpöä pelkistys-

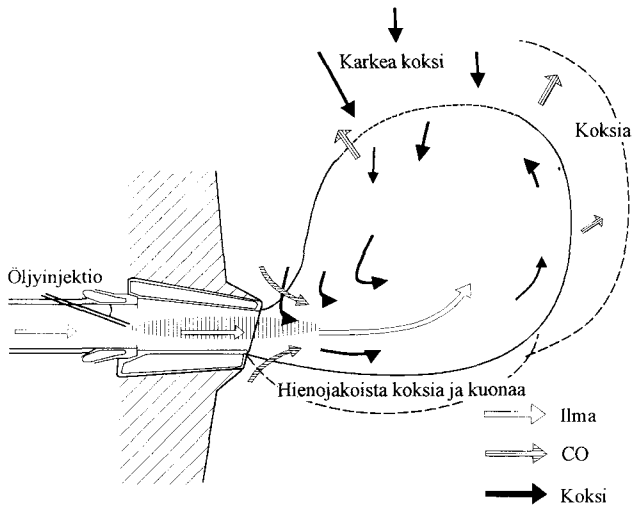


Kuva 1. Masuunin yleiskuva /10/.

Fig. 1. Blast furnace in general /10/.

reaktioiden aikaansaamiseksi sekä raudan ja kuonan sulattamiseksi. Hormitasolla muodostuva kaasufaasi kulkeutuu ensin fluidisoituneen koksien ja alaspäin valuvan sulan kuonan ja raudan välistä koheesiovyöhykkeelle, joka on muodostunut koksi-ikkunoista ja juuri sulamispisteen alapuolella olevasta rautaoksidista. Lämpötila tällä vyöhykkeellä on noin 1300-1500°C. Kaasut kulkeutuvat koheesiovyöhykkeellä koksi-ikkunoiden läpi ylemmäksi masuuniin alueelle, jossa sekä koksi että rautaoksidit ovat kiinteässä tilassa. Hormitasolta ylöspäin nouseva kaasu pelkistää osan rautaoksidista raudaksi. Hormitasolta puhallettava ilma ja lannsen avulla injektoitava lisäpolttoaine muodostavat masuunin hormitasolle noin 1 metrin syvyisen palo-onkalon, jota kutsutaan racewayksi (kuva 2).

Masuuni on siis vastavirtaan toimiva aineen- ja lämmönvaihdin, jossa malmin sisältämät sivukiviainekset erottuvat kuonafaasiin ja rautaoksidiosan happi sidotaan hiilen avulla kaasufaasiin. Tällainen massiivinen pystyuuni, jossa lämpötila vaihtelee alaosan polttoliekin noin 2300°C lämpötilasta huipun noin 200°C lämpötilaan on erinomainen paikka myös



**Kuva 2.** Masuunin palo-onkalo eli raceway /10/.  
**Fig. 2.** Combustion area of the blast furnace or raceway /10/.

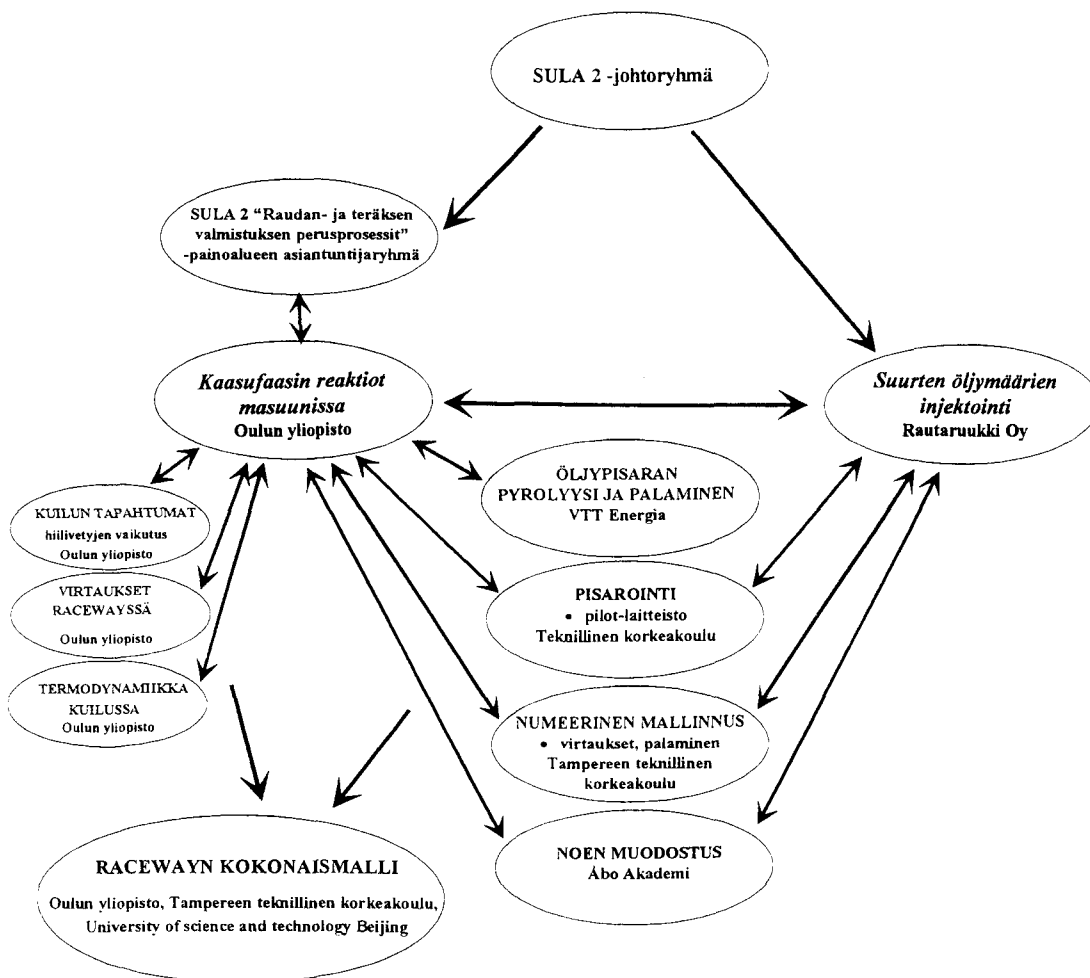
erilaisten ympäristölle ongelmallisten jätteiden ja välituotteiden käsittelyyn. Masuunin kuona pystyy sitomaan itseensä ympäristölle haitallisia komponentteja, kuten rikkiä. Masuunikuonaa käytetään rakennusteollisuudessa muun muassa maanrakennuksessa. Huomattavaa kuitenkin on, että masuunin käyttö perinteisen raudatuotannon ohella ympäristöongelmaisten

materiaalien käsittelyyn on uusi kehityssuunta ja vaatii runsaasti panostusta tutkimukseen.

### TUTKIMUSYHTEISTYÖ

Tutkimuksessa on panostettu rahoittajien (Tekes, Rautaruukki, Suomen Akatemia) toimesta noin 4,7 miljoonaa markkaa vuosina 1992–96. Tämä tutkimusrahoitus on suunnattu usealle eri korkeakoululle. Tutkimuksen pääteemana ovat suurten öljymäärien injektointi masuuniin ja kaasufaasin reaktiot masuunissa. Suurten öljymäärien injektointi masuuniin on Rautaruukin yritysprojekti, joka on hyvin läheisessä yhteistyössä kaasufaasin reaktiot masuunissa -projektin kanssa. Nämä projektit hyödyntävät toinen toistensa tietämystä.

Injektointaessa öljyä masuuniin noin 2300°C lämpötilaiseen liekkiin tullaan polttotekniikan alueelle, jota Tekesin rahoittamassa LIEKKI-ohjelmassa on tutkittu lähes kymmenen vuoden ajan erittäin intensiivisesti. LIEKKI-ohjelman yhteistyölaboratoriot ovat saavuttaneet alalla huomattavan korkean kansainvälisen tason. Masuunin kaasufaasin reaktioita rahoittaa lähinnä SULA-ohjelma. Tässä kyseessä olevassa projektissa on yhdistetty LIEKKI-ohjelmassa saavutettu polttotekniikan tietotaito SULAn prosessimetallurgiseen tietoon masuunin toiminnasta. Projektia on ohjannut Rautaruukin ja Fundian raakarautayhteistyöryhmä yhdessä SULAn johtoryhmän kanssa. Yhteistyön koordinointi ja tieteellinen johto tapahtuu **Oulun yliopiston prosessimetallurgian** professuurista käsin (kuva 3).



**Kuva 3.** Tutkimuksen verkottuminen.  
**Fig. 3.** Network of the research.

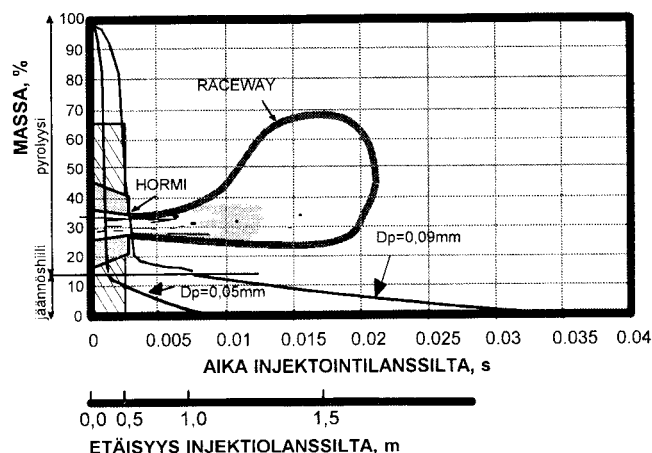


Hiili- ja maakaasuinjektio on yleisempää kuin öljyinjektio. Hiili-injektioita on tutkittu hyvin paljon, mutta öljyinjektion tutkiminen on ollut vähäisempää. Öljyinjektio muuttaa masuunin kaasufaasia vetypitoisemmaksi kuin hiili-injektio ja tätä kautta myös rautaoksidien sulamis- ja pelkistymistapahtumat muuttuvat. Erikoisraskas öljy on hyvin rikkipitoista, joka voi aiheuttaa myös hankaluuksia masuunin toiminnassa. Projektin tarkoituksena on selvittää masuunin kaasufaasin käyttäytyminen korkeilla öljyinjektiomäärillä. Projektin yhteydessä tutkitaan etenkin öljyinjektion tehostamisen keinoja lähinnä racewayn turbulenttia palamista mallintamalla. Työ tehdään yhteistyönä Oulun yliopiston prosessimetallurgian, Åbo Akademin kemian tekniikan osaston palamisen kemian tutkimusryhmän, Teknillisen korkeakoulun konetekniikan osaston energiatekniikan ja ympäristönsuojelun laitoksen ja Tampereen teknillisen korkeakoulun energia- ja prosessitekniikan laitoksen kanssa. Lisäksi yhteistyötä on ollut myös VTT Energian Jyväskylän yksikön kanssa. Tapahtumaketju öljyn injektioista masuuniin voidaan jakaa seuraaviin osiin: Öljyn ruiskutus masuuniin ja öljyn pisaroituminen, palo-onkalon turbulentit virtaukset, reaktiokemia (pyrolyysi ja pyrolyysikaasujen, jäännöshiilen ja koksien palaminen).

### ÖLJYN PYROLYYSI JA PALAMINEN

Projektiin liittyvä ensimmäinen tutkimustyö tehtiin vuosina 1992-1993 Oulun yliopistolla. Tutkimuksessa selvitettiin masuunin hormitasolla tapahtuvia ilmiöitä siten, että öljyn käyttöä voitaisiin lisätä ja polttoilman happirikastus voitaisiin optimoida. Työssä käytettiin VTT:llä Jyväskylässä kehitettyjä öljyn pyrolyysiä ja palamista simuloivia malleja /1/. Laskennassa tutkittiin pisarakoon, happirikastuksen, puhallusilman lämpötilan, puhallusilman nopeuden ja öljymäärän lisäyksen vaikutusta pyrolyysiin. Tulosten perusteella havaittiin tarvetta tarkempaan racewayn ilmiöiden tarkasteluun. Kuvassa 4 on esitetty kahdelle eri pisarakoolle laskettuja pyrolysoitumis- ja palamisaikoja. Kuvasta havaitaan, että pisan halkaisijan ollessa 0.09 mm öljypisara ei ehdi palaa täydellisesti racewayn alueella /2/. Palamattomat hiilivedyt voivat aiheuttaa ongelmia muodostaessaan nokea.

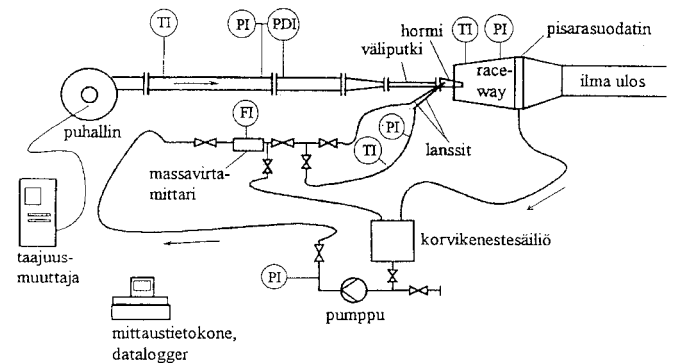
Tämän tutkimuksen pohjalta suunniteltiin LIEKKI-ohjelman johdon kanssa projektikonaisuus, jossa LIEKKI-ohjelman tietotaito palamisesta ja SULA-ohjelman metallurginen tieto masuunista yhdistettiin.



**Kuva 4.** Öljypisaran palaminen laskettuna kahdelle eri pisarakoolle: pisanhalkaisijat 0.05 mm ja 0.09 mm /2/.  
**Fig. 4.** Combustion of the oil drop with two drop sizes: drop diameters 0.05 mm and 0.09 mm /2/.

### ÖLJYN INJEKTOINNIN MALLINNUKSEN PIENOIS- MALLEILLA

Masuunin öljyinjektioissa öljyn pisarakoolla ja -jakaumalla on ratkaiseva merkitys öljyn pyrolyysille ja palamiselle. Teknillisessä korkeakoulussa energiatekniikan ja ympäristönsuojelun laboratoriossa tehdään paljon pienoismallitutkimusta erityisesti eri nesteiden pisaroituminen osalta. Tässä laboratoriossa on rakennettu masuunin hormitasoa kuvaava pienoislaitteisto (kuva 5). Laitteisto toimii huoneenlämpötilassa ja sen avulla voidaan

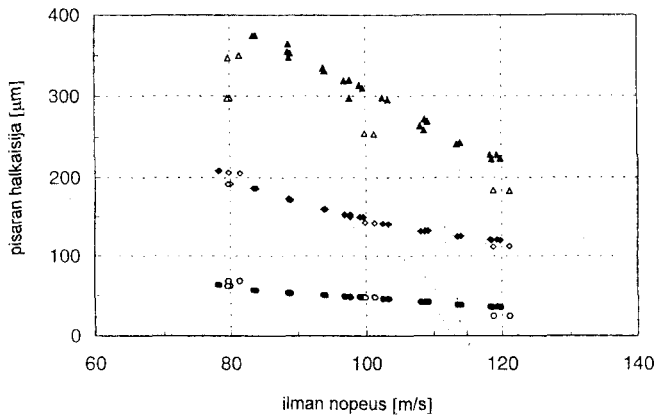


**Kuva 5.** Koelaitteisto /3/.  
**Fig. 5.** Experimental equipment /3/.

tutkia nesteiden pisaroitumista, pisarakokoa ja pisarasuihkun etenemistä lanssilta. Pienoismallin koko on 2/3 todellisesta hormikoosta Rautaruukilla Raahessa. Muita pienoismallin muuttajia varten suoritettiin dimensioanalyysi, jotta pienoismalli kuvaisi mahdollisimman hyvin todellisia olosuhteita. Tehdasmittakaavassa käytettävän raskaan polttoaineen tilalta pienoismallikokeissa käytettiin aluksi kevyttä polttoöljyä, joka vaihdettiin myöhemmin veteen ja glyserolin seokseksi ja edelleen veteen, glyserolin ja etanolin seokseksi. Analyysilaitteina käytettiin videokuvauslaitteistoja, Malvern-hiukkaskoanalyysointilaitteita sekä Laser-Doppler-anemometriä. Kokeiden tuloksena havaittiin, että ilmavirtauksen nopeutta suurentamalla pisarakoko pienenee voimakkaasti. Nesteiden virtausnopeudella ja pintajännityksellä sekä lanssin halkaisijalla oli myös vaikutusta pisarakokoon. Nesteiden viskositeetilla ei kuitenkaan havaittu merkittävää vaikutusta pisarakokoon. Kuvassa 6 on esitetty ilmavirtauksen nopeuden vaikutus pisarakojakaumaan. /3,4/

### YKSITTÄISTEN VIRTAUSILMIÖIDEN VAIKUTUS ÖLJYN PALAMISEEN

Öljystä pyrolysoituvien kaasujen palamisen tehokkuuteen vaikuttavia parametreja on tutkittu virtauslaskennan (CFDS-FLOW3D) avulla. Happirikastuksella on suuri vaikutus palamisen tehokkuuteen sitä parantaen. Pisarakoon pienentyessä palaminen on nopeampaa ja tehokkaampaa. Kuitenkin turbulenssin intensiteetillä on näihin verrattuna suurempi merkitys pyrolyysikaasujen palamiseen. Nostamalla turbulenssin kineettistä energiaa eli tehostamalla sekoitusta havaitaan palamisen lopputuloksen paranevan huomattavasti. Virtaustekninen tutkimus oli yhteistyöhanke Oulun yliopiston prosessitekniikan osaston kemiallisen prosessitekniikan laboratorion kanssa. Tässä työssä tarkasteltiin öljyn palamiseen vaikuttavia



**Kuva 6.** Ilmavirtauksen nopeuden vaikutus pisarakokojakaumaan. Tuloksia kahdesta eri koejaksosta. Nestevirtaus 3.95 kg/min/hormi. • ja ◊ = D[v,0.1], ◆ ja ◈ = D[v,0.5], ▲ ja △ = D[v,0.9] /4/.  
**Fig. 6.** The effect of air speed on the drop size distribution. Liquid flow rate 3.95 kg/min/tuyere. • and ◊ = D[v,0.1], ◆ and ◈ = D[v,0.5], ▲ and △ = D[v,0.9] /4/.

tekijöitä siten, että racewaytä kuvattiin yksinkertaisella laajenevalla putkella. /5/

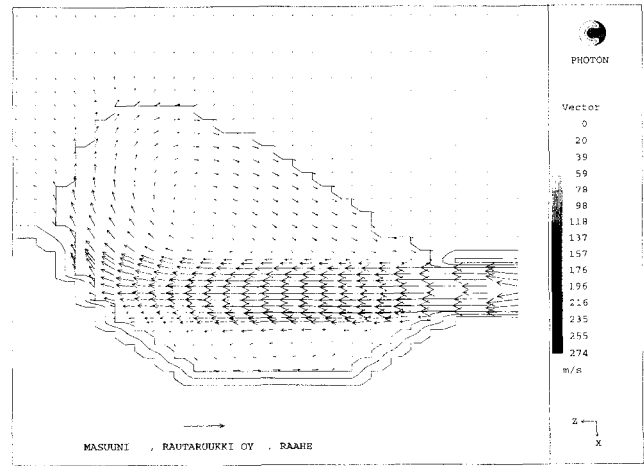
### RACEWAYN KOKONAISMALLI

Kolmiulotteisen kokonaismallin avulla pyritään selvittämään kaasun virtauskenttä, paine- ja lämpötilajakaumat, kaasun koostumus sekä koksien liikkeet racewayn eri osissa. Tämän mallin avulla pyritään sitomaan koko projektissa saavutettu tieto yhdeksi kokonaismalliksi. Mallin avulla voidaan selvittää racewayltä ylöspäin masuunin kuiluun lähtevän kaasufaasin koostumus injektioparametreja (mm. öljyinjektion määrä, happi-rikastus, puhallusilman paine ja nopeus) muutteltaessa. Työ tehdään yhteistyönä koko suomalaisen yhteistyöryhmän kanssa. Ryhmässä on myös tutkija **Beijingin University of Science and Technology**:sta Kiinasta. Tampereen teknillinen korkeakoulu on tässä tehtävässä ollut racewayn virtausten ja palamisen numeerisen mallin tekijänä siten, että mallin reunaehdot ja lähtöarvoja on tarkistettu yhdessä muun yhteistyöryhmän kanssa. Tampereen teknillisen korkeakoulun energia- ja prosessitekniiikan laitoksella tehdään paljon numeerista mallinnusta usealla eri kaupallisella virtauslaskentaohjelmistolla.

Racewayn ilmiöiden numeerista mallinnusta tehdään käytän virtauslaskentaohjelmistoa (Phoenix), jonka avulla myös hormilta injektoidun öljyn palamiseen liittyviä ilmiöitä voidaan simuloida. Vaikka öljy pyrolysoituisikin välittömästi lanssilta irtauduttuaan, niin osa muodostuneesta kaasusta ja jäännöshiilestä ehtii kulkeutua hormilta tulevassa voimakkaassa suihkussa pitkälle racewayn takaosaan ennen reagoimistaan hapen kanssa. Koksien osallistuminen palamiseen alentaa racewayn happipitoisuutta, jolloin hiilivedyt saattavat poistua reagoimattomina racewaystä. Lisäksi tässä mallinnuksessa pyritään käyttämään geometriaa, joka kuvaisi mahdollisimman tarkasti todellisen racewayn koon ja muodon. Kuvassa 7 on esitetty eräs tulos racewayn alueen kaasufaasin virtauskentästä.

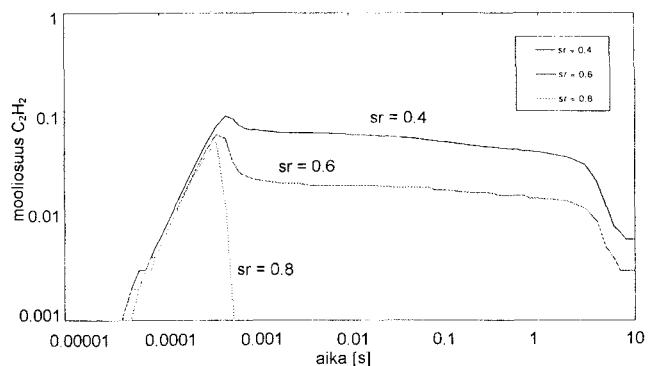
### NOEN MUODOSTUKSEN TUTKIMINEN

Racewayllä epätäydellisesti palaneeseen pyrolyysikaasuun voi jäädä palamattomia hiilivetyjä. Palamattomista hiilivedyistä



**Kuva 7.** Racewayn kaasufaasin virtauskenttä /11/.  
**Fig. 7.** The flow pattern of the gas phase in the race way /11/.

voi syntyä nokea, joka voi tukkia kaasun kulkureittejä, häiritä rikasteen pelkistymistä sekä aiheuttaa pölyongelmia masuunin huipulla. Åbo Akademin palamisen kemian tutkimusryhmä on erikoistunut nimensä mukaisesti palamiseen kemiaan. Tässä ryhmässä tutkitaan noen muodostumisen mekanismeja ja nopeuksia masuuniolosuhteissa. Laskenta on tehty SENKIN-koodilla, joka pohjautuu CHEMKIN II Fortran aliohjelmakirjastoon. Laskennassa käytetään noen muodostumisen yksityiskohtaisia kineettisiä malleja. Noen muodostumismekanismia on useampia ja ne ovat monimutkaisia. Kuvassa 8 on esitetty asetyleenin muodostuminen eri ilmakertoimilla (sr = stoichiometric ratio = hapettavat/pelkistävät) 0.4, 0.6 ja 0.8. Asetyleeni ilmaisee noen muodostumista. Kuvasta havaitaan, että ilmakertoimen pienentyessä

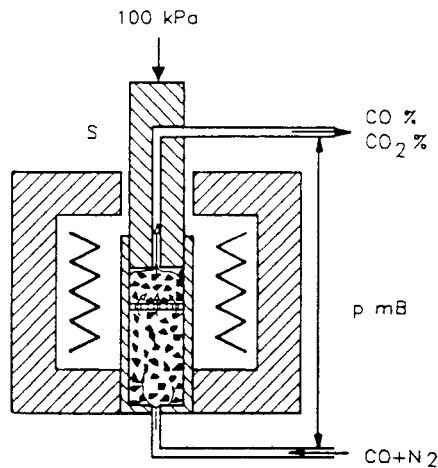


**Kuva 8.** Asetyleenin määrä eri ilmakertoimilla. Laskennassa käytetty pyrolyysikaasu: 0.833 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, 0.167 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, p = 1 bar, T = 1400-400°C.  
**Fig. 8.** C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> profile at different stoichiometric ratios. Pyrolysis gas composition: 0.833 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, 0.167 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, p = 1 bar, T = 1400-400°C.

asetyleenin määrä kasvaa. Tämä johtuu siitä, että asetyleenin reaktionopeus kasvaa hapen määrää lisättäessä systeemiin. Kuvassa esitetyt tulokset ovat simuloinnista, jossa lämpötilaa lasketaan 1400°C:sta 400°C:een aikavälillä 0-10 sekuntia. /6,7/

## HIILIVETYJEN, VEDYN JA RIKIN VAIKUTUKSET MASUUNIN KUILUN TAPAHTUMIIN

Oulun yliopistolla on tarkasteltu hiilivetyjen, vedyn ja rikin vaikutuksia masuunin kuilun tapahtumiin. Hiilivedyn ja vedyn vaikutuksia rautaoksidien pelkistykseen tarkasteltiin kirjallisuuden ja tasapainolaskelmien lisäksi kokeellisesti. Työn kokeellinen osa suoritettiin yhteistyössä TKK:n metallurgian laboratorion ja Rautaruukin Raahen tutkimuslaboratorion kanssa. Kokeiden avulla arvioitiin hiilivetyjen vaikutusta pelkistykseen ja hiilivetyjen aiheuttaman hiilen muodostumisen vaikutusta rikasteeseen. Kuvassa 9 on esitetty Rautaruukilla käytetty Bourghard-laitteisto. Koemateriaaleina olivat Rautaruukilla panosmateriaalissa käytettävät sintteri ja pelletti. /8/



**Kuva 9.** Bourghard-laitteisto /8/.  
**Fig. 9.** Bourghard-equipment /8/.

## TUTKIMUKSEEN LÄHEISESTI LIITTYVÄT TUTKIMUKSET

Oulun yliopistossa on laskettu termodynaamisen laskentaohjelmiston (HSC) avulla kaasufaasin termodynaamisia tasapainoja masuunin kuilussa. Laskelmien avulla tarkastellaan reunaehtoja masuunin kaasufaasille. Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää hyväksi tarkasteltaessa tarkemmin masuunin sisäisiä ilmiöitä, kuten kiertäviä komponentteja.

Lisäksi Oulun yliopistossa on aloitettu tutkimukset koskien masuunin sisäisiä kiertokuormia. Korkeammassa lämpötiloissa kiertävät komponentit höyrystyvät ja kohoavat kaasujen mukana ylöspäin, kunnes lämpötilan laskiessa adsorboituvat hiilen tai rautaoksidin pintaan ja laskeutuvat panoksen mukana uudelleen masuunissa lämpimämmälle vyöhykkeelle. Näin masuunissa on sisäisiä kiertoja, joissa kiertävän komponentin määrä voi olla jopa 20-kertainen sen syöttöön nähden. Nämä komponentit voivat tarttua masuunin seinämille tai vaikuttaa panosmateriaalin käyttäytymiseen ja näin masuunin tuottavuuteen /10/. Kiertokomponentit vaikuttavat myös masuunikuonan muodostukseen eli sivukiven erkaantumiseen raudasta.

Eräissä Rautaruukilla/Oulun yliopistossa tehtävissä tutkimustyössä tarkastellaan sinttereiden ja pellettien pelkistymistä ja sulamiskäyttäytymistä. Työn aikana kehitellään uutta testausmenetelmää näille rikasteille. Tavoitteena on kehitellä sellainen testausmenetelmä, joka simuloisi mahdollisimman tarkasti masuunin olosuhteita. Kehitys kohdistuu edellä mainittuun

Bourghard-laitteistoon ja sen ohjausjärjestelmään (kuva 9).

Tutkimusryhmällä on yhteistyötä myös Åbo Akademin lämpötekniikan laboratorion kanssa.

## TULEVAISUUS

Masuuni on erittäin suuri energian kuluttaja ja siksi sen toiminnassa saavutettavilla parannuksilla on erittäin suuri taloudellinen ja ympäristönsuojellinen merkitys. Pohjoismaisilla masuuneilla on koko joukko yhteisiä ongelmakohtia ja näin ollen Jernkontoretin kautta tapahtuvalla yhteispohjoismaisella tutkimuksella on pitkä ja menestyksenkäät perinteet. Masuunin injektio tekniikan alueella ollaan rakentamassa vuosille 1997-1999 yhteishanketta, jossa paneuduttaisiin yhteisiin ongelmiin Ruotsin SSAB:n ja LKAB:n sekä Suomen Rautaruukin ja Fundian kanssa. Ruotsissa Luulajassa sijaitsevat MEFOS ja Luulajan tekninen korkeakoulu, Tukholman Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) sekä Suomesta Oulun yliopiston johtama tutkimusryhmä tulisivat olemaan mukana tässä hankkeessa. Tällä yhteistyöryhmällä on tavoitteena edetä Euroopan hiili- ja teräsyhteisön tutkimushankkeeksi vuosille 1998-.

## KIRJALLISUUS - REFERENCES

1. *Saastamoinen, J.*, A preliminary report of oil droplet computation. VTT Combustion and thermal engineering lab., Jyväskylä 1989, 6 p.
2. *Ollila, S.* Palamisilmiot masuunin hornneilla. Diplomityö, Oulun Yliopisto, Oulu 1993, 89 s.
3. *Hakala, J.* Masuunin öljyn ruiskutuksen mallinnus pienoismalleilla, tavoitteena ruiskutusmäärän lisäys. Espoo 1995, Helsinki University of Technology, Institute of Energy Engineering Research, Report 66, 94 s.
4. *Hakala, J. & Paloposki, T.* Small scale model experiments on the injection of heavy oil into blast furnace. Espoo 1996, Helsinki University of Technology, Institute of Energy Engineering Research, Report 74, 109 s.
5. *Laukkanen, J.* Öljyn turbulentin palamisen numeerin mallinnus masuunin raceway-alueella. Diplomityö, Oulun yliopisto, Oulu, 1995, 95 s.
6. *Mueller, C., Kilpinen, P. & Hupa, M.* Parametric studies on formation of soot precursors in a blast furnace firing heavy fuel oil using detailed kinetic modelling. Åbo Akademi, Combustion Chemistry Research Group, Report 94-14, 21 p.
7. *Norström, T., Kilpinen, P. & Hupa, M.* Soot formation in a blast furnace - Prediction via parametric study, using detailed kinetic modelling. Åbo Akademi, Combustion Chemistry Group, Report 95-14, 44 p.
8. *Kääriä, I.* Öljyinjektion vaikutus masuunin kuilun tapahtumiin. Diplomityö, Oulun yliopisto, Oulu, 1995, 85 s.
9. *Metti, Rautaruukin metallurginen tietämysjärjestelmä.*

## SUMMARY

### THE NETWORK OF THE PROJECT "GAS PHASE IN THE BLAST FURNACE"

Technology Development Centre, Rautaruukki, Fundia, Finnish Akademi and Finnish universities have invested exceptional much for the research of the iron making during last years. All Finnish blast furnaces (RR 2 BFs and Fundia 1 BF) have been renovated at 1995-96. Blast furnaces are renovated for the 15 years campaign time. There are many changes at those blast furnaces. The modification on the charging material as well as increasing of the oil injection rate set the challenges for the operators and for the research. The main topics at the research have been the increasing of the very heavy fuel oil injection and the gas phase reactions in the blast furnace. The research is mainly financed by the national research program SULA 2 - Energy in the steel and base metal production. The links between SULA 2 and LIEKKI 2 - Combustion and gasification -program have been created during the project. The coordination and scientific management of the project has been at the University of Oulu, Process Metallurgy. The research has been done as a co-operation between University of Oulu, Technical Research Centre of Finland, Helsinki University of Technology, Åbo Akademi, Tampere University of Technology, Fundia and Rautaruukki.



# Sulfidimalmien esikäsittelyn vaikutus vaahdottuvuuteen ja valmennusnopeuteen

Prof. Hannu Kuopanportti, DI Timo Suorsa, TkL Eine Pöllänen, Oulun yliopisto, Prosessitekniiikan osasto, Mekaanisen prosessitekniiikan laboratorio

## JOHDANTO

Oulun yliopiston prosessitekniiikan osaston mekaanisen prosessitekniiikan laboratoriossa selvitetään sulfidimineraalien pinnalle tapahtuvan ksantaatin adsorption kinetiikkaa; erityisesti tutkitaan jauhatusta- ja valmennusolosuhteiden vaikutuksia sulfidimineraalipintojen hapetus-pelkistystilaan ja tämän vaikutusta kokoojakemikaalina käytettyjen ksantaattien adsorptio-ominaisuuksiin, kuten adsorptiomekanismiin ja -nopeuteen.

Tavoitteena on määrittää adsorption nopeutta ja valmennuksen nopeutta kuvaava yhtälö, joka ottaa huomioon esikäsittelyn vaikutuksen, mm. adsorptiomekanismiin ja -nopeuteen. Tämän perusteella laaditaan vaahdotusnopeudelle malli, jota voidaan käyttää vaahdotusrikastamon suunnittelussa. Tässä artikkelissa käsitellään malmin esikäsittelyä ja sen vaikutuksia ksantaatin adsorptionopeuteen.

## MALMIN JAUHATUSVALMENNUS

Yleensä jauhatustapa valitaan sellaiseksi, että saadaan haluttu raekokojakauma minimienergiakustannuksin. Usein unohdetaan, että jauhatuksen erittäin monimuotoisissa olosuhteissa mineraalit saavat ne pintaominaisuudet, joiden perusteella niiden vaahdottuminen itse asiassa tapahtuu. Jauhatustavan valinnassa tulisi huomioida myös, että vaahdotuksen kemikaalikustannuksissa voi olla huomattavia eroja eri jauhatusolosuhteiden takia. Jauhatustavalla on myös vaikutus vaahdotustulokseen kuten saantiin ja selektiivisyyteen.

Vaahdotusrikastuksessa jauhatusta ei ole pelkästään hienonnusvaihe, vaan yksikköprosessi, jossa malmi valmennetaan vaahdotusta varten sekä fysikaalisesti, ts. jauheetaan sopivaan raekokoon ja puhtaaksijauhatustasteeseen, että kemiallisesti, ts. rakeiden pintojen tila tehdään vaahdotusprosessille sopivaksi. Kemiallisessa jauhatusvalmennuksessa voidaan vaikuttaa mm. pintojen hapetusasteeseen, suspension pH:on, happipitoisuuteen, johtokykyyn ja lämpötilaan.

Sulfidimineraalien jauhatuksessa on läsnä sähkökemialliselta aktiivisuudeltaan erilaisia sähköä johtavia kiintoainepintoja, joiden välillä vaikuttavat sähkökemialliset vuorovaikutukset muodostavat galvaanisia pareja. Galvaanisia vuorovaikutuk-

sia on paitsi metallisten jauhinkappaleiden ja jauhimen vuorauksen ja mineraalirakeiden kesken myös sulfidimineraalien kesken.

Sulfidimineraalien sähkökemiallista reaktiokykyä kuvaa jäännöspotentiaali. Mitä pienempi mineraalin jäännöspotentiaali, sitä sähkökemiallisesti reaktiivisempi mineraali on. Kun kaksi sulfidimineraalia on kosketuksissa toisiinsa, mineraali, jolla on suurempi jäännöspotentiaali, vetää elektroneja puoleensa ja pelkistyy. Mitä suurempi on mineraalien jäännöspotentiaalien ero, sitä nopeammin hapettuu mineraali, jolla on pienempi jäännöspotentiaali. Jos lietteihiheys on suuri, galvaaniset reaktiot tulevat todennäköisiksi. Sulfidimineraalien jäännöspotentiaali pienenee järjestyksessä rikkikiisu > markasiitti > kuparikiisu > sinkkivälke > kovelliitti > borniitti > lyijyhohde > hopeahohde > antimonihohde > molybdeenihohde /1/.

Suspension redoxpotentiaali kuvaa kiinteän ja nestefaasin välistä potentiaalieroja ja se mitataan yleensä platina- tai kultaelektrodeilla. Rautapintoja sisältävän myllyn pelkistävissä olosuhteissa redoxpotentiaali jää yleensä pienemmäksi kuin autogeenisessä, keraamisessa tai ruostumattomasta teräksestä valmistetuissa myllyissä. Potentiaalilaskua voidaan ehkäistä ilmastuksella ja nostamalla lietteen pH:ta. Jos sulfidimineraali on huomattavasti jalompaa kuin myllyn materiaali, korroosio tulee merkittäväksi /2/.

Jauhatusta autogeenisessä, keraamisessa tai ruostumattomasta teräksestä valmistetussa myllyssä parantaa kuparikiisun, aktivoimattoman sinkkivälkeen, lyijyhohteen ja magneettikiisun vaahdottuvuutta. Rikkikiisun tai malmien, jotka sisältävät huomattavia määriä rikkikiisua, vaahdottuvuuteen jauhatustavan vaikutuksesta saadut tulokset ovat ristiriitaisia /3/. Galvaaniset vuorovaikutukset, jotka parantavat vaahdottuvuutta, eivät välttämättä kuitenkaan paranna kompleksisten sulfidimalmien vaahdotustulosta epäselektiivisyyden tai ilmakuplien ylikuormituksen takia /4/. Autogeenijauhatuksen tuloksena rakeet ovat usein pyöreämpiä, sileämpiä ja puhtaampia kuin jauhettaessa teräsympäristössä /5/.

Sulfidimineraalit reagoivat veden ja hapen kanssa. Varauksen-siirtomekanismi rikin ja hapen välillä voi johtaa useisiin erilai-

siin rikin hapetustuotteisiin. Hapetustuotteen laatuun vaikuttaa mm. mineraalin luonne, pH ja kontakiaika hapen kanssa. Sulfidimineraalin hapettuessa elementaarinen rikki on väli- tuote, jonka hapettuminen johtaa metallitiosulfaatin tai metallisulfaatin muodostumiseen. Kuparikiisun ja lyijyhohteen hapettuessa siten, että muodostuu elementaarista rikkiä, voi mineraalin pintapeite muuttua hydrofobiseksi /1/.

## VALMENNUKSEN PINTAKEMIA

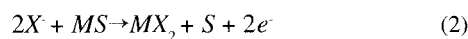
Mineraali vaahdotuu, jos se on hydrofobinen. Vaikka jotkut sulfidimineraalit tietyissä olosuhteissa ovat luonnollisesti vaahdotuvia, tarvitaan kokoojareagenssia muuttamaan epäorgaaniset ja polaariset mineraalipinnat riittävissä määrin orgaanisiksi ja ei-polaarisiksi. Kokoojareagenssia on harvoin riittävästi peittämään kokonaan mineraalin pinnan, joten rakeen vaahdotuvuuden ratkaisee hydrofiilisen ja hydrofobisen pinnan suhde.

Ksantaatit ovat yleisesti käytettyjä kokoojareagensseja sulfidimineraalien vaahdotuksessa. Ksantaatin adsorptio sulfidimineraalin pinnalle voi tapahtua kemisorptiolla, ioninvaihto- tai sähkökemiallisella mekanismilla. Ainakin lyijy- ja kuparihohteella sekä kuparikiisulla voi ksantaatti kemisorboitua tietyllä potentiaalialueella korkeintaan monomolekulaarisesti yhden elektrodin siirtoreaktioon perustuen mekanismilla, jossa adsorbtiotuotteen metallikomponentti säilyy osana mineraalipinnan hilarakennetta /6;7/. Kemiallisessa ioninvaihtomekanismissa ksantaatti-ioni syrjäyttää pinnalla olevan hapetustuotteen. Ioninvaihto voi tietyin edellytyksin tapahtua myös hapettumattoman pinnan sulfidi- ja ksantaatti-ionin välillä /8/.

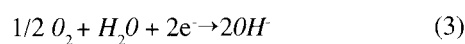
Ksantaatin sähkökemiallisessa adsorptiossa sulfidimineraalien pinnalle tapahtuu kaksi samanaikaista reaktiota, ksantaatin anodinen hapettuminen ja hapen katodinen pelkistyminen. Anodisessa reaktiossa muodostuu metalliksantaattia tai diksantaattia riippuen siitä kumpi on termodynaamisesti suotuisampaa. Ksantaatti-ionin hapetustuote muodostaa hydrofobisen kerroksen sulfidimineraalin pinnalle. Kokoojan ja sulfidimineraalin välisen reaktion edellytyksenä on, että mineraalilla on johteen tai puolijohteen ominaisuuksia, jotta elektronien siirtyminen olisi mahdollista. Lisäksi lietteessä täytyy olla liuennutta happea vastaanottamassa elektroneja. Anodinen reaktio tapahtuu seuraavasti:



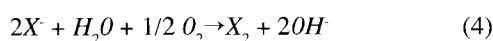
tai



Hapen pelkistyminen voi tapahtua useilla mekanismeilla riippuen sulfidimineraalin katalyyttisistä ominaisuuksista. Reaktiossa muodostuu yleensä vetyperoksidia väli tuotteeksi tai pysyväksi yhdisteeksi /9/. Usein oletetaan hapen pelkistyvän seuraavasti:



Kokonaisreaktioksi saadaan yhtälöistä (1) ja (3):



## TUTKIMUSMENETELMÄT JA -LAITTEISTOT

Kokeissa käytetään pääasiassa Outokumpu Finnmines Oy:n Pyhäsalmen kaivoksen malmia. Valmennuskokeiden lähtökohtana on, että tutkittavan malmierän hapetustila on tunnettu, että sitä on riittävän suuri raemäärä esikäsittelyn vaikutusten esiinsaamiseksi ja että sen puhtausaste ja aktiivisten pinnan osien kokonaispinta-ala tunnetaan ainakin likimääräisesti.

Valmennus ja vaahdotuskokeet tehdään Outokumpu Oy:n valmistamassa OK-laboratoriovaahdotuskennossa. Lietteen happipitoisuus säädetään halutuksi muuttamalla kennon yläosassa olevaan kaasufaasiin johdetun kaasuvirtauksen happi/typpisuhdetta. Lietteestä mitataan happipitoisuus, lämpötila, pH, redoxpotentiaali ja ksantaattipitoisuus. Mittausaineisto kerätään mikrotietokoneelle. Happipitoisuuden mittauksessa käytetään Orbisphere 3600-analysaattoria, jossa käytetään 25 µm:n paksuista membraania tyypiltään 2956A, jolloin saavutetaan 1 %:n mittaustarkkuus mittausalueesta eli alimmillaan 0,1 ppb. Redoxpotentiaali mitataan kultaelektrodilla. Ksantaattipitoisuus määritetään kierrättämällä kennosta nestettä imupumpun avulla UV-spektrofotometrille (Beckman DU 640 i). Kiintoaine erotetaan ennen mittausta suodattamalla virtaus 0,8 µm membraanin (supor) läpi. Analysointi tapahtuu 301 nm aallonpituudessa.

Sulfidimineraalit jauhetaan normaali- tai typpi-atmosfäärissä ruostumattomasta teräksestä, posliinista tai korundista valmistetussa kuulamylyssä. Hienonnettu mineraali siirretään tarvittaessa hapettomassa tilassa vaahdotuskennoon. Kokoojana käytetään natriumetyyliksantaattia ja vaahdotteena Dowfroth 250-kemikaalia. pH säädetään natriumhydroksidi- ja rikkihappolisäyksillä.

## TUTKIMUSTULOKSIA

### Jauhatusväliaineen vaikutus potentiaalitasoon

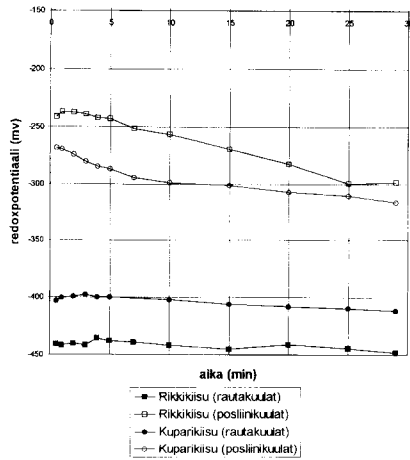
Esimerkkinä jauhatusajan vaikutuksesta potentiaalitasoon on kuvassa 1 esitetty valmennuksessa ksantaatin lisäyksen jälkeen mitattuja redoxpotentiaalitasoja. Kokeissa oli typpi-atmosfääri ja valmennuksen pH oli 9. Kuvasta voidaan selvästi havaita, että posliinikuulajauhatusella päästään positiivisempaan redoxpotentiaalitasoon rautakuula- jauhukseen nähden.

### Hapen vaikutus valmennusnopeuteen

Kuvissa 2 ja 3 on esitetty mittaustuloksia koesarjasta, jossa rikkikiisua valmennettiin eri happipitoisuuksissa. Sarja sisälsi viisi koetta, joissa lietteen happipitoisuudet olivat 0,003 , 0,5 , 2, 8 ja 36 ppm. Muut olosuhteet pyrittiin pitämään vakioina. Lämpötila oli kokeissa ksantaatin lisäyksen aikana  $21,5 \pm 1$  °C ja pH oli 6. Rikkikiisupitoiset kivet murskattiin leuka- ja valssimurskaimella. Murskatusta malmista erotettiin seulomalla 37...149 µm:n rakeet valmennuskokeisiin. Tuote sai hapettua kuivana avoimessa astiassa usean vuorokauden ajan. Tuote jaettiin eriin kahtioimalla, jotta kiintoaineen pinta-ala olisi sama eri kokeissa.

Ksantaatin häviämisenopeudelle voidaan kirjoittaa reaktioyhtälön (4) perusteella yksinkertainen kineettinen malli:

$$-\frac{dC_x}{dt} = kAC_x^a - C_o^b \quad (5)$$



**Kuva 1.** Redoxpotentiaalien arvoja valmistettaessa kupari- ja rikkikiisususpensioita. Mineraalit jauhettiin typpi-atmosfäärissä posliini- tai rautakuulilla.

**Fig. 1.** Redox-potential values by conditioning chalcopyrite and pyrite suspensions. Minerals were ground at nitrogen atmosphere with porcelain or iron balls.

Reaktion kertaluku hapen suhteen  $b$  voidaan ratkaista differentiaalisella menetelmällä. Jos koesarjan kokeiden välillä ksantaatin alkupitoisuus, aktiivinen pinta-ala ja pH ovat vakioita, voidaan olettaa, että alkuketkellä:

$$kAC_x^a = k' \approx \text{vakio} \quad (6)$$

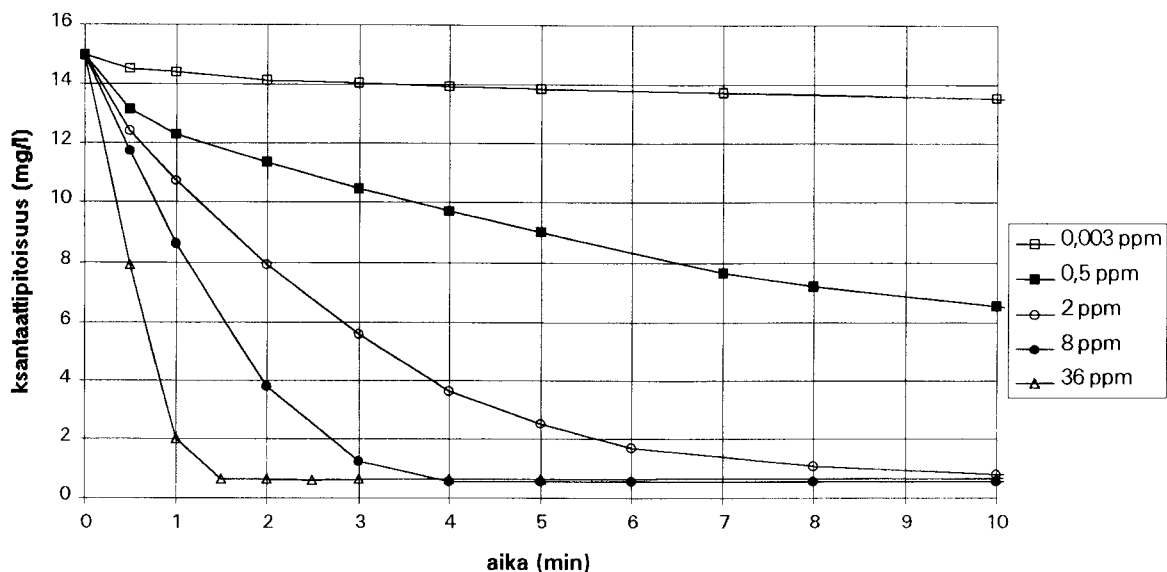
Ksantaatin häviämisenopeudeksi saadaan yhtälö:

$$-\frac{dC_x}{dt} = k' C_{O_2}^b \quad (7)$$

Ottamalla yhtälöstä (7) puolittain logaritmi saadaan:

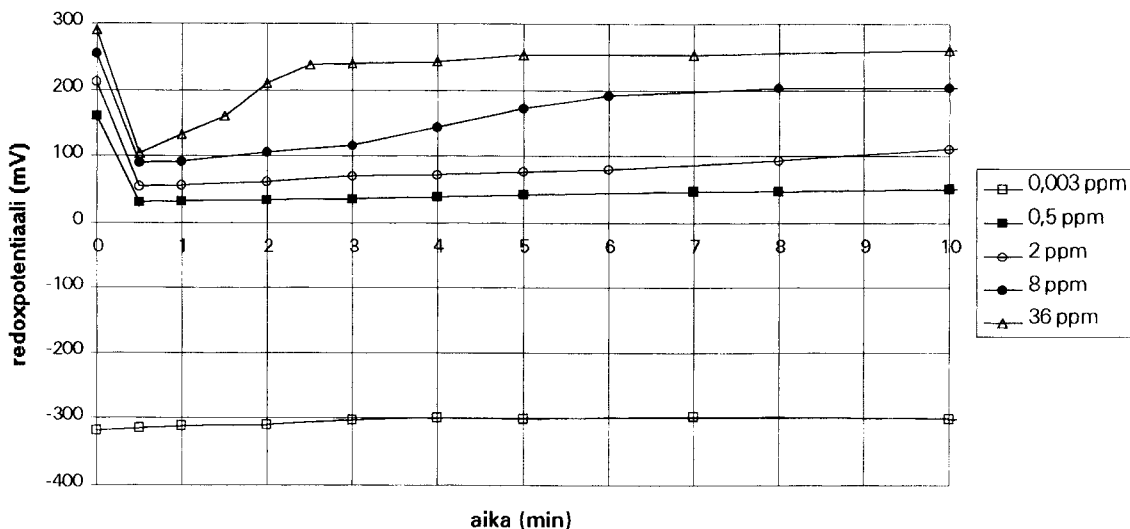
$$\log\left(-\frac{dC_x}{dt}\right) = b \log(C_{O_2}) + \log k' \quad (8)$$

Yhtälö (8) on suoran muotoinen. Kulmakertoimesta saadaan ksantaatin adsorptioreaktion kertaluku hapen suhteen.



**Kuva 2.** Ksantaattipitoisuuksia ajan funktiona valmistettaessa rikkikiisua eri happipitoisuuksissa (pH 6).

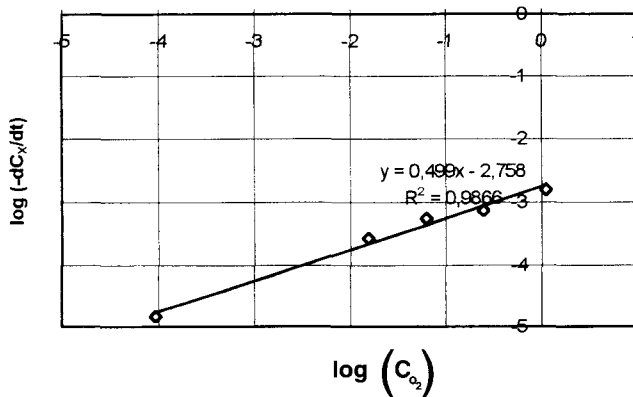
**Fig. 2.** Concentration of xanthate - time curves when conditioning pyrite in different concentrations of oxygen (pH 6).



**Kuva 3.** Redox-potentiaaleja ajan funktiona valmistettaessa rikkikiisua eri happipitoisuuksissa (pH 6).

**Fig. 3.** Redox-potential - time curves when conditioning pyrite in different concentrations of oxygen (pH 6).

Kuvassa 4 on kuvassa 2 olevien mittaustulosten perusteella piirretty log (ksantaatin häviämisenopeus) vs. log (happipitoisuus). Suoran kulmakertoimesta saadaan reaktion kertaluvuksi hapen suhteen 0,5.



**Kuva 4.** Log (ksantaatin häviämisenopeus) vs. log(happipitoisuus), rikkikiisu pH 6.

**Fig. 4.** Log (rate of disappearance of xanthate) vs. log(concentration of oxygen), pyrite pH 6.

Kuvasta 3 voidaan havaita, että rikkikiisun valmennuksessa redoxpotentiaalitasoa voidaan säätää lietteen happipitoisuudella. Ksantaatin lisäys pienentää redoxpotentiaalia muissa kuin erittäin pienissä happipitoisuuksissa.

Ksantaatin sähkökemialliselle adsorptionopeudelle on anodisten ja katodisten reaktionopeuksien perusteella johdettavissa myös teoreettinen yhtälö. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena onkin johtaa yhtälö ja testata sen paikkansa pitävyyttä kokeellisen datan avulla.

## KIRJALLISUUS– REFERENCES

1. *Subrahmanyam, T. V. & Forssberg, K.,S.,E.*, Mineral solution - interface chemistry in minerals engineering. *Minerals Engineering* 6(1993)5, s. 439-454.
2. *Adam, K. & Natarajan, K., A. & Iwasaki, I.*, Grinding media wear and its effect on flotation of sulfide minerals. *International Journal of Mineral Processing* 12 (1984), s. 39-54.
3. *Martin, C., J. & McIvor, R.,E. & Finch, J., A. & Rao, S., R.*, Review of the effect of grinding media on flotation of sulphide minerals. *Minerals Engineering* 4(1991)2, s. 121-132.
4. *Van Deventer, J., S., J. & Ross, V., E. & Dunne, R., C.*, The effect of galvanic interaction on the behaviour of the froth phase during the flotation of a complex sulfide ore. *Minerals Engineering* 6(1993)12, s. 1217-1229.
5. *Forssberg, E. & Sundberg, S. & Hongxin, Z.*, Influence of different grinding methods on floatability. *International Journal of Mineral Processing* 22(1988), s. 183-192.
6. *Woods, R.*, The oxidation of ethyl xanthate on platinum, gold, copper and galena electrodes. Relation to the Mechanism of mineral flotation. *The Journal of Physical Chemistry* 75(1971)3, s. 354-362.
7. *Leppinen, J. & Basilio, C., O. & Yoon, R. H.*, In situ FTIR study of ethyl xanthate adsorption on sulfide minerals under conditions of controlled potential. *International Journal of Mineral Processing* 26(1989) 3/4, s. 259-279.
8. *Leppinen, J.*, On the interaction between thiol collector ions and lead sulfide surface. Turku 1986, Department of Chemistry University of Turku. 124 s.
9. *Ahlgren, E. & Elfström Broo, A.*, Oxygen reduction at sulfide minerals. 1. A rotating disk electrode (RRDE) study at galena and pyrite. *International Journal of Mineral Processing* 46(1996), s. 73-89.

## SUMMARY

### EFFECT OF PRETREATMENT OF SULFIDE ORE ON FLOATABILITY AND ON KINETICS OF CONDITIONING

The role of grinding is to prepare the ore for subsequent concentration stage. To attain the best flotation result, sulfide ore has first to be prepared physically to certain particle size, and then secondly prepare the surfaces chemically, that is to control the degrees of oxidation, the pH and conductivity of suspension, the concentration of dissolved oxygen and the temperature.

In this study especially the effect of oxygen concentration on kinetics of flotation conditioning is studied. A few hundreds grams of chalcopyrite and pyrite, delivered by Outokumpu Finmmine Co., were grinded at electrochemically inert or activate grinding media to produce the certain redox-potential of the ore suspension. The rates of xanthate adsorption were determined. According to the results, for example at pyrite, the order of adsorption reaction in relation to oxygen concentration is 0,5 when the pH is 6. The results give basic data for testing and analysing the kinetics of xanthate adsorption, and finally more knowledge from the kinetics of conditioning of sulfide ore flotation.



# Energiansäästöä teelmänkuumennusuuneissa

DI Jarkko Fredriksson, DI Petri Savolainen, TKK, Materiaalien muokkaus ja lämpökäsittely, Otaniemi

## JOHDANTO

Kauppa- ja teollisuusministeriö käynnisti vuonna 1993 Sula 2 -tutkimusohjelman, jonka tarkoituksena on tutkia perusmetallien energiataloudellista valmistusta. Ohjelman tärkeimmät tavoitteet ovat perusmetalliteollisuuden tuotantoprosessin ominaisenergiankulutuksen ja ympäristöhaittojen vähentäminen sekä teknologian viennin edistäminen. Sittemmin hanke on siirtynyt KTM:stä Tekesin huomaan.

Tutkimusohjelmassa on useita osaprojekteja. ”Kuumamuokkauksen energiansäästöt romun määrää ja hilseilyä vähentämällä” -osaprojektiin osallistuvat Fundia Wire, Imatra Steel, Rautaruukki ja Teknillisen Korkeakoulun Materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio. TKK:ssa ”Hilse”-nimen saaneen projektin tavoitteena on ollut selvittää eri teelmänkuumennusuunien polttoaineiden aikaansaamat atmosfäärit ja niiden vaikutukset teelmien hilseilyyn ja hilseen poistoon.

## 1. FUNDIA WIRE

Fundia Wiren Taalintehtaan valssaamalla on tehty useita valssaus- ja jäähdytyslinjojen nopeuden nostamiseen tähtäviä investointeja. Myös valssaamon teelmänkuumennusuunissa teelmien läpimenoaika on haluttu lyhentää ja alentaa polttoaineen kulutusta.

Taalintehtaan valssaamo hehkuttaa teelmät 26 metriä pitkässä askelarinuunissa, jossa on kolme lämmitysvyöhykettä. Lämmitykseen käytetään raskasta polttoöljyä. Uunia ohjataan polttoöljy/ilma-suhteella sen mukaan, kuinka nopeasti teelmät halutaan uunista ulos.

Koska uuniatmosfäärimittausta ei Taalintehtaalla ole, oli TKK:n siirreltävä savukaasuanalysointitarpeen. Uras 10 E -mallinen analysointilaitteisto kykenee mittaamaan hapen, hiilimonoksidin ja hiilidioksidin 0,02 %:n tarkkuudella sekä rikkidioksidin 5 ppm:n tarkkuudella kuivista savukaasuista.

Projektin alussa tehdyt mittaukset osoittivat melkoista vaihtelua uuniatmosfääriin happipitoisuudessa etenkin uunin viimeisessä eli tasausvyöhykkeessä. Uunin arinaan tehtiin perusteellinen remontti seuraavan kesäseisokin aikana ja käynnistyksen jälkeen atmosfääri analysoitiin uudelleen. Atmosfääri oli remonttien myötä tasoittunut, mutta happitaso katsottiin liian korkeaksi.

Uunin ohjausjärjestelmän toimittaneen yrityksen edustajan kanssa säädettiin ohjausparametrejä yhtä aikaa uunin öljyn- ja

ilmankulutusta sekä atmosfääriin happipitoisuutta seuraten. Mittauksia ja säätöjä tehtiin eri päivinä, jolloin saatiin selville uunin erilaisten kuormitusten ja ohjausjärjestelmän tekemien säätöjen vaikutukset uunin atmosfääriin. Happipitoisuuden todettiin vaihtelevan uunin eri kuormituslanteissa ja tehdyillä mittauksilla ja valssaamon henkilökunnalle laadittujen ohjeiden avulla happipitoisuus on pysynyt tasaisempana ja polttoaineen kulutuskin on laskenut huomattavasti.

## 2. RAUTARUUKKI

Rautaruukin Raahan terästehtaan nauhavalssaamalla on kolme 30 metrin pituista läpityöntöuunia teelmänkuumennukseen. Rautaruukki käyttää uunien lämmitykseen tehtaan koksamolta ja masuunilta tulevien koksi- ja masuunikaasujen seosta. Kaasuseoksen varsinainen polttoaine on häkä, jonka pitoisuus vaihtelee jonkin verran. Mahdollisimman hyvän polton aikaansaamiseksi uunien ohjausjärjestelmä on melko mittava ja on varustettu myös uunin atmosfääriin happipitoisuuden mittauksella.

Tutkitussa uunissa on kaksi happianturia asennettuina aihiomaton ylä- ja alapuolelle kuumennusvyöhykkeen alkupäässä. Koska muualla uunia ei antureita ole, analysoitiin atmosfääriä eri kohdista uunia seuraamalla yhtä tiettyä aihiota sen kulkiessa uunin läpi. Kyseinen aihio oli punnittu ennen kuumennusta ja se punnittiin uudelleen hilsepesun jälkeen hilsemäärän selvittämiseksi. Myöhemmin TKK:ssa tehdyissä laboratoriokokeissa verrattiin aihion hilsemäärää hilseilysimulaatioihin. Raahan uunin happianturin todettiin mittausten yhteydessä ilmoittavan samoja arvoja kuin TKK:n analysointilaitteisto. Atmosfääriin happipitoisuuden vaihtelu oli vain erinomaista puolen prosentin luokkaa.

## 3. IMATRA STEEL

Projektissa oli tavoitteena Imatra Steelin osalta tutkia teelmänkuumennusuunin polttoaineen palamista, energiatehokkuutta ja prosessiohjauksen toimintaa. Laboratoriossa tutkittiin mm. hilseen muodostusta ja hilseen pesua.

Imatran terästehtaan valssaamon teelmänkuumennusuunissa käytetään maakaasua polttoaineena. Prosessista mitataan lämpötiloja, joiden mukaan säädetään poltintehoja. Polttimia ohjataan kahdessa ryhmässä. Maakaasun ja ilman virtauksia

mitataan ja prosessiin määriteltyjen ilmakertoimien mukaan säädetään ilmaylimäärää.

Kuumennusuunissa käytetään ilmaylimäärää palamisen tehostamiseksi, hiilimonoksidin välttämiseksi ja helpommin poistettavan hilseen muodostamiseksi.

Imatralla ovat tyypillisiä uunin lämmitystehon suuret vaihtelut valssattavien erien mukaan. Maakaasua kuluu noin 250–1450 m<sup>3</sup>/h. Näin laajalla tehoalueella polttimien ohjaaminen taloudellisesti on hankalaa.

Uunin atmosfääri mitattiin syksyllä 1994 ensimmäisen keran. Tällöin uuni toimi hyvin suurilla tehoilla. Happipitoisuudet savukaasuissa olivat 1–2 %, eli parhaat mahdolliset. Pienillä tehoilla happipitoisuuksiksi mitattiin 10–15 %. Happitasoa nostivat polttimien jäähdytyspuhallus, nopeat tehon vaihtelut ja askelpalkkimekanismin vuotaminen alhaalta. Polttimet joudutaan sammuttamaan pienillä tehoilla ajoittain ja tällöin niitä jäähdytetään ilmapuhalluksella. Nopeissa tehon vaihteluissa ei kaasu/ilma-suhde pysy vakiona. Pienillä tehoilla myös virtausmittauksen tarkkuus huononee.

Imatralla kunnostettiin uunia ja siihen liittyvää prosessi-ohjausta kesällä -95, jonka seurauksena happipitoisuus laski pienillä tehoilla 5–7 %:iin. Suurilla tehoilla ei tapahtunut käytännössä muutoksia.

#### 4. LABORATORIOKOKKEET

TKK:n Materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratoriossa tutkittiin eri teräslajien hilseilytaipumusta simuloimalla teelmän kuumennusta. Kuumennusatmosfääri luotiin mahdollisimman lähelle todellisuutta vastaavaksi, eli hapen, hiilidioksidin ja vesihöyryn pitoisuudet säädettiin kunkin polttoaineen savukaasujen pitoisuuksia vastaaviksi.

Teelmänkuumennusuuneissa pyritään polttoa ohjaamaan sellaisella ilmakertoimella, että palaminen olisi mahdollisimman tehokasta, mutta teelmät eivät kuitenkaan hilseili liikaa ja hilse olisi helposti poistettavissa. Laboratoriossa kokeiltiin eri ilmakertoimien eli eri happipitoisuuksien vaikutusta teräksen hilseilyyn. Lisäksi tutkittiin joillain teräslajeilla atmosfääriin happipitoisuuden vaikutusta hilseen irtoamiseen hilsepesussa.

#### 5. KOETULOKSIA

##### 5.1. Fundia Wiren teräslajit

Taalintehtaan valssaamon teelmänkuumennusuunin atmosfääriin happipitoisuus pyritään pitämään noin kolmen prosentin tasolla. Tätä pitoisuutta sekä lisäksi korkeampaa ja matalampaa pitoisuutta simuloitiin laboratoriossa (taulukko 1). Atmosfääriin vaikutusta tutkittiin neljällä eri Fundia Wiren teräslajilla (taulukko 2).

**Taulukko 1.** Fundia Wiren teräslajeille käytetyt atmosfäärit  
**Table 1.** Heating atmospheres used for steel grades of Fundia Wire.

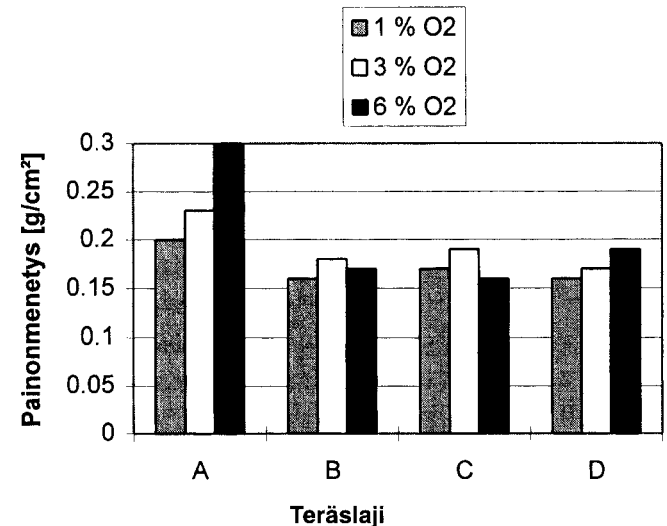
O <sub>2</sub> -pitoisuus %	CO <sub>2</sub> -pitoisuus %	Kastepiste °C
1	15	59
3	13	45
6	11	40

Koekappaleet hehkutettiin aluksi 800°C:sta 1220°C:een tunnissa ja pidettiin 1220°C:ssa puolen tunnin ajan. Koekappaleet punnittiin ennen hehkutusta. Hehkutuksen jälkeen hilse pois-

**Taulukko 2.** Tutkittujen teräslajien analyysit.  
**Table 2.** Steel grades of Fundia Wire.

%	A	B	C	D
C	0,080	0,225	0,025	0,639
Si	1,000	0,280	0,010	0,140
Mn	1,660	1,110	0,170	0,590
P	0,010	0,016	0,014	0,014
S	0,013	0,009	0,009	0,008
Cr	0,031	0,082	0,024	0,025
Mo	0,013	0,008	0,001	0,003

tettiin hiekkapuhaltamalla ja koekappaleet punnittiin uudelleen. Painonmenetys laskettiin pinta-alayksikön funktiona (kuva 1).



**Kuva 1.** Neljän Fundia Wiren teräslajin painonmenetys eri atmosfääreissä.

**Figure 1.** The loss of weight of steel grades of Fundia Wire.

Kuvan arvoista voidaan laskea, että esimerkiksi yhden lajin A teelmän painonmenetys 6 % happiatmosfäärissä on noin 10,5 kg. 3 % happiatmosfäärissä yksi teelmä menettäisi noin 8 kg painostaan. Painonmenetys 1 %:ssa happea on noin 7 kg/teelmä. Eli erot eivät olisi kovin suuria, jos happitasoa uunissa haluttaisiin pudottaa kolmesta yhteen prosenttiin. Tällä toimenpiteellä säästyisi materiaalia vain 0,07 % puhtaana teräksenä lajilla A. Muilla lajeilla erot ovat häviävän pieniä.

##### 5.2. Imatra Steelin teräslajit

Imatra Steelin teräslajeilla (taulukko 3) testattiin eri atmosfäärien

**Taulukko 3.** Imatra Steelin teräslajien analyysit.  
**Table 3.** The steel grades of Imatra Steel.

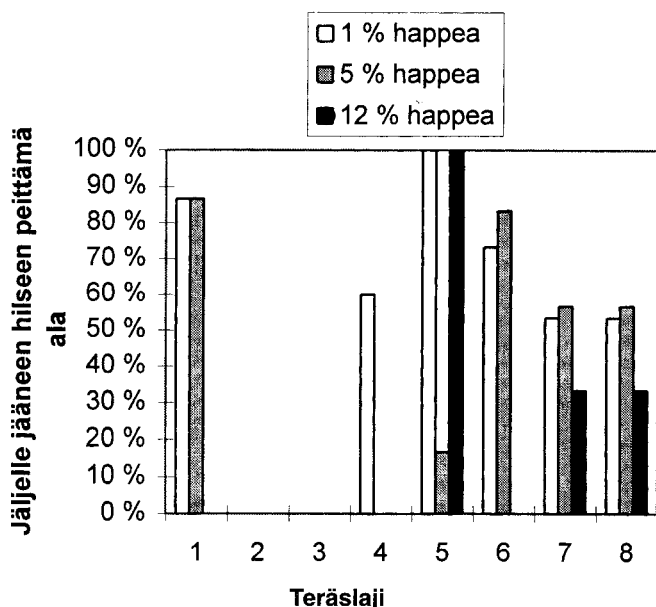
%	1	2	3	4	5	6	7	8
C	0,060	0,520	0,500	0,150	0,054	0,620	0,220	0,070
Si	0,308	0,228	0,313	0,478	1,830	0,264	0,280	0,304
Mn	0,930	0,890	0,930	0,930	0,690	0,890	0,850	0,940
P	0,012	0,013	0,016	0,013	0,014	0,013	0,015	0,012
S	0,020	0,013	0,023	0,011	0,019	0,025	0,032	0,077
Cr	0,197	1,018	1,030	0,210	0,231	0,826	0,870	1,190
Mo	0,027	0,022	0,047	0,024	0,023	0,132	0,049	0,102

vaikutusta hilseen poistoon. Näiden lajien koekappaleita kuumennettiin 800°C:sta 1100°C:hen 35 minuuttia ja pidettiin 1100°C:ssa 25 minuuttia. Atmosfäärejä oli kolme erilaista (taulukko 4).

**Taulukko 4.** Kuumennusatmosfäärit Imatran lajeille.  
**Table 4.** Heating atmospheres used for steel grades of Imatra Steel in scale removal tests.

O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Kastepiste
1 %	10 %	25°C
5 %	8 %	25°C
12 %	5 %	25°C

Hehkuksen jälkeen koekappaleista poistettiin hilsettä pesurilla, jonka vedenpaine oli 66 bar. Pesun jälkeen arvioitiin jäljelle jääneen hilseen peittävä osuus kappaleen pinnasta (kuva 2).



**Kuva 2.** Hilseen määrä Imatra Steelin teräslajeilla hilsepesun jälkeen.  
**Figure 2.** The amount of scale left on the surface of the steel grades of Imatra Steel after scale removal.

Koetuloksissa oli paljon hajontaa. Joidenkin lajien (2 ja 3) hilse irtosi pesussa kokonaan kuumennusatmosfääriin happitasosta riippumatta. Useimmilla lajeilla 12 % happitasolla hehkutettuina hilse irtosi hyvin. Muilla happipitoisuuksilla hilseen adheesio oli suurempi. Mielenkiintoisin on kuitenkin laji 5, jossa on piitä 1,8 %. Pii suotautuu pintaan ja muodostaa fajaliittia (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>). Sulaessaan fajaliitti liimaa raudan oksidit teräksen pintaan tehokkaasti kiinni. Lajin 5 hilseen poisto oli vaikeinta.

Hilseen muodostusta tutkittiin samoilla teräslajeilla kuin hilsepesua. Käytetyt atmosfäärit ovat taulukossa 5. Atmosfääreillä jäljiteltiin Imatran teelmänkuumennusuunista mitattuja.

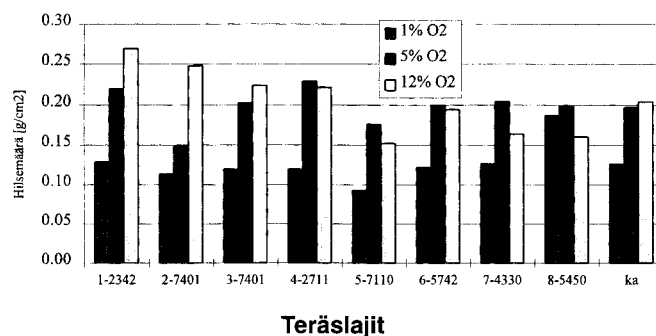
Koekappaleet laitettiin 800°C uuniin, joka kuumennettiin 1070°C:een 50 minuutissa. Koekappaleita pidettiin 1070°C:ssa

**Taulukko 5.** Koeatmosfäärit Imatra Steelin teräslajien hilsemääräkokeissa.

**Table 5.** Heating atmospheres used for steel grades of Imatra Steel in scale information tests.

Happi	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>
1 %	11 %	60°C (20 %)	68 %
5 %	7 %	52°C (14 %)	74 %
12 %	3 %	35°C (5 %)	80 %

40 minuuttia. Hilsemäärä mitattiin kuten Fundia Wiren lajeilla (kuva 3).



**Kuva 3.** Imatra Steelin teräslajien hilsemäärät ja niiden keskiarvo (ka).

**Figure 3.** The loss of weight of steel grades of Imatra Steel.

Kaikilla teräslajeilla 1 % happipitoisuus uunissa aiheuttaa vähemmän hilseilyä kuin 5 % pitoisuus. Yllättävästi 12 % pitoisuus aiheuttaa myös usein vähemmän hilsettä kuin 5 %. Hajontaa esiintyi paljon 12 % happiatmosfääriä hehkutetuissa kappaleissa. Laji 5 hilseili muita vähemmän, koska siinä pii suojaasi pintaa hapettumiselta. Pii muuttuu hilseilyä edistäväksi, kun lämpötila nousee yli 1170°C. Usea laji sisälsi kromia noin 1 %. Kromilla ei ollut kuitenkaan vaikutusta hilseen määrään. Tulosten mukaan 5 % happiatmosfääri aiheuttaa keskimäärin 0,8 % hilsehäviöt teelmänkuumennusuunissa.

### 5.3. Rautaruukin teräslajit

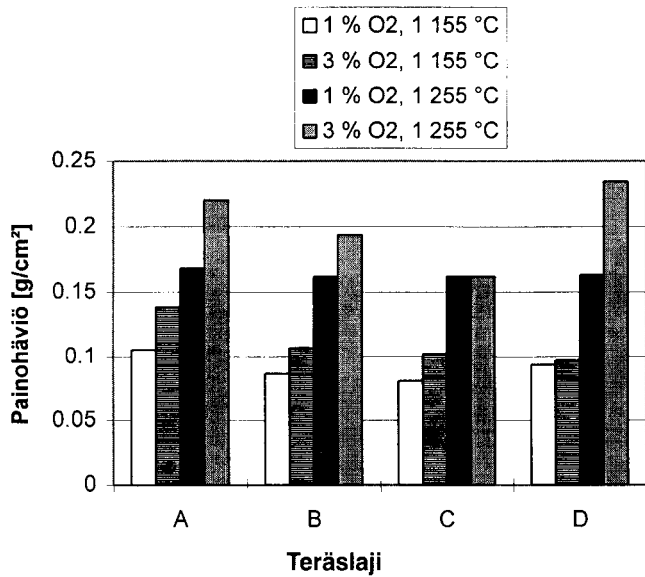
Rautaruukin teräslajeilla kokeiltiin myös happipitoisuuden ja kuumennuslämpötilan vaikutukset terästen hilseilyyn. Tutkittavia teräslajeja oli neljä (taulukko 6). Kappaleita hehkutettiin kahdessa eri lämpötilassa, 1155°C ja 1255°C sekä kahdessa happipitoisuudeltaan erilaisessa atmosfäärissä, 1 % ja 3 %.

**Taulukko 6.** Rautaruukin teräslajien analyysit.

**Table 6.** Steel grades of Rautaruukki Steel.

%	A	B	C	D
C	0,128	0,165	0,069	0,173
Si	-	0,290	0,220	0,340
Mn	0,370	1,390	0,800	1,470
P	0,013	0,014	0,009	0,018
S	0,019	0,004	0,009	0,014
Cr	0,044	0,028	0,028	0,025

ja laskettiin painohäviö (kuva 4). 100°C korkeampi lämpötila lisäsi hilsettä huomattavasti, suhteellisesti enemmän kuin pelkkä happipitoisuuden lisäys.



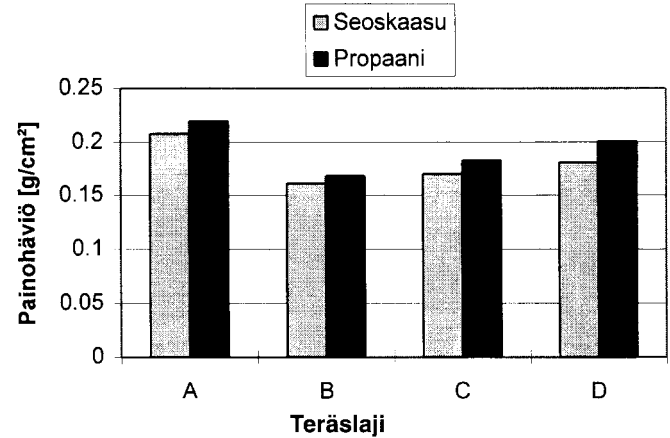
**Kuva 4.** Rautaruukin teräslajien painohäviö eri lämpötiloissa eri happipitoisuuksilla.  
**Figure 4.** The loss of weight of steel grades of Rautaruukki Steel.

Lisäksi tutkittiin eri hiilidioksidipitoisuuksien vaikutus. Tällä haluttiin selvittää polttoaineina käytettävien koksi- ja masuunikaasun seoksen ja propaanin vaikutukset terästen hilseilyyn. Kun seoskaasua poltetaan sellaisella ilmakertoimella, että savukaasuihin jää happea 3 %, hiilidioksidia on savukaasuissa 8 % ja savukaasujen kastepiste on 50°C. Propaania vastaavasti poltettaessa savukaasuissa on hiilidioksidia 16 % ja kastepiste on 45°C. Koekappaleet hehkutettiin 800°C:sta 1200°C:een 40 minuutissa ja pidettiin

## SUMMARY

The main objective of the project *“Energy Savings in Reheating Furnaces by Reducing Scrap and Scale Formation”* is to reduce energy consumption and environmental harms in reheating and rolling of steel. This was done by analysing the different atmospheres in reheating furnaces of the steel companies participating in this project. These atmospheres were then simulated in a laboratory furnace. Scale formation tests were done to some steel grades too. The results showed

1200°C:ssa toiset 40 minuuttia. Painohäviö määritettiin kuten aiemmin (kuva 5).



**Kuva 5.** Hilsehäviöt eri polttoaineita käytettäessä.  
**Figure 5.** The loss of weight using different burning fuels.

Vaikka propaanin poltossa syntyy kahdeksan prosenttiyksikköä enemmän hiilidioksidia kuin seoskaasua poltettaessa eli hapettavien komponenttien määrä savukaasuissa lähes kaksinkertaistuu, hilsettä syntyy vain 5–10 % enemmän teräslajista riippuen. Näin ollen propaania voidaan käyttää teelmänkuumennusuunin lämmitykseen ilman suurta hilseilyn lisääntymistä.

## 6. YHTEENVETO

Projektin hyötynä yrityksille on ollut lisääntynyt tieto uunien polttoaineen käytöstä, kulutuksesta, palamisreaktioista ja savukaasuista. Mittaustulosten perusteella yrityksissä on parannettu uunien ohjausta ja atmosfääriä. Tämän myötä polttoaineen kulutusta ja teelmien hilseilyä on saatu vähennettyä. ”Hilse”-projektissa jatketaan edelleen tiettyjen osa-alueiden tutkimusta.

that lower oxygen content – as expected – decreases oxidation despite the even higher carbon dioxide content in the atmosphere. Lower oxygen content may cause difficulties in scale removal. This however is highly dependent on the steel grade. Some energy savings was obtained in fuel consumption by optimising the operation parameters and the atmosphere steadier in different reheating furnaces.



# Metallien muokkausprosessien mallintaminen elementtimenetelmällä

Tkt Seppo Kivivuori ja DI Klas Andersson, Teknillinen korkeakoulu, Materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, Otaniemi.

## JOHDANTO.

Metalliteollisuutemme tuotantolaitteet ja -menetelmät ovat kehittyneet viime vuosina huimaavaa vauhtia. Samalla on muuttunut käsitys teknologisen prosessiteknikan perusteiden hyväksikäytöstä. Aikaisemmin käytettyjen empiiristen tietojen ja peukalosääntöjen sijaan tarvitaan nykyisin luotettavia ja helpokäyttöisiä prosessien mallinnusmenetelmiä. Näiden menetelmien avulla voidaan kerätä tietoa prosessista ja kehittää valmistusprosesseja. Muokkaustekniikassakin on jo vuosien ajan käytetty fysikaalisia mallinnusmenetelmiä, mallimateriaalitekniikkaa /1,2/, konstruktio- ja tuotekehitystyön apuvälineenä.

Nykyisin ovat tietokoneet ja laskentaohjelmat kehittyneet tasolle, jossa niiden hyödyntäminen muuallakin kuin akateemisissa maailmassa on tullut perustelluksi. Tärkeimmäksi laskentamenetelmäksi on muodostunut FEM (Finite Element Method), joskin vielä ylärajateoriaan (UBET) perustuviakin ohjelmia on tarjolla /3/. Nämä molemmat laskentaohjelmat toimivat nykyisin hyvin PC tietokoneissa. FEM on tarkempaan menetelmänä yleistynyt niin muokkaustekniikan kuin myös muilla tekniikan aloilla.

Teknillisen korkeakoulun Materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio on panostanut huomattavasti tietotekniikan kehittämiseen. Laboratorioon on hankittu useita eri FEM-ohjelmia, jotka soveltuvat muokkausprosessien mallintamiseen. Valssaus- ja levynmuovausprosesseja on mallinnettu ABAQUS-ohjelmalla, joka on yleiskäyttöinen FEM-ohjelma staattisia ja dynaamisia kuormituksia varten, mutta soveltuu myös materiaalien muokkauksen mallintamiseen. Taonta- ja pursotusprosesseja on mallinnettu laboratoriossamme kaksidimensionaalisesti FORM 2D- ja DEFORM 2D-ohjelmilla jo usean vuoden ajan /4,5/. Ohjelmat on kehitetty erityisesti muokkaustekniikan tarpeita silmälläpitäen. Laboratorioimme uusien hankinta on ollut kolmidimensionaaliseen mallintamiseen tarkoitettu DEFORM 3D FEM -ohjelma, joka on parhaillaan sisäänajovaiheessa. Laboratorioimme on osallistunut useisiin kansainvälisiin projekteihin mallintamisen alueella. Näistä mainittakoon Ranskan tako- ja autoteollisuuden sekä Imatra Steel Oy:n kanssa toteutettu EUREKA-projekti Inforce, COST 512 -projekti yhteistyössä ruotsalaisten ja saksalaisten tutkimuslaitosten kanssa sekä yhteispohjoismaiset Nordisk Industrifondin tukemat projektit Modellering och simulering av massivformgivningsprocesser sekä Modellering och simulering av plåtbearbetning. Lisäksi näillä ohjelmilla on tehty suuri määrä mallinnuksia eri teollisuusyrityksille kotimaassa.

## ELEMENTTIMENETELMÄN KÄYTTÖESIMERKKEJÄ

Seuraavassa on esitetty muutamia esimerkkejä Materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratoriossa suoritetuista mallinnustutkimuksista, joissa on käytetty kaupallisia FEM-ohjelmia apuna. Tässä esitetyt mallinnukset ovat osa jotakin suurempaa tutkimusta, mutta esimerkkinä ne antavat hyvän kuvan elementtimenetelmän käyttöalueista.

### Materiaalin virtauksen mallintaminen

Elementtimenetelmä (FEM) soveltuu erittäin hyvin materiaalin virtauksen mallintamiseen muokkausprosessien aikana. Muokkausprosessin geometriset tiedot syötetään erillisellä ohjelmalla. Samalla ohjelma luo laskelmissa tarvittavan elementtiverkon automaattisesti. Muokkauksen edetessä saattaa elementtiverkko suurten muodonmuutosten alueilla vääristyä, jolloin se joudutaan uusimaan. Nykyiset FEM ohjelmat suorittavat uusimisen itsenäisesti ja automaattisesti.

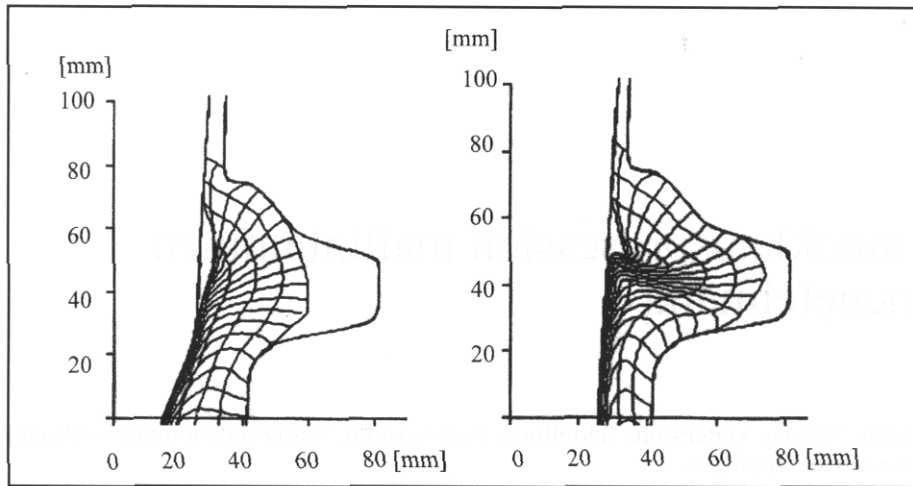
Ohjelmaan joudutaan syöttämään myös tiedot materiaalista, kappaleen ja työkalun lämpötilasta sekä kitkaolosuhteista. Ohjelma huomioi venymänopeuden ja lämpötilan muutoksista aiheutuvat materiaaliominaisuuksien muutokset ja laskee niiden perusteella materiaalin virtauksen.

Kuvassa 1 on esitetty materiaalin virtaus erään vastapursotusprosessin aikana. Kuvasta voi havaita muokkausvirheen ”vekin” syntyminen prosessin edetessä.

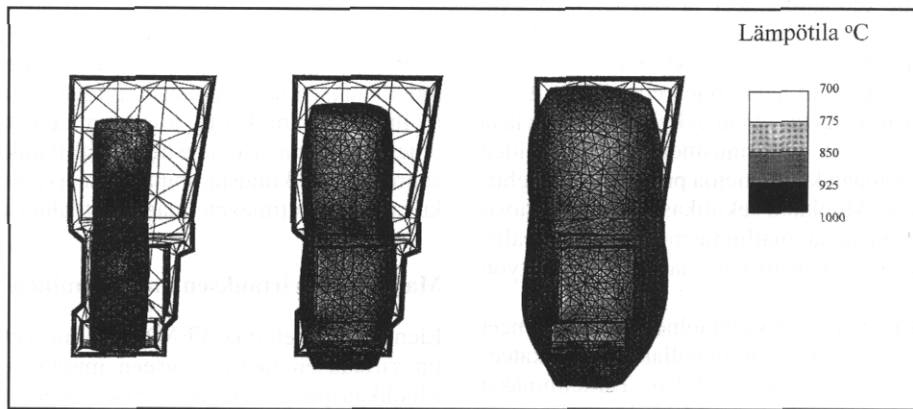
### Pintalämpötilojen laskenta

Kuumamuokkauksessa työkalu ja kuuma metalli ovat kosketuksissa keskenään. Prosessista riippuen kontaktiaika voi olla hyvinkin pitkä. Näin on esimerkiksi asianlaita hitaissa muokkausprosesseissa kuten pursotuksessa. Tällöin työkalusta siirtyy suuria määriä lämpöä työkaluun, joka tämän lämpövirran johdosta kuumenee. Samalla työkalun uloin pinta jäähtyy ja muodostaa kappaleen pinnalle kylmemmän kerroksen, joka vaikuttaa muokkausprosessin kitka- ja virtausominaisuuksiin huomattavasti.

Nopeammissakin prosesseissa, kuten taonnassa, ehtii kontaktin aikana syntyä lämmönsiirtoa työkalun ja työkalun välillä. Nämä lämpötilan muutokset on erittäin vaikeasti mitattavissa, mutta niitä on helppo mallintaa FEM-ohjelmilla käyttäen. Kuvassa 2 on esitetty lämpötilan jakauma taonnan aikana mallinnettuna DEFORM 3D -ohjelmalla.



**Kuva 1.** Materiaalin virtauksen mallintaminen eräässä vastapursotusprosessissa.  
**Fig. 1.** Modelling of the material flow in a backward extrusion process.



**Kuva 2.** Pintalämpötilan kehittyminen taonnan aikana.  
**Fig. 2.** The developing of the surface temperature during forging.

## Jäähtymisen mallintaminen

Muokatut tuotteet jäädytetään kontrolloidusti huoneenlämpötilaan kuumamuokkauksen jälkeen. Tämä jäähdytysprosessin kulku on vaikea ennakoita, koska kappaleet yleensä sisältävät eri paksuisia yksityiskohtia. Onkin tärkeää, että jo ennakoita voitaisiin saada käsitys kappaleen eri osien jäähtymisnopeuksista.

Jäähtymisnopeutta voidaan arvioida FEM laskelmien perusteella. Kappaleen poikkipinnasta voidaan laskea jäähtymisnopeudet mikäli tiedetään kappaleen ominaislämpö, lämmönjohtavuus ja lämmönvirtaus ulos kappaleesta.

Esimerkiksi kuumamuokkausta seuraavassa suorassammutuksessa voidaan kappaleen jäähtymistä mallintaa FEM-ohjelmilla. Ohjelmaan syötetään karkaistavan kappaleen ominaislämpö, lämpötila, lämmönjohtavuus ja sammutusväliaineen ja -prosessin lämmönsiirtoeroin. Materiaalin faasimuutokset voidaan huomioida ominaislämpö- ja lämmönjohtavuuskertoimien lämpötilariippuvuuden yhteydessä.

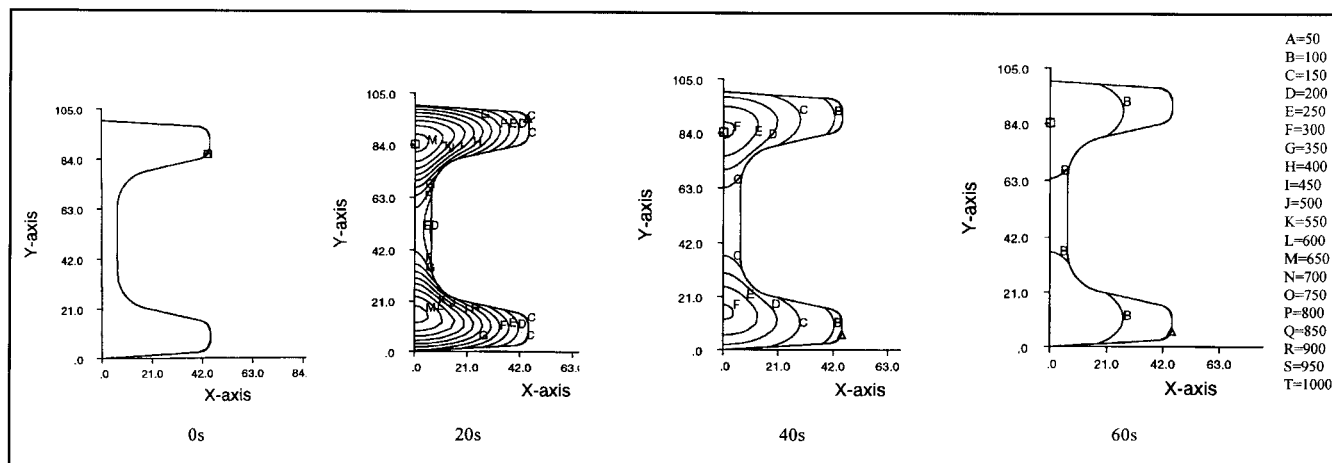
Kuvassa 3 on esitetty kuorma-auton etupalkin erään poikkeileikkauksen jäähtymisen ajan funktiona. Sammutuksessa on käytetty vesisuihkusammutusta, jonka on todettu aiheuttavan tasaisen kovuusjakauman kappaleeseen.

Kun lämpötilajakaumat ajan funktiona on laskettu, voidaan helposti laskea jäähtymisnopeus kappaleen eri osissa. Vertaamalla laskettuja jäähtymiskäyriä TTT-diagrammeihin tai käytämällä hyväksi Jominykokeesta saatuja eri jäähtymisnopeuksia vastaavia kovuusarvoja, voidaan arvioida kappaleen sammutuksessa saavuttama kovuus. Kuvassa 3 esitetyn palkin kovuusjakauma on esitetty kuvassa 4. Taotun kappaleen kovuusjakauma on tässä tapauksessa arvioitu elementtimenetelmällä laskettujen jäähtymiskäyrien ja Jominykokeen kovuusjakauman perusteella.

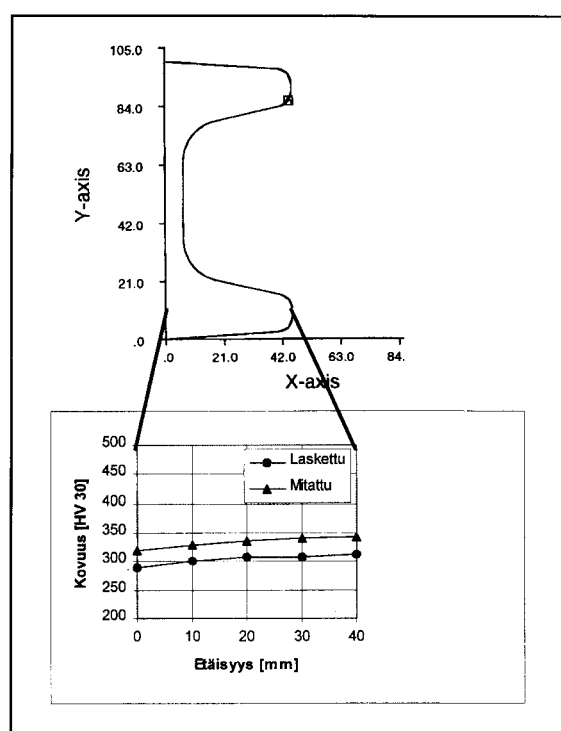
## YHTEENVETO

Metallien muokausprosesseja voidaan nykyisin mallintaa elementtimenetelmällä. Tietokoneiden ja ohjelmien kehitys on mahdollistanut PC-pohjaisten koneiden käytön laskennassa. Laskenta-ajat ovat kohtuullisia kaksidimensionaalisessa mallinnuksessa, mutta kolmidimensionaalinen mallintaminen vaatii runsaasti laskenta-aikaa sen vaatimasta suuresta elementtien lukumäärästä johtuen.

Elementtimenetelmää voidaan hyödyntää monilla eri muokkaustekniikan aloilla. Näistä yleisin tapaus on materiaalin virtauksen ennustaminen ja muokausvirheiden eliminointi. Lisäämällä ohjelmiin asiantuntijaohjelmia ja keräämällä ko-



**Kuva 3.** Kuorma-auton etupalkin poikkileikkauksen jäähtyminen vesisuihkusammutuksessa.  
**Fig.3.** The cooling of a cross-section of a lorry front beam during water spray quenching.



**Kuva 4.** Kuvassa 3 esitetyn taotun kappaleen kovuusjakauma vesisuihkusammutuksen jälkeen. Kovuusarvot on laskettu Jominykokeen ja elementtimenetelmällä laskettujen jäähtymiskäyrien perusteella.  
**Fig. 4.** The hardness distribution of the forging shown in Fig. 3 after water spray quenching. The hardness values are calculated based on Jominy test and FEM calculated cooling rates.

keellisesti materiaalitietoutta voidaan myös lämmönsiirtoa työkalun ja ympäristön välillä onnistuneesti mallintaa.

Teknillisen korkeakoulun Materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratoriossa on panostettu elementtimenetelmien hankintaan ja käyttöön. Osoituksena siitä ovat ne monet kotimaiset ja ulkomaiset projektit, joissa näitä ohjelmia käytetään tutkimuksen apuna. Vaikkakin matemaattiset menetelmät ovat kehittyneet ja niillä saatava tietämys kasvanut huomattavasti, ovat ne kuitenkin vain apuvälineitä tutkimukselle. Jo lähitulevaisuudessa elementtimenetelmää tullaan käyttämään teollisuuden tuotekehityksen ja tuotesuunnittelun välineenä.

## KIRJALLISUUS - REFERENCES

1. Kleemola, H., Kivivuori, S., Ahlskog, B., Mallimateriaalien käyttö metallien muokkaustutkimuksessa, Vuoriteollisuus (1979),1,
2. Kivivuori, S., Kleemola, H., Ahlskog, B., Mallimateriaalitekniikka muokkausprosessissa, Konepajamies (1984),3, 5 - 8.
3. Hou, J., Ståhlberg, U., Keife, H., Modelling of Material Flow and Load in Closed-die Forging of Long Components. Projektin Modellering och simulering av massivformgivningsprocesser loppuraportti (Ed. Kivivuori, S.), Raportti TKK-Mak-MML 6/93, 26-32.
4. Andersson, K., Kivivuori, S., Korhonen, A., Prediction of the hardness of a hot-forged steel product. Numerical Methods in Industrial Metal Forming Processes (Eds. Chenot, Wood & Zienkiewicz), Balkema, Rotterdam, 1992, 589-594.
5. Reimikainen, T., Welo, T., Korhonen, A., Kivivuori, S., Comparison of two commercial FEM codes in cold extrusion simulation. Journal of Materials Processing Technology 42 (1994), 137-146.

## SUMMARY

### MODELLING OF METAL WORKING PROCESSES USING FE-METHOD

Laboratory of Material Processing and Heat Treatment at Helsinki University of Technology has a long experience in the field of modelling of metal working processes. Nowadays, most of the work is done by using FEM softwares especially developed for metal forming applications. Softwares most usually used in our laboratory are ABAQUS, FORM 2D, DEFORM 2D and DEFORM 3D.

The FEM softwares can be used for calculating the material flow during hot, warm or cold metal forming processes like forging, extrusion, rolling and sheet metal forming. In this paper the material flow in backward extrusion is presented (Fig. 1.).

In hot working the heat flow between the tool and hot metal can be calculated. The heat flow will form a cooler skin on the deformed material. The developing of the surface temperature during forging simulated using DEFORM 3D software is presented in Fig. 2.

Hot worked specimens can be controlled cooled or direct hardened after the deformation process. The cooling curves of the specimen can be calculated by using FEM software and material data. The cooling of a cross-section of a lorry front beam during water spray quenching is shown in Fig. 3. On the basis of the cooling calculations the cooling rates in different parts of specimen can be estimated. Using these cooling rates and Jominy curves the hardness distribution inside the quenched specimen can also be calculated ( Fig. 4.).

FE-method can be used in many fields of metal working technology. Most generally it is used in modelling of material flow during deformation process. By adding expert softwares and material data the heat flow between work material and surroundings can also be calculated. In the very near future the FEM softwares will be effectively used also in the Finnish metal working industry.

## Veikko Appelberg Vuorimiesyhdistyksen pääsihteeriksi

Vuorimiesyhdistyksen toimintaan pannaan lisää puhtia uudistamalla järjestön organisaatiota ja kehittämällä Vuoriteollisuuslehteä. Diplomi-insinööri Veikko Appelberg on juuri aloittanut työnsä yhdistyksen uutena pääsihteerinä ja toiminnan vetäjänä.

...

- Aiemmin Vuorimiesyhdistyksellä on ollut kolme sihteeria, joista yksi on toiminut hallituksen sihteerinä. Kaksi muuta sihteeria ovat vastanneet tutkimusvaltuuskunnasta ja vuorimiespäivien järjestelyistä. Nyt heidän sijaansa tulee palkattu pääsihteeriksi, joka käyttää yhdistyksen asioiden hoitoon kaksi työpäivää viikossa.

- Organisaation uudistamisen eräänä keskeisenä tarkoituksena on jämäköittää yhdistyksen toimintaa ja sen yhteiskunnallista roolia. Erityisesti haluamme ottaa kantaa entistä aktiivisemmin sellaisiin asioihin ja hankkeisiin, jotka vaikuttavat vuoriteollisuuden toimintaedellytyksiin. Eräs ajankohtainen esimerkki on valmistetta oleva jätelaki, jonka myötä kaikelle jätteelle olisi määrätty tonnimäärin perustuva jätemaksu. Lain toteutuminen suunnitellussa muodossa olisi tehnyt käytännössä lähes koko kaivostoiminnan harjoittamisen mahdottomaksi Suomessa, kertoo Veikko Appelberg uusista suunnitelmista.

### KANSAINVÄLISYYTTÄ LISÄÄ

- Suomen vuoriteollisuus on kansainvälistynyt nopeasti. Malmikaivostoiminta omassa maassa on supistunut ja tämä kehitys tulee jatkumaan. Metallurginen teollisuus on edelleen hyvin elinvoimaista, mutta se rakentaa raaka-ainepohjansa yhä enemmän maailmalta tuotujen raaka-ainesten varaan. Teollisuusmineraalien puolella mullistavia muutoksia ei näytä olevan edessä.

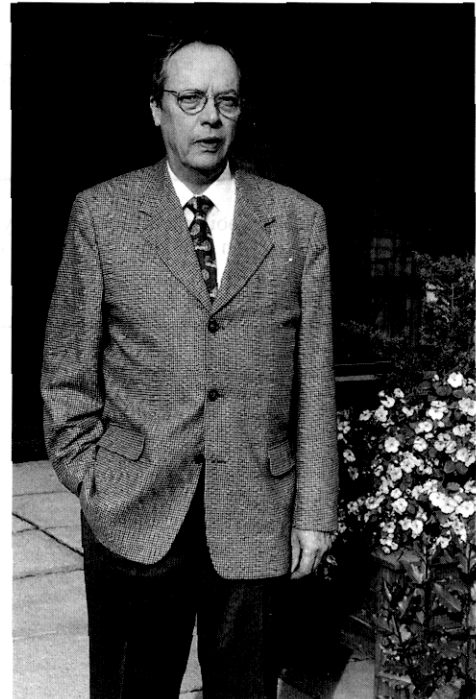
- Vuorimiesyhdistys tulee omasta puolestaan lisäämään yhteistyötään vastaavien alan järjestöjen kanssa. Perinteisesti meillä on ollut kiinteitä yhteyksiä Ruotsiin ja nyt yhteistyötä halutaan lisätä muunmuassa Norjan, Tanskan ja Saksan kanssa. Esimerkiksi jätelakiehdotusta pohtiessamme saimme erittäin arvokasta tietoa saksalaiselta veljesjärjestöltä, kertoo Appelberg jo saavutetuista kokemuksista.

Rakenteensa ja ulkoasunsa vuosikymmenet säilyttäneitä Vuoriteollisuuslehteä tullaan uudistamaan jo kuluvan vuoden aikana. Lehden ilmestymistiheyttä lisätään ja juttuihin pyritään saamaan lisää ajankohtaisuutta. Alan yrityksiä käsittelevän ajankohtaisen aineiston määrää tullaan kasvattamaan selvästi. Lisäksi yhdistyksen jäsenistön ääni pyritään saamaan selvemmin näkyviin lehden palstoilla.

### OUTOKUMPU-VETERAANI

Veikko Appelbergillä on takanaan pitkä päivätyö Outokumpu-konsernin palveluksessa. Hän luonnehtii itseään automaatiomieheksi.

- Ura alkoi vuonna 1960 Outokummun Harjavallan ja Porin tehtaiden yhteisenä instrumentti-insinöörinä. Kolme vuotta myöhemmin tuli muutto Helsinkiin pääkonttoriin uuteen auto-



Pääsihteeriksi Veikko Appelberg

maation suunnitteluryhmään, jolloin pääaloiksini nousivat metallurgian ja erityisesti rikastuksen automaatiokysymykset.

- Ensivaiheessa tehtiin työtä yhtiön omien laitosten toiminnan kehittämiseksi. Outokummun teknisen tietämyksen viennin kasvaessa myös automaation osaamisesta tuli yhtiölle monipuolinen myyntiartikkeli ja meidät kytkettiin mukaan ulkomaan projekteihin. Viime vuodet olen toiminut Olarin laitoksilla Outokumpu Mintec Oy:ssä myyntipäällikkönä erityisenä vastuualueena IVY-maat, kertoo Appelberg vaiheistaan vuoriteollisuuden parissa.

Järjestökokemusta Appelberg on hankkinut muunmuassa Suomen automaatioseurassa, jossa hän on toiminut sekä hallituksen jäsenenä että sihteerinä. Hän on toiminut myös VMY:n rikastus- ja prosessijaoston sihteerinä. Vuorimiesyhdistyksessä jäsenyysvuosia Appelbergillä on jo yli 30.

Loma-aikoina Veikko Appelbergin tapaa usein Lapin tuntureilta: kesäisin rinkka selässä Kilpisjärven käsivarren maisemista ja talviaikaan suksilla Muonion tuntureilla. Vapaa-ajan harrastuksiin kuuluvat myös valokuvaus ja kalastus. Keittiössä puuhastelu on Veikolle mieleen. Syysvuodenaikaan mestari suosittaa sienillä täytettyä jauhelihapihviä!

**Pekka Poutanen**

Veikko Appelberg on tavattavissa parhaiten alkuvuodesta Outokumpu Mintec Oy:ssä.

Riihitontuntie 7 C, 02200 Espoo

Puh. 09-421 3325, Fax 09-421 3373

E-mail: veikko.appelberg@outokumpu.fi



BIBO ERGO SUM

BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM

Siis ravisti Kommentaattorimme Insinööri-toimistosta Maa ja Matkustaminen pölyt yhdistelmäpukunsa ruudullisesta takista ja totesi siis olevansa olemassa. Lausui "Bibo, ergo sum". Yksikantaan.

Siis kävimme em. kommentaattorimme johdolla tutustumassa Harjavallan uusiin prosesseihin ja tuotteisiin Metallurgijaoston ah niin iki-ihanan kesäretken merkeissä. Tonnimääräisesti tämä siis uusi ja mielenkiintoinen prosessi edustaa Maahan ja Matkustamiseen erikoistuneille business-miehille kokonaan uudenlaista ajattelua. Siis tonnimääräisesti. Merkittävimmät tuotteet näyttävät siten olevan lähinnä hiekkapuhallushiekan raaka-aineeksi markkinoitava nikkeli-kuona, volyymiltaan 150 000 tonnia vuodessa, maan maatalouden ah niin pohjattomaan tarpeeseen merkittävä maanparannusaine ammoniumsulfaatti, 40 000 t/a sekä, ylivoimaisena ykkösenä, luonnollisesti, metsä- ja kemian teollisuuden hyödyke rikkihappo, 500 000 tonnia vuodessa. Raaka-aineet rahdataan pääosin Australiasta. Näiden ohella syntyy joitakin sivutuotteita kuten kuparia, nikkeliä, kobolttia ja mitä näitä nyt on. Tonnimäärältään ne ovat kuitenkin huomattavasti vähämerkityksellisempiä.

Siis Ahvenanmaalle kannattaa muuttaa, mikäli sattuu pääsemään. Ensivuoden budjetin mukaan valtio syyttää veromarkkoja em. maakunnan tukemiseen 695 miljoonaa. Jos siis äälantilaisten lukumäärä on noin 20 000, tarkoittaa se tosikoiden laskuopin mukaan pyöreästi 35 000 mk per lärvi. For free. Saarivaltiota ovat tosissaan ajattelevat piirit jo pitkään yrittäneet kaupata

Ruotsille, tai vaihtaa päikseen Petsamoon, mutta kukapa ottaisi moista ylimääräistä verotaakkaa niskoilleen. Edullisin konsti tukkia em. porsaanreikä lienee julistaa uusi Oolannin sota, tällä kertaa sisällissellainen, ja antautua ampumatta laukaustakaan. Mallia voisi ottaa esim. Viaporista vuodelta 1809. Emo-Suomi voisi näin tulla osaksi Ahvenanmaata, mistä luonnollisesti olisi pelkkiä etuja. Mm. viinakset ja muut tarpeelliset hyödykkeet voitaisiin vapauttaa tarpeettomista veroista. Säästyvät 700 miljoonaa voitaisiin käyttää esim. järvimalmin etsintään Marianhaminan edustalta.

Siis lehtitietojen mukaan presidentti Ahtisaarikin käyttää sähköpostia. Varjele! Toivottavasti ei mies ole samanlainen myllykirjeiden suoltaja kuin pari pykälää edellisempi viranhaltija. Voisimme kuvitella etteivät em. edeltäjän kaikki hengen- tuotteet välttämättä ilman oikosulkuja kulkisi kaapelia pitkin. Kuten "Ettekö te miesrukka käsität...". Ja niin edespäin.

Siis joudumme ikäänkuin riittävästi matkustelemaan Brysselin väliä lobbyilemassa perusmetalliteollisuutta. Koneet ovat siis pullollaan eeulua harjoittelevia maakuntaliittojen poikia. Oleellisimmat pohdiskelun aiheet tuntuvat piireissä olevan kuka menee millekin lounaalle, kenelle pitäisi esittäytyä, missä järjestyksessä mennään sisään, jne. Itse asioitahan ei tietysti tarvitse pähkäillä, virkamiehethän ne hoitaa. Neljäkymmenen hengen delegaatio tarvitaan varmistamaan, että tarjoilu pelaa. Ehdotamme kustannussyistä maakuntaliittojen lakkautamista ja niiden tehtävien delegoimista esim. belgialaisen oopperan ystäville. Paikallista näyttöä tietävästi löytyy.

J T

BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM BIBO ERGO SUM

## Marjostamme uusi EU-edustajamme

Hän tuli hiihtäen ja lähtee lentäen. Näin voidaan sanoa Marjo Matikainen-Kallströmistä. Meidän oma Marjomme löi itsensä läpi EU-parlamenttiin. Hän on tottunut voittaja, mutta hän on myös nöyrä kilpailija. Hän oli vaalihuoneustossa hiljainen ja odottavainen. Vasta kun voitto oli selviö irtosi nauru. Sellainen hän oli myös hiihtoladuilla. Nyt kun hän lähtee uudelle matkalle sanomme: "Högt över molnen går Marjos vår färd, emot en okänd värld".

Ja paljon onnea, koko Vuorimiesyhdistys on mukanasi, tiedä se Marjo!

Onnittelemme  
Vi gratulerar



Marjomme, yksi kuudestatoista.

LasseH

## Vuorineuvos Petter Teodor Forsström alias Kalkki-Petteri

Vanhemmalle ikäpolvelle Kalkki-Petteri ei liiemmästi esittelyjä kaipa. Tämän voimakkaan ja persoonallisen teollisuusmiehen pois-  
menosta on kuitenkin pian kulunut jo 30 vuotta. On siis hyvin ymmärrettävää, jos nuoremmat vuorimiehet, varsinkin Lohjan seudun ulkopuolelta, eivät heti pysty antamaan nimelle hahmoa. Seuraavassa lyhyt kuvaus tästä legendaarisesta vuorineuvoksesta ja vuorimiehestä. Katsauksen lähdemateriaalina on käytetty Victor Hovingin kirjoittamaa historiikkia ”Lojo Kalkverk 1897-1950” sekä Yrjö Soinin kirjaa ”Kalkki-Petteri”.

Petter Teodor Forsström syntyi Särkisalon Förbyssa 7.11.1877. Hänen isänsä, merikapteeni Karl Forsström kiinnostui, jäätyään maihin 1880-luvun lopussa, kotitilaa ympäröivän maaston kalkkiesiintymistä ja rakensi tilalleen kalkkiuunin. Tämä oli alkua perheyriykselle Karl Forsström Ab:lle.

Jo nuorena Petter Forsströmillä oli voimakas oma tahto eikä hän aristellut tuoda mielipiteitään julki. Tämä johti koulussa, Åbo Lyceum, yhteistyövaikeuksiin opettajien kanssa. Molemmat osapuolet saivat tarpeekseen. Petter jätti koulun ja lähti vuodeksi merille. Sen jälkeen opinnot maistuivat taas.

Opintovalintansa nuori mies teki oman ”markkinatutkimuksensa” pohjalta. Hän oli todennut, että Suomen mallasjuomateollisuus poti puutetta ammattaitoisista panimomestareista. Seurasi kolme opiskeluvuotta Saksassa ja loppututkinto Berliinin Brauerei- Akademiasta.

Vähällä oli, ettei Kalkki-Petteristä tullut Kalja-Petteri. Kohtalo puuttui kuitenkin peliin. Väärinkäsitysten vuoksi tuore panimomestari ei saanutkaan jo sovittua toimea Lauritsalasta ja joutui palaamaan perheensä luo Förbyhyn.

Isä Karl oli yhdessä Julius Tallbergin kanssa käynnistänyt kalkkiteollisuuden Lohjan seudulla ja meneillään oli uuden tyyppisen kuiluunin rakentaminen Virkkalaan. Rakennustöiden valvonta oli uskottu Petterin vanhemmalle veljelle Fredrikille. Tämä halusi kuitenkin saattaa kemisti-insinööriutkintonsa loppuun ja sai veljensä Petterin värväytyksi tuuraajakseen.

Vuosi oli 1897 ja tästä alkoi pitkä, 65 vuotta kestävä teollisuusmiehen ura.

Julius Tallberg luopui varhaisessa vaiheessa osuudestaan projektissa ja Lohjan Kalkkitehtaasta tuli osa Förby-yhtiötä. Karl Forsström luovutti pian vastuun tehtaan kehittämisen nuoremmalle pojalleen.

Virkkalan kalkkiteollisuus kasvoi ripeästi Petter Forsströmin johdolla. Karl Forsström kuoli vuonna 1912. Petter Forsström otti asiakseen toteuttaa isänsä suunnitelmat sementtitehtaan rakentamisesta Lohjalle.

Rahoituspohjan turvaamiseksi Lohjan Kalkkitehtaasta muodostettiin osakeyhtiö vuonna 1914. Yhtiön toimitusjohtajaksi nimitettiin Petter Forsström.

Vuonna 1914 syttynyt maailmansota sekoitti aikataulut, mutta päätös sementtitehtaan rakentamisesta tehtiin jo vuoden 1915 lopussa. Uuni tilattiin Tanskasta. Sodan takia toimitus tapahtui Tukholman kautta. Se ei kuitenkaan koskaan saavuttanut määränpäättään. Uunia kuljettava alus joutui saksalaisten kaappaamaksi ja vietiin Stettiniin. Petter Forsström yritti saada uuninsa takaisin, mutta onnistui siinä vasta vuosia myöhemmin. Tätä Petter Forsström ei kuitenkaan jäänyt odottamaan, vaan hän tilasi uuden uunin samalta toimittajalta. Tällä kertaa toimitus onnistui ja tuotanto pääsi alkuun tammikuussa vuonna 1919.

Sementtitehdas oli alusta lähtien mitoitettu kahdelle uunille ja vuonna 1924 parantunut markkinatilanne salli kaapatun ja takaisin saadun uunin käyttöönoton.



Petter Forsström vuonna 1937 60-vuotispäivänään.

Sementinvalmistuksen myötä yhtiön sähköntarve kasvoi huomattavasti. Tämän takia perustettiin vuonna 1919 tytäryhtiö Lohjan Sähkö Oy. Tämä jakeluyhtiö ei palvellut ainoastaan Lohjan Kalkkitehdasta, vaan pian myös Lohjan ja Karjaan kauppaloita ja koko rannikkoseutua aina Hangosta Siuntioon.

Myöhemmin Lohjan Kalkkitehtaan omistukseen tulivat tytäryhtiöt Oy Saseka Ab ja Oy Rudus Ab, mutta toiminnan keskipisteenä oli alusta lähtien yhtiön tehdasalue Virkkalassa.

Siitä ja koko seudusta tuli enemmän tai vähemmän Petter Forsströmin valtakuntaa. Samalla kun Petter Forsström teki kaikkensa pitääkseen yhtiönsä teknisen ja kaupallisen kehityksen kärjessä hän aina muisti ihmiset tulosten takana.

Jo varhaisessa vaiheessa hän kiinnitti huomiota työväen asumis-  
oloihin rakentamalla uudenaikaisia asuntoja. Perustettiin ruokaloita, rakennettiin sairaala, palkattiin lääkäreitä ja hammaslääkäreitä. Lohjanjärven rannalle rakennettiin työväestölle kansanpuisto ravintoloinen ja tanssilavoineen. Urheilijat saivat vuorostaan täysinmittaisen urheilukentän.

Petter Forsström arvosti suuresti Marttaliikettä ja sen aikaansaannoksia. Tehtaalle perustettiin oma Marttayhdistys, jolle rakennettiin koulutuskeskus.

Vuonna 1927 perustettu Lohjan kalkkitehtaan oppilaskoulu, sittemmin Konepajakoulu, oli ehkä lähimpänä tämän yhtiölleen täysin omistautuneen teollisuusjohtajan sydäntä.

Kalkkitehtaan Tirehtööri Petter Forsström sai vuorineuvostittelin vuonna 1937. Hän nautti omien alaistensa ja seudun asukkaiden keskuudessa suurta arvostusta ja luottamusta. Siitä huolimatta 1920-luvun lopun poliittinen rauhattomuus tuli koskemaan myös Petter Forsströmiä ja hänen yhtiötään.

Pienryhmä tehtaalla meni lakkoon syystä, joka työnantaja Petter Forsströmin mielestä oli keinotekoinen. Tehtaan muun henkilöstön yhtyminen lakkoon solidaarisuuden nimessä, vaikkakin oletettavasti vastoin tahtoaan, ei saanut Kalkki-Petteriä taipumaan. Hän oli päättänyt panna kovan kovaa vastaan. Kesti 20 kuukautta ennen kuin työrauha laskeutui uudelleen tehtaalle ylle. Tämän välikohtauksen jäljet näkyivät huomattavasti kauemmin. Lakon vähitellen murentuessa tehdas oli ilmoittanut ottavansa takaisin kaikki lakkoon osallistuneet sikäli kun tilaa vielä riittäisi. Osalle lakkolaisista ei löytynyt paikkaa ja moni perhe joutui hakeutumaan pois paikkakunnalta.

Näissä olosuhteissa teollisuus suhtautui suopeasti syntymässä olevaan Lapuanliikkeeseen. Selvää oli, että Lohjan kalkkitehtaan lakkoa ja Petter Forsströmin tapaa selviytyä tilanteesta oli seurattu tarkkaan teollisuustyönantajien puolelta. Seurauksena oli, että Petter Forsström valittiin teollisuuden edustajana Lapuanliikkeen valtuuskuntaan. Petter Forsström ei hyväksynyt liikkeen kiihkomielisten toimintaa eikä ylilyöntejä, joihin nämä syyllistyivät.

Talvisodan ja jatkosodan aikana vuorineuvos Forsström osallistui erilaisiin hankkeisiin, joiden tarkoituksena oli saada maallemme aineellista apua naapurimaista.

Suurin koku värikkään vuorineuvoksen ympärillä syntyi kuitenkin

sotien jälkeen. Vuorineuvosta syytettiin vihollisen vakoojan kätkemisestä ja hänet todettiin sekavan tuomioistuinkierroksen jälkeen syylliseksi maanpetokseen. Tuomio oli kova, kuusi vuotta kuritushuonetta. Vuorineuvos Forsström ei ollut ainoa, joka ei ymmärtänyt tuomiota. Tuomiostaan vuorineuvos Forsström istui 28 kuukautta. Ensikertalaisena hän pääsi ehdonlaiseen vapauteen lokakuussa 1948. Kansalaisluottamus palautettiin hänelle vasta huhtikuussa 1954. Ennen sitä, täyttäessään 75 vuotta vuonna 1952, hänelle oli kuitenkin myönnetty Suomen Leijonan komentajamerkki vankila-aikanaan tekemästään työstä.

Vankilassa hänelle syntyi nimittäin ajatus ammattikoulun perustamisesta vankilan muurien sisäpuolelle. Vankilasta käsin hän järjesti rahankeräyksen ja organisoi rakennustyön. Suunnitelma toteutui. Riikimäen vankilan ammattikoulu vihittiin juhllisin menoin huhtikuun 26. päivänä 1949.

Ikä ei painanut tätä värikästä teollisuusmiestä, vaan koko 1950-luvun hän johti yhä kasvavaa yhtiötään. Vasta 85-vuotiaana eli vuonna 1962 hän luovutti johdon lopullisesti seuraajalleen, veljenspojalleen Börje Forsströmille.

Vuorineuvos Petter Forsström kuoli 13.11.1967.

Bo-Eric Forstén

## Jatkoa Petter Forsströmin palkinnolle

Petter Forsströmin palkinto on Vuorimiesyhdistyksen myöntämä palkinto Vuoriteollisuus-lehdessä julkaistuista artikkeleista. Tämä palkinto annetaan vuosittain tai pidemmällä aikavälillä parhaaksi arvioidun artikkelin kirjoittajalle.

Arvosteluperusteita ovat omintakeisuus, ammatillinen informatiivisuus ja mielenkiintoisuus, edellyttäen myös että käsikirjoitus on toimitettu moitteettoman julkaisukelpoisessa muodossa. Yhdistyksemme hallitus päättää palkinnon jaosta lehden toimitus-

neuvoston ja toimituksen suosituksesta.

Viimeksi palkinto annettiin vuonna 1991 TKT Pertti Heikkilälle "Kalliomurskeiden laatu ja sen parantaminen" osat I ja II artikkeleista.

Silloin palkintorahat lahjoitti Oy LOHJA Ab. Nyt Vuorimiesyhdistys r.y. vastaa niistä.

Vuorineuvos Petter Forsströmin omaiset ovat antaneet suostumuksensa sille, että vuorineuvoksen nimeä voidaan edelleen käyttää palkinnon yhteydessä.

## SYNTYMÄPÄIVÄRAHASTO

### Arvoisat Vuorimiehet

Vuorimieskilta on perustanut uuden rahaston tukemaan Materiaali- ja kallioteknikan osaston opiskelijoiden ulkomailla tapahtuvaa opiskelua.

Rahasto perustettiin 1.10.1996 Vuorimieskillan yleiskokouksessa johtaja Timo Välttilän aloitteesta. Hän luovutti 60-vuotissyntymäpäivänään saamansa lahjoitukset rahaston alkupääomaksi. Tästä syystä rahasto nimettiin Syntymäpäivärahastoksi. Rahastosta on tarkoitus tukea ulkomailla tapahtuvaa opiskelua kerran vuodessa myönnettävällä stipendillä. Stipendin suuruuden ja saajan päättää Vuorimieskillan raati yhdessä killan Oltermannin kanssa.

Rahasto ei vielä näinä pankkituen päivinä elä yksinään korkotulojen avulla, vaan pääomaa on vielä kartutettava. Tähän, arvoisat vuorimiehet, on teillä nyt ja tulevaisuudessa mahdollisuus. Rahastolla on oikeus ottaa vastaan lahjoituksia ja muillakin laillisilla tavoilla kartuttaa pääomaansa. Eli, jos olet kyllästynyt lasilintuihin tai tunnet että niitä on jo liikaa, voit ohjata merkkipäivänäsi saamasi lahjoitukset suoraan Syntymäpäivärahastoon.

Ulkomailla opiskeleva tarvitsee tukea, muutakin kuin henkistä.

Vuorimieskillan puolesta  
Arni Kujala, puheenjohtaja  
Vuorimieskilta  
Vuorimiehentie 2, 02150 Espoo  
Puh./fax 09-4512763



**HEIKKI VELI KAUPPINEN**  
12.10.1939–8.5.1996

Filosofian lisensiaatti Veli Heikki Kauppinen kuoli Kuopiossa lyhyen sairauden jälkeen 8.5.1996.

Heikki Kauppinen oli syntynyt Hankasalmella 12.10.1939. Ylioppilaaksi hän kirjoitti Saarijärven yhteiskoulusta ja valmistui filosofian kandidaatiksi vuonna 1973 Turun yliopistossa pääaineenaan geologia ja mineralogia. Pro-gradu tutkielman aiheena oli "Iisalmen alueen lohkorakenteista". Siinä esitetyt omaperäiset ajatukset palkittiin korkealla arvosanalla. Filosofian lisensiaattityö "Geologisen tiedon tarve ja hyväksikäyttö kaivostoiminnassa" valmistui vuonna 1992. Turun yliopiston geologi-

an laitoksen assistenttina Heikki Kauppinen toimi vuosina 1972–1973.

Kesäharjoittelijana Heikki Kauppinen osallistui kenttätöihin kymmenenä vuonna. Pohjois-Karjalan, Savon, Keski- ja Etelä-Pohjanmaan sekä Lapin maastot tulivat hänelle tuolloin tutuiksi. Kesän 1966 hän työskenteli Grönlannissa.

Heikki Kauppinen teki elämäntyönsä kaivosteollisuuden palveluksessa. Hän tuli vuonna 1973 kaivosgeologiksi Outokumpu Oy:n Vuonoksen kaivokselle, josta hän siirtyi vuonna 1979 Kemira Oy:n käynnistämävaiheessa olevalle Siilinjärven apatiittikaivokselle kaivosgeologiksi. Kaivoksen laajennusprojektin aikana 1980-luvun alussa hän toimi kaivoksen päällikkönä. Siilinjärven kaivoksen kaivosgeologina Heikki Kauppinen toimi vuoden 1991 loppuun. Kemira-konsernin puitteissa hyödynnettiin hänen kaivosalan asiantuntemustaan myös useissa erillisprojekteissa.

Vuonna 1992 Heikki Kauppinen otti rohkean ja ennakkoluulottoman askeleen. Hän jätti turvallisen työpaikan Siilinjärven kaivoksella ja perusti oman konsulttiyrityksen Produmincon Oy:n.

Heikki Kauppinen johtoajatuksena kaivosgeologin työssä oli geologisen tiedon hyväksikäyttö kaikissa kiviaineksen käsittely- ja hyödyntämävaiheissa. Hän oli malmityypinmukaisen rikastuksen uranuurtajia Suomen kaivosteollisuudessa. Vuonoksen kuparimalmi jaettiin hänen aloitteestaan aluksi kahdeksi ja myöhemmin kolmeksi eri syötetyypiksi. Siilinjärvellä hän

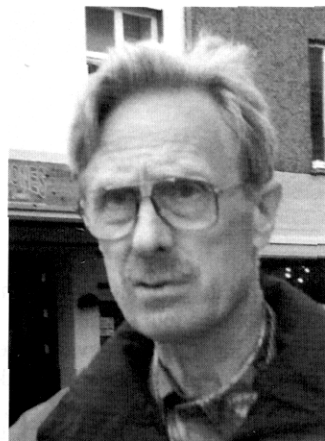
kehitti edelleen Vuonoksessa saamiaan kokemuksia ja loi käsitteet "selektiivinen malmityyppikäsittely" ja "rikastukseen vaikuttavat malmin ominaisuudet". Hänen aloitteestaan Siilinjärvellä luotiin järjestelmä, jossa jatkuva informaatio malmisyötteen rikastukseen vaikuttavista ominaisuuksista kulkee kaivoksesta rikastamolle. Siilinjärvellä toimiessaan hän juurrutti ajatustavan geologisen tiedon hyväksikäytöstä hänelle ominaiselle ennakkoluulottomuudella yhtäläillä louhijoihin ja rikastajiin kuin kemian teollisuuden palveluksessa työskenteleviin. Hän toi ajatuksiaan ja tutkimustuloksiaan julki kotimaisissa ja ulkomaisissa julkaisuissa ja tapahtumissa.

Työtoverit ja ystävät muistavat Heikki Kauppinen seurallisena ja idearikkaana ihmisenä, joka oli ututtera uusien asioiden kokeilija ja kehittäjä. Heikki Kauppista jäivät kaipaamaan omaisten ohella entiset työtoverit ja laaja kaivosmieppiiri, jossa Heikki muistetaan vahvana oman alansa taitajana ja vaikuttajana.

Jouni Reino, Olli Härmälä  
ja Heikki Papunen

Vuorimiesyhdistys r.y.:n geologi-, kaivos- sekä rikastus- ja prosessijaoston jäsen Heikki Veli Kauppinen oli vuodesta 1974 lähtien.

Toimitus



**ESKO EMIL ULVELIN**  
24.8.1936–22.5.1996

Diplomi-insinööri, apulaisjohtaja Esko Emil Ulvelin kuoli vaikean sairauden murtamana 22.5.1996.

Esko Ulvelin oli syntynyt Sippolassa 24.8.1936. Ylioppilaaksi hän valmistui 1956 Kouvolan lyseosta. Diplomi-insinööriksi Ulvelin valmistui Teknillisestä korkeakoulusta vuonna 1962.

Uransa Suomen kaivosteollisuudessa Esko Ulvelin aloitti toimimalla kaivosinsinöörin tehtävissä Oy Lohja Ab:n Ojamon ja Tytyrin kaivoksilla vuosina 1961–67. Näistä tehtävistä hän siirtyi Myllykoski Oy:n palvelukseen Luikonlahden kaivoksen kaivospäälliköksi, missä tehtävässä hän toimi kolmen vuoden ajan 1967–70. Luikonlahdelta Ulvelin siirtyi Suomen Malmi Oy:n kaivospalveluosaston päälliköksi vuosiksi 1970–74. Vuosina 1974–1975 hän toimi Roxon Oy:ssä markkinointijohtajana ja vuonna 1975 myös KTM:n kaivostarkastajana. Vuonna 1975 Esko Ulvelin siirtyi Teknilliseen Tarkastuskeskukseen, nykyiseen Turvatekniikan keskukseseen, jossa hän työskenteli viimeiseen asti, lukuunottamatta ulkomaantyökomennuksia Ulkoasiainministeriön palveluksessa. UM:n kehitysyhteistyökohteissa Esko Ulvelin toimi kahteen eri otteeseen, vuosina 1982–84 Tansaniassa ja Keniassa 1985–86.

Esko Ulvelinin työlle on luonteenomaista vahva sitoutuminen ja vastuunkantaminen tehtävistä. Esimiehenä häntä arvostettiin, koska hän toimi aina vastuullisesti ja johdonmukaisesti alaisensa toimintaedellytysten ja hyvinvoinnin puolesta.

Esko Ulvelinin vahva vastuun ottaminen ilmeni myös siinä, että hän oli valmis uhraamaan työelämästään pitkiä ajanjaksoja kehitysmaiden olojen parantamiseksi. Hän työskenteli Afrikassa Suomen kehitysapu-kohteissa niiden kaivostoiminnan jaloilleen auttamiseksi. Tässä työssä hänellä oli paljon arvokasta annettavaa pitkäaikaisen kaivostoiminnassa hankitun kokemuksen ja erityisosaamisen perusteella.

Esko Ulvelin toimi päätöksiensä ohella myös aktiivisesti kotimaisissa virallisissa ja epävirallisissa elimissä ja työryhmissä. Viime vuosina hän toimi useissa kansainvälisissä ryhmissä, jotka toimivat OECD:n ja EU:n piireissä.

Esko Ulvelinilla oli luontainen kyky luoda myönteinen ilmapiiri. Hänen seurassaan ei aika koskaan tullut pitkäksi. Oli seura, ja keskustelukieli, mikä tahansa, jäyhä perussuomalainen osoittautui todelliseksi tarinankertajaksi. Tiukatkin tilanteet hän aina pystyi laukaamaan positiivishenkisellä huumorillaan.

Vuorimiesyhdistyksen jäsen Esko Ulvelin oli vuodesta 1962. VMY:n hallituksen jäsen hän oli 1989–91.

Toimitus



**KARIN MARGARETA  
STIGZELIUS, f./os. BRANDERS**  
Bergsmannaföreningens  
hedersmedlem –  
Vuorimiesyhdistyksen  
kunniajäsen 1991

Alkukesästä kohtasi vuorimiesyhdistyksen yllyttävä suruviesti. Yhdistyksen kunniajäsen Karin Stigzelius oli poistunut 19.6.1996 keskuudestamme.

Karin Branders föddes 9.9.1918 i Åbo, där hon började sin skolgång. Hon blev student vid Svenska Samskolan i Helsingfors med laudatur i tyska och matematik. Karin fick anställning först hos Helsingfors

Aktiebank, sedan hos Industriidkarnas Ömsesidiga Brandförsäkringsbolag och år 1942 hos Oy Vuoksenniska Ab, där hon slutade julen 1944 kort efter att hon ingått äktenskap. Första bergsmannakontaktken med Karin är från samma år. Herman Stigzelius som var anställd vid Vuoksenniskas kontor i Helsingfors åkte på skottdagen tillsammans med Karin Branders från bokföringsavdelningen och ingenjör Grannenfelt, som föreslog att Karin skulle fria till Herman nu på skottdagen, vilket hon omedelbart gjorde. Herman lovade tänka på saken. På grund av Helsingfors bombning flyttades kontoret till Haveri gruva, där Karin och Herman blev närmare bekanta. De vigdes vid slutet av året och från och med då var Karin ett kapitel av Finlands bergsmannahistoria. Herman Stigzelius var ju med om att grunda Bergsmannaföreningen 1943.

De fyra barnen föddes under de följande tio åren. Under 60-talet vistades familjen först i Bolivien och sedan i USA. Karins sociala läggning och språkkunskaper bidrog till att skapa och upprätthålla ett vidsträckt kontaktnät av vänner runt om i världen. Efter tre år i Indonesien på 80-talet skaffade sig Karin och Herman en bostad också i Spanien, där Karin fick användning för sina spanska språkkunskaper från sydamerikaitiden.

Vuorimiesyhdistyksen toimintaan Karin tuli mukaan Vuoriteollisuus-lehden aktiivisena ja kehittävänä toimitussihteerinä 1950–1968. Tämän lisäksi Karin piti huolta VMY:n jäsenrekisteristä useaan otteeseen. Tässä roo-

lissa Karinista tuli monelle nuorelle vuorimiehelle äitihaamo, joka aktiivisesti seurasi jäsenkunnan muuttoa ja etenemistä uralta muistuttaen useasti muuttoilmoituksen unohtanutta yhteydestä Vuorimiesyhdistykseen. Karin piti pitkään kirjaa henkilötapauksista ja toimitti Vuoriteollisuuteen nimityspalstaa. Jäsenrekisterin siirryttyä yhdistyksen rahastonhoitajan tehtäväksi hän edelleen avusti sen ylläpitoa uutisin ja korjauksin luomansa laajan ystävaverkon avulla. Karin kannusti ja rohkaisi vuorimiehiä ja heidän perheitään kansainvälistymiseen.

Vuorinaisissa Karin toimi perustamiskokouksesta 1958 lähtien, ensin rahastonhoitajana 1958–1961, sitten varapuheenjohtajana 1966, 1971–1972, puheenjohtajana 1967, 1973–1974 ja johtokunnan jäsenenä 1975–1976.

Karin oli myös Lapin kullankaivaajien ja kullankaivuun lämmin ystävä osallistuen vuosien mittaan eri ominaisuuksissa moniin kultakisoihin ja -tapauksiin. Erityistä huolta hän kantoi Kultamuseosta ja sen taloudesta. Hänen viimeisiä julkisia esiintymisiään oli puhe Kultamuseon 20-vuotisjuhlassa 1993.

Karin Stigzelius oli hengen luoja kaikessa mihin hän ryhtyi, sosiaalinen yhteyksien pitäjä, innostava, energinen ja huumorintajuinen. Hän säilytti viimeiseen asti aloitteellisuutensa ja järjestelmällisyytensä ja ylläpiti lukuisia kansainvälisiä ja kotimaan kontakteja. Ystävät muistavat nämä yhteydet. Vi tackar Dig, Karin. Kiitämme Sinua Karin.



**OLLI JAAKKO JUHANI  
SIMOLA**  
7.4.1914–3.8.1996

Dipl.ins. Olli Simola kuoli 3.8.1996 syntymäkaupungissaan Tampereella. Hän oli syntynyt 7.4.1914. Vanhemmat: professori, dipl.ins. Emil Simola ja Elsa o.s. Laipio. Olli Simola valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisen Korkeakoulun koneinsinööriosaston koneenrakennuksen opintosuunnalta 1937. Hän oli opiskellut myös kemian osaston oppiaineita.

Hänen ensimmäinen työpaikkansa oli Suomen Gummitehdas Oy:n Savion tehtaasta, jossa hän toimi osastoinsinöörinä 38–39, Suomalainen Gulf Oil Co Oy:ssä hän toimi teknillisenä johtajana 39–41.

Syksyllä 1941 hän sai päämajasta määräyksen siirtyä Lokomo Oy:n palvelukseen. Simola työskenteli Lokomossa eläkkeelle siirtymiseensä saakka vuonna 1975. Hän toimi aluksi vuoden takomon osastoinsinöörinä ja sen jälkeen kaksi vuotta tärastehtaan teknillisen johtajan apulaisena. Vuodesta 1943 lähtien hän toimi tärastehtaan teknillisenä johtajana ja päämetallurgina vuoteen 1961 saakka.

Kun konepajan ja tärastehtaan teknillisen johtajan vakanssit yhdistettiin vuonna 1962, hänestä tuli koko Lokomo Oy:n teknillinen johtaja. Vuonna 1970 Lokomo Oy fuusioitui Rauma-Repola Oy:hyn, jolloin Olli Simolasta tuli Lokomon tehtaitten paikallisjohtaja. Tästä tehtävästä hän jäi eläkkeelle 1975.

Olli Simolalla oli useita luottamustoimia. Vuosina 46–49 hän oli jäsenenä Otanmäen malmilöydöksen käyttömahdollisuuksia selvittäneessä valtion komiteassa. Tampereen kaupungin sähkölautakunnan jäsen hän oli vuodesta 1957 alkaen ja sen puheenjohtaja 79–84. Tampereen Aluesäästöpankin hallituksen jäsen hän oli vuodesta 1959 ja puheenjohtaja 73–80. Tampereen kaupakamarin hallituksen jäsen hän oli 71–77 ja puheenjohtaja 1977. Tampereen Teknillisen seuran puheenjohtajana hän toimi 67–70. Hän kuului Metalliteollisuuden Työntantajaliiton hallitukseen 70–74, Tekniikan Säätiön hallitukseen 76–84, ja Keskuu kaupakamarin hallitukseen 76–77.

1939 Olli Simola liittyi STS:ään ja kun Vuorimiesyhdistys perustettiin 1943 hän oli yksi perustajajäsenistä.

Olli Simola joutui varsin nuorena erittäin vaativien metallurgisten tehtävien eteen.

Lokomon tärastehtaan merkitys sotavuosina erikoisterästen tuottajana oli erittäin suuri etenkin aseteollisuudelle. Muun muassa tykinputkien valmistus oli tehtävä, jonka onnistumisesta voidaan nyt puoli vuosisataa myöhemmin arvioida jopa koko maan kohtalon riippuneen. Saattaa vain kuvitella, millaisen paineen alaisina Lokomon metallurgit Heinz Kreutz von Scheele ja Olli Simola silloin toimivat.

Sotakorvausvuosina 1944–1952 Lokomo toimitti Neuvostoliittoon yhteensä 292 kapearaideveturia ja useita tuhansia yksiköitä haponkestäviä massaventtiilejä vuosittain. Huolta aiheutti raaka- ja polttoainien puute sekä pelko siitä, mitä tapahtuisi, jos Suomi ei pystyisikään maksamaan valtavia sotakorvauksia määrääjässä. Siihen kuitenkin pystyttiin.

Olli Simolan ollessa Lokomon teknillisenä johtajana suunniteltiin täysin uudet suuripainehydrauliikkaa käyttävien Lokomokoneiden sukupolvet. Näillä toimilla luotiin pohjaa tämän päivän tilanteelle, jolloin Rauma Oy:n Nordberg-ryhmä kivenmurskauksessa ja Timberjack-ryhmä metsäkoneissa kuuluvat omien alueittensa markkinajohtajiin maailmassa.

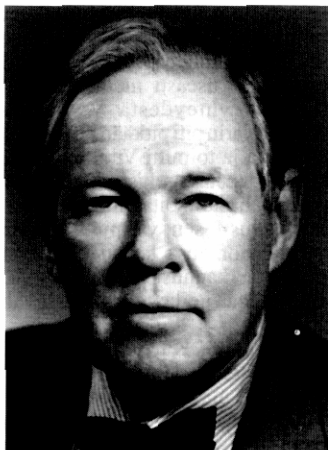
Olli Simola oli etevä insinööri. Hän oli myös erinomainen ihmisten käsittelijä. Hän kykeni välttämään ristiriitoja, koska hän oli itse harvinaisen tasapainoinen henkilö. Hän noudatti hyvin luontevasti ns. vanhan koulun käytöstapoja.

Olli Simolan entiset alaiset ovat varmaankin yksimielisiä siitä, että oli onni saada sellainen esimies kuin hän oli.

Paavo Tennilä



## In Memoriam



**HEIKKI TANNER**  
7.5.1918–16.9.1996

Pitkän ja ansiokkaan elämäntyön Outokumpu Oy:n palveluksessa tehnyt yli-insinööri Heikki Tanner kuoli 78-vuotiaana 16. syyskuuta Helsingissä. Hän oli syntynyt 7. toukokuuta 1918 Helsingissä.

Heikki Tanner pääsi ylioppilaaksi Kallion yhteiskoulusta 1936 ja valmistui dipl. insinööriksi Teknillisen korkeakoulun Kemian osaston kaivostekniikan opinto-

suunnalta 1942. Hän kuului siihen kuuden vuoritekkarin joukkoon, joka komennettiin Tukholmaan opiskelemaan ammattiaineita jatkosodan aikana syksyllä 1941. Outokumpu Oy otti valmistuneen vuorinsinööriin heti kaivosinsinööriksi Outokummun kaivokselle, mutta siirsi hänet jo seuraavana vuonna panemaan uuden Ylöjärven kaivoksen loughintaa käyntiin. Kolmen vuoden kuluttua Tanner teki parin vuoden tunnustelumatkan Otanmäki Oy:n palvelukseen, mutta palasi 1948 alkuperäisen työnantajansa palvelukseen. Silloin hänet määrättiin suunnitteilla olevan Aijalan kaivoksen isännöitsijäksi.

Tämäkin jakso jäi lyhyeksi, kun hänet syksyllä 1949 siirrettiin Outokumpuun kaivospäälliköksi. Hänen johdollaan kehitettiin uusi loughintamenetelmä, ja hän osallistui Keretin laitosten suunnitteluun ja rakentamiseen. Toimittuaan seitsemän vuotta Outokummussa ja saatuaan sinä aikana nimityksen yli-insinööriksi häntä tarvittiin pääkonttorissa kaivosteknillisen toiminnan koordinoituihin. 1959 yhtiön johto uskoi hänelle ehkä hänen elämänsä vaikeimman tehtävän määrätessään hänet johtamaan Kok-

kolaan perustettavien metallurgisten laitosten suunnittelua ja rakentamista.

Tehtaiden valmistuttua Heikki Tanner toimi niiden johtajana vuoteen 1971 saakka, jolloin hän siirtyi yhtiön ulkomaisen kaivostoiminnan johtajaksi pääkonttoriin. Yli-insinööri Tanner jäi hyvin ansaitsemalleen eläkkeelle 1983.

Heikki Tanner tunnettiin sanavalmiina ja nopeaotteisena henkilönä, johon työnantaja ja esimiehet olivat tottuneet luottamaan. Hänelle oli ominaista oivaltaa pääasiat ja selviytyä helposti vieraistakin asioista ja tehtävistä. Valoisa, elämänmyönteinen ja sattuva huumori olivat hänelle tyypillisiä piirteitä. Laaja vuorimiesystävien piiri tulee kauan muistamaan Heikin, todellisen vuori-insinööriin ja kaipaamaan hänen aina valoisaa olemustaan.

Heikki Tannerin harrastuksiin kuuluivat metsästäys ja varsinkin kalastus. Hän toimi aktiivisesti teknillisissä seuroissa ja oli Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtaja 1973–76. Yhdistyksen jäsen hän oli vuodesta 1943 lähtien.

Toimi Lukkarinen



**CARL ADOLF HENNING  
DOEPEL**  
3.11.1914–21.9.1996

Carl Henning Doepel, som ägnade hela sitt aktiva yrkesliv åt Pargas Kalkbergs Aktiebolag (Partek) i olika ledande uppgifter i Pargas och Villmanstrand (2 år), avled 21.9.1996 i en ålder av nästan 82 år.

Henning Doepel var född i Åbo och avlade diplomingenjörsexamen vid kemisk-tekniska fakulteten vid Åbo Akademi 1938. Han hörde till de ingenjörer, som år 1940

hann arbeta en kort tid inom industrin innan fortsättningskrigets långa militärtjänst. Han anställdes vid Pargas Kalkbergs Aktiebolag som driftingenjör vid kalkverket. Efter kriget 1945 utvidgades hans uppgifter till att omfatta även Sandfall tegelbruk.

År 1946 förflyttades han som gruvingenjör till Villmanstrand med uppgift att rationalisera produktionen och ansvara för det ökade behovet av sten för de under byggnad varande kalkroterugnarna och den planerade andra cementugnen.

Två år senare var Henning Doepel tillbaka i Pargas med den mera omfattande uppgiften att leda rationalisering av och öka produktionen i gruvan och kalkverket samt senare att utvidga cementfabriken. Till hans uppgifter hörde även att handha sjötransporterna av löscement till cementstationer, som uppfördes vid kusten.

Efter nio arbetsfyllda år utnämndes Henning Doepel till sitt livs kanske svåraste uppgift, till disponent för bolagets anläggningar i Pargas dvs. till genomsam administratör och utvecklare för de olika verksamhetsområdena, som var stadda i kraftig utveckling. Henning Doepel hade redan i sitt tidigare arbete blivit skolad för denna uppgift.

Efter denna tioårs period utnämndes

Henning Doepel till centralstyrelsens forsknings- och utvecklingsdirektör och år 1973 till direktör för basmaterialgruppen, en uppgift han skötte fram till pensioneringen år 1977.

Henning Doepel, som utförde sitt livsverk inom industrin i Pargas, fick redan på grund av sin ställning flera samhällseliga uppdrag. Av dessa må nämnas posten som VD för Pargas Vatten AB. Under denna tid togs den första sötvattenbassängen som avdämmts från havet i bruk. Vidare var han ordförande i direktionen för Åbolands Folkhögskola och ordförande i arbetsgruppen för byggnadsmaterialindustrin i det tekniskt-vetenskapliga samarbetet mellan Finland och Sovjetunionen.

Henning Doepel var i sitt arbete känd som en försiktig och noggrann person och en pragmatisk ledare. Rotary-verksamheten låg honom varmt om hjärtat och sin fritid tillbringade han i skärgården. Till hans hobbyhörde segling och musik. Det senare fick vi ta del av på Bergmanaföreningens sommarutfärder. Han var medlem i Bergsmannaföreningens styrelse på 1960-talet.

Urho Valtakari



## ILMOITTAJAT – ANNONSÖRER

- Oy ATLAS COPCO LOUHINTATEKNIikka Ab
- FINN-VALVE Oy
- FUNDIA WIRE Oy Ab
- GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
- IMATRA STEEL Oy Ab
- KEMIARA CHEMICALS Oy
- LAROX Oy
- NORDBERG-LOKOMO Oy
- OULUN DIAKONISSALAITOS
- OUTOKUMPU Oy
- OUTOKUMPU HARJAVALTA METALS Oy
- OUTOKUMPU RESEARCH Oy  
Geoanalyttinen Laboratorio
- RAUMA Oy, Nordberg Group
- RAUTARUUKKI Oy, Raahe Steel
- Oy E. SARLIN Ab
- SUOMEN MALMI Oy
- Oy SVEDALA Ab
- TAMFELT Oy Ab
- TAMROCK Oy
- TEK-MUR Tekninen Muuraus Oy
- TEOLLISUUDEN VOIMA Oy
- UUSIMAA Oy
- VIHTAVUORI Oy
- WARMAN INTERNATIONAL SCANDINAVIA Oy

## OHJEITA KIRJOITTAJILLE

Lehden painatuskustannusten pienentämiseksi ja ulkoasun yhtenäistämiseksi kirjoittajia pyydetään noudattamaan seuraavia ohjeita:

**Käsi kirjoitukset** on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkia 2-välillä. Otamme myös pc-diskettinä kirjoituksenne. Silloin pyydämme liittämään mukaan yhden paperikopion. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelin **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukoineen ja kirjallisuusviitteineen** on 4 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsi kirjoitukset palautetaan kirjoittajille kirjausta varten. 3 konekirjoitusarkkia = noin 1 sivu.

**Pääotsikot ja alaotsikot** erotetaan toisistaan selkeästi.

**Kuvat ja taulukot** numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden **englanninkieliset käännökset** kirjoitetaan erilliselle arkille. Kuvien olisi mahdollista yhden palstan leveydelle (**85 mm**), mutta ne on piirrettävä vähintään kaksinkertaiseen kokoon ottaen viivapaksuuksia ja kirjainkokoja valittaessa huomioon pienennyksen vaikutus. Kuvia ei varusteta kehysviivoin. Kuvien paikat on merkittävä käsi kirjoitukseen. Kuvien ja piirustusten tulisi mieluummin olla mustavalkoisia.

**Kaavat ja yhtälöt** on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon, mahdollisuuksien mukaan välttämällä ala- ja yläindeksien, erikoisten merkkien ja vieraiden kirjainten käyttöä. On käytettävä SI-yksiköitä.

**Kirjallisuusviitteet** numeroidaan jatkuvasti // sulkuihin tekstissä ja esitetään lopussa seuraavassa muodossa:

1. *Järvinen, A.*, Vuoriteollisuus – Bergshanteringen, 34 (1976) 35–39.
2. *Kirchberg, H.*, Aufbereitung bergbaulicher Rohstoffe, Bd 1. Verlag Gronau, Jena 1953.

Jokaiselle artikkelille on ilmoitettava **englanninkielinen otsikko** sekä laadittava kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto – **summary** – pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusrivää.

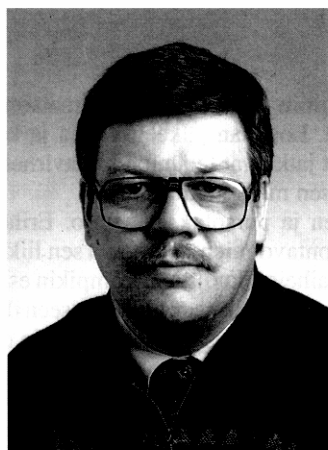
Palauttaa **aina** käsi kirjoitus yhdessä korjatun oikovedoksen kanssa takaisin toimitukseen.

Lehden ilmestymisajat ja aineiston deadline:t ovat:

	ilmestymispäivä	deadline
N:o 1/1997	28.2.	3.1.
N:o 2/1997	15.6.	15.4.
N:o 3/1997	30.10.	30.8.

**Eripainoksia** toimitetaan kirjoittajan laskuun eri sopimuksella. Eripainoksien minimimäärä on **100 kpl**.

# In Memoriam



**TAUNO ANTERO VUOTOVESI**  
**23.11.1946–27.9.1996**

Kuin salama syksyiseltä taivaalta tuli järkyttävä tieto Tauno Vuotoveden äkillisestä menehtymisestä työmatkalla Valkeakoskella. Kaiken piti olla Tauno Vuotoveden kohdalla hyvin, terveys mukaan lukien. Kohtalo voi kuitenkin julmalla tavalla puuttua elämän menoon aiheuttamalla äkillisen kohtauksen ja nukuttaa viimeiseen uneen.

Oli selvää, että hausjärveläisen maanviljelijäperheen nuoremasta vesasta koulutettiin maisteri. Lähisukulaiset olivat olleet palkittuja kansannäytteiden lähettäjiä ja kun Tauno-poika oli saanut kuulla näytteitä tarkastavalta geologilta alaan liittyviä tarinoita, oli uran valinta kirkastunut jo varhain. Koulupojalle ei riittänyt pellonpientareet, vaan vaellukset ulottuivat yhä kauemmaksi lähimetsiin luontoa ja kiviä tarkkaillen. Luotiin pohjia tulevan geologin

kenttäkelpoisuudelle. Vuonna 1965 suoritettun ylioppilastutkinnon jälkeen Tauno Vuotovesi aloitti opinnot Helsingin yliopistossa pääaineenaan geologia ja mineralogia. Maisterin paperit hän otti ulos 1974.

Opiskeluaikaanaan, 60-luvun lopulla, Tauno Vuotovesi oli mukana Soklin ympäristöalueiden malminetsinnällisissä tutkimuksissa ja sai kipinän karbonaattigeologiaan. Kolmen Grönlannissa vietetyn kenttäkesän aikana hän keräsi aineiston Qaqarsukin karbonaattikompleksista pro gradu -työtä varten. Vuosina 1972–75 opiskelun lomassa Vuotovesi toimi Helsingin yliopiston geologian laitoksella kurssiassistenttina. Haettaessa Soklille, maamme suurimmaksi paisuneelle malminetsintäyömaalle lisävoimia, oli Tauno Vuotovesi itsestään selvä valinta hänen hakiessa geologin paikkaa. Niin tuli Vuotoveden perheestä rovaniemeläisiä.

Sokli, erämaatyömaa kaukana Savukosken kunnan perukoilla, muodostui Tauno Vuotovedelle mieluisaksi työpaikaksi. Vuosina 1975–1980 Rautaruukki Oy:n palveluksessa hänen vastuulla olivat lähinnä kairaukset. Liekö kukaan muu geologi lähettänyt niin paljon raporttoimiaan kairausnäytteitä analysoitavaksi kuin Tauno Vuotovesi teki, sillä jokainen maapeitteen jälkeinen metri analysoitiin. Vuodet 1981–1985 kuluvat Lapin Malmin palveluksessa vaihtelevissa malminetsinnällisissä tehtävissä tärkeimpänä näistä Tuntsan suunnan wolframitutkimukset nekin siis Koilliskairassa.

Vuodet 1986–1990 olivat väkevää aikaa, jolloin Tauno Vuotovesi oli mukana Kemira Oy:n käynnistämässä Soklin fosforimalmien hyödyntämiseen tähtäävässä hankkeessa tehtävänään prosessimineralogiset ja kaivos tekniset selvitykset.

Työt Geologian tutkimuskeskuksen Etelä-Suomen toimiston malminetsinnän toimi-

alalla Vuotovesi aloitti vuonna 1993 ensin tilapäisessä työsuhteessa ja noin vuosi sitten geologin virkaan vakinaistettuna. GTK:n tarjoaman monipuolisten etsintätehtävien lisäksi häntä tarvittiin vielä Soklilla niobimalmitutkimuksissa kuluneen kesän aikana. Vaikka tehtävä oli rankka, voi hyvin kuvitella kuinka hän nautti tutuista maisemista.

Tunnollinen luonteelta kun oli, työpäivät venyivät usein pitkiksi. Siitä huolimatta aikaa jäi harrastuksille; Round Table -toimintaan, pelastuspalveluun ja kirjallisuudelle. Luontoläheiset harrastukset Tauno Vuotoveden kohdalla olivat itsestään selvyyksiä eli metsästyks, kalastus, marjastus ja sienien keräily. Harva toinen tunsisi Rovaniemen ympäristön korvasienipaikat niin hyvin kuin hän. Vuorimiesyhdistyksen toimintaan hän otti osaa toimimalla ekskursiomestarina sekä kaivosteknillisen ja geologisen toimikunnan jäsenenä. Geologiliiton puheenjohtajuus oli vasta hyvällä alulla.

Tauno Vuotovesi oli ”aina valmis” -tyyppiä olipa kyseessä työhön tai työyhteisön vapaa-ajan harrastuksiin liittyvät asiat. Hän oli myös omillaan toimeentuleva. Kun työtehtävistä oli sovittu, hän halusi hoitaa hommat itsenäisesti. Ei siihen muita enää tarvittu. Toisaalta hän oli heti valmiina auttamaan muita, jos tukea ja apua oltiin hakemassa.

Geologisen tutkimuksen, malminetsinnän ja näihin läheisesti liittyvien alojen sekä opiskeluaikojen kaveripiiristä on kertynyt suuri joukko ihmisiä, jotka oppivat tietämään Tauno Vuotoveden, mutta vain lähipiiriläiset pääsivät tuntemaan. Parhaimmillaan hän oli pienessä tuttavapiirissä jolloin ”Tanen” ajatukset ja omaperäinen huumori tulivat parhaiten esiin. Kaikki jäämme kaipaamaan liian aikaisin poismennyt Tauno Vuotovettä. Suru on kuitenkin suurin Pirjo-vaimon sekä Tiina- ja Leena-tytärten kohdalla.

Heikki Vartiainen

**VUORIMIESYHDISTYS –  
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.:n**

## **VUOSIKOKOUS**

pidetään Helsingissä 21.–22.3.1997

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS –  
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.:s**

## **ÅRSMÖTE**

hålls i Helsingfors den 21.–22.3.1997

Närmare uppgifter meddelas i inbjudan som postas vid en senare tidpunkt

# BAMFAC-seminaari Otaniemessä toukokuussa

## DI Jarkko Fredriksson, TKK, Materiaalien muokkaus ja lämpökäsittely, Otaniemi

Toukokuun 20. ja 21. päivinä kokoontui Otaniemen kevätauringon alla useista Itämerenmaista kutsuttu metallien muovauksen ja työstön vihkiytynyt joukko BAMFAC-seminaariin, joka pidettiin VTT:n suuressa auditoriossa. BAMFAC-lyhenne tulee seminaarin englanninkielisestä nimestä "Baltic Sea Metal Forming and Cutting Seminar." Metallien muokkauksen ja muovauksen parissa työskenteleviä henkilöitä on kokoontunut jo 70-luvun alusta lähtien epäsäännöllisin väliajoin keskustelemaan alan tutkimuksesta ja viime näkymistä.

Nyt seminaarin aihealuetta oli laajennettu myös metallien työstön suuntaan ja osanottajia oli kutsuttu kaikista Itämeren ympärysvaltioista. Seminaariin osallistui kahden päivän aikana reilut kolmisenkymmentä henkilöä Suomesta, Ruotsista, Tanskasta, Virosta ja Liettuasta. Osanottajat edustivat sekä yliopisto- että yritysmaailmaa.

Seminaarin avasi TkT Seppo Kivivuori esittelemällä TKK:n ja valottamalla kuulijoille metallien muokkauksen ja muovauksen saralla tapahtuvan tutkimuksen saavutuksia ja nykytilaa Suomessa sekä alan kehitysnäkymiä maailmalla. Seminaarissa puheenjohtajina toimivat tohtori Kivivuoren lisäksi professorit Antti Korhonen ja Martti Sulonen TKK:sta ja heidän kollegansa Tanskan teknisestä yliopistosta, professori Tarras Wanheim.

Maanantaiaamun ensimmäisessä osassa esitelmöitiin levynmuovauksesta mm. hydromekaanisesta syvävedosta ja neuroverkkojen käytöstä nauhanvalssausprosessin ohjaukseen.

Aamukahvien jälkeen kuultiin mm. uusista kuumataonnan kitkanmittausmenetelmistä. Lounaan jälkeen kitkaa ja kulumista käsittelevät esitelmät jatkuivat teelmien pintavirheiden valssauksessa käyttäytymisen mallintamisella.

Iltapäivällä oli takomisen ja pursotuksen vuoro. Erilaisia menetelmiä on kehitetty taontavoimien, muotin ja sen liikkeiden simuloimiseen. Näistä aiheista kuultiin useampikin esitelmä. Illalla kokoonnuttiin lämminhenkiseen akateemiseen illanviettoon Otaniemen Rantasaunalle, josta koottiin voimia tulevaan päivään.

Tiistapäivänä kuulijoita perehdytettiin mm. pinnoitettujen työkalumateriaalien kestojän riippuvuuteen työmateriaalin koostumuksesta ja erilaisiin muokkausmallinnusmenetelmiin ja mallinnusohjelmistoihin. Erityisesti paneuduttiin mallinnusohjelmistojen käyttöön liittyviin tekijöihin.

Erityisen vahvasti seminaarin osanottoon oli panostanut Tanskan tekninen yliopisto professori Wanheimin johdolla. Heidän asiantuntemuksensa eri muokkausmenetelmistä etenkin syvävedosta herättikin kunnioitusta ja mielenkiintoa. Myös Viron ja Liettuan teknisten korkeakoulujen edustajat jättivät tutkimuksensa tasoista selkeän kuvan. Seminaarissa ehdotettiin, että tämän alan parissa työskentelevien henkilöiden kannattaa vaalia BAMFACin perinteitä ja kokoontua jatkossakin. Seuraavaa seminaaria ei tarvitse kauaa odottaa, sen verran osanottajien aiheisiin ja järjestelyihin osoittamat kiitokset lämmittivät järjestäjiä. Seminaariesitelmät on julkaistu TKK:n julkaisusarjassa.

## Teollisuus koulutti GTK:n malminetsijöitä

Millaista on 'älykäs malminetsintä'? Tätäkin pohdittiin GTK:n seminaarissa 'From Mineral Occurrence to Ore Deposit' Matinlahden koulutuskeskuksessa 18.-19.4.96. Toisena tavoitteena oli kansainvälisten normien ja termien esittely. Seminaariin osallistui kaikkiaan 44 henkilöä, joista yhdeksän tuli kutsuttuina ulkopuolisina asiantuntijoina. Edustettuina olivat CANMET ja INCO Exploration (Kanada), Kemira Chemicals Oy, KTM, Outokumpu Metals & Resources Oy, Outokumpu Oy, Oy SES Finland ja TKK.

Esitelmien aihepiirit heijastavat viime vuosien kehityksen ja muutosten painopistesuuntia ja kuvaavat taloudellisen esiintymätutkimuksen monimuotoisuutta:

- \* Project Evaluation
- \* Location, Infra, Transportation
- \* Environmental Due Diligence
- \* From Mineral Resource Estimate to Ore Reserve Estimate
- \* Applied Mineralogy in Deposit Evaluation and Mineral Processing
- \* The Art of Junior Financing: A Key Role in Mineral Exploration and Development
- \* Legal Aspects, The New Mining Law of Finland.

Ajatustenvaihdon 'älykkäästä malminetsinnästä' tulisi jatkua entistä laajempaan ja syvempään. GTK:n seminaarissa raapaistiin vasta pintaa, ja lähinnä käsitteellisellä tasolla. Tarvitsemme malleja etsintään, käytännön toimintaan ja tulkinnaan. Tarvitsemme yhteistä ja poikittaista ideointia. Vuorimiesyhdistys r.y. olisi sellaiseen sopiva alusta.

**Jyrki Parkkinen**

## Sovellettu mineralogia kaivos- ja metallurgisessa teollisuudessa

VMY:n rikastus- ja metallurgijaostot järjestivät 16.-17.4.1996 POHTO:ssa Oulussa geologijaoston jäsenten asiantuntija-avustuksella sovelletun mineralogian seminaarin rikastusinsinööreille, metallurgeille ja geologeille. Kurssi osoittautui menestykseksi, osanottajamäärä oli POHTO:n kurssien kaikkien aikojen korkein.

Kurssilla pidettiin 22 esitelmää, jotka käsitelivät mineraalien kvantitatiivisia analyttisiä tutkimusmenetelmiä, malmin esiintymien mineralogian, malmien ja rikasteiden prosessi-mineralogian ja sovellettua mineralogian metallurgiassa.

Vuorimiesyhdistyksen tutkimusjohtokunta on päättänyt painattaa kurssista seminaarimonisteen, jonka toimittajina ovat FT Kari Kojonen ja FM Jukka Laukkanen. Monisteen arvioitu sivumäärä tulee olemaan noin 300, myyntihinta 150 mk ja ilmestymisajankohta syys-lokakuu 1996.

**Kari Kojonen**

Monistetta voi tilata etukäteen kirjallisesti yhdistyksen rahastonhoitajalta osoitteella:

Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.  
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen  
PL 280, 02101 Espoo  
tai telefax 09-421 3899  
E-mail: marjatta.parkkinen@outokumpu.fi



## SUORITETTUJA TUTKINTOJA – AVLAGDA EXAMINA

### OULUN YLIOPISTO

#### Geofysiikan osasto

Filosofian kandidaatti:

**Viljakainen, Marko:** "Magnetotelluurinen tutkimus ylävaipan sähköjohtavuudesta Kuhmon arkeisella alueella".

#### Prosessiteknikan osasto

Diplomi-insinöörit:

- Judin, Mika:** "Muovipinnoitteen uunituksen mallinnus."  
**Kurki, Heikki:** "Tutkimus suspension reologiasta titaanidioksidin valmistusprosessin pumppausanalyysiä varten."  
**Mustonen, Tuuli:** "Ruostumattoman teräksen alumiini- ja kalsiumkäsitelyjen termodynaamiikka."  
**Ollila, Janne M.:** "Raakaraudan rikinpoistokuonan kehittäminen rautatappioiden minimoimiseksi."  
**Peltari, Jaakko:** "Typen oksidien muodostuminen ja poistaminen kromiitin nauhasintrauksessa."  
**Pyykkö, Pekka:** "Titaanin vaikutus masuunin pesävuorauksen kulumiseen."  
**Päätaalo, Mika:** "Välisekkakuonan vaikutus AL-tiivistettyjen terästen kuonapuhtauteen."  
**Seppälä, Kai:** "Ilmeniitin selektiivinen pelkistys."  
**Seppänen, Eero:** "Ferriittisen ruostumattoman teräsputken korkeataajuushitsaus."  
**Turpeinen, Esa:** "Induktiokuumennuksen käyttö muovipinnoitusprosessissa."  
**Turunen Hannu:** "CS-ilmeniitin hiukkaskokojakauman muuttaminen jauhatuspöyrissä."  
**Valtonen, Jyrki:** "Lentotuhkan lujittaminen kalsiumsilikaatti-hydraattia muodostamalla."

### TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

#### Materiaali- ja kallioteknikan laitos

Tekniikan tohtori:

Tekniikan lisensiaatti **Jyri Liimataisen** väitöskirja "Selection of New Underground Mining Technology: Mining as a Process versus Conventional Methods" (Uudentyyppisen maanalaisen kaivos-tekniikan valintaperusteet: Prosessituotanto perinteisten menetelmien vaihtoehtona) tarkastettiin tiistaina 18. kesäkuuta 1996 Teknillisen korkeakoulun Materiaali- ja kallioteknikan laitoksella. Virallisina vastaväittäjinä toimivat professori Kai Nielsen, NTNU, Trondheim ja TkT Pentti Niskanen, Outokumpu Metals & Resources Oy, sekä valvojana professori Raimo Matikainen, TKK.

Väitöskirja kuuluu kaivostekniikan alaan ja käsittelee uudentyyppisen kaivostekniikan valintaperusteita, mahdollisuuksia ja edellytyksiä nykyisen tekniikan rinnalla kapeissa pystyasentoisissa malmeissa. Työssä on annettu suuntalinjat kovan kiven irrotustekniikan tutkimukselle ja laitekehitykselle. Räjäheteettömään irrotukseen perustuvia jatkuvatoimisia kaivosprosesseja on tarkasteltu nykyisten tuotantoratkaisujen vaihtoehtoina teknillisin ja taloudellisin perustein. Tarkastelua varten on kehitetty kannattavuuslaskentamallit nykyistä ja uutta tekniikkaa edustaville tuotantorakenteille. Räjäheteettömien louhintamenetelmien käyttöalueet on selvitetty ja niitä on verrattu poraukseen ja räjäytykseen perustuviin menetelmiin tuottojen, kustannusten ja kassavirran nykyarvon perusteella.

Uuden tekniikan käytöllä saavutettavat edut ovat prosessimainen tuotanto, nykyistä yksinkertaisempi tuotantoketju sekä kontrolloitu irrotus, jolloin mekaniisoinnin ja automaation soveltamismahdollisuudet ovat hyvät. Kovan kiven alueella jatkokehitystä varten on selvitetty mekaaniseen irrotukseen perustuva tuotantoratkaisu ja irrotustekniikalle asetettavat vaatimukset. Räjäheteettömään irrotustekniikan nykytilanne on analysoitu ja jatkotutkimuksen kohteet on selvitetty osana kokonaisvaltaista tuotannon hallintaa.

Tekniikan lisensiaatit:

**Bärs, Rainer:** "Irtomaan geokemian ja kasvillisuuden heijastuskertoimen välisistä korrelaatioista aallonpituusalueella 300–3100 nm".

Tässä työssä on kokeellisesti kehitetty kasvillisuutta hyödyntävää kaukokartoitussovellutusta malmi- ja teollisuusmineraalien etsintää sekä ympäristötutkimuksia varten. Menetelmän avulla voidaan kasvillisuuden perusteella paikantaa alueita, joissa irtomaan geokemialliset pitoisuudet eroavat ympäristön pitoisuuksista. Menetelmä perustuu irtomaan ominaisuuksien ja kasvien heijastuskertoimien välisille korrelaatioille.

Tutkimus on tehty keräämällä Suomessa kasvavan kuusen, *Picea abies*:n oksia kesäkauden aikana sekä ottamalla irtomaanäytteet maaperän C-horisontista näiden puiden juurelta. Tutkimuskohteet on valittu niin, että tutkimusprofiilit kulkevat tunnettujen geokemiallisten anomaloiden yli. Kohteita on yhteensä kolme, joista yksi oli monimetallimineralisaatio, yksi kalkkikivijakso ja yksi metallipitoisten pintavesien valumareitti.

Kuusten neulasten heijastuskerroin mitattiin jatkuvana spektrinä aallonpituusalueella 300–3100 nm kanavaleveyden ollessa 2–6 nm. Irtomaanäytteistä seulottiin ennen analyysiä yli 2 mm:n fraktio pois. Jäljelle jäänyt fraktio uutettiin 1 M ammoniumasetaatiiuotossa. Näyteistä analysoidut alkuaineet olivat Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Si, Sr, Ti, V ja Zn. Näytteiden pH mitattiin potentiometrisesti 0.01 M Ca Cl<sub>2</sub>-uuton jälkeen.

Mitattuja heijastuskertoimia käytettiin selitettävänä muuttujina ja alkuainepitoisuuksia, pH-arvoja ja näytepuun rungon ympärysmittoja selittävinä muuttujina tutkittaessa tässä aineistossa esiintyviä korrelaatioita.

Tulosten mukaan kuusten oksien heijastuskertoimeen 99 % tilastollisella varmuudella vaikuttavat Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, S, Si, V, Zn ja pH-arvo. Aallonpituusalueet, joilla korrelaatiota näiden tekijöiden kanssa yleisimmin havaittiin olivat 2700–3100 nm, 700–800 nm, 800–1200 nm sekä 380–420 nm. Kullakin aallonpituusalueella kuvastuivat usean eri alkuaineen pitoisuusvaihtelut. Eri tutkimusalueilla vaikuttivat heijastuskykyyn eri tekijät.

**Isomäki, Ilkka:** "Tiettyjen Ni-Si seosten termodynaaminen ja röntgendiffraktiotutkimus".

Työn tarkoituksena oli määrittää lisää liuostermodynaamisia arvoja Ni-Si systeemin nikkeli-rikkaassa päässä, missä olemassa oleva tieto on niukkaa ja epätarkkaa. Lisäksi mitattiin tiettyjen mielenkiintoisten nikkeli-rikkaiden silisidien röntgendiffraktioikäyrät. Tutkimus on osa laajempaa tutkimusta, jossa tutkitaan piinitridin suoraliittämistä seosteräksiin.

Työn termodynaaminen tausta samoin kuin tutkimukseen liittyvien systeemien olemassa olevat termodynaamiset arvot esitetään alun kirjallisuudessa. Kiinteän tilan emv-menetelmää, sen virhelähteitä ja argonkaasun puhdistusta on myös tarkasteltu.

Ni-Si systeemin termodynaamiikkaa tutkittiin kokeellisesti emv-menetelmällä kiinteän tilan elektrolyyttikennoa käyttäen. Elektrolyyttinä käytettiin ytriumoksidilla (8 mol-%) stabiiloitua zirkoniumoksidia ja referenssielektrodina pääasiassa Cr/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> elektrodia, mutta myös Nb/NbO elektrodia. Kokeita tehtiin kiinteässä tilassa lämpötila-alueella 850–1100 °C. Tutkitut lämpötila-alueet ja koostumukset olivat:

**9 at. % Si (850–1100 °C):**  $a_{Si} = 9.32 \cdot 10^{-9} \cdot T - 7.75 \cdot 10^{-6}$   
virheraja =  $\pm (2.6 \cdot 10^{-10} \cdot T - 2.15 \cdot 10^{-7})$

**20 at. % Si (850–1000 °C):**  $a_{Si} = 2.4 \cdot 10^{-8} \cdot T - 1.97 \cdot 10^{-5}$   
virheraja =  $\pm (1.35 \cdot 10^{-8} \cdot T - 1.13 \cdot 10^{-5})$

**20 at. % Si (1050–1100 °C):**  $a_{Si} = 2.0 \cdot 10^{-8} \cdot T - 1.93 \cdot 10^{-5}$   
virheraja =  $\pm (3.48 \cdot 10^{-8} \cdot T - 3.60 \cdot 10^{-5})$

**26 at. % Si** (850-980 °C):  $a_{Si} = 1.95 \cdot 10^{-9} \cdot T - 1.58 \cdot 10^{-6}$   
virheraja =  $\pm (1.23 \cdot 10^{-8} \cdot T - 1.02 \cdot 10^{-7})$

**31 at. % Si** (900-1050 °C):  $a_{Si} = 6.0 \cdot 10^{-8} \cdot T - 3.8 \cdot 10^{-5}$   
virheraja =  $\pm (2.0 \cdot 10^{-8} \cdot T - 1.38 \cdot 10^{-5})$

Yhdisteille  $\delta\text{-Ni}_2\text{Si}$ ,  $\text{Ni}_{31}\text{Si}_{12}$  ja  $\beta_1\text{-Ni}_3\text{Si}$  määritettiin röntgendiffraktiokäyrät. Kullekin piikille laskettiin h k l parametrit eli diffraktiotasot.

**Tolppanen, Pasi Juhani:** "In-situ jännitystilä / lujuus-suhteiden kalliomekaaniset analyysit Teollisuuden Voima Oy:n tutkimusalueilla Kivetyssä, Olkiluodossa ja Romuvaarassa".

Tässä tutkimuksessa on selvitetty kallion käyttäytymistä louhittaessa tunnelia korkeassa in situ jännitystilassa. Työssä on myös esitetty toimenpiteet kallion lujuuden ylittymisen välttämiseksi. Alustavan tilasuunnittelun pohjalta on tehty yksityiskohtaiset analyyttiset ja numeeriset kalliomekaaniset jännitys/lujuus analyysit Teollisuuden Voima Oy:n (TVO) kolmelle vaihtoehtoiselle sijoituspaikalle, jotka ovat Olkiluoto, Kivetty ja Romuvaara. Tarkasteluvyöhyksinä on ollut 300 m, 500 m ja 800 m. Analyysien lähtötiedot perustuvat vuosina 1987–1995 paikatutkimuksissa tehtyihin kalliomekaanisiin sekä geologisiin tutkimuksiin ja selvityksiin. Työssä on vertailtu TVO92-tyyppisen loppusijoitustilaratkaisun vaaka- ja pystyreikävaihtoehtoja.

Numeeriset analyysit on tehty käyttäen kolmi-dimensionaalista epäjatkovaa elementtiöhjelmaa (3DEC). Hauraan kiven lujuuskriteeri, joka on kehitetty Underground Research Laboratory:ssa (URL) Kanadassa, on ollut kallion jännitys/lujuus käyttäytymisen analysoinnin perustana. Kriteerin mukaisesti kallioon vaikuttava louhinnan jälkeinen jännitystilä jaetaan neljään vyöhykkeeseen. Aluksi kallio käyttäytyy elastisesti, kunnes saavuttaa mikrorakoilun muodostumislujuuden  $\sigma_{ci}$ . Mikrorakoilu alkaa kehittyä alueella  $\sigma_{ci} - \sigma_{cd}$ , ja murtumista saattaa tapahtua. Kun murtolujuun  $\sigma_{cd}$  on ylittynyt, kiven rikkoutuminen tapahtuu tietyn ajan kuluessa. Välitön murtuminen tapahtuu, kun kalliotilaa ympäröivä jännitys on suurempi kuin kiven huippulujuus  $\sigma_{ucs}$ . Numeeristen tarkastelujen lisäksi tehtiin analyyttisiä tarkasteluja, jotka pohjautuvat kokemusperäisiin arvioihin kallion rikkoutumisesta.

Murtoalueet sijaitsevat tunnelin katossa ja sijoitusreiän seinässä. Välittömän murtumisvyöhykkeen paksuus vaihtelee välillä 0 – 5 cm, murtolujuusvyöhykkeen paksuus vaihtelee 0 – 16 cm ja mikrorakoilun muodostumislujuuden vyöhykkeen paksuusvaihteluväli on 0 – 120

cm tilojen suunnasta ja sijoitusreikävaihtoehtosta riippuen. Romuvaaran kiillegneissialueella mikrorakoilun muodostumisvyöhykkeen laajuus on edellämaintuttua vaihteluväliä suurempi johtuen kiven alhaisesta lujuudesta.

Sekä vaaka- että pystyreikävaihtoehto todettiin kalliomekaanisesti toteuttamiskelpoisiksi tarkasteluvyöhyksillä. Vaakareikävaihtoehto todettiin kuitenkin stabiilimmaksi. Pitkäaikaiseen kallion lujuuteen voidaan tehokkaasti vaikuttaa oikeanlaista lujitusta käyttäen sekä suuntaamalla sijoitustunnelit suurimman pääjännityksen suuntaisesti. Kokemusperäisesti määritetyt arviot kallion käyttäytymisestä ovat samansuuntaisia kuin numeerisesti määritetyt. Kokemusperäiset menetelmät ovat käyttökelpoisia haluttaessa nopeasti arvioida kallion rikkoutumisen mahdollisuutta.

Diplomi-insinöörit:

**Anjala, Jyrki:** "Liekkisulatusuunin reaktiokuilun jäädytys-elementtien lämmönsiirto".

**Hartonen, Karri:** "Profiililankojen työkalusuunnittelun asiantuntijajärjestelmä".

**Khosrowbeygi, Mohammad Hassan:** "Measurement of electrical resistivity of liquid metals".

**Koppinen, Jaakko:** "LHD-koneen huoltosopimusseuranta".

**Pekuri, Janne:** "Pellettien käyttäytyminen maasuunin pannotuksessa".

**Pohjola, Mia:** "Avoimen suihkun vaikutukset välialtaassa tapahtuviin ilmiöihin teräksen jatkuvavalussa".

**Ranta-aho, Sirkka-Susanna:** "Mineraalivarantoarviomenetelmien vertailu Nikkel og Olivin-kaivoksella".

**Rautell, Tapio:** "Liekkisulatusuunin reaktiokuilun kaasukiintoainevirtausten simulointi".

**Talvisto, Maria Tatjana:** "Gamma-gamma-menetelmällä määritetyn tiheysjakauman ja mineralogian välinen riippuvuus Kemmin kromimalmissa".

**Tuominen, Sirkku:** "Geologisiin ja geofysikaalisiin tutkimuksiin ja koepumppaukseen perustuva Leppävirran vedenhankintaan liittyvä kallio-pohjaveden matemaattinen mallintaminen".

**Viljamaa, Ahti:** "Pölyn virtauskäyttäytymisen numeerinen simulointi jätelämpökattilan säteilyosassa".

## UUSIA JÄSENIÄ – NYA MEDLEMMAR

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

### Kokouksessa 13.05.1996

**Ahtonen, Niina** Marjaana, 200 ov., s. 14.05.1971, tutkijakoulutettava, Oulun yliopisto. Os.: Melojantie 1 A 4, FIN-90560 OULU, Finland. Jaosto: geo.

**Gehör, Seppo** Allan, FT, s. 13.08.1953, museonhoitaja, Oulun yliopisto. Os.: Kemistintie 2, FIN-90570 OULU, Finland. Jaosto: geo.

**Juurikka, Kati** Hannele, 125 ov, s. 04.06.1971, opiskelija, Oulun yliopisto. Os.: Tuulikintie 3 A 417,, FIN-90570 OULU, Finland. Jaosto: geo.

**Karinen, Tuomo** Tapani, 140 ov, s. 17.07.1971, opiskelija, Oulun yliopisto. Os.: Yo-katu 40 A 312, FIN-90570 OULU, Finland. Jaosto: geo.

**Komppa, Ulla** Elina, 164 ov, s. 23.02.1971, opiskelija, Oulun yliopisto. Os.: Toivonniementie 1 B 424, FIN-90500 Oulu, Finland. Jaosto: geo.

**Lehtimäki, Jukka** Sakari, DI, s. 13.08.1951, geofyysikko, GTK, Espoo. Os.: Friisiläntie 34 B, FIN-02240 ESPOO, Finland. Jaosto: geo.

**Mattsson, Annina** Kristina, DI, s. 05.01.1963, geofyysikko, GTK, Espoo. Os.: GTK Betonimiehenkuja 4, FIN-02150 ESPOO, Finland. Jaosto: geo.

**Mustonen, Tuuli** Johanna, 160 ov, s. 03.10.1972, opiskelija, Oulun yliopisto. Os.: Taidonkaari 1 H 63, FIN-90570 OULU, Finland. Jaosto: met.

**Pietikäinen, Kimmo** Johannes, FK, s. 08.03.1955, geologi, GTK Kuopio. Os.: Suunnistajantie 1, FIN-70200 KUOPIO, Finland. Jaosto: geo.

**Pirinen, Heikki** Antero, 80 ov, s. 06.04.1968, opiskelija, Oulun yliopisto. Os.: Rakentajantie 5 B 305, FIN-90570 OULU, Finland. Jaosto: geo.

**Pokela, Pekka** Jaakko, TkT, s. 05.07.1961, johtaja, tekniikan linja, MET r.y. Os.: Kylätie 22 A 8, FIN-00320 HELSINKI, Finland. Jaosto: met.

**Salonsaari, Ari** Karl Johannes, DI, s. 15.06.1967, tuotantotalous-insinööri, Raahe Steel. Os.: Makasiinikatu 6 D 63, FIN-90100 OULU, Finland. Jaosto: met.

**Vaarno, Jussi** Pekka, DI, s. 03.05.1970, tutkija, TTK Espoo. Os.: Länsisatamankatu 16 C 40, FIN-00180 HELSINKI, Finland. Jaosto: met.

#### Kokouksessa 21.08.1996

**Fjäder, Kenneth** Englebert, FM, s. 20.06.1964, projektanständig, prospektering, Nordkalk Oy Ab Pargas. Os.: Bollbölevägen 359, FIN-21610 KIRJALA, Finland. Jaosto: geo.  
**Föhr, Kari** Pekka, 120 ov, s. 29.06.1971, opiskelija, TKK. Os.: Jämeräntaival 6 B 214, FIN-02150 ESPOO, Finland. Jaosto: rik.  
**Kauppi, Janne** Olavi, ins., s. 08.03.1968, myyntipäällikkö, Larox Oy PL 29, FIN-53101 LAPPEENRANTA, Finland. Jaosto: rik.  
**Lahti, Jarmo** Juhani, DI, s. 10.03.1959. Os.: Luuvaniementie 8 A 22, FIN-00350 HELSINKI, Finland. Jaosto: kai.  
**Maidell, Jouni** Petteri, 128,5 ov, s. 06.03.1972, opiskelija, TKK. Os.: Kylänevantie 16 D 67, FIN-00320 HELSINKI, Finland. Jaosto: kai.  
**Riikonen, Sanna** Marjatta, 100 ov, s. 08.11.1970, opiskelija, Oulun yliopisto. Os.: Hallituskatu 24 B 18, FIN-9100 OULU, Finland. Jaosto: geo.

#### Kokouksessa 8.10.96

**Järvelä, Juha** Olavi, OTK, s. 23.04.1955, johtaja, Rautaruukki Oy Metform-ryhmä. Os.: Lyckåsvägen 17, S-13672 HANINGE Sverige. Jaosto: met.  
**Korteniemi, Jyrki** Sakari, FK, s. 17.11.1965, käyttögeologi, Outokumpu Finmmies Oy Pyhäsalmen kaivos. Os.: Tornitie 4 C, FIN-86900 PYHÄKUMPU Finland. Jaosto: geo.  
**Kranck, Gustaf** Walter, DI, s. 26.01.1962, toimitusjohtaja, Hedge-Link Oy Ab. Os.: Bembölev. 44 A, FIN-02700 GRANKULLA Finland, Jaosto: met.

**Lahti, Jukka** Tapio, 120,5ov, s. 27.06.1972, tekn.yo, TKK. Os.: Otsolahdentie 18 A 16, FIN-02110 ESPOO Finland. Jaosto: met.  
**Martikainen, Jukka** Kalevi, TkT, s. 06.10.1951, apulaisprofessori, LTKK. Os.: LTKK PL 20, FIN-53851 LAPPEENRANTA Finland. Jaosto: met.  
**Mäki, Tero** Markku, DI, s. 15.08.1967, prosessi-insinööri, Outokumpu Engineering Contractors Oy. Os.: Otakuja 4 B 18, FIN-02150 ESPOO Finland. Jaosto: met.  
**Noponen, Jyrki** Petteri, 90,5ov, s. 19.02.1971, opiskelija, TKK. Os.: Jämeräntaival 5 C 334, FIN-02150 ESPOO Finland. Jaosto: met.  
**Pakkanen, Lassi** Kalervo, FK, s. 24.05.1956, geologi, GTK Espoo. Os.: Pohjantie 2 B 42, FIN-02100 ESPOO Finland. Jaosto: geo.  
**Pekkala, Pertti** Mikael, DI, s. 03.02.1967, prosessi-insinööri, Outokumpu Engineering Contractors Oy. Os.: Vehaksentie 45 B, FIN-02340 ESPOO Finland. Jaosto: met.  
**Posio, Heikki** Antero, DI, s. 07.06.1963, tilastoinformaatikko, Rautaruukki Oy Oulu. Os.: Ampuhaukantie 1 A 2, FIN-90250 OULU Finland. Jaosto: met.  
**Rämö, Osmo Tapani**, FT, s. 21.06.1959, Suomen Akatemian vanhempi tutkija, HY Geologian laitos. Os.: Ohrakuja 3 A 22, FIN-01370 VANTAA Finland, Jaosto: geo.  
**Tarkiainen, Risto** Kalervo, DI, s. 02.12.1964, tutkimusinsinööri, Outokumpu Polarit Oy. Os.: Soratie 1, FIN-95450 TORNIO Finland. Jaosto: met.  
**Ylitalo, Mikko** Juhani, DI, s. 15.01.1967, tutkimusinsinööri, Outokumpu Polarit Oy. Os.: Untolantie 3 B 4, FIN-95420 TORNIO Finland. Jaosto: met.

## Kirjalahjoitus

Rouva Maija Viertokangas lahjoitti 7.8.96 Teknillisen korkeakoulun Kalliotekniikan laboratoriolle edesmenneen puolisonsa DI Viljo Viertokankaan keräämän kaivosalan kirjakokoelman.

Kokoelma on nyt sijoitettuna laboratorioon, jossa se on tutkijoiden vapaasti käytettävissä. (R. Matikainen)

Sven Rinman  
FÖRSÖK TILL JÄRNETS HISTORIA  
Peter Hesselberg Stockholm 1782

Robert Peele  
MINING ENGINEERS' HANDBOOK, vol. I  
John Wiley & Sons, Inc. New York 1950

Sven Rinman  
BERGWERKS LEXICON, Första delen  
Johan. A. Carlbohm Stockholm 1788

Robert Peele  
MINING ENGINEERS' HANDBOOK, vol. II  
John Wiley & Sons, Inc. New York 1950

Sven Rinman  
BERGWERKS LEXICON, Andra delen  
Johan. A. Carlbohm Stockholm 1789

Georgius Agricola  
DE RE METALLICA  
Deutscher Ingenieur-Verlag G.m.b.H. Düsseldorf 1953

A.F.Tigerstedt  
GEOLOGIA  
Weilin & Göös Helsinki 1894

Georgius Agricola  
SCHRIFTEN ZUR GEOLOGIEN UND MINERALOGIEN I  
VEB deucher Verlag der Wissenschaften Berlin 1956

Tekla Hultin  
BERGSHANTERINGEN I FINLAND under svenska tiden  
Päivälehtis tryckeri 1896

Helge Uhrus  
BLAD för BERGSHANTERINGENS VÄNNER  
1957 Häfte 3

Eero Mäkinen  
VUORITEOLLISUUS JA METALLIEN VALMISTUS  
Werner Söderström Oy Porvoo 1933

## VUORINAISTEN KEVÄTRETKEÄ RAUTARUUKIN HÄMEENLINNAN TEHTAALLE JA LAMMIN OSUUSMEIJERIIN 11.5.1996

Jo vuotta ennen kevätretkeä oli Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtaja Aulis Saarinen kutsunut Vuorinaiset avec tutustumaan Rautaruukin Hämeenlinnan tehtaaseen. Kutsu otettiin innostuneesti vastaan, ja niinpä ennätysmäärä osallistujia, 52 henkeä, matkasi kaksikerroksisella bussilla Helsingistä sekä 6 omalla autolla Tampereelta ja Lahdesta kohti Hämeenlinnaa.

Perillä odottivat isännät Marja ja Aulis Saarinen, Mirja ja Pekka Vaarno sekä Raimo Raassina ja Arto Ranta-Eskola. Siellä odottivat myös tulokahvit, jotka maistuivat todella hyviltä. Kahvien keralla saatiin koko ajan tietoa tehtaasta ja Rautaruukin toiminnasta. Info-tilaisuuden jälkeen tehtiin antoisa kiertokäynti tehtaalla, mikä viimeistään avasi monen silmät toteamaan, miten Rautaruukin Hämeenlinnan tehtaan tuotteita valmistetaan ja mihin niitä käytetään.

Tehdaskierroksen jälkeen nautittiin makea lounas Aulangolla, ja tilaisuuden lopuksi Aveceista koottu ryhmä esitti Antsun johdolla itsesanoittamansa kiitoslaulun. Sitten taas kiivettiin bussiin ja matkattiin Lammin Osuusmeijeriin, missä kuultiin, kuinka mustaleimaemmentaljuusto kypsyy, tehtiin kiertokäynti meijerissä, maisteltiin maukasta juustoa ja tehtiin ostoksia, minkä jälkeen oli jälleen kiitoslaulun paikka.

Avecit eivät olleet vain passiivisesti mukana, vaan laulun lisäksi he osallistuivat myös järjestelyihin, varsinkin siiderikorien kantamiseen sekä kysymysten esittämiseen, josta heille suurkiitokset.

Kotimatka sujui rattoisasti jutustelun ja arpajaisten merkeissä. Isot kiitokset kaikille järjestäjille ja osallistujille. Teidän myötävaikutuksellanne retki oli onnistunut ja mielenkiintoinen. (TM)



Vuorinaiset kesäretkellä Hämeenlinnassa 11.5.1996.

## VUORINAISILLE KUNNIAJÄSEN

Vuorinaisten johtokunta päätti kokouksessaan 5.9.1996 kutsua yhdistyksen pitkäaikaisen, aktiivisen jäsenen Marja-Terttu Sakselan kunniajäsenekseen.

Juhltilaisuus pidettiin Marja-Terttu Sakselan kotona 13.9.1996, päivää ennen kuin hän täytti 88 vuotta. Yhdistyksen puolesta uutta kunniajäsentä kävivät onnittelemassa puheenjohtaja Tuula Matikainen ja varapuheenjohtaja Anna-Liisa Kupias.



Vuorinaisten uusi kunniajäsen Marja-Terttu Saksela kukitettavana 13.9.1996.

# PALVELUHAKEMISTO

## GEOALAN PALVELUJA

Palvelemme ja suoritamme geolan tutkimusta kentällä ja ajanmukaisissa laboratorioissamme.

### Geologian tutkimuskeskus

Betonintiehenkaja 4  
02150 ESPOO

Puh. 020 550 20  
Fax. 020 551 12

## LÄMPÖKÄSITTELYTEKNIKKAA



**OY E. SARLIN AB Uunit**  
Järvihaantie 10, 01800 KLAUKKAI A  
Puhelin (09) 8789 280 • Telekopio: (09) 8789 2811

## MURSKAUSLAITOKSIA

**MURSKAIMET - SEULAT - SYÖTTIMET  
KULJETTIMET - MURSKAUSLAITOKSET**



**NORDBERG-LOKOMO OY**

Lokomonkatu 3  
PL 306, 33101 TAMPERE  
Puh. 020 480 142  
Telefaxit: 020 480 4207 myynti,  
020 480 4400 kulutus- ja varaosat

## TUTKIMUSPALVELUT



**OUTOKUMPU RESEARCH**  
GEOANALYYTTINEN LABORATORIO

Mineraali- ja alkuaineanalytiikka  
Materiaali- ja mineraalitutkimukset

PL 74, 83501 OUTOKUMPU puh. 013-5561 fax 013-556610

## TUTKIMUSURAKOINTIA

**SMOY**

SUOMEN MAI MI OY

PL 10  
02921 ESPOO

PUH 09-8524 010  
FAX 09-8524 0123

## POLYURETAANITUOTTEITA

### POLYURETAANITUOTTEET

- TELOJEN, PYÖRIEN JA RULLIEN PINNOITUKSET
- KAAVARIEN TERÄPALAT JA MUUT KULUTUSOSAT
- KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAISET RAAKA-AINEET

KANTAVUUTTA JA KULUTUSKESTÄVYYTTÄ



Valimontie 1 / PL 1  
54100 JOUTSENO puh. (05) 453 4771  
fax (05) 453 4100

NEUVONTA • SUUNNITTELU • VALMISTUS

## PUMPPUJA



WARMAN INT. SCANDINAVIA OY  
Mariankatu 16 B, 15110 LAHTI  
Puh. 03-7527073 Fax 03-7527103

- Pumput
- Syklonit
- Venttiilit

## SUODATINKANKAITA



**TAMFELT**

Tamfelt Oy Ab  
Suodatinkankaat  
PL 427, 33101 TAMPERE  
Puh. (03) 363 9111  
Telefax (03) 363 9608



## PROSESSIJÄRJESTELMIÄ JA -LAITTEITA

**Lietepumput**

**Suodattimet • Syklonit**

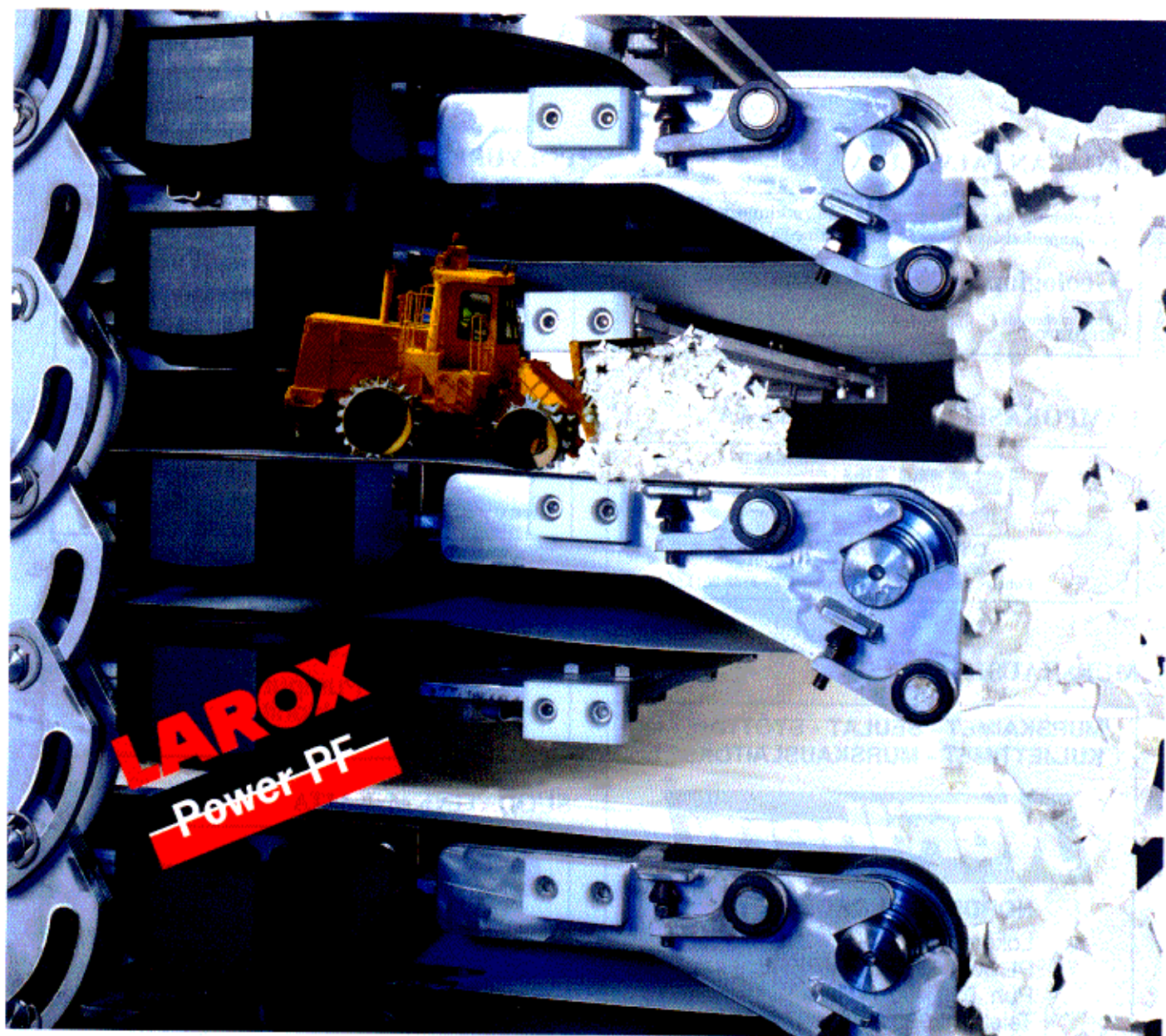
**Muut rikastuskoneet**



Oy Svedala Ab  
Salmitie 4, 22430 Masala  
Puh. (09) 221 950, fax (09) 2219 5292



# Raskaan sarjan uusi mestari.



## Uusi Larox POWER PF. Suuri automaattinen painesuodatin.

Isoja töitä, paljon tehtävää? Laroxin painesuodatustekniikka on todistanut taloudellisuutensa jo sadoissa käyttökohteissa.

Nyt uusi Larox POWER PF tarjoaa samat edut, kun suodatettavat tonnimäärät ovat todella suuria. Automaattinen, pystysuora painesuodatus pitää joka tonnin suodatuskustannukset kurissa.

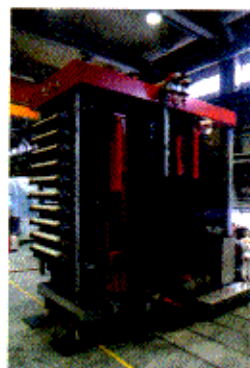
Larox POWER PF tuottaa kakkunsa vahvalla Larox-reseptillä. Täysin automaattinen toiminta kakun purkua myöten, suodatuspinta-ala 60-144 m<sup>2</sup>, jopa 150 tonnia kuiva-ainetta tunnissa, kuiva-ainepitoisuus jopa 94 %, korkealaatuinen kiintoainekakku, kirkas suodos, tehokas kakun pesu...

Paljon suuria ominaisuuksia ja pientä vain se, minkä pientä pitää olla -kin - kustannuksiltaan alhainen Larox

POWER PF vaatii erittäin vähän tilaa ja energiaa.

Larox ja sen automaattinen painesuodatustekniikka ovat raskaan sarjan ammattilaisia nesteiden ja kiintoaineen erotusongelmissa niin kaivos- ja mineraaliteollisuudessa, metallurgian, kemian teollisuuden kuin monen muun alan prosesseissa.

Kun etsit ratkaisua painesuodatuksen raskaassa sarjassa, ota yhteyttä. Pääset aitiopaikalle todistamaan Larox POWER PF:n mestaruuden.



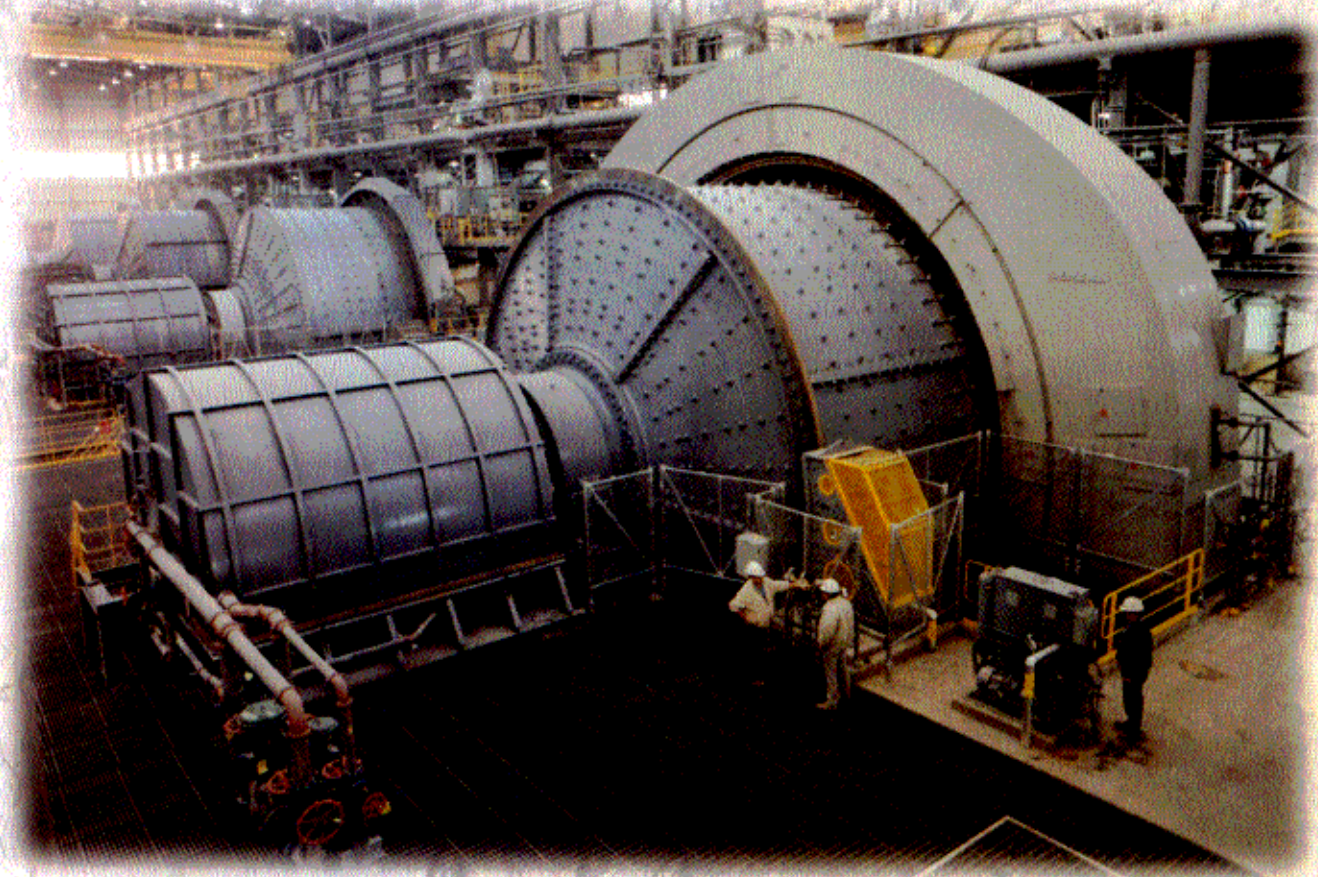
# LAROX

Separates the best  
from the rest

Larox Oy, PL 29,  
53101 Lappeenranta  
Puh: 05-668 811  
Fax: 05-668 8277



# Jauhaa ja murskaa **TEHOKKAASTI**



Svedalan järjestelmät ja laitteet on suunniteltu ja valmistettu tehostamaan kaivos- ja mineraaliteollisuuden murskaus- ja hienontamisprosessien tuottavuutta. Edistyksellinen tuoteteknologia, korkea laatutaso ja pitkälle menevät räätälöidyt ratkaisut käyttäjien tarpeisiin ovat päätekijät Svedalan maailmanlaajuisen johtavan aseman taustalla.

Svedala toimittaa prosessijärjestelmiä ja laitteita mineraalien rikastustuotantoon – mm. murskaukseen, jauhatukseen, pump-paukseen ja erotukseen – sekä kuljetinhihnoja ja -tarvikkeita, myllyjen kumi- ja teräsvuorauksia sekä seulaverkkoja.



 **SVEDALA**

Oy Svedala Ab Salmitie 4, 02430 Masala. Puh. (09) 221 950, fax (09) 2219 5292