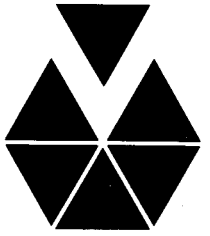
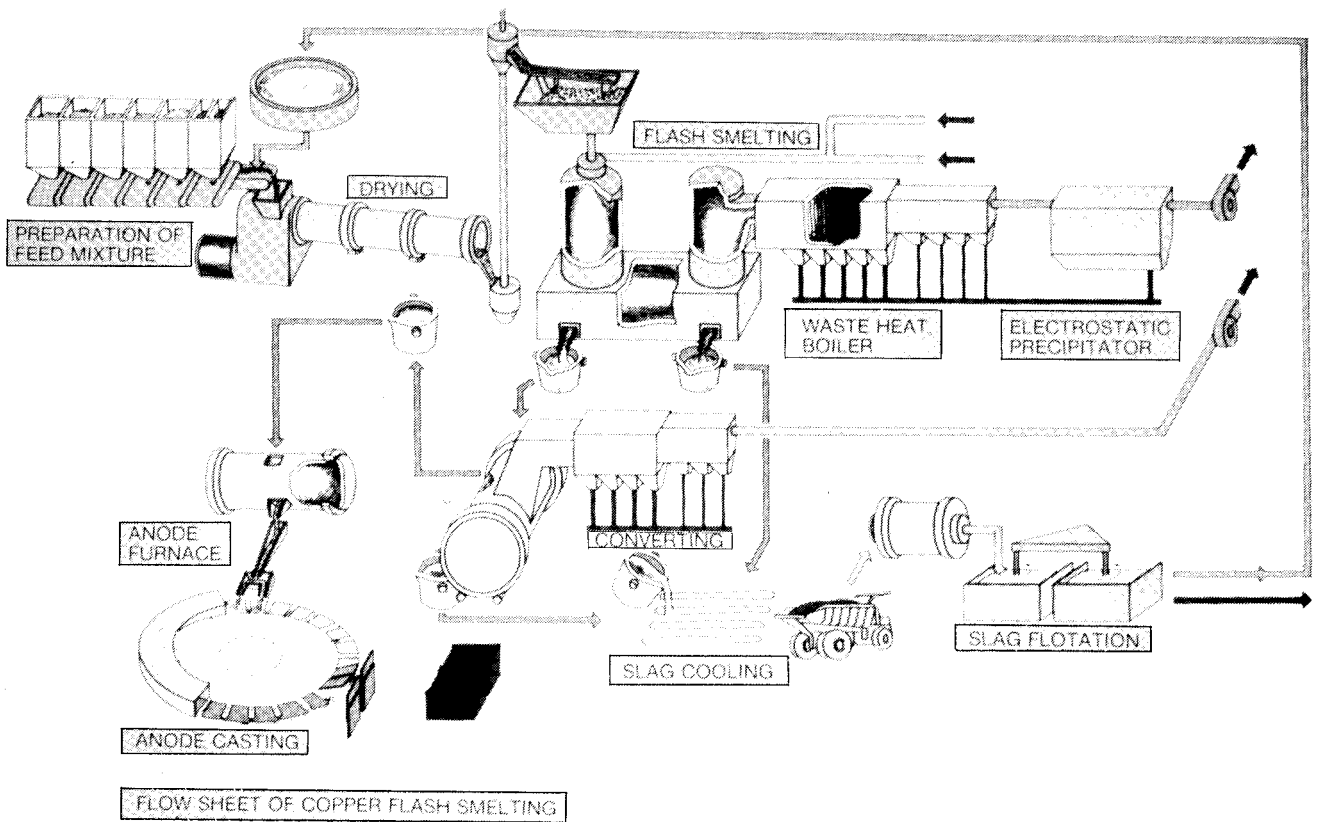


# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 1 1985  
43. vuosikerta

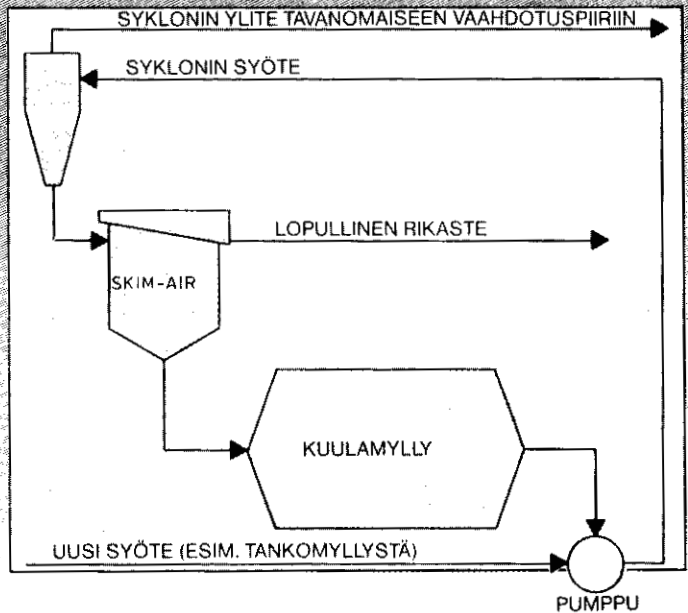
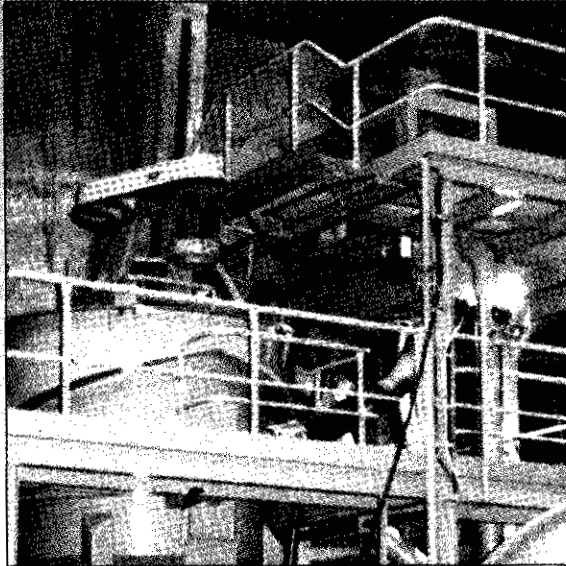
Julkaisija: Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.



KUPARISULATON PROSESSIKAAVIO

# OUTOKUMPU

## "Flash Flotation"-prosessi



Outokumpu Oy:n kehittämä "Flash Flotation"-prosessi tuottaa lopullisen rikasteen yhdessä vaahdotusvaiheessa. Prosessin keskeisenä osana on Outokumpu Oy:n uusi "Skim-Air"-vaahdotuskone. "Skim-Air"-vaahdotuskoneella saadaan suoraan karkeasta, sakeasta syötteestä (esim. syklonin alitteesta) lopullinen rikaste.

"Skim-Air"-vaahdotuskennon antamat edut ovat jo nähtävissä Outokummun omilla laitoksilla Vuonoksessa, Hammaslahdessa, Vammalassa ja Harjavallan kuonarikastamolla sekä Outokummun asiakkaiden käytössä Suomessa, Ruotsissa, USA:ssa ja Kanadassa.

"Flash Flotation"-prosessin edut:

- korkeampi kokonaissaanti (välttyään ylijauhatukselta)
- "Flash Flotation"-prosessissa saanti jopa 30-60 % kokonaissaannista
- alhaisemmat vedenpoistokustannukset koska "Skim-Air"-in rikaste on normaalia karkeampaa
- pienemmät kennotilavuudet tavanomaiseen vaahdotukseen verrattuna

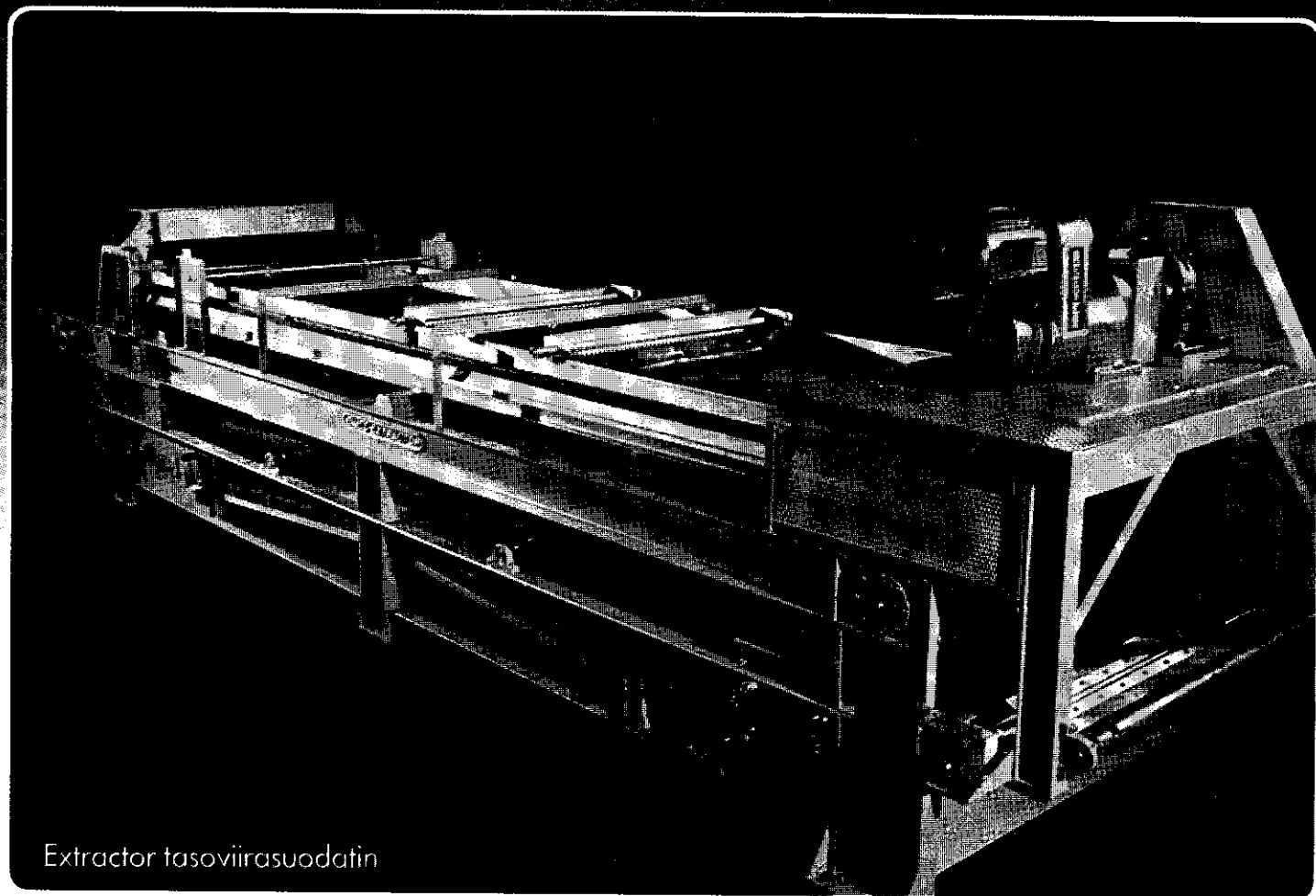
Yhteyshenkilö: DI Hannu Penttilä

Outokumpu, Konepajateollisuus  
Puh. 90-4211  
PI 27  
02201 Espoo 20



# OUTOKUMPU

# KAIVOSTEOLLISUUDEN SUODATTIMET JA SAKEUTTAMET ENSOLTA



Extractor tasoviirasuodatin

Enso-Konepajaryhmä tarjoaa kaivosteollisuudelle laajan ohjelman suodattimia ja sakeuttimia kiinteiden aineiden erottamiseksi nesteistä.

- EimcoBelt suodattimia
- Extractor suodattimia
- Agidisc kiekkosuodattimia
- Tilting Pan suodattimia
- Rumpusuodattimia
- Painesuodattimia
- Top Feed suodattimia
- Precoat suodattimia
- Sakeuttimia
- Selkeyttimiä

Näiden Envirotech Corporation'in lisenssillä valmistamiemme laitteiden luotettavuudesta kertovat lukuisat referenssit kaivosteollisuudesta ympäri maailmaa.

## ENSO

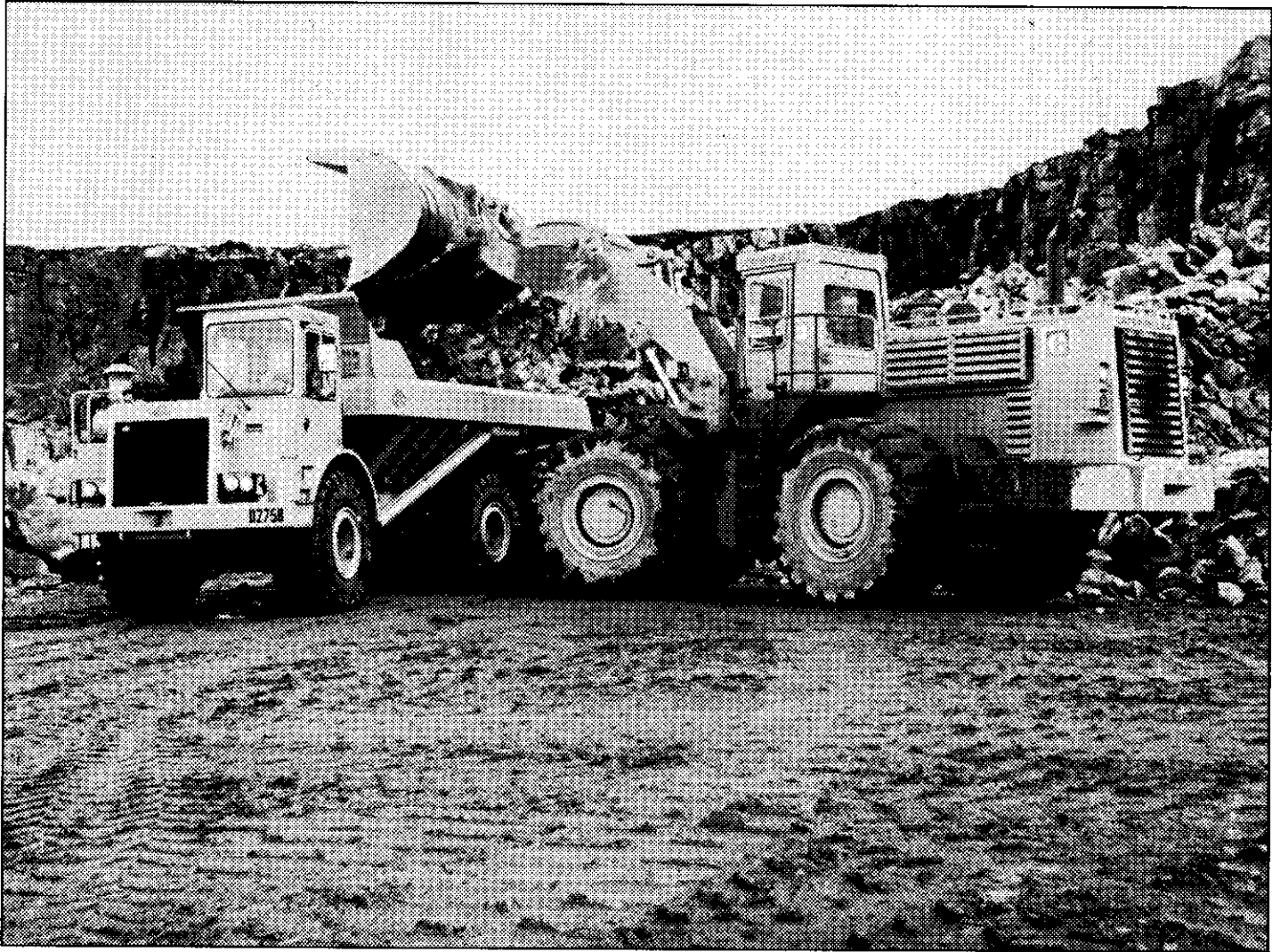
## ENSO-GUTZEIT OY

KONEPAJARYHMÄ

PL 34, 57101 SAVONLINNA 10

PUHELIN 957-21936, TELEX 5613 enso sf.

# LUOTETTAVA TYÖPARI AVOLOUHOKSIIN JA MAANALAIISIIN KAIVOKSIIN

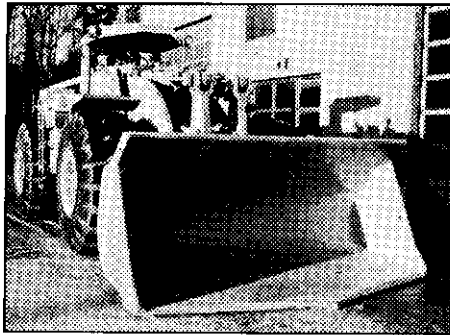


## CATERPILLAR KAIVOSKUORMAAJA & DJB KAIVOSDUMPPERI

Valitse alla olevista Sinun tarkoitukseesi parhaiten soveltuva työpari:

### Dumpperi

|           |          |
|-----------|----------|
| DJB D25C  | (22,7 t) |
| DJB D330C | (30 t)   |
| DJB D35C  | (32 t)   |
| DJB D350C | (32 t)   |
| DJB D400  | (36 t)   |
| DJB D44   | (40 t)   |
| DJB D550  | (50 t)   |



### Kuormaaja

Caterpillar 966D  
Caterpillar 980C  
Caterpillar 980C  
Caterpillar 980C tai 988B  
Caterpillar 988B  
Caterpillar 988B  
Caterpillar 988B

Kysy meiltä lisää näiden työparien kapasiteetistä sekä Witraktorin CAT PLUS palveluista, jotka edelleen kohottavat sijoituksesi kokonaisarvoa.

Ota yhteys! Soita 90-826 311

 **CATERPILLAR**  
MYNNÄ, HUOLTO & VARAOSAT

Caterpillar, Cat ja  ovat Caterpillar Tractor Co:n tavaramerkkejä

**DJB ENGINEERING LIMITED**  
Peterlee, Co. Durham,  
England, SR8 2HX

**djb**

djb on D.J.B. Engineering Limited'in tavaramerkki

 **WIHURI OY**  
**WITRAKTOR**

HELSINKI • TAMPERE • OULU • ROVANIEMI • KUOPIO  
826 311 670 200 361 344 15 271 114 611





KOMETA

***Kometa  
on  
maailman  
paras  
suomalainen  
kalliopora***

1. KÄYTTÄMÄLLÄ KOTIMAISTA KALLIOPORAA TYÖLLISTÄT 200 PORANTEKIJÄÄ.
2. PISTÄT MARKKASI PYÖRIMÄÄN SUOMESSA.
3. SÄÄSTÄT KALLISTA ULKOMAAN VALUUTTA.
4. TASAPAINOITAT ULKOMAANKAUPPAMME, SILLÄ JOKA TOINEN PORA ON VIENTIPORA.

OY AIRAM AB

**KOMETA**

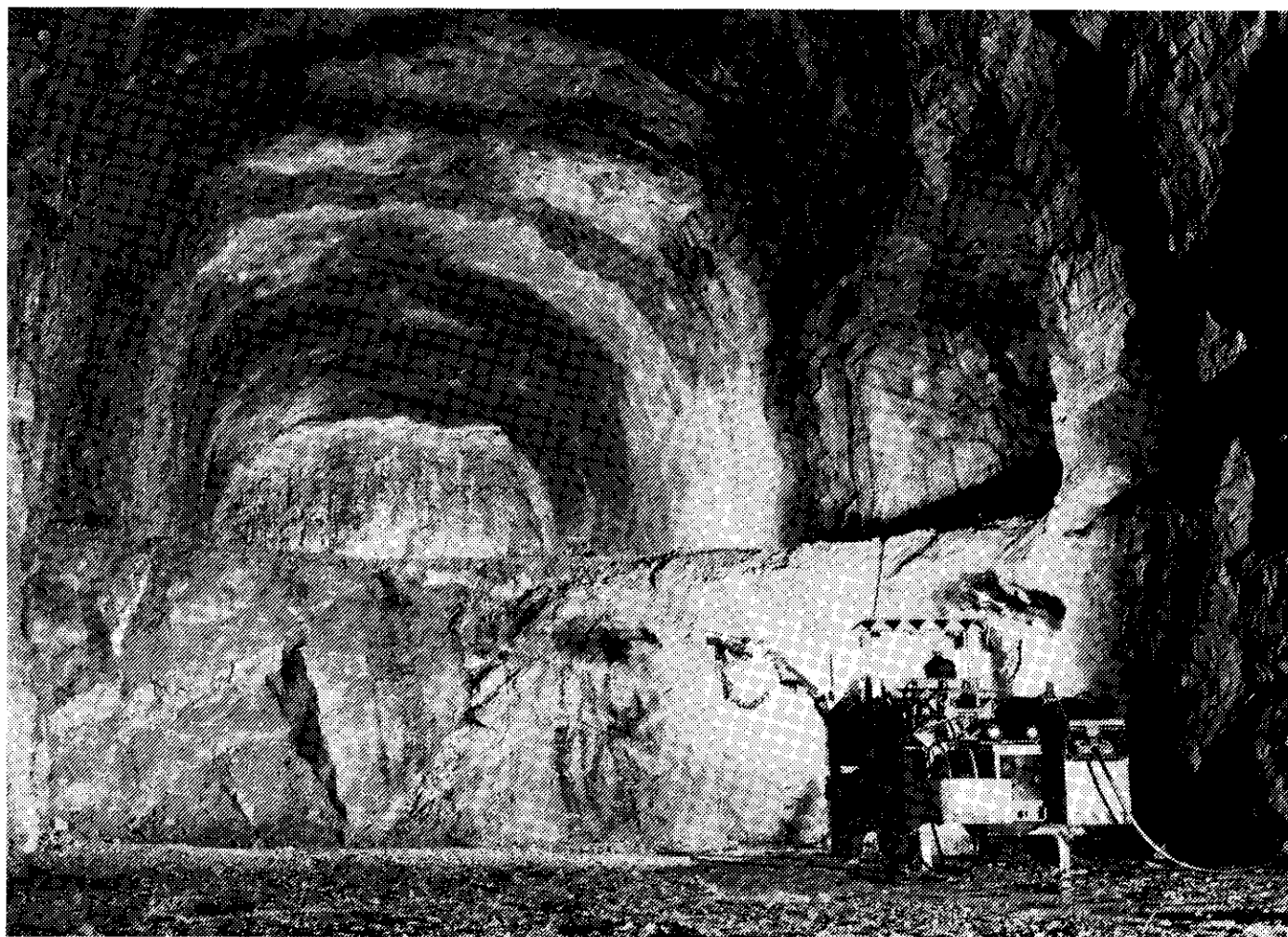
Lampputie 4 00750 HELSINKI 75

PL 6 00751 HELSINKI 75

Puh: 36921 Telex: 124298

# TAMROCK

## URAKOITSIJOILLE JA KAIVOKSILLE



### *Urakointiyömailta, joissa on käytössä Tamrockin porauslaitteita*

**ARGENTIINA**  
Rio Grande  
**BULGARIA**  
Chaira  
**KANADA**  
Manic 5  
James Bay

**KOLOMBIA**  
Guatape  
Mesitas  
San Carlos  
Salvajina  
Rio Negro  
Guadalupe V

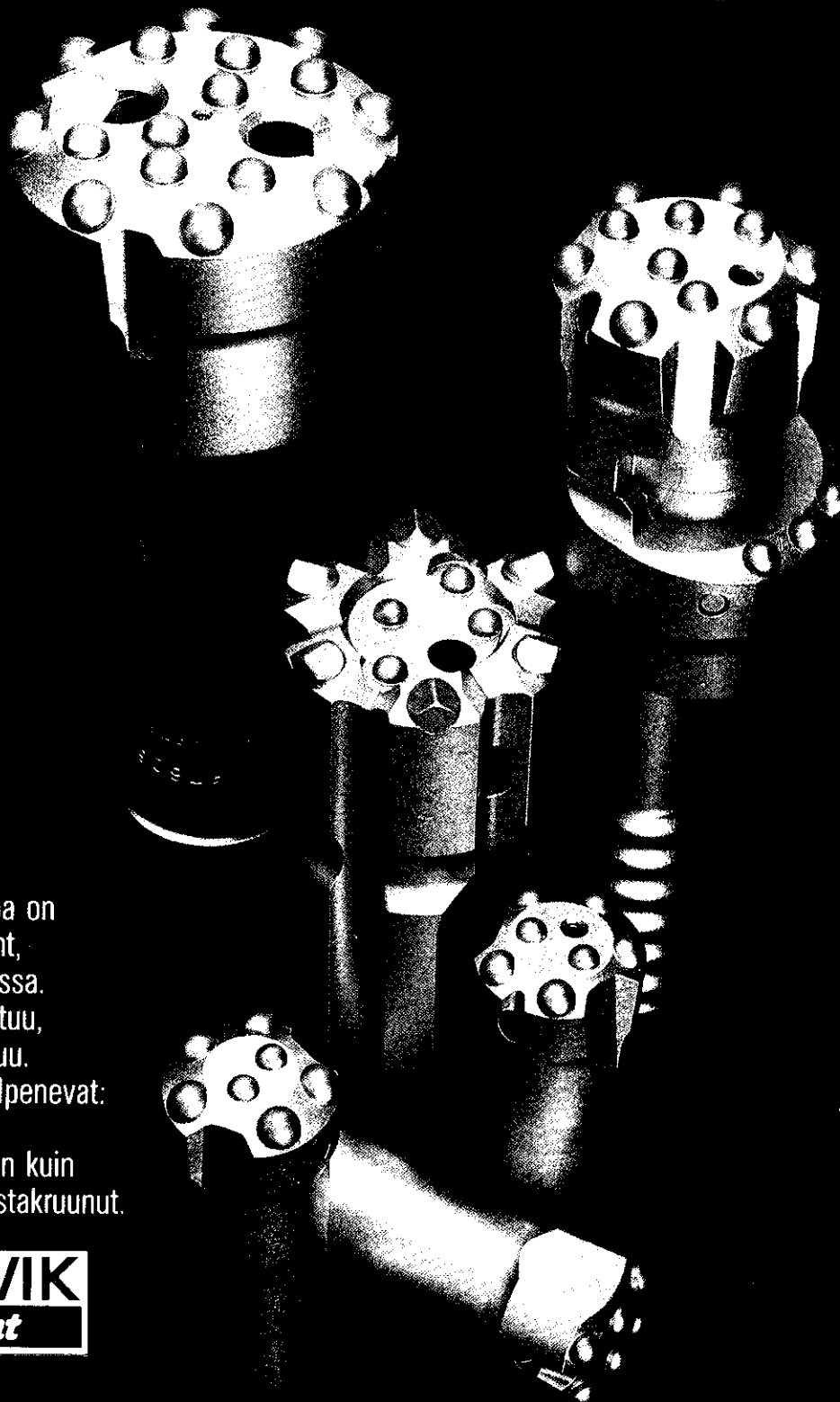
**ISO-BRITANNIA**  
Dinorwic  
**KREIKKA**  
Svikia  
**GUATEMALA**  
Chixoy

**HONDURAS**  
El Cajon  
**MALI**  
Manantali  
**NIGERIA**  
Shiroro  
**NORJA**  
Aurland

**PANAMA**  
Fortuna  
**PERU**  
Mantaro III  
Charcani V  
Chiau Viru

**FILIPPIINIT**  
Maggat  
**SRI LANKA**  
Victoria Dam  
Kotmale  
Randenigala  
**TURKKI**  
Urfa

# ONKO PORAKALUSTONNE TERÄKUNNOSSA?



Kun porakruununa on Sandvik Coromant, asiat ovat kunnossa. Poraustyö nopeutuu, keventyy, tehostuu. Ja porametrit halpenevat: Coromant kestää selvästi paremmin kuin tavanomaiset nastakruunut.

**SANDVIK**  
*Coromant*

Soita! Saat tarkat tiedot  
Sinulle parhaiten soveltuvasta  
porakalustosta.

**TALLBERG**  
ATLAS COPCO

Helsinki puh. 90-670 112, Turku puh. 921-373 777, Tampere puh. 931-633 622, Kuopio puh. 971-122 411, Kokkola puh. 968-17 255, Kotka puh. 952-25 411. Sekä valtuutetut jälleenmyyjät.



# Maan puolustajat!

Maaperämme on jo luonnostaan ravinneköyhää. Ja kasvaessaan kasvit ottavat siitä vielä lisää ravinteita. Siksi jokaisen sadonkorjuun jälkeen maa on kaikkensa antanut, väsynyt.

Meidän ihmisten on puolustettava maata oikein keinoin. Sillä ilman ravinteita se ei jaksaa tuottaa hyvää satoa. Maata tulee joka vuosi ravita ja ruokkia.

Tällöin oikea lannoitus on maan paras puolustus. Näin sille annetaan takaisin kasvien ottamat ravinteet. Lannoitteissa on kasvien luonnollisia ravinteita, joiden avulla pellot saadaan tuottamaan hyvä sato.

## Julistus maan pettureille!

Kasvit tarvitsevat vorttuokseen 16 välttämätöntä ravinnettä. Jos yksikin näistä puuttuu, sato heikkenee. Lohomajätteistä kasvit saavat 20% tarvittavasta ravinne määrästä. Pääosa ravinteista annetaan lannoitteissa. Muuten maa köyhtyy.

Kun kasvit saavat ravinteet maasta oikeassa suhteessa, niin ihminen saa tarpeelliset kivennäisaineet ravinnostaan luonnollisella tavalla. Viimeksi lannoitettiin on lisätty seleeniä, jolloin seleeniinsaantimme nousee kansainväliselle tasolle.

Kun huolehdimme maan kunnosta niin kasvit voivat hyvin ja se myös näkyy meidän kaikkien hyvinvointina.

Maata on puolustettava joka vuosi – kasvinravinteilla.

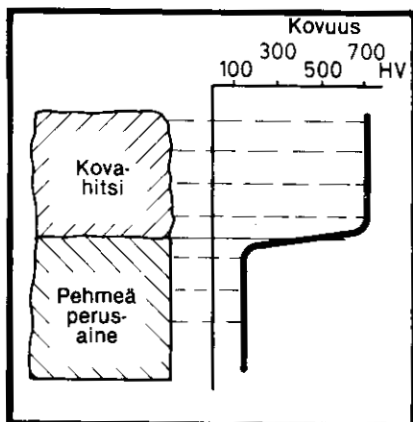
**Ravinteet  
luonnosta luontoon**



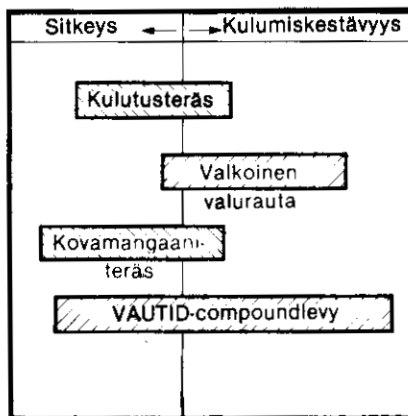
**KEMIRA**

# VAUTID COMPOUND PANSRARILEVYT

kulumiskestävempiä kuin parhaat kulumisteräkset  
sitkeämpiä kuin valkoiset valuraudat

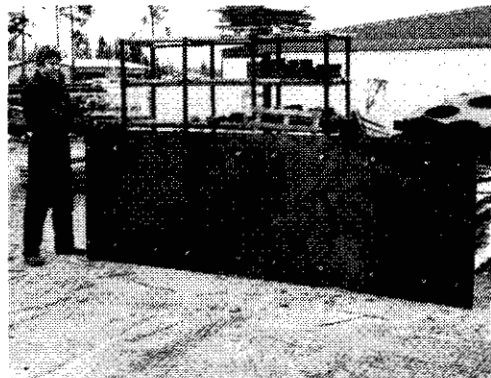


Kulumiskestävä kovahitsi — sitkeä perusaine.

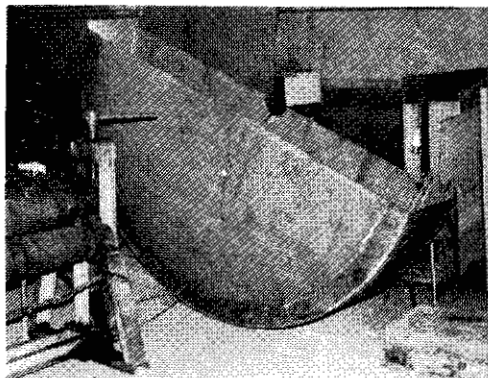
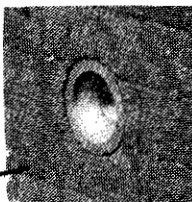


Kulumiskestävempi kuin paras kulumisteräs — sitkeämpi kuin valkoinen valurauta.

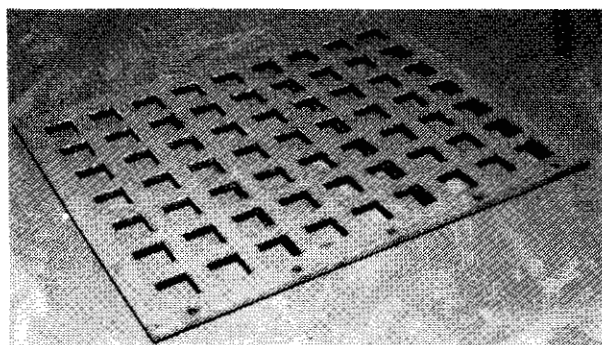
VAUTID® -Compound panssarilevyn käyttöesimerkkejä:



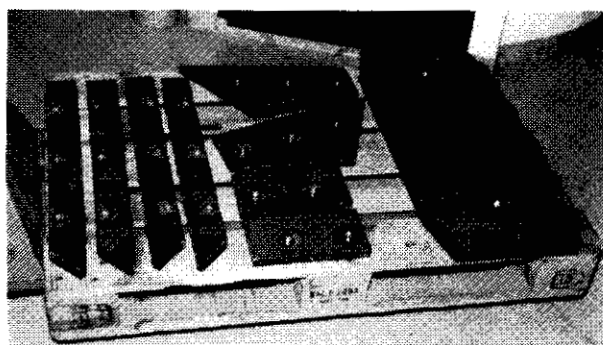
vaunusyöttimen pohjalevy



teräpyörän pesän alaosa



seulalevy



muotoonleikattuja kulumusosia



**impomet oy**

Åkerlundinkatu 6  
SF-33100 TAMPERE  
Puh. (931) 113 100 Telex 22513 impo sf

# Pidä jauhatuskustannukset kurissa. Valitse markkinoiden luotettavin kiinnitysjärjestelmä.

Myllyvuorausten kiinnitysjärjestelmään on voitava luottaa. Vain sillä edellytyksellä voit laskea tuotantokustannuksia.

Siksi valitse kiinnitysjärjestelmän, jonka toimintavarmuus tiedetään vuosikymmenien ajalta. Ja joka kestää koko vuorauksen käyttöajan, kauemminkin.

Tähän tapaan mietittiin LKAB:ssa valittaessa Viscariaan Trelleborgin myllyvuoraukset.



## JÄLJITTELY MUTTA YLITTÄMÄTÖN

Trellex-vuorauksien kiinnitystapaa ei ole tarvinnut muuttaa 20 vuoteen! Jäljittely-yrityksiä olemme nähneet ja lisää lienee tulossa.

Trellex-järjestelmän ylittänyttä ei vain ole tehty.

Taitaapa 20 vuoden etumatka olla ylivoimainen kopioitavaksi. Ja markkinoiden matalin kiinnitysjärjestelmä mahdollistaa kurniosien täydellisen hyväksikäytön.

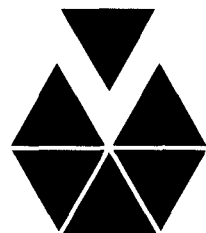
**TRELLEBORG** 

**OY TRELLEBORG AB**  
Trellex-tuotteet

Lauttasaarentie 54 B, 00200 HELSINKI  
Puh. 90-692 6500, 692 6600  
telex: 125332 vgoj



# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 1 1985

43. vuosikerta

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

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

**VUORITEOLLISUUS - BERGSHANTERINGEN:**

Päätoimittaja — Editor-in-  
Chief:

Prof. Martti Sulonen 90-4554 122  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo

Toimittaja — Editor:

Dos. Heikki Laapas 90-4554 122  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo

Toimitussihteeri ja ilmoitus-  
päällikkö — Managing Editor  
and Advertising Sales Direc-  
tor:

Ins. Lars Heikel 90-781 396  
Punahilkantie 5 A 6  
00820 Helsinki

Toimitusneuvosto — Editorial  
Board:

DI Matti Palperi, pj. 90-6162 713  
Ovako Oy Ab  
Bulevardi 7  
00120 Helsinki

TkT Jorma Rekola 90-811 511  
Kuusakoski Oy  
PL 6  
02781 Espoo

DI Rolf Söderström 921-742 111  
Oy Partek Ab  
21600 Parainen

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387  
Geologian tutkimuskeskus  
02150 Espoo

DI Olli Korhonen 90-4 211  
Outokumpu Oy, Tekn.vienti  
PL 27  
02201 Espoo

Ilmoitushinnat vuodelle 1985

Kansisivut 3.250,—, muut sivut 2.750,—

1/2 s. 1.850,—, 1/4 s. 1.150,—, lisäväri 1.000,—

Vuosikerta 55,—, ulkomaille 70,—

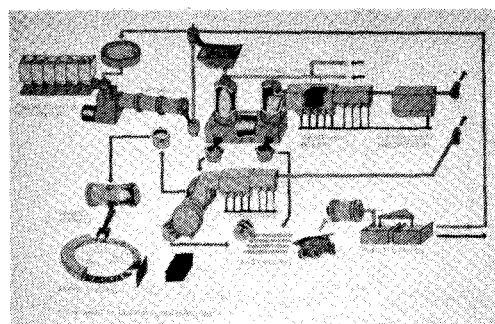
Irtonumero 30,—, ulkomaille 35,—

## SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

|   |    |
|---|----|
| <b>Helge Haavisto:</b> Teknologia vuoriteollisuutemme perustana   | 9  |
| <b>Sakari Heiskanen:</b> Teknologian kehittäminen — Miten vastaamme tuleviin haasteisiin?                       | 16 |
| <b>Rolf Boström:</b> Kannattaako Suomessa etsiä teollisuusmineraaleja?  | 21 |
| <b>Toimi Lukkarinen, Arja Salo:</b> Syötteen raekoon ja ominaispinta-alan vaikutus kupariikiisun vaahdotuksessa | 25 |
| <b>Tarmo Mäntymäki:</b> Liekkisulatuksen kehitys johtavaksi kupari- ja nikkeli-rikasteiden sulatusmenetelmäksi  | 29 |
| <b>Pekka Karvonen:</b> Uudet raakaraudan fosforinpoistomenetelmät valtaavat alaa                                | 34 |
| <b>Jorma Kivilahti:</b> Titaani, sen ominaisuudet ja käyttö   | 41 |
| <b>Gustaf Mickos:</b> Graniitti, ikivanha ja moderni rakennusmateriaali   | 48 |
| Eero Mäkinen — ansiomitalin jako 29.3.1985  | 51 |
| Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y. Toimintakertomus  | 54 |
| Uusia jäseniä — Nya medlemmar   | 58 |
| Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna   | 58 |
| Suoritettuja tutkintoja — Avlagda examina   | 60 |
| Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1984  | 66 |

**Kansikuva:**  
Harjavallan kuparisulaton prosessikaavio.

**Cover:**  
Flowsheet of the Harjavalta copper smelter.



**VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS**  
**29.3.1985**

DI Väinö Juntunen 912-41 511  
puheenjohtaja  
Oy Lohja Ab  
08700 VIRKKALA

DI Olli Hermonen 981-327 711  
varapuheenjohtaja  
Rautaruukki Oy  
Keskuskonttori  
PL 217  
90101 OULU

DI Pentti Hintikka 931-32 400  
Oy Tampella Ab Tamrock  
33310 TAMPERE

Prof. Lauri Hyvärinen 90-46 931  
Geologian tutkimuskeskus  
02150 ESPOO

TkL Antero Järvinen 911-43 100  
Ovako Oy Ab  
Koverhar  
10820 LAPPOHJA

DI Jaakko Lautjärvi 982-301  
Rautaruukki Oy  
Raahen rautatehdas  
92170 RAAHENSALO

DI Markku Leiritie 921-742 111  
Oy Partek Ab  
21600 PARAINEN

Prof. Kaj Lilius 90-4 554 122  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 ESPOO

DI Antti Mikkonen 971-421 144  
Kemira Oy  
Siilinjärven kaivos  
71800 SIILINJÄRVI

DI Mikko Palviainen 90-4 211  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02201 ESPOO

DI Juhani Vahtola 980-4 521  
Outokumpu Oy  
Tornion tehtaas  
95400 TORNIO

**Yhdistyksen sihteeri:**  
I DI Heikki Savolainen 912-41511  
Oy Lohja Ab  
08700 VIRKKALA

II DI Erkki Pimiä 90-4 211  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02201 ESPOO

**Yhdistyksen rahastonhoitaja:**  
DI Kalle Vaajoensuu 90-4 031  
Outokumpu Oy  
PL 280  
00101 HELSINKI

**Geologijaosto**  
FT Markku Mäkelä, pj. 968-19 011  
Outokumpu Oy  
Kokkolan tehtaas  
PL 26  
67101 KOKKOLA

FK Ritva Harinen, siht. 921-742 111  
Oy Partek Ab  
21600 PARAINEN

**Kaivosjaosto**  
DI Carl-Fredrik Bäckström, pj. 912-24 411  
Oy Lohja Ab  
Tytyri  
08100 LOHJA

FK Heikki Latva, siht. 912-24 411  
Oy Lohja Ab  
Tytyri  
08100 LOHJA

**Metallurgijaosto**  
DI Juho Mäkinen, pj. 938-741 500  
Outokumpu Oy  
29200 HARJAVALTA

TkL Raimo Levonmaa, siht. 939-26 111  
Outokumpu Oy  
PL 60  
28101 PORI

**Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto**  
DI Timo Niitti, pj. 90-4 211  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02201 ESPOO

DI Hannu Penttilä, siht. 90-4 211  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02201 ESPOO

**Tutkimusvaltuuskunta**  
DI Antti Mikkonen, pj. 971-421 144  
Kemira Oy  
Siilinjärven kaivos  
71800 SIILINJÄRVI

Geologinen toimikunta:  
Prof. Heikki Niini, pj. 90-4554 122  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 ESPOO

Kaivosteknillinen toimikunta:  
DI Pentti Seppänen 973-561  
Outokumpu Oy  
83500 OUTOKUMPU

Rikastusteknillinen toimikunta:  
TkL Hans Allenius 90-4565 570  
VTT, Metallurgian laboratorio  
Mineraaliteknikan jaosto  
Metallimiehenkuja 2  
02150 ESPOO

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien  
sihteeri:  
DI Alf Westerlund 90-4554 122  
Teknillinen Korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 ESPOO

DI Kalle Vaajoensuu hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortis-  
toa.  
Mikäli osoite, tehtävä tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lä-  
hettämään muutosisloituksen mieluummin kirjallisena siinä muo-  
dossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.  
Os.: Outokumpu Oy, PL 280, 00101 Helsinki, puh. 90-4031.

DI Kalle Vaajoensuu sköter om Bergsmannaföreningens med-  
lemsregister. Om er adress, arbetsuppgifter eller tjänst har  
ändrats, anhåller vi om ändringsanmälan, helst skriftlig, till "Nytt  
om medlemmarna" spalten.

Adr.: Outokumpu Oy, PB 280, 00101 Helsingfors, tel. 90-4031.

# Teknologia vuoriteollisuutemme perustana

Vuorineuvos Helge Haavisto, Rautaruukki Oy, Oulu

Lyhennelmä esitelmästä Vuorimiespäivillä 29.3.1985

Vuoriteollisuus on monessa mielessä todellista perusteollisuutta. Se jalostaa maaperän malmit metalleiksi ja välituotteiksi muuta teollisuutta varten. Erityisesti metalliteollisuus kaikkine tuotteineen on elimellistä jatkoa vuoriteollisuudelle. Vuoriteollisuus tuottaa raaka-aineita energian tuotantoon, rakennusteollisuudelle, kemian teollisuudelle ja useille pienemmillä teollisuusaloilla.

Käsittelen otsikon aihetta terästeollisuuden kannalta, lähtökohtana pitkäaikainen kokemukseni tältä alalta ja se, että edustamani yhtiö Rautaruukki Oy täyttää tänä vuonna 25 vuotta. Aika on riittävän pitkä, jotta yhtiötä voidaan tarkastella siltä kannalta, miten tekniikkaa koskevilla valinnoilla ja tekniikan kehittämällä on ratkaiseva merkitys yhtiön menestykselle. Terästeollisuus sopii edustamaan vuoriteollisuutta myös siksi, että se on suurin vuoriteollisuuden osa-alueista. Maailman terästuotanto on noin 700 miljoonaa tonnia vuodessa, kun teollisuuden tuotteissa käytetyistä metalleista seuraavan eli alumiinin tuotanto on noin 20 miljoonaa tonnia ja kuparin noin 10 miljoonaa tonnia.

Meillä Suomessa Outokumpu Oy:n perustaminen, yhtiön kehittämä liekkisulatusmenetelmä ja yhtiön muukin toiminta ovat kansainvälisestikin arvioituna erinomainen osoitus siitä, kuinka hyvän ja omintakeisen teknologian avulla päästään pitkälle silloinkin, kun lähtökohdat eivät näytä parhailta mahdollisilta. Yhtiön alkuajan pioneeriengestä ja ratkaisujen ennakkoluulottomuudesta piti vuorineuvos Honkasalo täällä hyvän esityksen kolme vuotta sitten. En senkään vuoksi käsittele värimetalleja, niin tärkeä kuin niiden tuotanto Suomessa on ollutkin ja on edelleen.

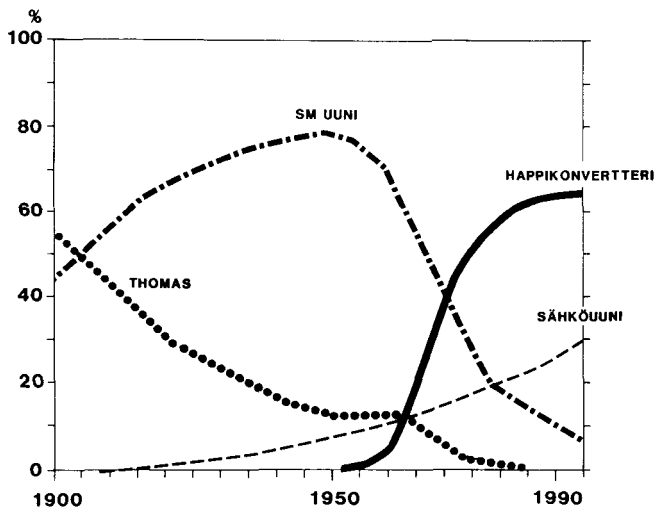
## PERUSTEKNIIKAN VALINTA

Terästeollisuus on raskasta prosessiteollisuutta. Tuotantolaitosten rakentaminen on kallista. Investointikustannusten arvi-

oidaan nykyrahassa ylittävän jo 10.000 markkaa vuositonniä kohti laskettuna. Kun tehtaot ovat suuria, kapasiteetti usein 3-5 miljoonaa tonnia, enimmillään yli 10 miljoonaa tonniakin vuodessa, vaatii rakentaminen todella suuria pääomia. Jo yksin Raahen rautatehtaan kokoisien yksikön investointikustannukset ovat tasolla 15 miljardia markkaa. Tehtyä perusratkaisua ei sen vuoksi ole helppo muuttaa. Sen on oltava pitkäikäinen. Perusvalintojen merkitys on tullut korostuneesti esiin viimeisen runsaan kymmenen vuoden aikana, jolloin alalla jatkuvasti on ollut ylikapasiteettia, kilpailu on ollut kova ja tehtaiden taloudellinen tilanne vaikea. Parhaiten ovat selvinneet tehtaot, joilla perusratkaisut ovat olleet "oikeat". Tähän hyvin selvinneiden ja oikean teknologian valinneiden joukkoon kuuluvat molemmat Suomeen 1960-luvulla rakennetut terästehtaot, Rautaruukin Raahen tehdas ja Ovakon Koverharin tehdas.

Integroidulla terästehtaalla eli tehtaalla, jossa teräs valmistetaan lähtien malmista on välituotteena prosessissa sula rauta. Rauta valmistetaan masuunissa, joka on vuosisatoja pysynyt perusratkaisultaan samanlaisena, ja on 1500-luvulta peräisin olevana vanhin käytössä oleva prosessilaitte. Rauta melloitetaan teräkseksi happipuhalluskonverttereissa. Masuuni-happikonvertteriketjun odotetaan säilyvän hallitsevana valmistusmenetelmänä ainakin vuosituhannen vaihteen yli ja vastaavan noin 2/3:sta tuotantoa. Noin 1/3 teräksestä valmistetaan uudelleen sulattamalla romusta. Romun saatavuus asettaa rajan romupohjaiselle teräksen valmistukselle. NykYTEKNIKAN mukaisesti romun uudelleen sulatus tapahtuu sähköuuneissa, joille ei myöskään ole kilpailijaa näköpiirissä. Terästuotannon jakautumisessa malmi- ja romupohjaisen valmistuksen välille on suuria maakohtaisia eroja. Suhde 2:1 kuvaa keskimääräistä tilannetta. Suomessa malmipohjaisen terästuotannon osuus on noin 85 %. Nykyisellään romun käyttö maassamme on melko hyvin tasapainossa ja terästeollisuuden rakenne tältä osin oikea.

Teräksen suurtuotanto alkoi varsinaisesti vasta 1800-luvun puolivälissä. Ensin tulivat Thomas-konvertterit, joissa ei kuitenkaan voitu sulattaa romua. SM-uunit ratkaisivat romupul-



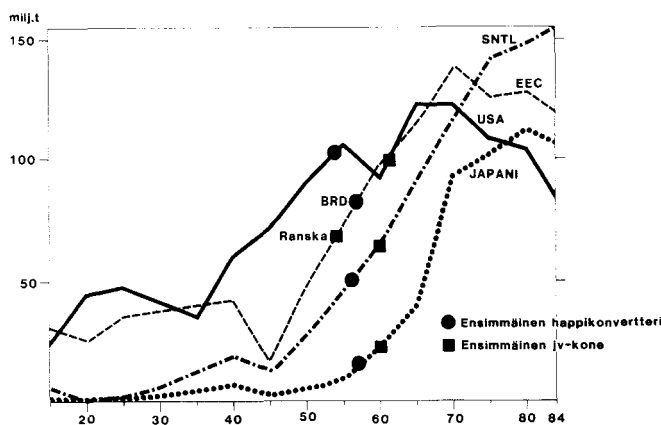
B. Wilshire & al.  
Technological and Economic Trends in the Steel  
Industries., UK 1982

Kuva 1. Teräsprosessin prosentiosuudet tuotannosta.  
Fig. 1. World crude steel production by process.

man ja ne yleistyivät nopeasti. Viime vuosisadalta peräisin oleva SM-prosessi oli hallitseva prosessi 1960-luvulle saakka, jolloin edellä esitettyjen uusien prosessien aika alkoi, kuva 1.

Uusi happipuhallusmenetelmä oli tehokkuuden ja energian käytön suhteen ylivoimainen entisiin menetelmiin nähden. Kohtalokasta monille teollisuusmaille oli, että uutta kapasiteettia rakennettiin runsaasti 40- ja 50-luvuilla juuri ennen uusien menetelmien läpimurtoa ja ennen kaikkea se, että usein vielä 60-luvullakin kasvuinnossa luotettiin vanhoihin "varmoihin" menetelmiin. Näin uudet tehtaat USA:ssa ja Neuvostoliitossa ja paljolti myös Länsi-Euroopassa olivat pian ja joskus jo käynnistyessäänkin tekniikaltaan vanhanaikaisia. Japanissa, jossa suurin kasvu sattui 60-luvulle ja täten sopivaan aikaan, uusille tehtaille tuli happipuhalluskonvertterit, kuva 2.

60-luvulla alkoi yleistyä myös jatkuvavalumenetelmä eli valu pitkänä nauhana valssausaihioiden mittoihin. Menetelmä on tuotoksen, energian kulutuksen ja pääoman tarpeen suhteen ratkaisevasti edullisempi kuin vanha valutapa kokilliin ja valanteiden esivalssaus aihioksi. Suhtautuminen karkea- ja

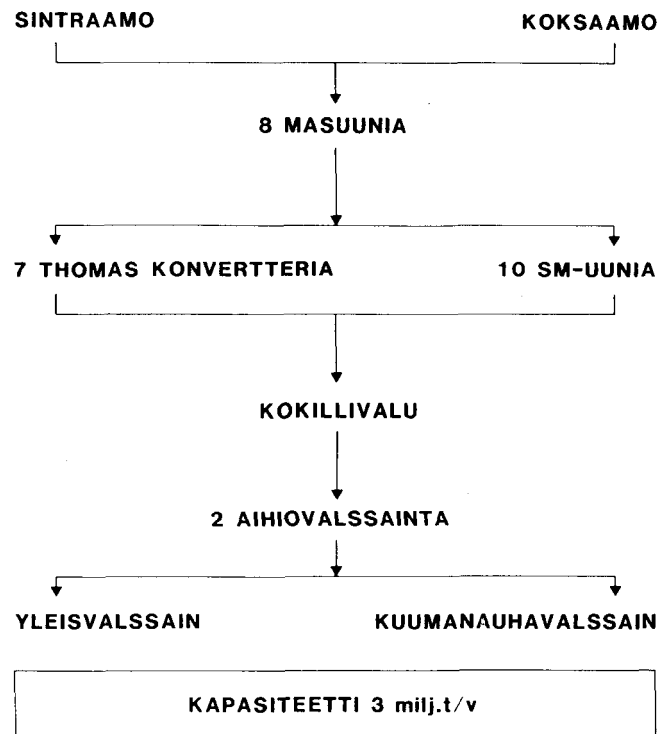


Kuva 2. Terästuotannon kehitys johtavissa maissa.  
Fig. 2. Crude steel production, the first oxygen converter and the first continuous casting machine: USA, USSR, EEC, Japan.

varsinkin ohutlevyaihoiden jatkuvavaluun oli vielä koko 60-luvun varovaista. Uudet tehtaat valitsivat useimmiten kokillivalun levyille. Japanissakin ensimmäinen niukkaseosteisten terästen valukone käynnistyi vasta 1967. Lopullinen läpimurto levyaihoiden valussa tapahtui 70-luvulla.

## 25 VUOTTA TERÄSTEOLLISUUDESSA

Rautaruukin perustamisvuonna 1960 maailman terästuotanto oli 336 miljoonaa tonnia. Tästä oli SM-terästä 80 %, Thomas-terästä 18 % ja happiterästä 2 %. Ensimmäiset jatkuvavalukoneet olivat vasta käynnistymässä. Samana vuonna pidetyssä Saksan teräsentekijöiden yhdistyksen 100-vuotisjuhlassa esitettiin malliterästehtäksi 3 miljoonaa tonnia tuottavaa tehdasta, jossa teräksen valmistukseen käytettiin 7 Thomas-konvertterit ja 10 SM-uunia. Masuuneja on 8, kuva 3.



Lähde: Stahl und Eisen 1960

Kuva 3. Malliterästehdas vuodelta 1960.

Fig. 3. Modern steel plant according to a presentation at the 100th anniversary of "Verein Eisenhüttenleute" in 1960. Stahl u. Eisen 80(1960)1847.

Uutta tekniikkaa oli kuitenkin 1960 jo tarjolla. Siksi voidaan sanoa, että Rautaruukki perustettiin oikeaan aikaan. Toisaalta tarvittiin kyllä rohkeutta, että tehtaalte todella valittiin happikonvertterit ja jatkuvavalu, jopa niin että Rautaruukki oli koko maailmassa ensimmäinen levytuotteiden valmistaja, jonka koko tuotanto rakennettiin jatkuvavalun varaan. Vielä hiljattain tehdyssä tarkastelussa Raahen rautatehdas on valittu edustamaan 70-luvun malliterästehdasta rinnan Nippon Steel'in suurta optimikokoa edustavan Oitan tehtaan kanssa. Peruskalusto on kummallakin tehtaalla sama, kaksi masuunia ja kolme konvertterit, joista kaksi yhtä aikaa käytössä vaikka Oitan tuotanto on noin 5 kertaa Raahen tehtaan tuotanto, kuva 4. Ero edellisen vuosikymmenen malliratkaisuun sen sijaan on suuri.



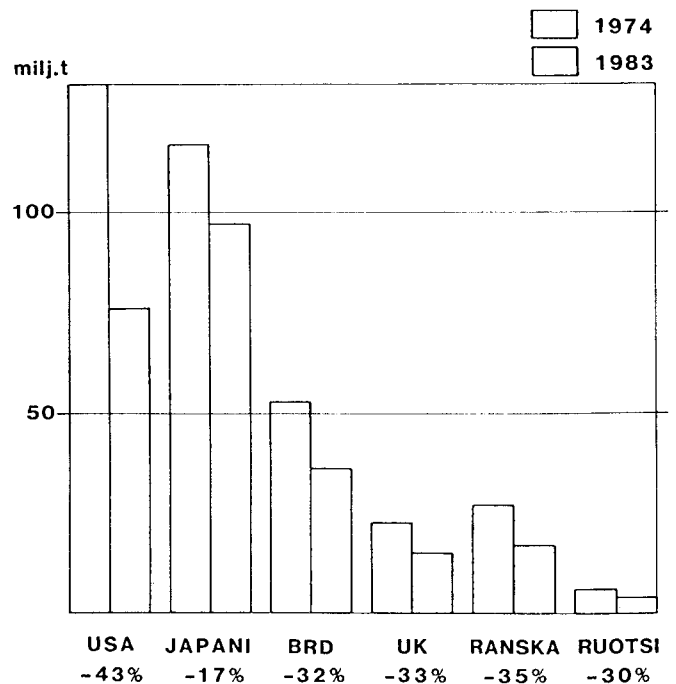
Lähde: Patrick Genewaz  
Industrial and Financial Indicators of the Steel Industry, 1982

Kuva 4. 1970-luvun malliterästehdas.

Fig. 4. Two model steelplants in the 1970:s Rautaruukki Raahe Works and Nippon Steel Oita Works. Genevaz 1982.

Suunnilleen samaa kuin Suomen 60-luvun terästehtaista voidaan sanoa myös Outokummun jaloterästehtaasta, joka käynnistyi 1977. Sinne valittu prosessi edustaa uusinta, vasta 70-luvulla yleistynyttä ja taloudellisesti ylivoimaista teknologiaa ruostumattoman teräksen valmistuksessa. Kun prosessi mahdollistaa korkeahiilisen ferrokromin runsaan käytön ja tehdasta perustettaessa kyse oli myös oman korkeahiilisen ferrokromin hyödyntämisestä, voimme puhua tässä jälleen onnekaasta oikea-aikaisuudesta ja teknologian menestyksellisestä valinnasta vuoriteollisuudessamme.

Näin jälkikäteen ja myöhempien tapahtumien valossa Rautaruukin ratkaisujen merkitystä tuskin voi yliarvioida. Vuonna 1974 maailman terästuotanto ylitti ensimmäisen kerran 700 miljoonaa tonnia. Tämä vuosi muodostui samalla taitevuodeksi, jolloin pitkään jatkunut tasainen kasvu toistaiseksi päättyi. Siihen asti vallinneen optimismin ansiosta päätöksiä kapasiteetin lisäämiseksi oli tehty runsaasti niin, että kapasiteettia syntyi kohtuuttomasti yli tarpeen. Suurimpina vaikeudet kohtasivat länsimaiden tekniikaltaan vanhentunutta terästeollisuutta, joiden markkinoita kavensivat paitsi Japanin moninkertaistunut tuotanto myös uudet tehtaat teollistuvissa kehitysmaissa. Sekä tuotantoa että henkilökuntaa on jouduttu supistamaan rajusti eikä enää Japanikaan ole kokonaan säästynyt, kuva 5. Sielläkin kapasiteetin käyttöaste on ollut alhainen. Rautaruukin Raahen tehdas sen sijaan on toiminut koko ajan täydellä kapasiteetilla, mikä on ollut melko poikkeuksellista. Ainoana länsimaana Suomi on vuoden 1974 jälkeen nostanut tuotantoa.



Kuva 5. Terästuotanto eräissä maissa 1974 ja 1983.

Fig 5. Crude steel production in 1974 and 1983: USA, Japan, W-Germany, UK, France, Sweden. IISI.

Länsimaiden terästeollisuuden tuotantotekniikan uudistamiseen on kuitenkin sijoitettu paljon pääomaa näinä vuosina. Jatkuvavalukoneet ovat olleet tärkeimpiä investointikohteita. Muutos näkyy esitetyistä luvuista. Vanhat teräsprosessit on lähes kokonaan korvattu uusilla ja jatkuvavalun osuus on edelleen nopeassa nousussa.

60-luvun kehitykselle oli leimaa antavaa laitokseen nopea kasvu. Ensimmäisen happikonvertterin panoskoko oli 30 tonnia. 1970 suurin panos oli 400 tonnia. Kun panoksen valmistusaika on konvertterin koosta riippumaton, yhden tuotantoyksikön tuotantokyky 12-kertaistui. Samanaikaisesti masuunien koko kasvoi niin, että tuotantokyky on suurimmilla masuuneilla runsas neljä miljoonaa tonnia vuodessa. Japanin monen uuden tehtaan, kuten muun muassa Oitan, tuotantokyky on 10 miljoonaa tonnia. Etelä-Koreaankin rakennettiin 70-luvulla Pohangin terästehdas, jonka tuotanto on 8-9 miljoonaa tonnia eli noin viisi kertaa Rautaruukin tuotanto.

Yleiseksi käsitykseksi muodostui, että uuden intergroidun tehtaan optimikoko olisi vähintään neljä miljoonaa tonnia terästä vuodessa. Suuri optimikoko ja kustannusten pieneminen koon kasvaessa on loogisesti hyvin perusteltavissa. Mutta edellytys on, että tehtaan käyttöaste on korkea. Nyt pitkien lamavuosien kokemusten perusteella yhä useammin esitetään epäilyksiä jättiläistehtaiden edullisuudesta. Mitä suurempi tehdas, sitä vaikeampaa on mukautuminen uuteen markkinatilanteeseen.

Vertailu on ollut suurille tehtailla usein turhan edullinen siitäkin syystä, että suuret tehtaavat ovat keskimäärin uudempia ja teknikaltaan pitemmälle kehitettyjä kuin pienet. Yksityiskohtaiset analyysit, joita viime vuosina on tehty monella taholla maakohtaisia suunnitelmia varten, osoittavat, että koon kasvun tilille on pantu paljon sellaista, joka onkin tulosta parantuneesta tekniikasta.

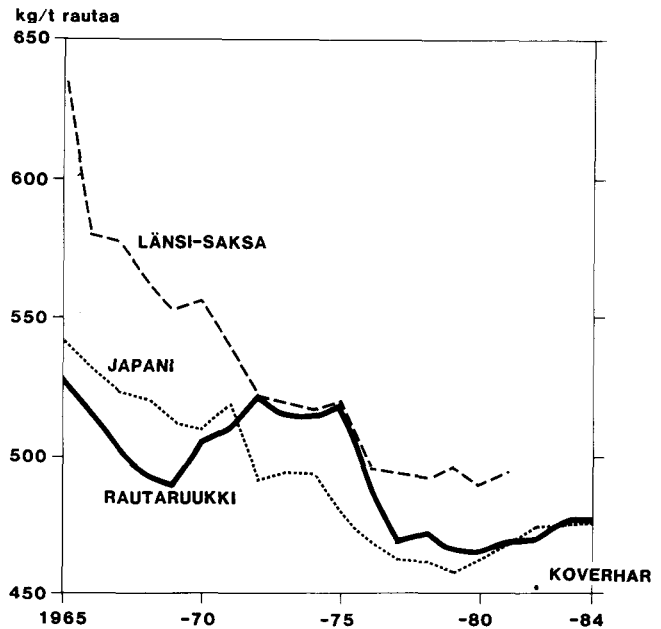
Iso tuotanto vaatii myös isot markkinat. Entistä selvemmin on nähtävissä, että optimitulo saavutetaan, jos tekniikka on kohdallaan ja on löydetty hyvä kompromissi koon ja kotimaan markkinoiden välille.

Rautaruukin Raahan tehdas, kapasiteetti 1,8 miljoonaa tonnia, on 1960 mittakaavassa lähellä keskikokoa, mutta on nykymittakaavan mukaan ehdottomasti pieni. Jos 60-luvun kasvuennusteet olisivat toteutuneet, koko tuotannolle löytyisi markkinoita kotimaassa. Nyt joudumme viemään 40 %, mikä ei aina ole helppoa. Meidän kokomme ei voisi olla paljonkaan suurempi. Tällä koolla olemme selvinneet hyvin tähän saakka, käsittääkseni paljolti juuri hyvän teknologian ansiosta.

## TEKNIIKAN KEHITYTTÄVÄ

Nykyaikainen perusratkaisu on välttämätön, mutta ei riittävä lähtökohhta hyvälle ja kilpailukykyiselle toiminnalle. Tekniikkaa on kehitettävä ja täydennettävä jatkuvasti. Tavoitteet tässä työssä ovat tuotantokustannusten alentaminen, tuotoksen parantaminen, laatutason nostaminen. Seuraavassa vain muutamia esimerkkejä.

Integroiduilla terästehtailta yksittäisistä kustannustekijöistä suurin on energia ja tästä 60-70 % kuluu raudan valmistukseen. Energian säästö ja erityisesti masuunitekniikan kehittäminen ovat olleet tärkeimpiä työkohteita kaikkialla. Japanissa työ alkoi jo 60-luvulla, mikä sinänsä oli lisäetua 70-luvun tilanteessa. Ensimmäisiä ja eniten vaikuttaneita toimenpiteitä oli palamalmien korvaaminen rautarikasteista tehdyllä sintterillä tai pelletillä. Asteittaisilla parannuksilla, joihin sisältyy muun muassa laitetekniikkaa, prosessin ohjausta, puhallusilman esikuumennusta, on päädytty tämän päivän tilanteeseen. Tietä ei vielä ole kuljettu loppuun.

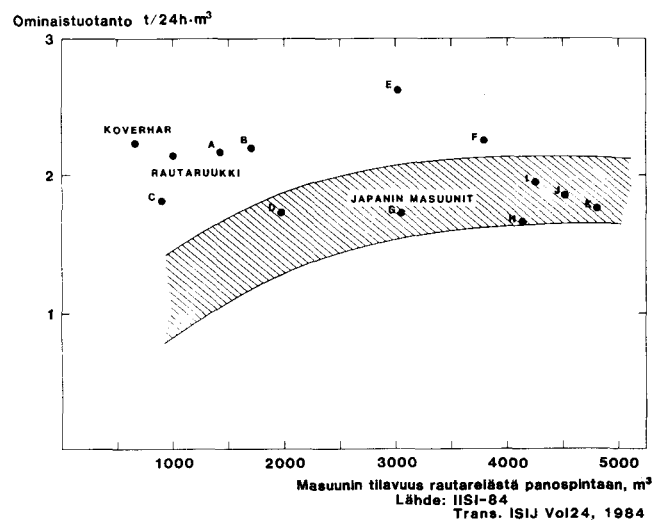


Kuva 6. Masuunien polttoaineen kulutus.

Fig. 6. Blast furnace fuel rate: Japan, W-Germany, Rautaruukki Raahen Works.

Suomen masuunit ovat koko ajan olleet erittäin hyvin toimivia, kuva 6. Olemme lähellä Japanin tasoa siitäkin huolimatta, että Rautaruukissa olemme käyttäneet tuontirikasteiden rinnalla heikkolaatuisia kotimaisia rikasteita, kun Japanin terästehtailta taas raaka-aineena on parhaat mahdolliset tuontirikasteet. Masuunien ominaistuotannot kuuluvat myös korkeimpiin maailmassa. Koverharin masuuni vielä Rautaruukin masuuneja pienempänä ja herättänyt kansainvälistäkin huomiota siksi, että se on osoittanut, että oivalliset tulokset eivät ole kiinni koosta. Hyvät laitteet ja yksityiskohdissaankin viimeistely tekniikka ratkaisevat, kuva 7.

Jatkuvavalu on merkinnyt keskimäärin 10 % aikaisempaa pienempää energian kulutusta valssaamoilla. Lisäkeinoja energian säästämiseen on vielä jatkuvavaliuuhoiden panosta-



Kuva 7. Suurimmat masuunin ominaistuotannot.

Fig. 7. Blast furnace productivity index, tons per 24 h x m<sup>3</sup>, by inner volume: Best values. IISI Techo 1984. Trans ISIJ 24 (1984).



minen lämpiminä valssaamon kuumennusuuneihin. Kuumanostus asettaa tuotannon suunnittelulle, aihoiden laatutalolle sekä tarkastusmenetelmille kasvavia vaatimuksia. Kuumanostuksessa olemme Rautaruukissa päässeet noin 20 prosenttiin. Tavoitteena on saavuttaa lähivuosina yli 50 prosentin kuumanostuksen osuus.

50–60 prosenttia raudan ja teräksen valmistukseen käytetystä energiasta sitoutuu kuumien tuotteiden — kaasut, ahiot, kuonat, valssatut tuotteet — lämpösisällöksi ja on itse prosessin kannalta jätelämpöä. Tämän energian hyväksikäyttö on suuri taloudellinen kysymys, jonka hyväksi on tehty paljon työtä. Raahan kaupungin kaukolämmöstä tuotetaan nykyisin 80 % Raahan rautatehtaan jätelämmöstä. Tässäkin olemme edenneet pitkälle.

70/80-luvun taitteessa ensimmäiset ylhäältä puhalletut LD-tyyppiset konvertterit varustettiin pohjasuuttimilla neutraalin kaasun pohjapuhallusta varten. Nyt vain muutamaa vuotta myöhemmin suurin osa länsimaiden konverttereista on varustettu pohjasuuttimilla. Myös Rautaruukin konvertterit muutettiin viime vuonna uudelle tekniikalle, jonka etuina on entistä parempi prosessin hallinta ja tämän kautta saadut huomattavat kustannussäästöt.

Erilliset valusenkassa tapahtuvat käsittelyt ns. senkkäkäsittelyt ovat nopeasti yleistyneet ja ovat jo lähes säännönmukaisia. Tähän on johtanut teräksen puhtaudelle, tuotteiden pinnan laadulle, koostumustarkkuudelle ja laadun tasaisuudelle asetettujen vaatimusten kiristyminen. Laadusta on tullut yhä tärkeämpi kilpailuase. Rautaruukissa käytämme senkkäkäsittelyjä valulämpötilan säätöön, rikkiptoisuuden alentamiseen sekä raudassa että teräksessä, kuonapuhautuksen parantamiseen ja koostumuksen säätöön.

Ilman teräksen rikinpoistomenetelmää, jonka hankimme 1977, emme olisi selvinneet niiden vaativien erikoisterästen valmistuksesta, joita olemme kehittäneet telakkateollisuudelle, arktisten alueiden rakenteisiin, nestekaasusäiliöihin ja myös omaa putkituotantoamme ja muuta jatkojalostusta varten.

Prosessien valvonta- ja ohjausmenetelmiä, tuotannon ohjausmenetelmiä ja tuotannon suunnittelun menetelmiä on kehitetty voimakkaasti kaikkialla terästeollisuudessa. Japani on tälläkin tekniikan alalla johtava maa. Tulokset näkyvät yleisesti parantuneena tuotoksena ja parantuneena työn tuottavuutena, ja mikä on erittäin tärkeää, tuotteiden laatutason nousuna. Panostamme Rautaruukissakin paljon kehitystyöhön tällä alueella.

## KILPAILUKYKY

Selvitäksemme ilman mittakaava-etua Rautaruukissa ja yleensäkin Suomessa olemme joutuneet tekemään paljon työtä, jotta tekniikka säilyisi ajanmukaisena. Tämä koskee kaikkia teräksen valmistuksen osa-alueita, tietysti myös valssaus-tekniikkaa, jolla tuotteiden laadun kannalta on ratkaiseva merkitys. Oma tutkimustoimintamme on vahva ja on tuottanut markkinoillemme sopivia uusia vaativia teräslajeja. Lisäksi olemme hankkineet tietoa ja uutta tekniikkaa monista maista, muun muassa Neuvostoliitto, Englanti, Japani, USA, Saksan Liittotasavalta, Kanada, Ruotsi.

Tulosta mitataan usein sellaisilla suhteellisen yksinkertaisilla tunnusluvuilla kuin energian kulutus rauta- ja terästonnia kohti, tuotos, työn tuottavuus. Vertailevia kannattavuuslaskelmiakin eri tekniikkojen ja eri maiden välillä on julkaistu. Masuunin energian käytön suhteen kuulumme, kuten edellä todettiin, parhaiden tehtaiden joukkoon. Kuitenkin yhä useammat Länsi-Euroopan tehtaat lähestyvät samaa tasoa.

Tuotos aihioista kuumavalssatuksi tuotteeksi on yleisesti parantunut, kuten IISI:n luvut osoittavat, taulukko 1. Taulukon on vertailun vuoksi lisätty Rautaruukin kuumavalssatun levyn tuotos.

**Taulukko 1.** Valssaustuotteiden saanti aihioista.

**Table 1.** Yield: finished products as percentage of crude steel production. IISI 1984.

|               | Tuotos, % |      | Jatkuvavalu, % |      |
|---------------|-----------|------|----------------|------|
|               | 1973      | 1983 | 1973           | 1983 |
| Japani        | 83,7      | 91,6 | 20,7           | 86,2 |
| USA           | 73,9      | 79,1 | 6,8            | 32,1 |
| EEC           | 74,3      | 89,0 | 9,4            | 60,4 |
| Rautaruukki   |           |      |                |      |
| Raahan tehdas | 78,8      | 91,0 | 100            | 100  |

Tuotoksen parantumiseen vaikuttaneista tekijöistä pidetään suurimpana jatkuvavulun osuuden kasvua. Luvut, vaikka ne eivät täysin vertailukelpoisia voi ollakaan, osoittavat, että tuotoksen suhteen olemme kilpailukykyisiä suurienkin tehtaiden kanssa.

Koon kannalta kriittisimpiä kysymyksiä on työn tuottavuus, jonka usein arvioidaan nousevan ainakin 3–4 miljoonan tonnin vuosituotantoon saakka. Selviytymisestäämme tässä suhteessa amerikkalainen lehti Iron Age on antanut meille hyvän todistuksen. Lehden tekemän selvityksen mukaan kymmenen työn tuottavuudelta parhaan tehtaan joukkoon mahtuu vain kaksi Aasian Tyynen valtameren rannikon ulkopuolelta olevaa yhtiötä, joista Rautaruukki on toinen, taulukko 2.

**Taulukko 2.** Vuoden 1983 kymmenen kärjessä tuottajat.

**Table 2.** "1983 top ten producers."

Production, tons, and productivity, tons per employee. Iron Age, Apr. 16, 1984.

| Yhtiö             | Maa     | 1)              |                     |      |
|-------------------|---------|-----------------|---------------------|------|
|                   |         | Tuotanto milj.t | Tuotanto/työvuosi t |      |
|                   |         | 1983            | 1983                | 1982 |
| 1. Pohang         | E-Korea | 8.4             | 689                 | 726  |
| 2. Kobe Steel     | Japani  | 6.1             | 464                 | 477  |
| 3. China Steel    | Taiwan  | 3.4             | 452                 | 375  |
| 4. Nippon Kokan   | Japani  | 11.4            | 450                 | 465  |
| 5. Sidmar         | Belgia  | 2.8             | 446                 | 410  |
| 6. Nippon Steel   | Japani  | 26.9            | 419                 | 434  |
| 7. Kawasaki Steel | Japani  | 10.4            | 363                 | 368  |
| 8. Sumitomo       | Japani  | 10.3            | 359                 | 368  |
| 9. Rautaruukki    | Suomi   | 1.7             | 294                 | 299  |
| 10. Nisshin Steel | Japani  | 2.6             | 288                 | 284  |

Iron Age, Apr. 1984  
1) IISI

Tuottavuus on noussut huomattavasti kaikkialla viimeisen 25 vuoden aikana. Suurin tuottavuuden kasvu on sattunut 60-luvulle. Tärkeimmät tuottavuuden kasvuun vaikuttaneet tekijät ovat olleet masuunien toiminnan kehittyminen, happikonvertterien ja jatkuvavulun käyttöönotto. Vielä hiljattain tehdystä tarkastelusta, jossa verrataan USA:n ja Japanin terästehtaiden tekniikkaa ja tuottavuutta vuoden 1980 tilanteessa, pidetään tuotosta sekä perustekniikkaa ja tekniikan yleistä tasoa tuottavuuden parantamisen kannalta kokoa tärkeämpinä. Tämä selittää Rautaruukin hyvän sijoittumisen Iron Age'n taulukossa. Se myös osoittaa, että hyvällä tekniikalla voimme

kilpailu tasaveroisesti suurien tehtaiden kanssa ainakin tiettyyn rajaan saakka, vaikka tietysti on myönnettävä, että suuri koko yhdessä suurien kotimarkkinoiden kanssa on merkittävä etu.

## KAIVOKSET

Kotimaan malmien hyödyntäminen on ollut ensimmäinen lähtökohta vuoriteollisuuden kehittymiselle maassamme. Tämä koskee niin Outokumpu Oy:tä yhtiönä, Ovakon terästuotantoa Imatralla kuin myös Rautaruukkiakin, joka alunperin suunniteltiin Otanmäen malmia hyödyntämään, mutta jonka johtajajatkukseksi tuli kotimaisen teräslevyn tuottaminen metalliteollisuudelle.

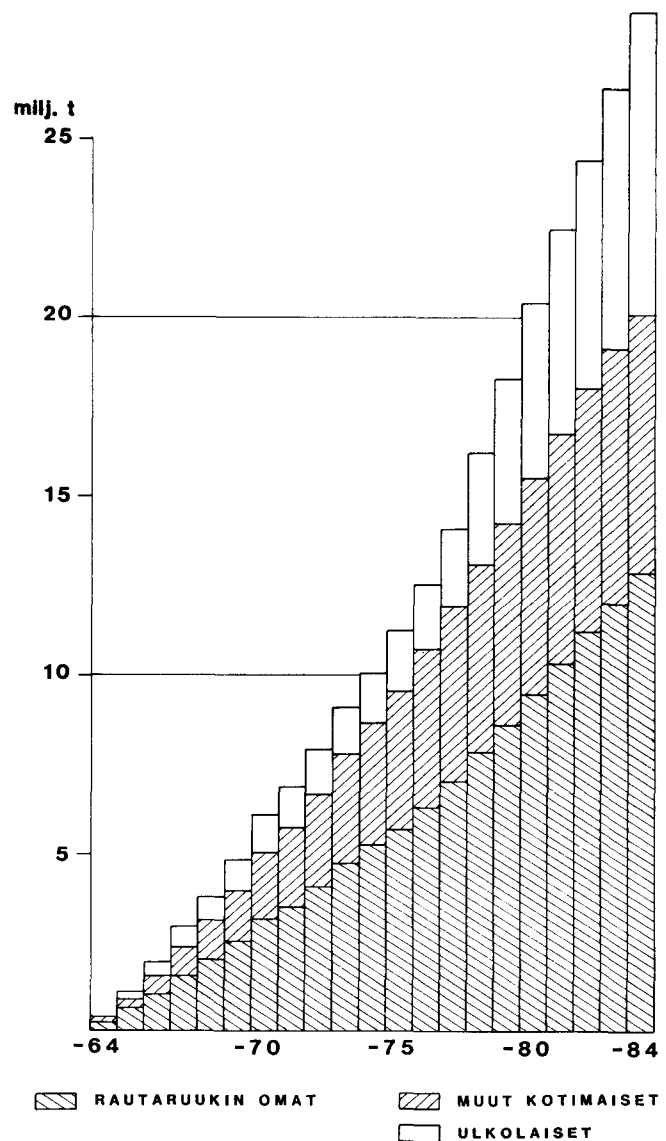
Se että Suomen kaivostoiminta on vaikeuksissa ja että me Rautaruukissakin joudumme supistamaan tätä toimialaa, ei johdu puutteista tekniikassa, vaan siitä että meillä ei ole käytettävissä kansainväliset mitat täyttäviä malmeja. Sekä louhinta- että rikastustekniikka kestävät hyvin vertailun. Töiden mekanisointi kaivoksilla on pitkällä. Outokumpu on kehittänyt korkeatasoista prosessin automaatiotekniikkaa. Nimenomaan käytetyn tekniikan ansiosta on Suomessa onnistuttu hyödyntämään joitakin poikkeuksellisiakin ja köyhiä malmeja ja tuomaan markkinoille uusia tuotteita.

Rautamalmi on halpa massatuote, vain hiiltä kaivokset tuottavat enemmän kuin sitä. Viimeisen 20–30 vuoden aikana malmin koko ja laatu ovat tulleet varsinkin juuri rautakaivosten kannattavuuden kannalta ratkaiseviksi tekijöiksi.

Muutoksen alkusyy on Brasilian, Australian ja Afrikan suurien rikkaiden malmien löytyminen. Laivakoon ennalta arvaamattoman raju kasvu ja rahtien aleneminen puolestaan mahdollistivat näiden uusien malmien käyttöönoton. Muutosvauhti oli nopeinta 60-luvulla. Seuraukset näkyivät voimakkaasti Länsi-Euroopan vanhoilla teräsalueilla, kuten Saksassa, Ranskassa, Keski-Ruotsissa, joissa terästeollisuus usein oli sijoittunut kotimaisten malmien läheisyyteen ja toimi niiden varassa. Kaivoksista, joiden malmit nykyarvion mukaan olivat köyhiä ja heikkolaatuisia, jouduttiin sulkemaan yksi toisensa jälkeen. Nyt EEC-alueella käytetyistä rikasteista yli 80 % tuodaan merikuljetuksina muualta. Ruotsi on ainoa Länsi-Euroopan maa, joka tuottaa rikasteita merkittävästi yli maan oman tarpeen. Sielläkin LKAB, joka oli pitkään Ruotsin vaurauden symboleja, joutui 1970-luvulla tappiokierteeseen ja suuriin tuotannon supistuksiin edistyksestä kaivostekniikasta, erinomaisesta tuotekehittelystä ja rikasteiden hyvästä laadusta huolimatta. Nyt tilanne LKAB:ssa on korjaantunut.

Rautaruukissa on jatkuvasti käytetty sekä omien kaivosten rikasteita että muita kotimaista saatuja rikasteita. Käytetty kokonaismäärä on vuosien mittaan noussut huomattavaksi, yli 20 miljoonaksi tonniksi. Liioittelematta voidaan sanoa, että ilman Raahen rautatehdasta tämä rikastemäärä, joka on merkintä sekä työtä että valuutan säästöä, olisi jäänyt lähes käyttämättä eikä Lapin rautakaivoksia Raajarveä tai edelleen toimivaa Rautuvaara olisi avattu, kuva 8.

70-luvulla tapahtunut energian hinnan nousu on tehnyt korkealaatuiset tuontirikasteet terästehtaille entistäkin edullisemmiksi. Kun kilpailu terästeollisuudessa näyttää jatkuvasti tiukentuvan, meidän on Rautaruukissa seurattava muita ja oltava paljon aikaisempaa tarkempia terästehtaalla käytettyjen rikasteiden laadun suhteen. Meidän on raudan valmistuskustannusten alentamiseksi vähennettävä heikkolaatuisimpien kotimaisten rikasteiden käyttöä. Kaivostoiminta on alkuuotantoa, joka yleensäkin kansainvälistymisen kasvaessa siirtyy alueille, joilla sille kussakin tapauksessa on parhaat luonnon antamat edellytykset, samalla kun teknisen kehitysasteen nousussa teollisuuden rakenne muuttuu.



**Kuva 8.** Rautaraaka-aineiden kumulatiivinen käyttö Rautaruukissa.

**Fig. 8.** Cumulative use of iron ore by origin at Rautaruukki Raahen tehtaalla: own mines, other Finnish sources, import.

Tuontirikasteiden yleistymisestä on toisenlaisiakin seurauksia. Nyt kun suuri osa markkinatalousmaiden terästeollisuutta käyttää samoja ja lähes yhtenäisesti hinnoiteltuja rikasteita, terästehtaiden teknologialla ja muilla tuotannon kannattavuuteen vaikuttavilla tekijöillä on entistä suurempi merkitys.

## MITEN TERÄSTEOLLISUUDESSA ETEENPÄIN

Yksi asia on varma. Terästä tarvitaan aina, ja vähitellen jälle kasvavia määriä. Tapahtunut kulutuksen kasvun pysähtyminen on ensi sijassa seurausta pitkästä taloudellisesta lamasta, erikoisesti investointitoiminnan alhaisesta tasosta, mutta siihen ovat vaikuttaneet myös tuotoksen merkittävä paraneminen terästeollisuudessa kautta linjan ja se, että teräksen laatu on noussut ja terästä käytetään entistä tehokkaammin ja lopputuotetta kohti entistä vähemmän. Kilpailu ja kehitystyö ovat täten syöneet, tosin pitkällä tähtäyksellä asioita ajatellen terveellä tavalla, teräksen kulutusta. Otamme esimerkit auto- ja rakennusteollisuudesta, jotka kumpikin ovat teräksen suuria käyttäjiä 15–20 %:n kulutusosuuksilla.

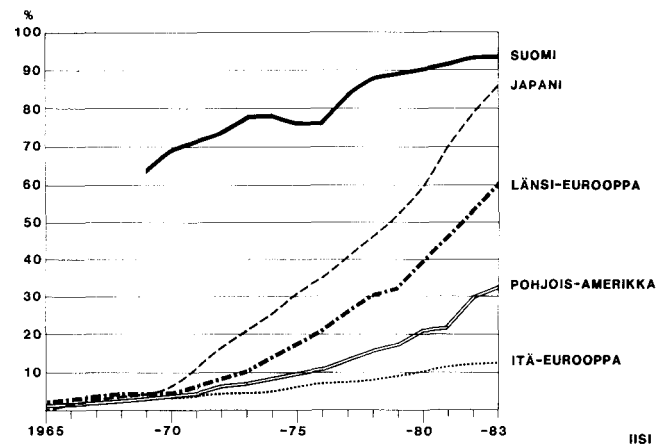
USA:ssa auton keskipaino keveni vuosina 1975–1980 1800 kilosta 1400 kiloon ja sen odotetaan olevan 1990 enää noin

1000 kg. Sen sijaan teräksen osuus auton painosta, nyt noin 58 %, ei pienene. Teräsrakentamisessa teräksen kulutus rakennuksen pinta-alayksikköä kohti on alentunut noin 45 % kahdenkymmenen viime vuoden aikana. Tämä arvio on myös USA:sta. Vähitellen olemme kulkenet kuitenkin tien päähän ja teräksen kulutus kääntyy jälleen kasvuun. Viimeiset ennusteet ovat päätyneet kasvulukuihin 1–2 % vuodessa tulevana 10–15 vuotena. Pitkälle teollistuneissa maissa, joissa yhteiskunta on valmiiksi rakennettu, kulutuksen kasvu jäänee alle yhden prosentin ja asukasta kohti laskettu vuosikulutus jonkin 300–500 kg:n välille. Kasvupotentiaalia on toisaalta teollistuvissa maissa, toisaalta myös väkirikkaissa maissa kuten Intia ja Kiina, joissa vuosikulutus asukasta kohti on nyt vain 10–50 kg.

Maailman terästuotantokapasiteetin arvioidaan riittävän vielä pitkälle tulevaisuuteen. Kysymys on siitä, missä teräs tehdään ja ketkä pysyvät kilpailussa mukana. Länsi-Euroopan terästeollisuuden perusteellinen uusiutuminen, josta esimerkkeinä ovat jatkuvalukoneisiin ja muuhun uuteen valmistustekniikkaan tehdyt investoinnit sekä tuotannon rationalisointi, merkitsee sitä, että ennen pitkää markkinoilla on vastasamme teknologiaaltaan kanssamme tasaveroiset ja yksikkökooltaan entistä suuremmat kilpailijat, kuva 9. Kyse ei ole pienistä asioista, kuten hiljattain julkaistu yhteenveto Länsi-Saksan terästeollisuuden muutoksista osoittaa.

Meidän on itse päätettävä siitä, että otamme kilpailuhaasteen vastaan. Rautaruukissa olemme varautuneet tilanteeseen hyväksymällä pari vuotta sitten laajan Raahen rautatehtaan teknologian uudistamisohjelman, jota nyt ollaan toteuttamassa. Ohjelma tähtää energian säästöön, jäte-energian hyväksikäytön lisäämiseen, tuotoksen, työn tuottavuuden ja tuotteiden laatutason parantamiseen sekä siihen, että pystymme täydentämään tuoteohjelmaamme markkinoittemme vaatimusten mukaisesti. Prosessin pitkälle menevä automatisointi, tuotannon ohjausmenetelmien kehittäminen ja uuden tietotekniikan hyväksikäyttö ovat keskeisessä asemassa. Pyrimme saamaan käsiimme kaikki ne kilpailuvaltit, jotka tekniikka voi meille antaa. On myös ehdottoman välttämätöntä, että ne saamme. Meistä itsestämme sitten riippuu osaammeko niitä oikein käyttää.

Toinen puoli asiasta on uusien tuotteiden kehittäminen ja markkinat. Kotimaan markkinat ovat meille tärkeimmät,



Kuva 9. Jatkuvalukoneisuuden osuus terästuotannosta.

Fig. 9. Percentage continuously cast steel of total crude steel.

mutta usein yksin riittämättömät uusien terästen vaatimien investointien kannalta. Oman jatkojalostuksen kehittäminen on eräs tie, jonka Rautaruukissa olemme valinneet toimintamme vahvistamiseksi. Raahen tehtaan tuotannosta jo yli puolet käytetään yhtiön muilla tehtailla.

Teemme terästen kehittämisessä yhteistyötä kotimaan metalliteollisuuden kanssa. Hyvä lopputuote, jossa teräksen ominaisuudet on käytetty optimaalisesti, on kummallekin osapuolelle hyödyksi. Olemme tuotekehityksessä etsineet meille soveltuvia erikoisaloja. Eräs näistä on teräslevyt, putket ja palikat arktisten alueiden rakenteisiin.

Oikea teknologia, oikeat tuotteet, tehokas markkinointi, kilpailukyky ovat vain pelkkiä sanoja. Vasta luova, itsenäisesti, rohkeasti, vastuuntuntoisesti toimiva ihminen tekee ne eläviksi. Suomessa, jossa mittakaavamme on pieni ja markkinat usein etäällä, lopullinen kilpailuvalttimme voi olla vain ihminen, joka ottaa ohjat omiin käsiinsä, kääntää haitat eduksi, pienuuden joustavuudeksi ja yhteistyöksi. Vuoriteollisuus tarvitsee kyvykkäitä ja työtä pelkäämättömiä insinöörejä ja tutkijoita. Omasta kokemuksestani voin sanoa, että ala on elämäntyydyttävien arvioinen.

## SUMMARY

### TECHNOLOGY AS A BASIS FOR FINLAND'S MINING INDUSTRY

The dynamic growth of the Finnish mining industry since independence stems from a general desire to make use of the country's own ore resources. In general, however, the ores are of low grade and relatively small so their successful beneficiation has called for advanced technology. The lack of rich ores — not the lack of appropriate technology — is now holding back Finnish ore production, industrial minerals being an exception. The domestic steel industry, and the Raahé Steel Works in particular, deserve the credit for keeping up the production and use of domestic iron ore.

At the time of Rautaruukki's establishment, 25 years ago, steel was still produced with processes dating back to the 19th century. Rautaruukki's radical decision to introduce the modern process route — blast furnace/oxygen converter/continuous casting — at the Raahé Steel Works gave the company an advantage over the older West-European steel industry till the early 1980s. This has enabled Rautaruukki to engage in the further development of its technology and products, which is one of the reasons why the company has been able to maintain full production in spite of global overcapacity that has now persisted for ten years. Thanks to low energy con-

sumption, to high yield in steel production and to high productivity Rautaruukki has remained competitive, although production is increasingly concentrated on large plants with multiple capacity compared with the Raahé Steel Works. We know by now that high capacity as such is no guarantee of continued competitiveness unless it can be adapted to the market situation.

Not only the Raahé Steel Works, but also Ovako's Koverhar plant and Outokumpu's stainless steel plant in Tornio benefit from their advanced production techniques. Finland has, in fact, increased its steel production over the last ten years, while traditional steel countries have been forced to cut down heavily on both output and work force.

It is possible to remain competitive only by maintaining a high technical standard and adapting to the changing market. The modernization of the Raahé Steel Works at a cost of three billion Finnish marks is in line with Rautaruukki's policy of stressing competitiveness. The future of the mining industry basically depends on the human contribution, our engagement in daily work and interest in improving our professional skills.

# Teknologian kehittäminen — Miten vastaamme tuleviin haasteisiin?

Professori Sakari Heiskanen, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus VTT, Otaniemi

Samasta aiheesta kirjoittaja piti esitelmän Vuorimiespäivillä 29.3.1985

## TEKNOLOGIAN KEHITTÄMISEN EDELLYTYKSET

Teknologian merkityksestä teollisuuden menestyksen ja kehittymisen yhtenä kulmakivenä ei varmasti ole erimielisyyttä. Teollisuutemme — metallurginen sen enempää kuin muukaan teollisuutemme — ei pitkällekkään selviä ilman teknologian tason jatkuvaa ylläpitämistä. Eikä ilmeisesti yleensä sekään riitä, vaan tasoa on yhä kohotettava rintarinnan kilpailijoittemme kanssa. Meidän on olemassaolon taistelusta selvitäksemme luotava myös kokonaan uutta niin hyvin tuotteiden kuin tuotantomenetelmienkin alueella.

Näin ollen on todella syytä aika ajoin tarkastella sitä, mitkä tekijät teknologian tasoon vaikuttavat ja miten ja millä toimenpiteillä teknologian tasoa voidaan ylläpitää ja myös edelleen kohottaa. Näihin kysymyksiin on saatavissa lukemattomia vastauksia. Ne ovat osin yhteneväisiä, osin toisistaan huomattavastikin poikkeavia vastaajista riippuen.

Vuorimiesyhdistyksen traditionaaliseen intressipiiriin kuuluvat enimmäkseen kaivosteollisuus ja metallurginen perusteollisuus. On kuitenkin muistettava, että nämä teollisuuden alat ovat sidoksissa alojensa jatkojalostusta harjoittaviin teollisuuden aloihin, ennen kaikkea metallituote- ja konepajateollisuuteen. Perusteollisuus on aikoinaan perustettu suurelta osalta kotimarkkinoiden tarpeisiin ja jatkojalostajat puolestaan saavat etuja kotimaisesta rakenneainetuotannosta. Näitä etuja ei tässä tarvitse tarkemmin selitellä. Intressit ovat joka tapauksessa varmasti yhteiset. Kun seuraavassa puhun teknologian kehittämisestä, mielessäni on Suomen metalliteollisuus kokonaisuudessaan.

Teknologian kehittäminen vaatii

- ensiksikin taitotietoa eli osaamista. Sitä on **hankittava** joko
  - omalla kehitystyöllä tai
  - oman yksikön tai laitoksen ulkopuolelta.
- Tämä osaaminen on siirrettävä käyttäjille, siis lähinnä teollisuudelle.
- Kaikkien tasojen koulutuksen tulisi kehittyä vastatakseen tulevaisuudenkin tarpeita.

Valtaosa taitotiedosta on hankittava ulkomailta, ostamalla, vaihtamalla, kirjallisuutta ja ammattilehtiä seuraamalla, osallistumalla messuille, konferensseihin ja seminaareihin, tutkijanvaihdolla jne. Keinoja on monia, mutta niiden toteuttaminen vaatii myös omaa tietoa ja ammattitaitoa. Tämä on eräs

syy siihen, että omankin tutkimustoiminnan ylläpitäminen on välttämätöntä.

Tasokkaan tutkimuspalvelun valmiuksien ylläpitäminen kotimaisissa korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa ei onnistu ilman jatkuvaa perus-, tavoite- ja soveltavaa tutkimusta.

Uusimman teknologian hyväksikäytön oppiminen, siirtäminen ”lattiatasolle”, niin kuin tavataan sanoa, on välttämätöntä ja varsin vaikeakin. Tutkimusjulkaisut ja tieteelliset julkaisut eivät usein voi tavoittaa käytännön miehiä; nämä tarvitsevat turhista kaavoista ja integraaleista siivottuja ”kansanpainoksia”, käsikirjoja ja ohjeita. Tällaista tieteen popularisointia ovat tehneet Vuorimiesyhdistyksen tutkimusvaltuuskunta ja viime vuosina yhä enemmän Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto. Keskusliitto julkaisi vuonna 1984 viitisenkymmentä teknistä tiedotusta.

Uuden teknologian siirtämistä on myös täydennyskoulutus, jota on nykyisin tarjolla runsaasti eri puolilla, mm. INSKO on järjestänyt lukuisia yhdistyksemme metallurgijaoston toimintaan liittyviä tasokkaita täydennyskoulutuskursseja. Teknologian tason kehittäminen vaatii ammattitaitoista ja luovaa henkilöstöä, jolla on hyvä perus- ja korkeakoulutason koulutus. Jatkokoulutus on erityisen tärkeä korkeakouluopetuksen yhteydessä.

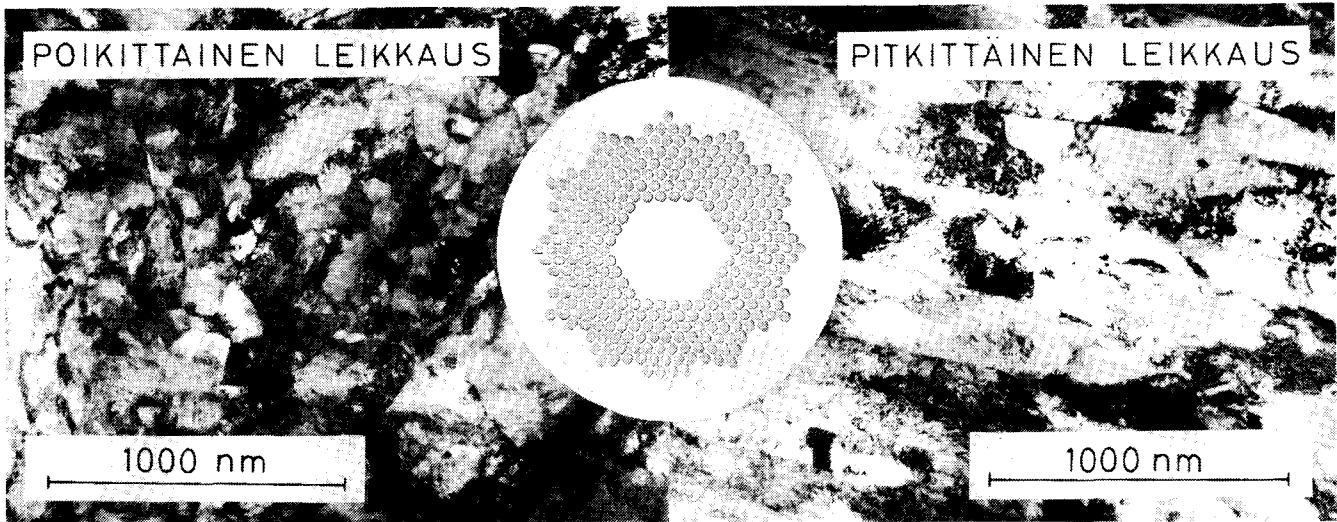
## KENELLE KUULUU VASTUU TEKNOLOGIAN KEHITTÄMISESTÄ?

Vastuu teknologian tason ylläpitämisestä ja erityisesti sen kehittämisestä kuuluu

- korkeakouluille,
- tutkimuslaitoksille,
- teollisuudelle ja
- valtakunnallisen tutkimuspolitiikan tekijöille, suunnittelijoille sekä rahoittajille.

Teknillistä korkeakouluopetusta annetaan maassamme kolmessa alan korkeakoulussa, Otaniemessä, Tampereella ja Lappeenrannassa sekä kahdessa yliopistossa, Oulussa ja Åbo-Akademissa, joissa on teknilliset tiedekunnat. Teknillinen korkeakouluopetus on siis maassamme varsin perusteellisesti hajautettu, kuten muikin korkeakouluopetuksemme.

Helsingin ulkopuolelle perustetut uudet yliopistot ja korkeakoulut ovat vaikuttaneet huomattavasti sijaintipaikkansa hengenelämän ja elinkeinoelämänkin kehitykseen. Ne ovat



**Kuva 1.** Teollisuuden (Outokumpu Oy) ja korkeakoulujen (TKK, metalliopin laboratorio) väliseen yhteistyöhön liittyvä esimerkki: Kotimaisten kaupallisten suprajohtimien kehittämistyössä käytetty eräs Nb-Ti-filamenttien pakkaustapa sekä ominaisuuksien optimointiin ja kontrollointiin tarvittavia mikrorakenteen läpivalaisuelektronimikroskooppikuvia.  
**Fig. 1.** A high tech example of the cooperation between industry (Outokumpu Oy) and universities (Helsinki University of Technology, Laboratory of Physical Metallurgy): The high critical current carrying capacities of the Finnish commercial multifilamentary Nb-Ti superconductors are controlled and optimized applying transmission electron microscopy and microstructural observations.

valitettavasti liiaksi kehittyneet vanhojen korkeakoulujen, erityisesti vanhan Teknillisen korkeakoulun kustannuksella. Erityisesti Teknillisen korkeakoulun laitekanta on päässyt huolestuttavasti vanhenemaan.

Uusien korkeakoulujen taso on vuosikymmenen mittaan kohonnut huomattavasti. Paljon on kuitenkin tehtävää sekä vanhoissa että uusissa korkeakouluissamme. Hyvin koulutetuista tutkijoista on aikamoinen puute, Otaniemestä tutkijoita on monille metallitutkimuksenkin aloille lähes mahdoton saada. Hieman helpommin tutkijoita on voitu saada esim. VTT:lle Lappeenrannasta, Oulusta ja Tampereelta. Tutkimustoiminnan volyymin arvioitu kasvu tekee ongelman entistä vaikeammaksi. Jääköön se piinaaman korkeakoulumiesten tuntoja.

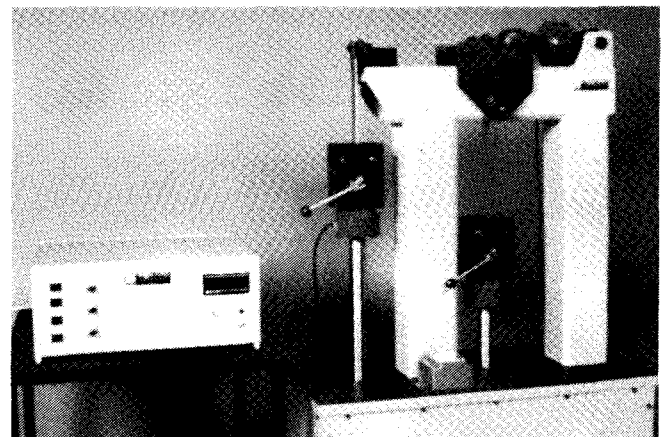
Toivottavasti korkeakoulujen hajasijoituksen aiheuttama kuoppa korkeakoululaitoksen kehittämiskaareen pidetään mielessä, kun aletaan miettiä tutkimuslaitosjärjestelmämme kehittämistä.

Teknillisten korkeakoulujen tehtävänä on korkeimman teknillisen opetuksen antaminen. Tähän toimintaan liittyy olennaisesti tutkimustyö, jota ilman ei pysytä mukana tieteen kehityksessä eikä kyetä kasvattamaan opiskelijoita tieteelliseen maailmankatsomukseen, joka on korkeakoulun suorittaneiden arvokkaimpia eväitä tulevaa elämäänsä varten. Korkeakoulujen tutkimusaktiiviteetin tulee ensisijaisesti varmistaa se, ettemme jää jälkeen kansainvälisestä kehityksestä. Kehityksen eturintamassa kulkemisen jollain harkitusti valituilla erityisaloilla tulisi olla kunnianhimoinen tavoite yhä useammille professoreille, joskin pienessä maassamme mahdollista vain harvoille.

Korkeakoulujen on tärkeä pitää yhteyksiä alansa teollisuuteen. Useat diplomitöiden ja muiden opinnäytteiden aiheet koskevatkin teollisuuden ongelmia, kuvat 1 ja 2. Viime vuosina on yhä enemmän alettu puhua korkeakoulujen palvelututkimuksesta teollisuudelle. Korkeakoulut näyttävät melkein kilpailevan palvelututkimuksen määristä. Tällä toiminnalla on hyviä puolia. Mutta vaaransa on tälläkin toiminnalla korkeakoulujen päätehtävää, opetusta ajatellen. Oman tieteenalansa kehityksen seuraaminen ja sen soveltaminen alati uudistuvaan

perusopetukseen ja erityisesti jatko-opiskelijajarven innoittaminen, tukeminen ja ohjaaminen ovat näet professorille niin valtava urakka, että laajamittainen palvelututkimus väkisin haittaa päätehtävän hoitamista. Hyvää palvelututkimusta ja tuotekehitystä tai vaikkapa omaa liiketoimintaa hoitava professori on erittäin kunnioitettava henkilö, mutta, jos hän niiden vuoksi "luistaa" opetuksessaan, hän on hyvä mies väärässä paikassa.

Usein todetaan, että maamme teknillinen korkeakouluopetus on hyvällä kansainvälisellä tasolla. Tähän tekisi mieli epäilyksettä yhtyä. Mutta onko tilanne varmasti näin hyvä? Olen tarkastellut vuosien mittaan muiden Pohjoismaiden korkea-



**Kuva 2.** Fiskars Oy:n ja TKK:n (Metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio) kehittämä Frictionometer mittaa muovattavan levy materiaalin, työkaluaineen, voitelun, liukumisnopeuden, lämpötilan ym. tekijöiden vaikutuksen kitkaan ja tahmautumiseen levynmuovauksessa.

**Fig. 2.** Frictionometer developed by Fiskars Electronics and the Helsinki University of Technology (Lab. of metal working and heat treatment) measures the influence of sheet and tool materials, lubricant, sliding velocity, temperature etc. on friction and galling behaviour in sheet metal forming.

koulujen opetusaineistoa, luentomonisteita ja harjoitusmateriaalia eräillä itseäni kiinnostavilla tekniikan lohkoilla ja epäily on alkanut kalvaa mieltäni. Niinpä kysyn, eikö Teknillisen korkeakoulun tukisäätiö voisi teettää hyvillä puolueettomilla asiantuntijoilla tutkimuksen teknillisen korkeakouluopetuskeskme tasosta joihinkin ulkomaisiin korkeakouluihin verrattuna? Tällaista arviointia tehdään varsin yleisesti tutkimustoiminnan eri alueilla ja arviot antavat hyviä viitteitä toiminnan kehittämiseen ja uudelleen suuntaamiseen. Näin on tehty mm. VTT:lla. Korkeakouluillamme on ratkaisevan tärkeä osuus teknologian tason ylläpitämisessä ja kehittämisessä. Olisi tehtävä kaikki mahdollinen jotta varmistettaisiin korkeakoululaitoksemme kehityksen oikea suunta ja oikea mitoitus.

Haluan vielä kosketalla ulkomailla tapahtuvaa opiskelua. Ainakin Norjassa on ollut käytössä järjestelmä, jossa osalla tulevia insinöörejä opetetaan matematiikan ja luonnontieteiden perusteet sekä annetaan vankka kielikoulutus kotimaassa. Ammattiopintonsa opiskelijat suorittavat hyvissä ulkomaisissa korkeakouluissa. Kuvitelkaamme mikä valtava etu olisi maallemme, jos me saisimme samaan tapaan joka vuosi vaikapa 200 tai edes 100 maailman parhaiden korkeakoulujen kasvattia elinkeinoelämämme, korkeakoulujemme ja tutkimuslaitostemme palvelukseen. Eikä haittaisi vaikka osa jäisi ulkomaille, sielläkin tarvitaan hyviä suomalaisia. Tämän tapaista ajatusta ei varmaankaan ole helppo toteuttaa byrokratiassamme. Mutta lukuisille säätiöillemme voisi ainakin esittää saman suuntaisen toivomuksen: Suunnattakoon entistä suurempi osa resursseista ulkomailla opiskeluun, sillä kotimainen jatko-opiskelu ja meriittitutkimus voidaan yhä useammin rahoittaa tyydyttävästi esim. Suomen Akatemian tuella. Sen sijaan varsinkaan uusia tekniikan aloja ei edes voi opiskella Suomessa.

Olen joutunut edellä esittämään eräitä kriittisiäkin ajatuksia teknillisestä korkeakouluunlaitoksestamme. Löhduttakoon ystäviäni korkeakouluprofessoreita kuitenkin edes niukasti tietoa siitä, että tutkimuslaitoksillakin on heikkoja kohtia korean kiuren alla.

Tutkimuslaitoksen on voitava omalla toimialueellaan seurata tieteen kansainvälistä kehitystä ja itse osallistua siihen, siirtää tätä tietoa itselleen ja edelleen kotimaiseen käyttöön. Tutkimuslaitoksen tulee tarjota korkealaatuista tutkimus-, testaus- ja tuotekehityspalvelua teollisuudelle, viranomaisille ja muille tarvitsijoille kilpailukykyiseen hintaan ja siedettävillä toimitusajoilla. Lisäksi laitoksen ja tutkijoiden on aktiivisesti osallistuttava kansainväliseen tiedeyhteisöjen toimintaan. Tutkijoiden on heilutettava Suomen lippua kunnioitusta herättävällä tavalla tieteen kansainvälisillä foorumeilla. Hyvä olisi myös, jos teollisuus ja korkeakoulu voisivat ajoittain täydentää työvoimaansa rekrytoimalla tutkimuslaitoksesta hyvin koulutettuja ja kokeneita huippututkijoita tutkimuslaitoksen toiminnan siirrosta suuremmin kärsimättä. Enemmänkin hyödyllisiä tehtäviä voisi sysätä hyvän kansallisen tutkimuslaitoksen harteille, mutta eiköhän tässäkin ole taakkaa kerrakseen.

Näitä hartioita edustaa tekniikan alalla Suomessa pääosin VTT, jossa on runsaat 2300 työntekijää. Näyttää hyvältä, mutta ongelmia on. Voin puuttua tässä vain muutamia.

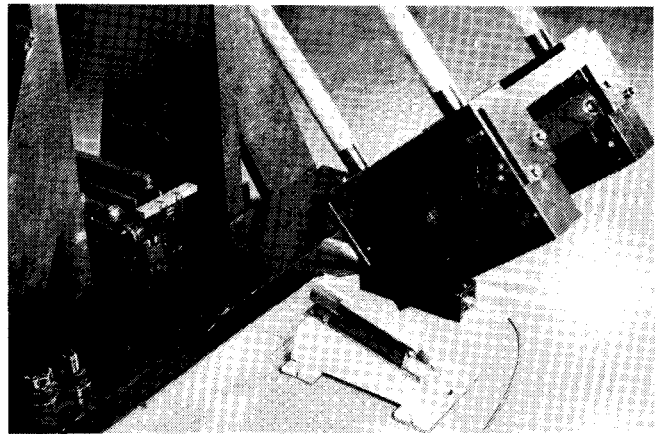
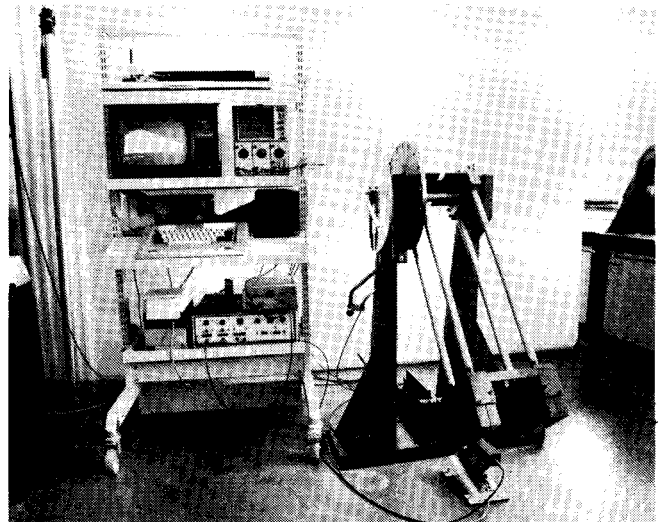
VTT:n toiminta kattaa lähes kaiken Suomessa sovellettavan tekniikan. Tästä syystä laitoksen koko on aika harhauttava. Monen tärkeän tekniikan alan asiantuntemus voi olla vain yhden kokeneen asiantuntijan varassa. Tällainen järjestelmä on herkästi haavoittuva ja yksipuolisuuden vaarakin vaanii.

Virastomuoto antaa VTT:lle tavallaan turvatuun asemaan, mutta kankeuttaa myös toimintaa. Tätä varsinkin teollisuuden on joskus vaikea ymmärtää. Kaikki VTT:n tulot ja menot, silloinkin kun ne koskevat ulkopuolisia tilaustehtäviä, on hyväksyttävä valtion budjetin yhteydessä. Tämä on hankalaa ja

antaa väärän kuvan valtion osuudesta tutkimuksen rahoitukseen.

Valtion virkapalkkajärjestelmä hankaloittaa suuresti henkilökunnan saantia, erityisesti todella pätevän kokeneen tutkijakunnan pitämistä VTT:n palveluksessa. Palkkakatto tulee vastaan 5...8 vuoden kuluttua ja lahjakkaat tutkijat siirtyvät usein teollisuuteen. Tämän pitäisi olla kaikille osapuolille iloinen asia, mutta VTT:n tutkimusvalmiuteen jää aukko, jonka paikkaaminen voi viedä vuosia. Nykyistä enemmän olisi tarvetta saada VTT:n palvelukseen tutkijoita teollisuudesta eikä vain suoraan korkeakoulun penkiltä.

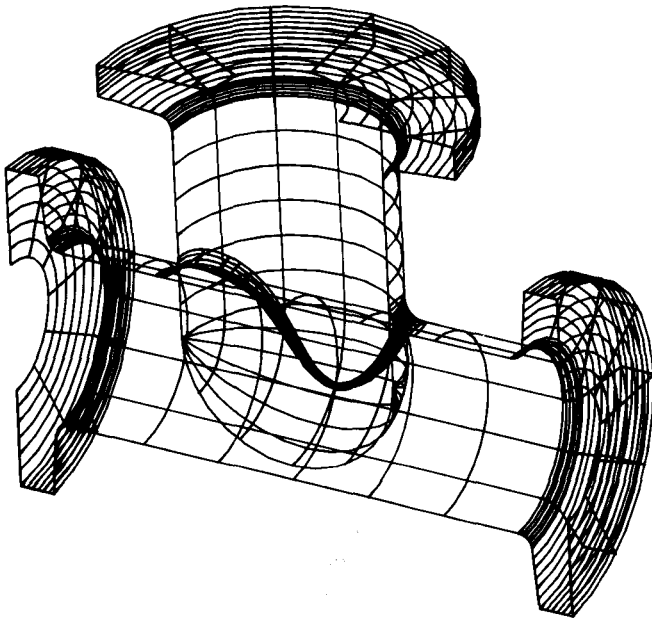
VTT:ssa on varsinaisesti 4 metallialan laboratorioita: Metallurgian laboratorio, Metallilaboratorio ja Laivatekniikan laboratorio Otaniemessä sekä vasta aloitteleva Mineraalitekniikan laboratorio Outokummussa, kuvat 3 ja 4. Yhteensä näissä



**Kuva 3.** Iskukoe on laajalti levinnyt laadunvalvontakoe metalliteollisuudessa. VTT:ssa kehitetyllä uudella iskuvasaralla on mahdollista saada enemmän tietoa materiaalin sitkeydestä kuin tavanomaisella iskuvasaralla. Mm. instrumentoimalla iskukärki voidaan määrittää iskusauvan energia-absorbtio kokeen aikana. Optisella laser-anturilla saadaan määritetyksi koesauvassa olevan särön ydintymishetki, jonka avulla voidaan arvioida materiaalin dynaaminen murtumissitkeys.

**Fig. 3.** Impact test is used extensively as a quality control test in metals industry. A new impact tester developed at VTT makes it possible to get more information of the fracture toughness of a material than by conventional impact tester. E.g. by instrumenting the tip the energy absorption of the test specimen can be measured during the test. By an optical laser device the crack initiation moment can be detected and consequently the dynamic fracture toughness estimated.





**Kuva 4.** CAD-järjestelmällä mallinnettu valukappale. Tietokonemallinnusta käytetään valmistettaessa valumalli NC-työstökoneella. Samaa koordinaatistoa käytetään perustana FEM-verkolle, jota käyttäen tietokoneella voidaan laskea valukappaleen jäähdyttymisen kulku. Tällä tavoin valmisteltu kvantitatiivinen valusuunnitelma luo perustan nopealle ja korkealaatuiselle valutuotannolle.

**Fig. 4.** CAD-image of a casting. CAD is used for pattern making by NC-machining. The same coordinate data is used in the enmeshment for FEM-calculations for modelling and simulation of the solidification of the castings. The resulting quantitative casting plan is a basis for a fast and high-quality production of castings.

laboratorioissa työskentelee tällä hetkellä 295 henkilöä, joista tutkijoita 127. Metallilaboratorioissa työskentelee näin ollen noin 12 % VTT:n koko henkilökunnasta. Tosin on muistettava, että monissa muissa laboratorioissa, kuten Sähkötekniikan laboratoriossa ja useissakin elektroniikka-alan laboratorioissa tutkitaan metalliteollisuutta kiinnostavia aiheita. Suomen metalliteollisuudella ei kuitenkaan ole niin vahvaa ja korkeatasoista tutkimuslaitostukea kuin sen tarvitseman teknologian pitkäjänteinen kehittäminen vaatisi.

Teollisuuden oma vastuu alansa teknologian kehittämisestä on luonnollisesti jakamaton. Mutta kaikkea ei tarvitse itse keksiä eikä tehdä. Asiantuntemusta ja tutkimuspalveluita on syytä hankkia oman yhtiön ulkopuolelta niin kotimaasta kuin ulkomailtakin. Onnistuminen edellyttää varsin hyvää oman tiedon tasoa. Hankittuja tietoja tai ostettua teknologiaa on myös voitava verifioida, soveltaa ja kehittää edelleen. Siksi teollisuuden oma tutkimuspanosta tarvitaan. Valitettavaa on, että teollisuuden tutkimustoimintaa voidaan suunnata lähinnä vain lyhytjänteisten ongelmien ratkaisuun.

Suuret teollisuuslaitokset voivat ylläpitää omaa tutkimusorganisaatiota. Joitakin vuosia sitten teollisuuslaitosten tutkimusjohtajat eivät juuri keskustelleet ongelmistaan ainakaan kotimaisten ulkopuolisten asiantuntijoiden kanssa. Nyt asenne tuntuu ainakin osittain muuttuneen. Itsekin olen viime kuukausina nähnyt sen, että kaikkiin kehitystyön osatehtäviin ei pidetä kannattavana hankkia omia resursseja, vaan työ voidaan tilata alihankintana esim. VTT:lta. Jatkuvasti meillä VTT:lla onkin kehitteillä ja käynnissä suuriakin yhteisiä projekteja teollisuuslaitosten kanssa, niinkuin on varmaan korkeakouluillakin.

Keskisuurten ja varsinkin pienten teollisuuslaitosten on hankalaa seurata teknologian kehitystä, siihen eivät useinkaan johdon aika ja kapasiteetti riitä.

Suomen Metalliteollisuuden Keskusliiton teknillinen toiminta on viime vuosina voimistunut ja jäntevöitynyt suuresti. Keskusliiton teknillisen komitean, eri alojen erikoistoimikuntien ja projektien johtoryhmien piirissä työskentelee noin 400 henkilöä. Yhteisiä projekteja on noin 80. Tällä toiminnalla on, aikaansaadun tiedotus- ja opetusaineiston lisäksi, suuri kontakteja luova oheisvaikutus. Mielestäni olisi kuitenkin tärkeätä, että Keskusliitto tekisi nykyistä enemmän tutkimustyön tarveanalyysiä mm. jäsenkuntansa keskuudessa ja pyrkiisi aikaansaamaan eri osa-alueilla valtakunnallisesta tarpeesta johdettuja kehittämissuunnitelmia, joita myös on alettu kutsua teknologiahankkeiksi. Niiden toteuttamiseen valjastettaisiin korkeakoulut ja tutkimuslaitokset yhdessä teollisuuden edustajien kanssa. Tätä toimintamallia on jo hieman harjoiteltu, mutta kehittämisen varaa on suuresti.

Tällaisten ohjelmien rahoittamiseen tarvitaan luonnollisesti myös yhteiskunnan tukea. Onneksi sitä varten on olemassa Teknologian kehittämiskeskus eli TEKES. Arvelisin siltä taholta löytyvän ymmärtämystä ja tukea tällaisten kehitysohjelmien laatimiselle ja toteuttamiselle. Tällä tavoin tuntuisi olevan mahdollista suunnata tavoitetutkimusta teollisuuden pitkäjänteisten tarpeiden mukaisesti ja luotettavammin kuin erillisten enemmän tai vähemmän sattumanvaraisten ehdotusten pohjalta. Niitäkään ei tietenkään pidä tukahduttaa. Uskon, että TEKES'in perustaminen tullaan aikaa myöten havaitsemaan käännekohtaksi suomalaisen teknologian kehittämisessä. Metalliteollisuuden on vain huolehdittava itse osaltaan siitä, että sen tarvitseman teknologian kehittäminen ei jää tietotekniikan muotiliikkeen ja yksipuolisesti vain siitä vaahtovien noitatohorien varjoon. Viimeaikaisista teollisuusjohtajien puheenvuoroista päätellen perinteinen teollisuutemme on alkanut ryhdistäytyä. Jatkoa toivotaan!

## TUTKIMUSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Voiko edellä kuvattu tutkimusjärjestelmämme nykyisellään vastata tuleviin haasteisiin ja, jos ei, niin mitä mahdollisesti olisi tehtävissä?

Suomessa käytettiin vuonna 1983 tutkimus- ja kehitystyöhön 1,3 % bruttokansantuotteesta. Luku oli teollisuusmaiden välisessä vertailussa luettelon alapäässä ja tähän on vuosien mittaan monesti puututtu. Valtion tiedoneuvosto katsoo viime vuoden lopulla ilmestyneessä katsauksessaan, että v. 1990 — siis vain puolen vuosikymmen kuluttua — mainitun %-luvun olisi oltava 2,1. Edelleen tiedoneuvosto toteaa, että valtion budjetissa myönnettävien tutkimusmäärärahojen on osaltaan lisääntyttävä noin 10 % vuodessa. Suurimpien lisäysten tulee kohdistua teknologiaan ja teollisuuden edistämiseen liittyvään tutkimus- ja kehitystyöhön.

Jos tämä toteutuisi, ja bruttokansantuotekin vuosittain edelleen lisääntyy, niin tällainen kasvu merkitsi tekniikan alan tutkimustyön volyymin jopa kaksinkertaistumista lähimmän 5–6 vuoden kuluessa. Tällöin alkaisimme tällä kulttuurin alueella olla kehittyneiden teollisuusmaiden tuntumassa. Kokemusten valossa näin reippaan kehityksen toteutumista on helppo epäillä, mutta sen sijaan uskon vakaasti siihen, että kehitys joka tapauksessa nykyisestäään tuntuvasti nopeutuu. Siihen on ainakin varauduttava miettimällä ennakkoluulottomasti ja luovasti sitä, miten tästä kehityksestä voitaisiin metalliteollisuudessa hyötyä.

Metallialan tutkimuskysyntä on VTT:n kokemusten mukaan selvästi kasvamassa ja edellä esitettyjen suunnitelmien mukaan kasvu vielä nopeutuu. Jossain tämän tutkimuskysynnän on purkaututtava ja se aiheuttaa koko joukon ongelmia,

joita voin käsitellä tässä vain sangen pinnallisesti ja ideatasolla.

Korkeakouluissa tapahtuvan tutkimustyön tulee saada nykyistä enemmän tukea ja resursseja opetukseensa ja sitä tukevaan tutkimukseen. Tilaustehtävien määrä ei voi kuitenkaan enää paljon kasvaa korkeakoulujen varsinaisen tehtävän siitä kärsimättä. Helposti tulee tällöin mieleen ajatus, että korkeakoulujen yhteyteen olisi perustettava maakunnallisia tutkimuslaitoksia "alkuperäisen VTT:n" tai norjalaisen SINTEF'in malliin. Uskon kuitenkin, että jos nämä laitokset olisivat monialaisia, ne jäisivät heikoiksi vuosikymmenien ajaksi kuten uudet korkeakoulut. Ne kilpailisivat ilkeästikin keskenään ja VTT:n kanssa. Rakentavaa yhteistyötä tuskin tulisi. Johonkin paremmin yhteisesti hyödynnettävään olisi pyrittävä.

VTT on monialainen ja ainakin pohjoismaisittain suuri tutkimuslaitos. Niin suuri, että sen koko näyttää pahalta ainakin valtion budjetin tekijöiden ja myös muiden rahoittajien silmissä. Niinpä VTT:n kasvulle on alettu asettaa ahtaita rajoja. Näillä näkymin VTT saa lähivuosina kasvaa, henkilöluvulla mitattuna, alle 3 % vuodessa. VTT:kaan ei siis tämän mukaan voi vastata odotettuun tutkimuskysyntään. VTT:n suuresta koosta on kyllä muitakin haittavaikutuksia, mutta en halua puuttua niihin tässä. On syystä sanottu, että VTT:n tulee kohottaa tasoaan, ei kasvaa. Tason kohottamiseen on jatkuvasti aihetta ja myös mahdollisuuksia, eikä hyvästä yrityksestäkään ole puutetta. Mutta se ei yksin riitä, kyllä volyyymiäkin on lisättävä. Viitataan aikaisemmin sanomaani; kyllä taitotiedon kerroksen VTT:n laboratoriossa täytyy olla enemmän kuin yhden kokeneen tutkijan paksuinen, jos toiminnan jatkuvuus ja taso halutaan turvata. Sitäpaitsi: määrä tuottaa laatua!

Näitä asioita tuumiessani en ole voinut löytää muuta järkevää ratkaisua kuin alakohtaisten, nykyistä VTT:a pienempien valtakunnallisten tutkimuslaitosten perustamisen. Yksi näistä voisi olla esim. Metallitutkimuskeskus. Se ei saisi olla organisaatioltaan valtionvirasto, vaan pikemmin sellainen julkinen yhtiö, joka saisi vuosittain tietyn avustuksen valtion budjetista määrättyjä tehtäviä ja perustarpeita varten, mutta muilta osin toimisi vapaasti oman budjettinsa varassa.

Tällaisen tutkimuslaitoksen toiminnasta ja rahoituksesta vastuullisessa hallituksessa tulisi olla vahva teollisuuden, korkeakoulujen sekä valtion tutkimussuunnittelun ja -rahoituksen edustus, jotta kaikki osapuolet tuntisivat sen "omaksi" tutkimuslaitoksekseen. Tutkimuslaitoksen toimintaa tulisi johtaa niin, että sen ja korkeakoulujen toiminnat tukisivat toisiaan sekä tutkimuksessa että korkeimmassa opetuksessa.

Eri tekniikan alojen tutkimuslaitoksilla olisi hyvä olla yhteistoimintaelin, esim. valtuuskunta, jolla olisi myös päätösvaltaa mm. valtion avustusosuuksien jakamisessa eri tekniikan osa-alueille aikaa myöten muuttuvan valtakunnallisen tarpeen mukaisesti.

Pidän tarpeellisenä huomauttaa, että edellä ylimalkaisesti esittämäni ajatukset ovat puhtaasti omiani; niillä ei tarvitse olla jakamatonta kannatusta VTT:n muun johdon keskuudessa.

Me olemme nähdäkseni nyt tavallaan vedenjakajalla teknologiamme kehittämisessä. Teknologian kehittämisen tarve on havaittu monilla yhteiskunnan tasoilla ja tuntuvasti nykyistä enemmän rahoitusta ollaan valmiita myöntämään tähän tarkoitukseen. Kuitenkin tutkimusresursseista, ennen kaikkea hyvistä tutkijoista on puute eivätkä myöskään tutkimuslaitoksemme ole kyllin hyvin valmistautuneet laajenevaan toimintaan. Tämä tilanne antaa mielestäni aihetta vakavaan pohdintaan, jotta voisimme tähänastisista kokemuksista oppia ottaen rakentaa edellytykset teknologiamme kehittämiselle myös metalliteollisuuden osalta.

Olen edellä pyrkinyt osoittamaan, että teknologian kehittäminen myös perinteisen tekniikan alalla, johon metalliteollisuutemme pääosin kuuluu, on monitahoinen kysymys. Se on valtakunnallisesti niin tärkeä, että sitä pitäisi pohtia nykyistä syvällisemmin ja määrätietoisemmin ja päästä sanoista tekoihin. Tässä yhteydessä olen voinut käsitellä asiaa vain varsin yleisluonteisesti. Toivon kuitenkin, että esitykseni on innostanut Vuorimiesyhdistyksen jäseniä ja hallitusta näitä tärkeitä asioita miettimään.

## SUMMARY

### DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY — HOW TO MEET FUTURE CHALLENGES

The importance of technological development to the industrial competitiveness of a nation has been recognised throughout the world. In Finland technological development will address new challenges to higher education and technical research and development. The level of higher technical education has to be raised. For example, foreign technical universities should be utilised more effectively. The volume of technical research and development should be increased considerably. Research and development should also be organised into national technology development programmes which are planned, financed and carried out jointly by technical universities, research centres, financing bodies, and industry. The establishment of separate technical research centres which can focus their activities more effectively on the development of technology for some branch of industry should be carefully considered. One of these research centres could well be the research centre for metals and workshop industry.

**EAPKY – kustaana kökkölässä**

# Kannattaako Suomessa etsiä teollisuusmineraaleja?

Fil.maist. Rolf Boström, Oy Partek Ab, Parainen

## JOHDANTO

Viime aikoina on usein todettu, että tämän vuosikymmenen näkymät uusien käyttökelpoisten malmiesiintymien suhteen ovat menneiden vuosikymmenien tilastojen valossa huolestuttavia. Louhinnan kohteina olevat malmit ovat suhteellisen lyhyessä ajassa loppumaisillaan ja uusia, nykyoloissa käyttökelpoisia malmiesiintymiä ei Suomesta ole löydetty siinä määrin, kuin tarve edellyttäisi.

## MALMIT

Nykyaikainen, vakinaiseen toimintaan organisoitu malminetsintä näki päivänvalon Suomessa toisen maailmansodan jälkeen. Sitä ennen olivat malminetsintäkampanjat sananmukaisesti satunnaisia ja usein vuodenaikoihin sidottuja. Malminetsintäkustannukset olivat vaatimattomampia kuin tänään ja malminetsintää tukevat perustutkimustiedot erittäin puutteelliset. Kuitenkin jo siihen aikaan tehtiin huomattavia malmilöydöksiä, joista kuuluisimmat olivat Outokummun kuparimalmi ja Petsamon nikkelimalmi.

Sotavuosien jälkeen sekä geologiseen perustutkimukseen että malminetsintään sijoitettujen määrärahojen vähitellen kasvaessa kasvoivat myös odotukset uusista malmilöydöksistä, ja tulossa olikin suomalaisten vuorimiesten kulta-aika. Lähtökohtana olivat jo ennen sotia tai viime sotiemme aikana käyttöön otetut malmit Outokummussa (Cu, Zn, Co, S), Orijärvellä (Cu, Zn), Ylöjärvellä (Cu, W), Haverissa (Au, Cu), Mätäsvaarassa (Mo), Makolassa (Ni, Cu) ja, sodan loppuun asti, Petsamossa (Ni, Cu).

40-luvun viimeisenä vuotena aloitettiin tuotanto Aijalassa (Cu, Zn) ja 50-luvulla avattiin Vihanti (Zn, Cu, Pb), Metsämonttu (Cu, Zn), Kotalahti (Ni, Cu), Otanmäki (V, Fe, Ti), Kärvasvaara (Fe) ja 1946 suljettu Makola (Ni, Cu). 60-luvulla olivat vuorossa Luikonlahti (Cu, Zn, Co), Pyhäsalmi (Cu, Zn, S), Virtasalmi (Cu), Korsnäs (Pb), Kemi (Cr), Jussarö (Fe), Raajärvi (Fe) ja Paukkajanvaara (U) ja 70-luvulla seurasivat vielä Vuonos (Cu, Zn, Co), Hammaslahti (Cu), Hitura (Ni, Cu), Kylmäkoski (Ni, Cu), Vammala (Ni, Cu), Mustavaara (V), Leveäselkä (Fe), Rautuvaara (Fe) ja Hannukainen (Kuvervaara, Laurinoja) (Fe, Cu).

Tänään eli 80-luvun puolivälissä toimivat yllä mainituista kaivoksista Outokumpu, Vuonos, Pyhäsalmi, Vihanti, Hammaslahti, Kotalahti, Hitura, Vammala, Kemi, Otanmäki, Rautavaara, Hannukainen ja Mustavaara, joista Otanmäki tätä kirjoitettaessa lopettaa toimintansa. Näiden lisäksi on ainoastaan yksi uusi kaivos syntymässä, Laukunkankaalla (Ni,

Cu), ja tämän ohella on tiedossa parin pienimmin louhinta.

Tiedossa olevat taloudellisesti louhittavat malmireservit ehtyvät todennäköisesti seuraavina kahtena vuosikymmenenä. Kun tähän lisätään, että meillä keskimäärin on käytetty 6-7 vuotta malmiesiintymän löytämisestä sen hyväksikäytön aloittamiseen, on yllä mainittu huolestuneisuus ymmärrettävissä.

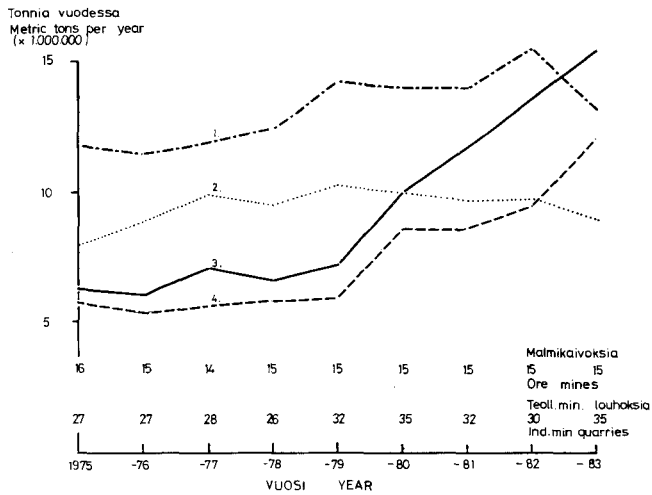
## TEOLLISUUSMINERAALIT

Suomen vuoriteollisuus ei perustu yksinomaan malmituotantoon, vaan enenevässä määrin myös teollisuusmineraali- ja teollisuuskivituotantoon, ja tällä tuotannolla on huomattava merkitys vuoriteollisuutemme kehityksessä.

Käsitteet teollisuusmineraalit ja -kivet ja ei-metalliset mineraalit eivät ole täysin yksiselitteisiä. Yleensä näillä käsitteillä ymmärretään mineraalia tai kivilajia, jota voidaan käyttää teollisessa tuotannossa sen fysikaalisten tai kemiallisten ominaisuuksien vuoksi. Käyttäessämme yleisintä määritelmää sisältyvät tähän ryhmään kaikki mineraalit ja kivilajit, joilla on tai voi olla teollista käyttöä, lukuunottamatta metallisia malmeja ja mineraalisia polttoaineita. Alempana tarkoitetaan käsitteellä teollisuusmineraali teollista tuotantoa varten louhittuja mineraaleja ja kivilajeja, lukuunottamatta metallisia mineraaleja ja malmeja ja kiviteollisuuden raaka-aineita.

Ennen toista maailmansotaa oli teollisuusmineraalilouhinta Suomessa melko vaatimatonta ja liittyi lähinnä sementin- ja kalkintuotantoon Lohjalla, Paraisilla ja Lappeenrannassa. Kalkintuotantolaitoksia oli lisäksi mm. Ruskealassa, Kuparsaarella, Förbyssä, Montolassa, Vimpelissä, Sipoossa, Pitkäniemessä, Illossa, Kerimäellä ja Kalkkimaalla. Kalkkikiven lisäksi meillä mm. louhittiin asbestia Paakkilassa, maasälpää ja kvartsia Kaatialassa, Kemiössä ja Viitaniemessä sekä kvartsia Nilsissä.

Teollisuusmineraalien maailmantuotanto on kasvanut voimakkaasti tällä vuosisadalla, lähinnä kasvavan rakennus-, lannoite- ja kemianteollisuuden ansiosta. Tarkastellessamme malmi- ja teollisuusmineraalituotantoa Suomessa 40-luvun puolivälistä 70-luvun loppuun voimme todeta, että teollisuusmineraalilouhinta, lukuunottamatta kalkkikivilouhintaa, oli melko vaatimatonta 70-luvun loppupuolelle asti. Kalkkikivilouhinta oli huomattavasti suurempi kuin muu teollisuusmineraalilouhinta, mutta nopein positiivinen kehitys on nähtävissä malmilouhinnassa aina 70-luvun puoliväliin asti, jolloin sekä malmilouhinnassa että teollisuusmineraalilouhinnassa tunnetuista syistä tapahtui selvää taantumista.



**Kuva 1.** Malmi- ja teollisuusmineraalilouhinta Suomessa 1975–1983. 1. Kokonaislouhinta malmikaivoksissa. 2. Louhittua malma. 3. Kokonaislouhinta teollisuusmineraaliesiintymisissä. 4. Louhittua hyötykiveä.  
**Fig. 1.** Quarrying of ores and industrial minerals in Finland 1975–1983. 1. Total quarrying in ore deposits. 2. Quarrying of ores. 3. Total quarrying in industrial mineral deposits. 4. Quarrying of industrial minerals.

Kehitys malmi- ja teollisuusmineraalilouhinnassa 70-luvun puolivälistä 80-luvun alkupuolelle muuttui selvästi yllä mainitusta asetelmasta, kuva 1.

Malmilouhinnassa tapahtui hidaskasvu vuoteen 1979, mutta tämän jälkeen ovat louhitut malmimäärät hitaasti laskeneet. Samanaikaisesti on teollisuusmineraalilouhinta ollut nousussa, ja vuonna 1983 teollisuusmineraalien kokonaislouhinta ylitti ensimmäistä kertaa malmien kokonaislouhinnan Suomessa. Kuvasta 1 nähdään, että malmikaivosten lukumäärä on pysynyt suurin piirtein vakiona vuodesta 1975, mutta tähän on lisättävä, että vuoden 1983 aikana päättyi toiminta kahdessa malmikaivoksessa ja tämä trendi tulee jatkumaan. Sen sijaan lisääntyi teollisuusmineraalilouhoksien lukumäärä jatkuvasti.

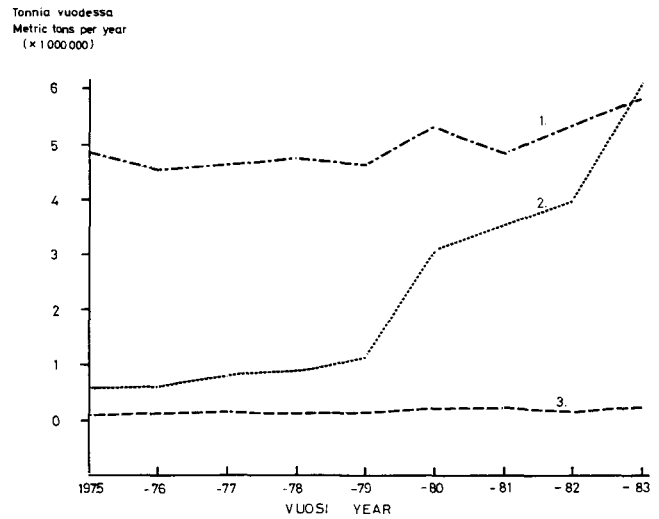
Eritellessämme teollisuusmineraalituotannon pääryhmät voimme todeta, että kokonaislouhinta kalkkikivikaivoksissa on vuosina 1975–1983 pysynyt melko vakiona ja liikkunut heikosti kasvaen 5 miljoonan vuositonniin molemmin puolin, kuva 2.

Mineraalikaivoksien louhinta on sen sijaan ajanjakson puolivälistä lähtien ollut jyrkässä nousussa ja vuonna 1983 tavoittanut kalkkikivikaivoksien kokonaislouhinnan. Muut kaivokset, joissa etupäässä louhitaan vuorivillan ja sementin valmistukseen tarvittavia kiviaineksia, lukuunottamatta kalkkikiveä, eivät louhintaluvuiltaan sanottavasti vaikuta kokonaislouhinnan vaihteluihin.

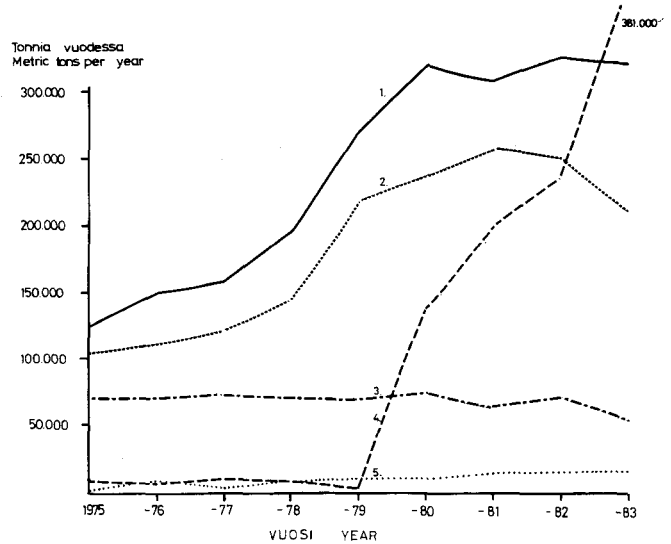
Louhitusta kalkkikivestä käytetään n. 45 % sementin valmistukseen ja tämä suhde pienenee todennäköisesti tulevaisuudessa. Sen sijaan kalkkikiven käyttö maanparannusaineena on selvästi kasvamassa ja on tätä nykyä noin 25 % kokonaislouhinnasta. Muu osa louhitusta kalkkikivestä käytetään mm. kalkinpoltoon, rouheisiin, teknisiin hienojauheisiin, sulfiitti- ja metallurgisiin kiviin.

Teollisuusmineraalien mielenkiintoisin kehitys ilmenee mineraalikaivoksien mineraalituotantoluvuista, kuva 3.

Talkin vuosituotanto, joka vuonna 1975 oli 125.000 tonnia, oli jo vuonna 1980 noussut lähes 320.000 tonniin uusien tuotantolaitoksien ansiosta. Näissä lukemissa oli talkintuotanto



**Kuva 2.** Teollisuusmineraalilouhinta Suomessa 1975–1983. 1. Kalkkikivikaivokset. 2. Mineraalikaivokset. 3. Muut kaivokset.  
**Fig. 2.** Quarrying in industrial mineral deposits in Finland 1975–1983. 1. Limestone deposits. 2. Mineral deposits. 3. Rock deposits.



**Kuva 3.** Mineraalituotanto Suomessa 1975–1983. 1. Talkki. 2. Kvartsi. 3. Maasälpä. 4. Apatiitti. 5. Wollastoniitti.  
**Fig. 3.** Production of minerals in Finland 1975–1983. 1. Talc. 2. Quartz. 3. Felspar. 4. Apatite. 5. Wollastonite.

vielä vuonna 1983, jolloin vientiin meni 42.000 tonnia. Kvartsin tuotannon kehitys on hiukan alemmalla tasolla ollut suurin piirtein samansuuntainen vuoteen 1981 asti, jolloin vuosituotanto oli runsaat 250.000 tonnia. Tämän jälkeen ovat tuotantoluvut pienentyneet ja vuonna 1983 tuotanto oli 213.000 tonnia, josta 16.000 tonnia meni vientiin. Maasälpä- ja wollastoniittituotannossa ei ole tapahtunut mainittavia muutoksia vuosina 1975–1983. Maasälvän tuotanto vuonna 1983 oli 52.000 tonnia, josta 35.000 tonnia meni vientiin. Wollastoniitin tuotanto oli samana vuonna 15.000 tonnia, josta runsaat 13.000 tonnia meni vientiin.

Erittäin tärkeä kehitysvaihe maamme teollisuusmineraalituotannossa alkoi vuonna 1980, jolloin Siilinjärven apatiittimalmi otettiin käyttöön. Apatiitin tuotantokäyrä on noussut

yrkästi ja tuotanto oli vuonna 1983 jo 381.000 tonnia, mikä vastaa runsaan 5 miljoonan tonnin hyötykivilouhintaa.

Vuonna 1982 arvioitiin teollisuusmineraalituotannon kokonaisarvoksi 1,2 miljardia markkaa. Vertailun vuoksi voidaan mainita, että samana vuonna käytetyn soran ja murskatun kiven arvo oli 200 miljoonaa markkaa.

Rakennuskivituotannosta mainittakoon tässä yhteydessä sen verran, että kiven vienti on kehittynyt voimakkaasti 70-luvulla lähinnä graniitin lisääntyneen käytön ansiosta. Kokonaisvienti oli vuonna 1983 195.000 tonnia ja viennin arvo 87 miljoonaa markkaa.

## MALMINETSINTÄ JA TEOLLISUUSMINERAALIETSINTÄ

Taustana yllä esitetty lyhyt katsaus sekä olemassa oleva epäsuhte malmietsinnän ja teollisuusmineraalietsinnän kannatuksen kesken voidaan kysyä, onko tavoite asetettu liian yksipuolisesti malmien löytämiseen teollisuusmineraalietsinnän ja siihen liittyvän perustutkimuksen kustannuksella. Voidaan myös oikeutetusti kysyä, onko tällainen jako malmien ja teollisuusmineraalien välillä tämän päivän tilanteessa yleensä puolustettavissa.

Malmietsinnän kannattajat huomauttavat tähän, että malmitonniin arvo on suurempi kuin teollisuusmineraalitonniin arvo ja että malmitonniin ympärillä pyörii enemmän työpaikkoja kuin teollisuusmineraalitonniin. Tämä on oikein, mutta malmireservien lähestyessä aallonpohjaa on muitakin vaihtoehtoja otettava huomioon. Malmityöryhmä -84:n ehdotukseen, että maamme malmietsinnän nykyistä kokonaisvolyymiä tulisi jatkuvasti ylläpitää, kaipaisi lisäksi, että tämän ohella olisi teollisuusmineraalitutkimuksia tehostettava.

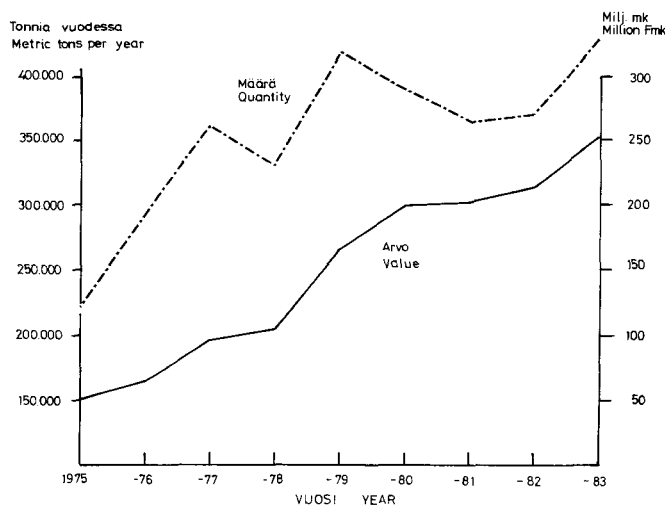
## TEOLLISUUSMINERAALITUOTANNON KEHITYSNÄKYMÄT

Teollisuusmineraalien maailmantuotantoa tarkasteltaessa voidaan todeta, että teollisuusmineraalikäsitteen laajinta tulkintaa käyttäen tuotantoarvon kasvuvauhti vuoden 1950 jälkeen on selvästi ylittänyt sekä metalli- että energiasektorin vastaavat arvot. Teollisuusmineraalien maailmantuotannon arvo on vuoden 1960 jälkeen korkeampi kuin metallituotannon vastaava arvo, joka toiseen maailmansotaan asti oli 70–80 % korkeampi kuin teollisuusmineraalituotannon arvo.

Teollisuusmineraalituotanto Suomessa on kasvanut merkittävämmän huomattavasti myöhemmin kuin päätuottajamaissa ja mineraalivalikoima on toistaiseksi aika suppea. Kehittämisen varaa on sekä raaka-ainevalikoiman laajentamisessa että rikastustekniikassa. Eri mineraalien fysikaaliset ominaisuudet ja nimenomaan niiden pintaominaisuudet ovat ratkaisevia parametreja eri käyttötarkoituksia ajatellen. Pintaominaisuuksien muuttaminen eri käyttötarkoituksia varten on esimerkiksi yksi tapa laajentaa mineraalivalikoimaamme käyttäjien toivomuksien mukaan muun muassa muovi-, sellu- ja paperiteollisuudessa.

Vuonna 1983 tuotiin Suomeen ulkomaankauppatilastojen mukaan erilaisia teollisuusmineraaleja, joiden tuontiarvo oli yhteensä n. 500 miljoonaa markkaa. Vastaava luku vuonna 1982 oli n. 400 miljoonaa markkaa. Näiden joukosta löytyy muutamia, jotka ainakin osittain voitaisiin korvata kotimaisilla mineraaleilla mm. kehittämällä mineraalitekniikkaa. Esimerkkinä otettakoon arvoltaan suurin näistä mineraaliryhmistä, kaoliini, kuva 4.

Kaoliinin tuonti Suomeen on kuvassa 4 tarkasteltavana aikana kohtalaisessa nousussa, tuonnin arvon ollessa vuonna 1983 n. 250 miljoonaa markkaa. Vertaamalla tätä tilastoa kuvassa 5 esitettyyn kotimaisen talkin tuotantotilastoon ja muis-



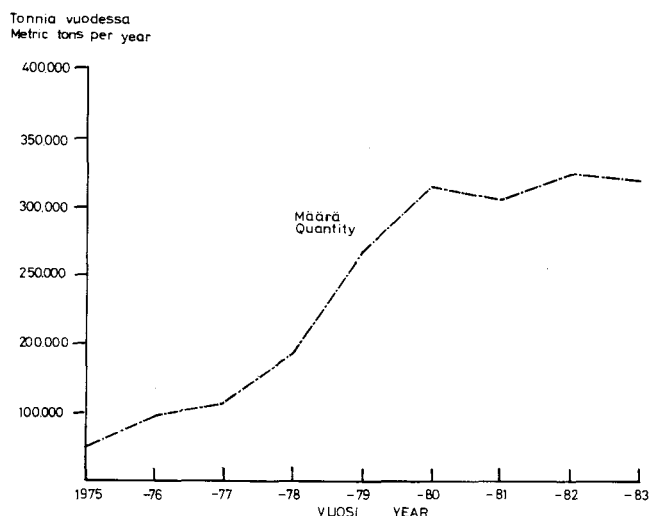
Kuva 4. Kaoliinin tuonti 1975–1983.  
Fig. 4. Imports of kaolin 1975–1983.

taen, että suomalaisen talkin käyttöalue on voimakkaasti painottunut paperiteollisuuteen, voimme kuvitella, minkälaiselta kaoliinin tuontitilasto olisi näyttänyt ilman kotimaista talkintuotantoa.

Viimeksi mainituista tilastoista ilmenee lisäksi, että nykyisen talkintuotannon ohella olisi Suomessa tilaa myös kaoliinintuotannolle. Koska geologiset edellytykset tähän ovat olemassa, on tähän suunnattu prospektaus erittäin realistisella pohjalla.

## YHTEENVETO

Yhteenvetona voimme todeta, että teollisuusmineraaliteollisuutemme on monella alalla kehittynyt melko suotuisasti. Tämän alan taloudelliset tulokset puolustavat teollisuusmineraalialan laajentamista ja teollisuusmineraalietsinnän tehostamista. Tämä ei merkitse sitä, etteivät malmietsintään suunnatut varat olisi paikallaan. Malmietsintää on näinä aikoina tuettava erittäin voimaperäisesti, mutta tämän ohella on muistetta-



Kuva 5. Talkin tuotanto Suomessa 1975–1983.  
Fig. 5. Production of talc in Finland 1975–1983.

va, että kallioperässämme piilee muitakin hyödynnettäviä kauskivennäisiä.

Kotimaan markkinat ovat jokaiselle tuotannolle rajoitetut, ja markkinaosuuden katto on jyrkän kasvun jälkeen hyvinkin lähellä. Teollisuusmineraalituotannon luonnollisena jatkeena on vienti, joka vaatii huomattavasti suurempaa kilpailukykyä kuin kotimaan markkinat. Sekä kotimaan markkinoita että vientiä silmälläpitäen on meidän jatkuvasti laajennettava teollisuusmineraalivalikoimaa, monipuolistettava mineraalien käyttömahdollisuuksia ja kehitettävä laatua. Kehittääksemme tätä vuoriteollisuutemme osaa tarvitsemme, vaadittavan asennemuutoksen ohella, sekä tietoa että taitoa ja ennen kaikkea ennakkoluulottomuutta, jota toivottavasti löytyy nuoremman polven vuorimiehistä ja -naisista.

#### KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Salo, Urpo J., Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1975–1983. Hki.
2. Suomen virallinen tilasto. Ulkomaankauppa. Hki 1975–1983.
3. Statens offentliga utredningar. Industrimineral. Sthlm 1977.
4. Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y. Teollisuusmineraalisesinaari 6.11.1981. Hki.
5. Kaivosteollisuuden vuosikertomukset ja esitteet.

#### SUMMARY

#### IS IT PROFITABLE TO PROSPECT FOR INDUSTRIAL MINERALS IN FINLAND?

A brief description of the results of ore and industrial minerals prospecting in Finland is given. The ore reserves are gradually exhausted, and only a few remarkable ore deposits have been found to fill the demand. The comparison of the mining statistics of ores and industrial minerals quarried in 1975–1983 shows that the total ore mining has slowly decreased in recent years, while the quarried quantities of industrial minerals have clearly increased during the same period. It is pointed out that the prospecting for industrial minerals has been very modest in Finland, compared to ore prospecting. The favourable development within the industry processing industrial minerals could be promoted by intensifying the prospecting for industrial minerals in addition to ore prospecting.

# paino- työt

- kirjat
- sanomalehdet
- neliväriesitteet
- lomakkeet
- käyntikortit,  
kirjekuoret y.m.

PYYTÄKÄÄ TARJOUS SE KANNATTAA!

# tryck- saker

- böcker
- tidningar
- fyrfärgsbroschyner
- blanketter
- visitkort,  
kuvert m.m.

BEGÄR OFFERT DET LÖNAR SIG.



**HANGON KIRJAPAINO OY**  
**HANGÖ TRYCKERI AB**

VUORIKATU 15-17 BERGGATAN  
10900 HANKO-HANGÖ ☎ 911-84531



# Syötteen raekoon ja ominaispinta-alan vaikutus kuparikiisun vaahdotuksessa

Prof. Toimi Lukkarinen ja dipl.ins. Arja Salo, Teknillinen korkeakoulu, Mineraalitekniikan laboratorio, Otaniemi

## JOHDANTO

Tämä kirjoitus on jatkoa aikaisemmin esitetylle raekoon vaikutusta keinotekoisesti aikaansaadun magnetiitti-kvartsiseoksen rasvahappovaahdotuksessa kuvaavalle artikkelille [1]. Tarkoituksena on selvittää vastaavat asiat vaahdotettaessa Virtasalmen kuparimalmia Na-amylyksantaatilla laboratoriossa. Kyseinen malmi oli sopivaa koemateriaaliksi, sillä se ei kuparikiisun lisäksi sisältänyt muita sulfidimineraaleja.

Käytetyn näytteen kuparipitoisuus oli 2,3 %, joten kuparikiisua oli n. 6,6 %. Isäntäkivi oli pääasiassa amfiboliittia. Raekoon ohella tutkittiin pH:n, kokoojamäärän ja lietetiheyden vaikutusta vaahdotustuloksiin. Tulosten tarkastelussa otettiin huomioon myös syötteen ominaispinta-ala.

**Taulukko 1.** Näytteiden seula-analyysit ja ominaispinta-alat eri jauhatusaikojen jälkeen.

**Table 1.** The sieve-analysis and the specific surface areas of the samples after different grinding times.

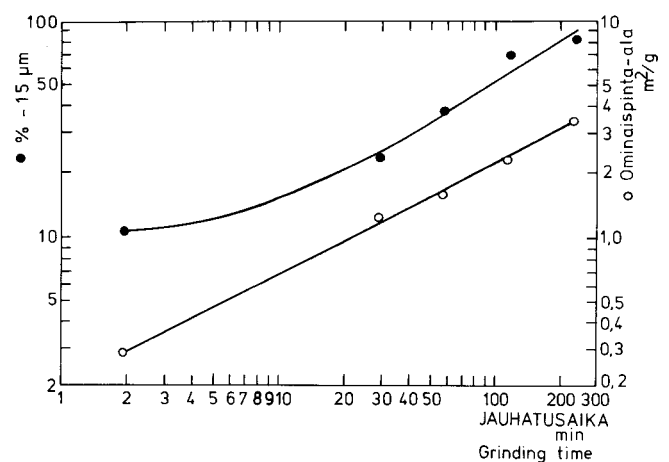
| Raekoko<br>$\mu\text{m}$                  | Läpäisy- %             |      |       |       |       |       |
|---|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
|   | Jauhatusaika minuuttia |      |       |       |       |       |
|   | 0                      | 2    | 30    | 60    | 120   | 240   |
| 2830                                      | 100,0                  |      |       |       |       |       |
| 1410                                      | 96,0                   | 99,5 |       |       |       |       |
| 1000                                      | 88,0                   | 98,4 |       |       |       |       |
| 710                                       | 72,8                   | 96,7 |       |       |       |       |
| 500                                       | 63,2                   | 94,3 |       |       |       |       |
| 350                                       | 52,8                   | 88,3 |       |       |       |       |
| 250                                       | 44,0                   | 77,5 |       |       |       |       |
| 177                                       | 37,6                   | 67,9 |       |       |       |       |
| 125                                       | 26,8                   | 51,5 | 100,0 |       |       |       |
| 90  | 20,0                   | 39,8 | 99,2  | 100,0 |       |       |
| 63  | 14,4                   | 30,1 | 95,0  | 99,6  | 100,0 |       |
| 32  | 8,4                    | 19,1 | 65,8  | 89,8  | 99,0  | 100,0 |
| 15  | 3,5                    | 10,9 | 23,0  | 38,3  | 69,0  | 81,3  |
| Ominaispinta-ala<br>$\text{m}^2/\text{g}$ | 0,20                   | 0,29 | 1,23  | 1,63  | 2,37  | 3,54  |
| Kuparikiisun<br>pinta-ala<br>$\text{m}^2$ | 6,6                    | 9,6  | 40,6  | 53,8  | 78,2  | 116,8 |

## TYÖN SUORITUS

Malminäyte murskattiin ja jaettiin huolellisen sekoituksen jälkeen 500 g:n koe-eriin, jotka jauhettiin ennen vaahdotusta 50 %:n lietetiheydessä laboratoriuukuulamylyssä. Käytetyt jauhatusaajat olivat 2, 30, 60, 120 ja 240 minuuttia. Jauhettujen tuotteiden seula-analyysit ovat taulukossa 1, jossa on esitetty myös näytteiden Quantasorb-kaasuadsorptiolaitteella mitatut ominaispinta-alat,  $\text{m}^2/\text{g}$ , ja niistä lasketut kuparikiisun pinta-alat  $\text{m}^2/\text{koe-erä}$ .

Tulosten tarkastelussa on raekoon kriteerinä pidetty  $-15 \mu\text{m}$ :n fraktion prosentuaalista osuutta. Tämä ja ominaispinta-alat eri jauhatusaikojen jälkeen on esitetty kuvassa 1, josta huomataan, että ominaispinta-ala on muuttunut säännöllisemmin jauhatusaajan jatkuessa kuin raekoon kuvaajana käytetty hienoimman jakeen määrä.

Vaahdotuksessa käytettiin kokoojana vain Na-amylyksantaattia ja vaahdotteena Teefroth A:ta. Lietteen pH säädettiin tarpeen mukaan joko  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :lla tai  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :llä. Lietettä valmistettiin potkurisekoittimessa 10 minuuttia 33 %:n lietetiheydessä kokoojalisäyksen jälkeen, mutta ennen vaahdotteen lisäystä. Vaahdotuslaitteena oli Denver-laboratoriokenno, jonka tilavuus oli 1,5 l. Kuparipitoisuudet analysoitiin AAS-laitteella.



**Kuva 1.** Jauhatusuotteen alle  $15 \mu\text{m}$ :n fraktion ja ominaispinta-alan muutos jauhatusaajan funktiona.

**Fig. 1.** The amount of the minus  $15 \mu\text{m}$  fraction and the change of the specific surface area of the ground product as a function of the grinding time.

**TYÖN TULOKSET**

Raekoon vaikutus pH:n muuttuessa

Tutkitut lietteen pH:t olivat 8, 10 ja 11. Näissä kokeissa käytettiin kokoojaa 100 g/t. Jauhatusajoista jätettiin pisin aika 240 minuuttia pois. Jauhatusaikoja vastaavat lietteen luonnolliset pH:t olivat 33 %:n lietetiheydessä:

|              |       |        |        |         |
|--------------|-------|--------|--------|---------|
| Jauhatusaika | 2 min | 30 min | 60 min | 120 min |
| pH           | 8,6   | 9,5    | 9,8    | 9,8     |

Saadut vaahdotustulokset on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Syötteen hienouden vaikutus pH:n muuttuessa.  
**Table 2.** The influence of the feed fineness when changing pulp pH.

| Syöte<br>% -15 µm | Saanti |       |       | Cu-pitoisuus |       |       |
|-------------------|--------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|                   | %      |       |       | %            |       |       |
|                   | pH 8   | pH 10 | pH 11 | pH 8         | pH 10 | pH 11 |
| 10,9              | 91,0   | 92,6  | 78,7  | 17,7         | 18,4  | 16,0  |
| 23,0              | 88,4   | 93,9  | 98,3  | 11,4         | 17,2  | 17,7  |
| 38,3              | 92,7   | 92,1  | 96,0  | 8,8          | 13,1  | 13,5  |
| 69,0              |        | 95,7  | 95,7  |              | 11,0  | 9,6   |

Syötteen hienouden vaikutus on ollut vähäinen kuparin saantiin pH:ssa 8 ja 10, mutta pH:n ollessa 11 on karkeimman syötteen osalta saanti ollut vain 78,7 %, kun se on hienommilla syötteillä ollut n. 20 % korkeampi. Kyseessä voi olla OH<sup>-</sup>-ionin ja ksantaatti-ionin välinen kilpailu, jonka viime mainittu on hävinnyt eikä pinnalle tarttunut vähäinen kokoojamäärä ole jaksanut nostaa karkeita rakeita /2/. Rikasteen pitoisuus on johdonmukaisesti huonontunut raekoon hienotessa, sillä hienoa silikaattiaainesta on tullut mekaanisesti mukaan.

Raekoon vaikutus eri kokoojamääriä käytettäessä

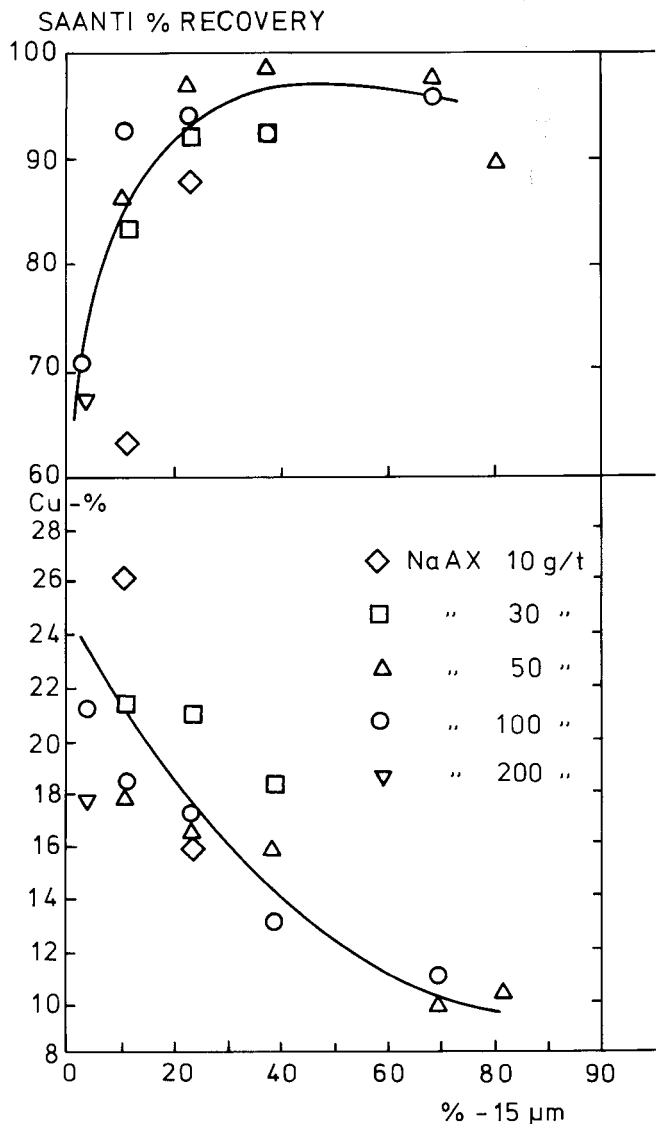
Näissä kokeissa käsiteltiin osittain kaikkia taulukossa 1 mainittuja syötteitä. Kokoojaa käytettiin 10, 30, 50, 100 ja 200 g/t, ja pH pidettiin arvossa 10.

Kuvassa 2 on esitetty vaahdotuksen saannit ja rikasteen pitoisuudet syötteen hienouden muuttuessa. Niistä nähdään keskikarkeiden rakeiden vaahdotuksessa päästävän hyvään saantiin pienemmällä kokoojan käytöllä kuin karkean syötteen ollessa kyseessä. Karkein käytetty syöte eli jauhamaton murske oli liian karkeaa, ja suurimmillakin kokoojan annostuksilla saanti jäi 70 %:n tienoille. Mielenkiintoista on todeta, että 10 g/t kokoojaa antoi 23,0 % alle 15 µm:n fraktiota sisältäneelle syötteelle 88 %:n saannin, mutta 10,9 % kyseistä raeluokkaa sisältäneelle vain 63 %:n saannin. Edellisessä on ollut 99 % alle 90 µm:n raeluokkaa, mutta jälkimmäisessä vain 40 %. Vastaavasti oli rikasteen Cu-pitoisuus karkealla syötteellä 26 %, mutta hienolla alle 16 %. Syötteen hienotessa rikasteen kuparipitoisuus alenee kaikilla kokoojaväkevyyksillä. Esimerkiksi käytettäessä kokoojaa 100 g/t saanti pysyi lähes vakiona eli 92,6–95,7 % jauhamatonta syötettä lukuunottamatta, mutta rikasteen pitoisuus laski 18,4 %:sta 11,0 %:in. Tällöin rikasteen määrä kasvoi 11 %:sta 20 %:in syötteen määrästä. Syy on ilmeisesti edellisessä kohdassa mainittu sivukiven mukaantulo.

Rikasteen pitoisuuden heikkenemistä ilmeni joissakin tapauksissa kokooja-annostuksen kasvaessa, mutta hienouden pysyessä muuttumattomana, mikä sinänsä on ennestään tunnettu ja tunnustettu ilmiö.

Keskikarkeilla syötteillä on kokoojan lisäys 50 g/t:sta määrään 100 g/t pudottanut saantia. Liian suuren kokoojamäärän on todettu /3/ aiheuttavan syötteen flokkuloitumista, jolloin flokit saattavat tulla niin suuriksi, etteivät pysy ilmakuplastossa. Käytännön oloissa jää kussakin tapauksessa harkittavaksi, missä suhteessa kannattaa antaa pitoisuuden laskea saannin parantamiseksi ja päin vastoin.

Kuvaan 2 piirretyistä käyristä voidaan todeta, että syötteen hienous on vaikuttanut sekä kuparin saantiin että rikasteen kuparipitoisuuteen voimakkaammin kuin kokoojamäärän vaihtelu välillä 30–100 g/t. Tämäkin näyttää tukevan sitä suhteellisen yleistä käsitystä, että epäonnistunut jauhaton on epäonnistumaan tuomitun vaahdotuksen varmin tae.



**Kuva 2.** Syötteen raekoon vaikutus kuparikiisun vaahdotuksessa eri kokoojamäärillä.  
**Fig. 2.** The influence of the feed particle size on the chalcopyrite flotation using different amounts of collector.

## Hienon syötteen vaahdotus laihassa lietteessä

Jos hienoja syötteitä vaahdotetaan sakeana, rikasteeseen nousee helposti jätemineraaleja mekaanisesti, kokoojan niihin tarttumatta /4/. Tämän toteamiseksi vaahdotettiin syötettä, jossa oli 69 % alle 15 µm:n fraktiota, sekä 15 %:n että 30 %:n lietetiheydessä käyttämällä kokoojaa 100 g/t pH:n ollessa 10. Tällöin saatiin seuraava tulos:

Lietetiheys 15 %, Cu- pitoisuus 18,8 %, saanti 84,1 %,  
 " 30 " " 11,0 " " 95,7 %.

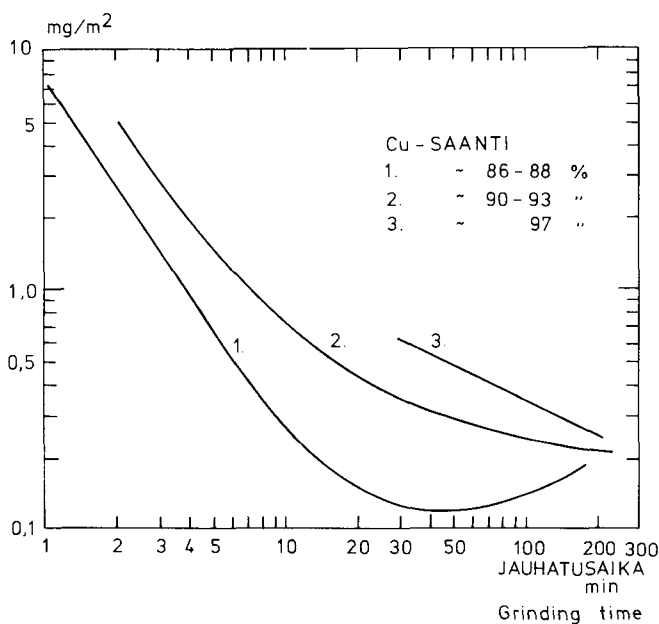
Laimeassa lietteessä saatu hyvä rikaste on aiheuttanut huomattavan saannin menetyksen. Hyvää rikastetta on saatu 10,3 % ja huonoa 20 % syöttestä. Samalla on syytä muistaa, että sakea liete on edullinen myös kennovolyymien käytön kannalta.

## TULOSTEN OMINAISPINTA-ALOJEN MUKAINEN VERTAILU

Kuten kuva 1 osoittaa, ominaispinta-ala kasvaa tasaisesti jauhatuksen jatkuessa. Tarkasteltaessa vaahdotustuloksia ominaispinta-alojen valossa on laskettu kokoojamäärät sulfidien eli tässä tapauksessa kuparikiisun pinta-alaa kohti yksiköissä mg/m<sup>2</sup>. Kuparikiisun ominaispinta-alan on oletettu olevan saman kuin syötteen kokonaisuudessaan, minkä ei välttämättä tarvitse olla tarkasti saman.

Kuvassa 3 on esitetty kokoojamäärä mg/m<sup>2</sup> jauhatuksen funktiona erilaisiin kuparin saanteihin päätyneissä kokeissa. Saantialueet ovat olleet 86–88 %, 90–93 % ja n. 97 %, joista kukin alue on esitetty omalla käyrällään.

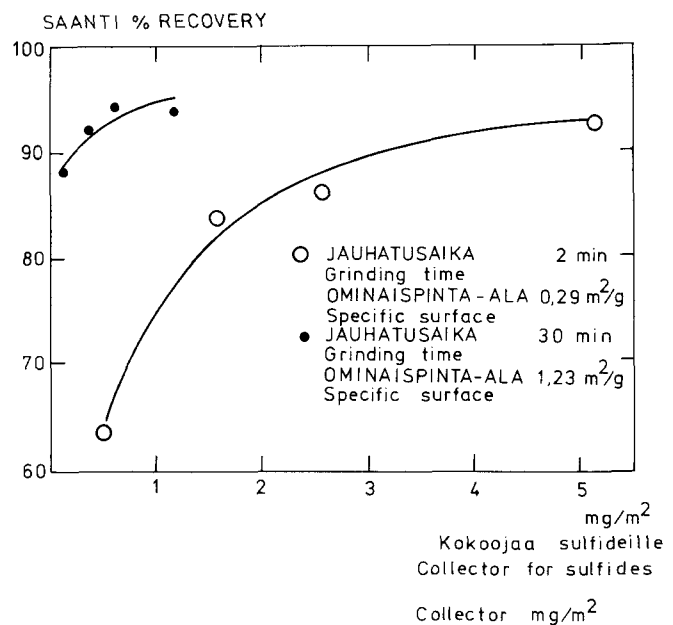
Käyristä havaitaan, että jauhatuksen pidentyessä, ts. ominaispinta-alan kasvaessa, on tultu toimeen pienemmällä kokooja-annostuksella. Vertaamalla kuvassa 1 esitettyä ominaispinta-alan kuvaajaa kuvan 3 käyriin voidaan todeta, että kokoojan tarve vaahdotettavan mineraalin pinta-alayksikköä kohti on kääntäen verrannollinen ominaispinta-alaan, kun



**Kuva 3.** Kokoojamäärä mg/m<sup>2</sup> sulfidifaasille jauhatuksen muuttuessa ja pyrittäessä kuparin vakiosaantiin.  
**Fig. 3.** The collector amount in mg per m<sup>2</sup> of sulphides as a function of the grinding time when the copper recovery has been kept constant.

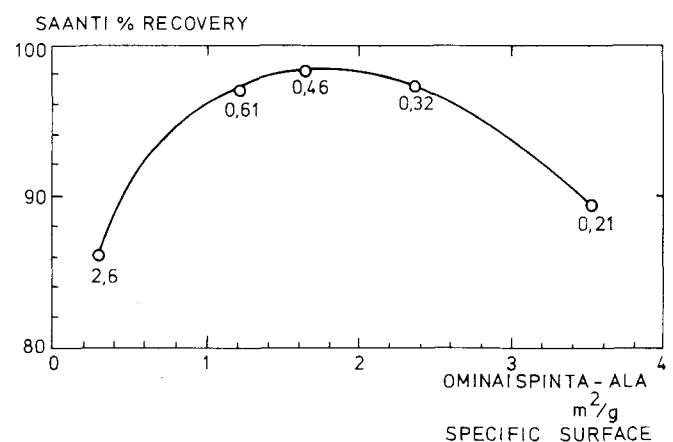
saanti pysyy likimain vakiona. Parempaan saantiin pyrittäessä myös kokoojan tarve pinta-alayksikköä kohti kasvaa. Sama asia on ilmaistu kuvassa 4, jossa kuparin saanti on esitetty kokoojamäärän funktiona kahden eri jauhatuksen tuotteen eli kahden eri ominaispinta-alan omaavan syötteen osalta. Syötteen ominaispinta-alan ollessa 1,23 m<sup>2</sup>/g on kuparin saanti ollut 20–30 % korkeampi kuin pinta-alan ollessa 0,29 m<sup>2</sup>/g.

Kuvassa 5 on kuparin saanti esitetty syötteen ominaispinta-alan funktiona, kun kokoojaa on kaikissa kokeissa käytetty 50 g/t. Kuvaan on merkitty myös kokoojan määrä mg/m<sup>2</sup> kuparikiisua kohti. Viime mainitulla tavalla ilmaistuna kokoojan määrä on vähentynyt pinta-alan kasvaessa. Optimisaanti on saavutettu syötteen ominaispinta-alan 1,6–1,8 m<sup>2</sup>/g tienoilla. Sekä pienimmän että suurimman ominaispinta-alan kohdalla saanti on pudonnut. Edellisessä tapauksessa on syynä ollut syötteen karkeus ja jälkimmäisessä kenties jo kokoojan peitteen vähäisyys samasta grammamäärästä huolimatta.



**Kuva 4.** Kuparin saanti kokoojamäärän mg/m<sup>2</sup> funktiona jauhatusaikojen ollessa 2 min. ja 30 min.

**Fig. 4.** The copper recovery as a function of the collector amount in mg per m<sup>2</sup> with grinding times of 2 and 30 minutes.



**Kuva 5.** Kuparin saanti syötteen pinta-alan funktiona kokoojamäärän ollessa NaX 50 g/t. Luvut NaX mg/m<sup>2</sup> CuFeS<sub>2</sub>:lle.  
**Fig. 5.** The copper recovery as a function of the feed specific surface area, collector NaX 50 g per ton. The numbers mean NaX in mg/m<sup>2</sup> of chalcopyrite.

## YHTEENVETO

Kuparikiisun vaahdotusta tutkittaessa on havaittu kuparin saannin paranevan aluksi jyrkästi raekoon pienetessä, mutta asymptootin saavutettuaan osoittavan oireita huononemisesta, kuva 2. Rikasteen kuparipitoisuus alenee raekoon hienotessa. Raekoon vaikutus näyttää tuntuvan voimakkaammin kuin kokoojan määrä, mikäli viime mainittu on "kohtuuden rajoissa". Lietteiden pH:n vaikutus ei ilmene riittävän selvästi näissä kokeissa. Ominaispinta-alan mukaan tehty tulosten tarkastelu osoittaa, että laskettaessa kokoojan määrä syötteen tai sen kiisufaasin pinta-alaa kohti voidaan todeta tiettyyn saantiin tarvittavan pinta-alayksikköä kohti lasketun kokoojamäärän olevan kääntäen verrannollisen ominaispinta-alaan.

Työssä saatu materiaali on tilastollisesti lijan niukka varmojen johtopäätösten tekoa varten, mutta näidenkin tulosten voi olettaa osoittavan tiettyä suuntaa ja siten toimivan jonkinlaisena "gallupina".

Ominaispinta-alan vaikutuksen perusteellinen tutkimus olisi välttämätön sekä hienojen aineiden problemaattisen rikastuksen perusteiden selvittämisen että kenties myös prosessin säädön kannalta.

Tämän tutkimuksen tekeminen on ollut mahdollinen Outo-kumpu Oy:n Säätiön myöntämän apurahan turvin, mistä tekijät haluavat tässä yhteydessä esittää parhaimmat kiitoksensa.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Lukkarinen, T., Salo, A.*, Vuoriteollisuus — Bergshanteringen N:o 2 1983, s. 99–104.
2. *Blake, R. A.*, Transactions of AIME, Vol. 252, 1972, s. 39–42.
3. *Woods, R.*, Flotation, A. M. Gaudin, Memorial Volume, Vol. 1 AIME, New York 1976, s. 298–333.
4. *Johnsson, N. W.*, et al. Transactions of AIME Vol. 256, 1974, s. 204–209.

## SUMMARY

### THE INFLUENCE OF THE FEED PARTICLE SIZE AND SPECIFIC SURFACE AREA ON THE CHALCOPYRITE FLOTATION

The influence of the feed particle size on the chalcopyrite flotation has been studied. In addition to the feed fineness also the pulp pH, collector amount and the pulp density were kept as variables.

The flotation results were also examined from the point of view of the specific surface area of the feed. It was observed that the feed particle size had more powerful influence on the flotation results than the collector amount or the pulp pH.

When the collector amount was calculated as milligrams per square meter of the sulphide phase, it was observed, that the amount was inversely proportional to the specific surface area of the feed at constant copper recovery.



MRS — Materials Research Society — järjestää tänä vuonna suuskokouksensa joulukuun 2–7 päivinä Bostonissa (Massachusettsissa) Yhdysvalloissa. Kokoukseen sisältyy 20 materiaalitutkimuksen ja -tekniikan eri aloja edustavaa symposiumia, poikkitieteellinen symposiumi ja materiaalitekniikan koulutuksen symposiumi. Lisäksi järjestetään 12 korkean tason materiaalitutkimustekniikan lyhytkurssia sekä näyttely, jossa n. 120 tutkimuslaittevalmistajaa esittelee tuotteitaan.

Yleisinformaatiota kokouksesta, mm. ennakko-ohjelman, saa osoitteesta

Materials Research Society  
9800 McKnight Road, Suite 327  
Pittsburgh, PA 15237 USA.

# Liekkisulatuksen kehitys johtavaksi kupari- ja nikkeli-rikasteiden sulatusmenetelmäksi

Dipl.ins. Tarmo Mäntymäki, Outokumpu Oy, Harjavalta

## JOHDANTO

Tämän vuoden alussa tuli kuluneeksi 40 vuotta Outokumpu Oy:n tuotannon aloittamisesta Harjavallassa. Suuret maailmanhistorian myllerrykset olivat alkusyyinä siihen, että Outokumpu Oy siirsi sulatonsa Imatralta Harjavaltaan. Toiminta alkoi Harjavallassa samalla menetelmällä ja periaatteessa samoilla laitteilla kuin Imatrallakin.

Sotien jälkeen Suomen teollisuus koki suuren muutos- ja kehitysprosessin ja sen seurauksena jo 40-luvun loppupuoliskolla vallitsi mm. ankea energiapula. Outokummun sulattoiminta kulutti liian paljon arvokasta sähköenergiaa, sillä käytössä oli sähkösulatusprosessi.

Imatralta kuparisulaton kannattavuus perustui suurelta osin halpaan sähköenergiaan. Samaa etua ei ollut enää Harjavaltaan muuton jälkeen.

Uuden kuparisulatusmenetelmän kehittäminen nähtiin välttämättömäksi. Eri vaihtoehtojen tarkastelu johti päätökseen ryhtyä kehittämään menetelmää, missä sulfidisen kupari-rikasteen omaa polttoarvoa käytetään hyödyksi oleellisesti tehokkaammin kuin muissa vaihtoehdoissa.

Metallurgiassa ns. autogeeninen prosessi oli teoriassa tunnettu, mutta tuotantosovellutusta ei ollut olemassa.

Uuden sulatusmenetelmän kehittämistä johtivat Outokumpu Oy:n Harjavallan tehtaiden ensimmäinen johtaja yli-ins. John Ryselin ja dipl.ins. Petri Bryk.

Koetehdasmittakaavan tutkimukset alkoivat v. 1947 ja samana syksynä aloitettiin uuden sulaton suunnittelu ja rakentaminen jo joulukuussa.

Syyskuussa 1949 käynnistyi tuotanto uudella menetelmällä, aluksi kahdella uunilla niin, että toinen oli käytössä ja toinen korjauksessa. Uuden menetelmän voitiin todeta myös käytännössäkin toimivan, mutta kesti vielä pitkään, ennen kuin voidaan katsoa liekkisulatusmenetelmän ensimmäisen kehitysvaiheen päättyneen.

Ensimmäisenä kehitysvaiheena voidaan pitää vuosia 1945–1949, jolloin tutkimuksiin ja kokeiluihin varmistettiin menetelmän periaatteellisesta toimivuudesta. Vielä vuonna 1953 tuotannosta tehtiin vajaa kolmannes vanhalla menetelmällä. Metallurgian suuriin keksintöihin kuuluvan menetelmän pahimmat lastentaudit oli voitettu suurimmalta osin 1950-luvun puoliväliin mennessä.

1959 alettiin liekkisulatusmenetelmää soveltaa nikkeli-rikasteiden sulatuksessa. Tähän tarkoitukseen käytettiin korjausvälien pidentyessä vapautunutta toista liekkisulatusuunia. Kolmisen vuotta myöhemmin liekkisulatusmenetelmää sovellettiin Kokkolassa osana uutta rikinvalmistusprosessia. Merkittävä kehitysskaskel otettiin v. 1971, kun Harjavallan kupari-

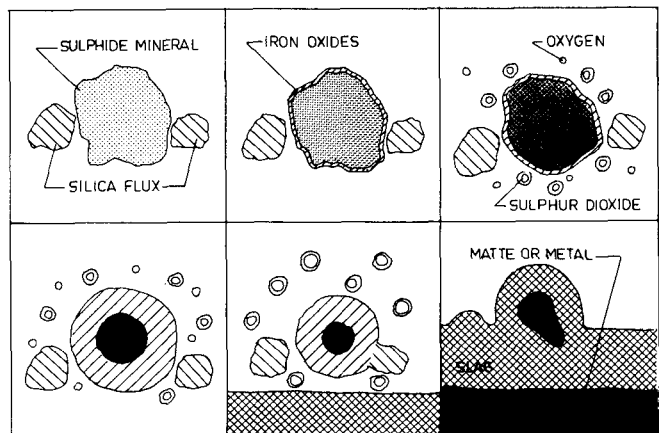
ja nikkelisulatoissa otettiin käyttöön rikasteiden polttoon tarvittavan ilman happirikastus.

Outokummun liekkisulatusmenetelmä herätti varsin pian kiinnostusta myös ulkomailla.

Liekkisulatusmenetelmä levittyi kaikkii maanosiin ja uusinta menetelmän kehitysskaskelta sovellettiin Puolaan rakennetussa sulatossa, missä raakakuparia valmistetaan suoraan liekkiuunissa rikasteista, jotka poikkeavat normaaleista sulfidisista rikasteista. Outokumpu Oy on kehittänyt myös lyijynvalmistusmenetelmän, jossa sovelletaan liekkisulatusmenetelmää.

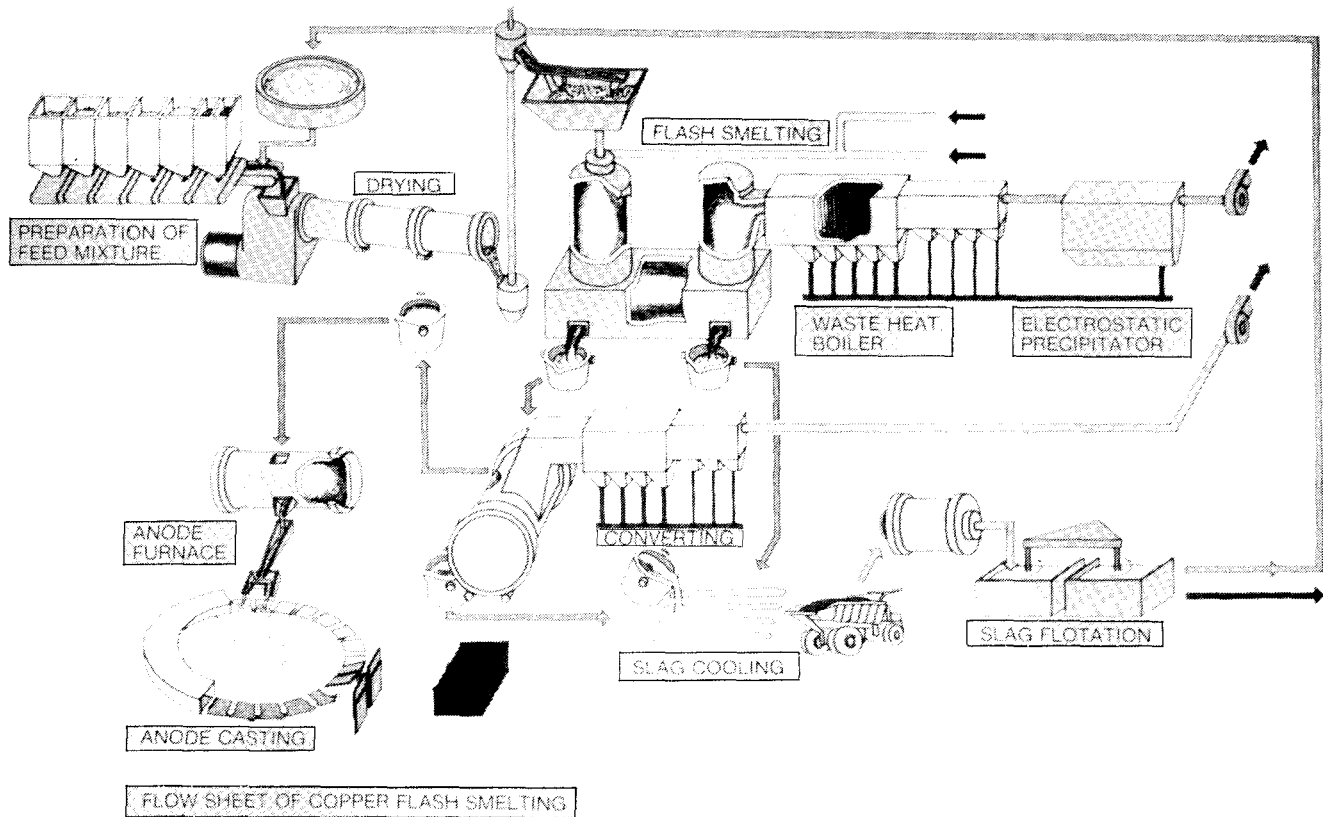
## Prosessin kuvaus

Liekkisulatusmenetelmän ydinajatus on hyvin yksinkertainen (kuva 1). Poltetaan kuivaa rikastetta ilma- tai ilma/happipensiossa niin, että saatava palamisenergia käytetään hyväksi rikasteen sulatuksessa. Menetelmässä yhdistyy kolme konventionaalista osaprosessia, pasutus, sulatus ja osin konvertointi yhdessä yksikössä.



**Kuva 1.** Liekkisulatuksen mekanismi: sulfidinen rikastepartikkeli reagoi hapen kanssa ja muodostuu kuona- ja kivikerrokset sekä rikkidioksidiokaasua.

**Fig. 1.** Flash smelting reaction mechanism: sulphide particle reacts with oxygen and silica flux forming matte and slag layers plus sulphur dioxide gases.



Kuva 2. Harjavallan kuparisulaton prosessikaavio.  
Fig. 2. Flowsheet of the Harjavalta copper smelter.

Liekkisulatusuuni on kolmiosainen (kuva 2). Perustana on suorakaiteenmuotoinen alauuni ja sen molemmissa päissä useimmiten lieriömäiset kuilut; syöttöpäässä reaktiokuilu ja toisessa päässä ns. nousukuilu.

Reaktiokuiluun syötetään rikasteet ja hiekka ja niistä sekä polttoilmasta ja tarvittaessa myös hapestaa muodostetaan polttotahtumaa ajatellen mahdollisimman edullinen suspensio.

Rikasteet palavat ja osin sulavat reaktiokuilussa. Lopullinen sulaminen tapahtuu alauunissa, missä myös erkanevat toisistaan kuona ja (metalli-)kivi. Kivi raskaampana laskeutuu uunin pohjalle.

Uunin säädön ja ohjauksen kannalta tärkeimmät ilmiöt tapahtuvat reaktiokuilussa.

Reaktiokuilun lämpötilaa säädetään raaka-aineista riippuen joko polttamalla tarvittava määrä öljyä reaktiokuilussa tai säätämällä reaktiokuiluun syötettävän ilma-happiseoksen happipitoisuutta, jolloin kokonaishappimäärä pidetään vakiona. Tämä jälkimmäinen vaihtoehto on käytössä Harjavallan kupariliekkisuunissa. Myös prosessi-ilman esilämmityksellä tuodaan lisäenergiaa uuniin.

Happipitoisuuden muutos tarkoittaa oikeastaan typen määrän muutosta kun kokonaishappimäärä pysyy vakiona. Kun happimäärä pysyy vakiona, pysyvät reaktiokuilun polttoreaktiot muuttumattomina. Vain typen määrän muutos vaikuttaa uunin lämpötaseeseen.

Rikasteen polttoastetta säädetään uuniin syötettävän raaka-aineen ja hapen suhteella. Primäärisesti tämä vaikuttaa ns. kivi-prosenttiin eli saatavan kiven kuparipitoisuuteen, mutta myös lämpötaseeseen, sillä muuttuuhan samalla rikasteen palamisesta saatava lämpömäärä. Tämä säätötapahtuma periaatteessa vaatii siis myös samanaikaista lämpötilan säätöä.

Sulat tai puolisolulat partikkelit erkanevat kaasusta ja las-

keutuvat uunin pohjalle alauunissa eli settlerissä, missä tapahtuu materiaalin lopullinen sulaminen sekä kuonan ja kiven erottuminen toisistaan. Raskaampi kivi laskeutuu alimmaksi kerrokseksi. Pinnalle jäävään kuonaan jää aina jonkin verran arvometalleja ja sen vuoksi tarvitaan erillinen kuonanpuhdistus (taulukko 1). Uunin poistokaasut johdetaan nousukuilun kautta jätelämpökattilaan, missä kaasujen ja kaasussa olevien pölypartikkelien lämpö hyödynnetään. Osa pölystä poistetaan jo kattilassa, mutta lopullisesti kaasut puhdistetaan erillisessä sähkösuodattimessa. Pölyt syötetään takaisin prosessiin ja kaasut johdetaan rikkihapon ja nestemäisen rikkidioksidin valmistukseen.

Jätelämpökattilasta saatava höyry käytetään Harjavallassa prosessi-ilman esilämmitykseen, sähköenergian tuotantoon ja erilaisiin lämmitystarkoituksiin kuten esimerkiksi nikkeli-elektrolyysilaitoksen prosessilämmöksi.

Periaatteessa lämpöä voidaan hyödyntää monella muullakin tavalla.

Taulukko 1. Tyypillisiä analyysejä Harjavallan kupariliekkisuunilta.

Table 1. Typical analyses from Harjavalta copper flash smelting furnace.

|                  | Rikaste<br>Concentrate | Kivi<br>Matte | Kuona<br>Slag |
|------------------|------------------------|---------------|---------------|
| Cu               | 24 %                   | 68 %          | 2,5 %         |
| Fe               | 29 %                   | 8 %           | 43, %         |
| S                | 32 %                   | 21 %          | 0,6 %         |
| SiO <sub>2</sub> | 6 %                    | —             | 27 %          |

## KONVERTOINTI

Liekkiuunista saatava kivi konvertoidaan Harjavallassa Peirce Smith -tyyppisillä konverttereilla. Käytettävissä on kuparisulatossa kolme konvertteria, joista korkeintaan kaksi on yhtä aikaa lämpimänä ja vain yksi kuparikonvertteri on puhalluksella ja toista panostetaan tai tyhjenetään. Nikkelisulatossa on kaksi konvertteria.

Konvertteripanoksen käsittelyssä on kaksi päävaihetta. Ensimmäisen vaiheen ns. kuonanpuhalluksen aikana hapetetaan se loppu rauta, mikä liekkiuunivaiheessa kiveen on jätetty. Vuosi vuodelta on liekkiuunin kiven rautapitoisuus laskenut eli kivi on tullut kuparin (nikkelin) suhteen rikkaammaksi. Tämä tarkoittaa sitä, että kuonanpuhallusvaihe on myös konvertterilla jäänyt entistä lyhyemmäksi. Vastaavasti myös entistä suurempi osa rikasteiden rikkisisällöstä tulee rikkihappotehtaalle jatkuvana virtana liekkiuuninlinjan kautta ja vähäisempi määrä panosprosessista johtuvana epäjatkuvana virtana konvertterien kautta.

Konvertterilla hapetettava rauta yhdessä kvartsihiekan kanssa muodostaa kuonaa. Sekä konvertteri- että liekkiuunin kuonat sisältävät niin paljon arvometalleja, että ne joudutaan käsittelemään erillisellä prosessilla.

Konvertoinnin toisessa ns. rikkaaksipuhallusvaiheessa muuttokivi, joka on lähes raudaton sula kuparisulfidi (taulukko 2), hapetetaan edelleen, jolloin rikki poistuu rikkidioksidi-kaasuna ja jäljelle jää raakakupari. Konvertointireaktioiden eksotermisyyden ansiosta konvertterissa on mahdollista ja tarpeen sulattaa huomattava määrä kuparipitoista romua.

**Taulukko 2.** Tyypillisiä konvertointituotteiden analyysejä.  
**Table 2.** Typical analyses for converting products.

|    | Cu-muuttokivi<br>Cu white metal | Raakakupari<br>Blister copper | Ni-hienokivi<br>Ni high grade<br>matte |
|----|---------------------------------|-------------------------------|--|
| Cu | 78 %                            | 98 %                          | 32 %                                   |
| Ni | 0,7 %                           | 0,6 %                         | 58 %                                   |
| Fe | 0,5 %                           | 0,003 %                       | 0,5 %                                  |
| S  | 20 %                            | 0,06 %                        | 7 %                                    |

## KUONIEN KÄSITTELY

Kuonien käsittelemiseksi on olemassa kaksi yleisesti käytettyä tapaa; pelkistys sähköuunissa ja kuonien hidas jäähdytys ja rikastaminen vaahdottamalla.

Sähköuunivaihtoehdossa kuonia pelkistetään sähköuunissa ja pelkistimenä käytetään useimmiten koksia. Kuona voidaan myös sulfidoida rikasteella tai pyriitillä.

Arvometallien liukoisuus kuonaan pienenee ja arvometallit laskeutuvat uunin pohjalle kivikerrokseksi ja sähköuunin kivi käsitellään konvertterissa yhdessä liekkiuunikiven kanssa.

Tätä menetelmää on Harjavallassa käytetty aikaisemmin kuparisulaton kuonien käsittelyssä ja käytetään edelleen nikkelisulatossa.

1960-luvun puolivälissä kehitettiin kuparikuonille vaahdotusmenetelmä, jota yksinomaan käytetään kuparikuonille Harjavallassa nykyisin.

Kuonat jäähdytetään hitaasti, jolloin kuparimineraalit kiteytyvät ja murskauksen ja jauhatuksen jälkeen ne vaahdoteetaan kuonarikasteeksi, joka syötetään takaisin sulatusprosessiin.

Vaahdotusmenetelmä on osoittautunut edullisemmaksi kuonanpuhdistustavaksi ennen kaikkea paremman kuparin talteensaannin takia.

Vaahdotusprosessi on muun sulaton toiminnasta erillinen vaihe, joten se antaa sulaton toiminnalle paljon enemmän joustavuutta kuin kuonien pelkistys sähköuunissa.

## ANODIVALIMO

Konvertoinnista raakakupari siirretään anodiuuniin jatkopuhdistukseen.

Anodiuunissa raakakuparista poistetaan hapettamalla vähäinen rikkimäärä, mikä on konvertoinnissa raakakupariin jätetty, sekä muita epäpuhtauksia.

Hapettamisen jälkeen ylimäärä hapestaa poistetaan pelkistämällä kupari propaanilla.

Pelkistyksen jälkeen kupari valetaan Outokumpu Oy:n kehittämällä automaattisella valukoneella halutun painoisiksi anodilevyiksi, jotka kuljetetaan edelleen Poriin elektrolyyttistä puhdistusta varten. Anodilejesta otetaan talteen mm. kulta, hopea ja seleeni (taulukko 3).

**Taulukko 3.** Tyypillinen anodikuparin analyysi Harjavallassa.  
**Table 3.** Typical anode copper analysis at Harjavalta.

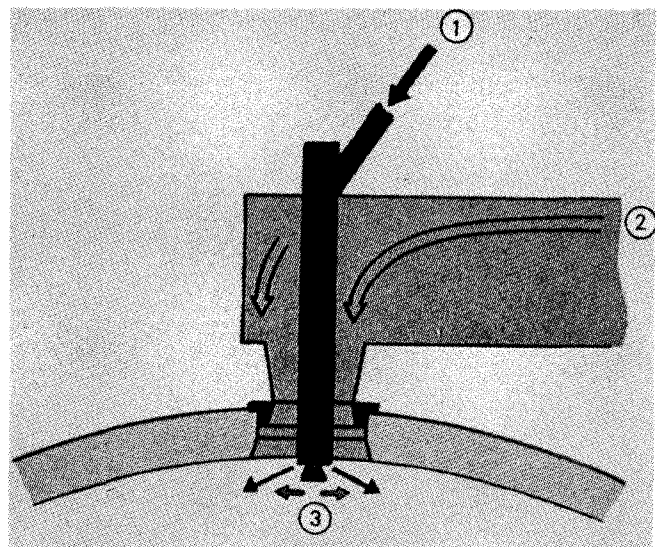
|    |           |
|----|-----------|
| Cu | 98,7 %    |
| Ni | 0,5 %     |
| S  | < 0,005 % |
| Pb | 0,00 %    |
| Se | 0,02 %    |
| As | 0,2 %     |
| Ag | 0,06 %    |
| Au | 0,0015 %  |

## SULATUSTEKNIKAN KEHITYKSESTÄ

Liekkisulatusmenetelmän kehittäminen on sisältänyt melkoisen määrän myös menetelmän soveltamisessa tarvittavaa laitetekniikan tutkimista ja kehittämistä.

Voidaan sanoa, että kaikki Harjavallan sulaton laitteet on rakennettu vähintään kerran uudestaan, useat laitteet hyvin moneen kertaan ja aina entistä parempaan konstruktion pyrkien. Harvoin on tyydytty laitteiden peruskorjauksien yhteydessä korjaamaan laite entisenlaiseksi.

Tyypillisenä laitteena, joka on rakennettu moneen kertaan ja aina parempaan pyrkien on ns. rikastepoltin (kuva 3). Koko sulaton historian ajan on rikasteiden polttotekniikan pa-



**Kuva 3.** Rikastepoltin.  
**Fig. 3.** Concentrate burner.



rantaminen ollut tutkimuksen ja kehityksen kohteena. Tämä onkin luonnollista, sillä ideaalisen suspension aikaansaaminen rikasteesta, ilmasta ja hapestä sekä rikasteen mahdollisimman hyvä poltto on eräs menetelmän lähtökohtia.

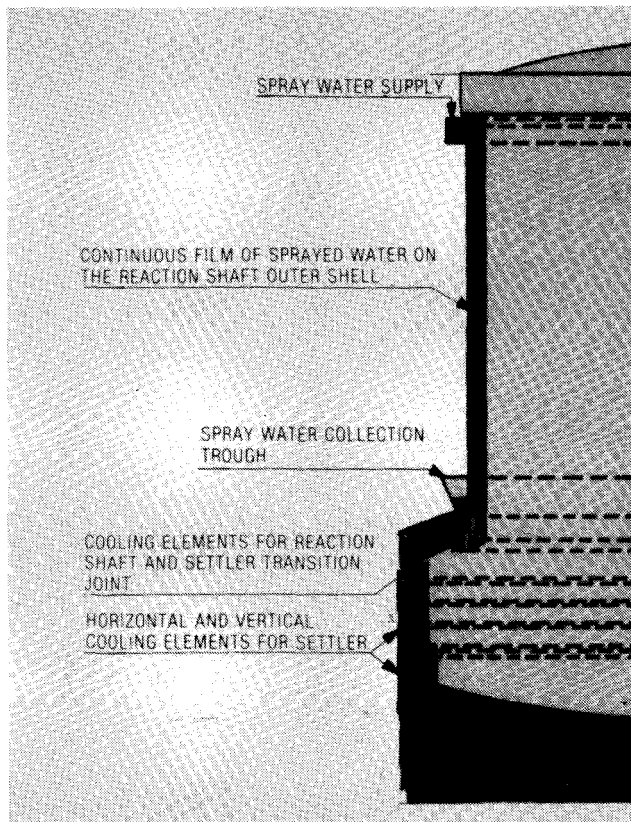
Liekkisulatuksen alkuaikojen ilmeisesti suurimmat ongelmat olivat uunin vuorausten kulumisen, jätelämpökattilan ongelmat sekä erilaiset lämmönvaihdinkonstruktio, joilla yritettiin siirtää poistokaasujen lämpösisältöä prosessi-ilmaan.

Uunin vuorausten kulumisen vähentäminen on ollut pitkäjännitteistä työtä ja tuloksia on syntynyt vähitellen. Alkuaikoina uuni oli muurattava muutaman kuukauden välein. 50-luvun loppuun mennessä saavutettiin uunin vuorausten kestossa yhden vuoden raja. Vuosikymmen myöhemmin päästiin kahteen vuoteen ja nyt uunit kestävät useita vuosia.

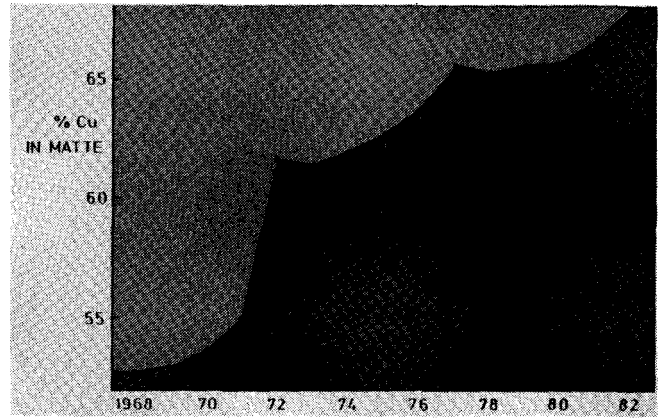
Tärkein syy vuorausten kulumisen vähentymiseen on ollut oikean jäähdystekniikan kehittäminen (kuva 4). Myös prosessin kaikinpuolinen hallinta on merkittävä tekijä. Esimerkiksi suuri lämpötilojen vaihtelu on erittäin rasittavaa uunin vuorauksille. Prosessin entistä parempi hallinta on vielä nytkin tavoitelistan kärkipäässä.

Liekkisulatusuunin kaasulinjan likaantumisen ja tukkeutumistaipumus on ollut ongelma alusta saakka. Näin etenkin ensimmäisten runsaan kahdenkymmenen vuoden aikana, kun osa poistokaasujen lämpösisällöstä hyödynnettiin prosessi-ilman esilämmityksessä rekuperaattoria käyttäen. Nykyisessä kaasulinjassa ei rekuperaattoria enää ole, mutta kattilan likaantuminen vaatii edelleenkin kehitystyötä.

Sitä mukaa kuin ongelmaan on keksitty parannuksia, on myös voitu ja on kannattanut siirtyä käsittelemään entistä kompleksisempia raaka-aineita. Raaka-aineiden aiheuttamat haasteet kasvavat jatkuvasti, joten kehitettävää tältäkin osin riittää.



**Kuva 4.** Reaktiokuilun jäähdystys.  
**Fig. 4.** The cooling system in the reaction shaft area.



**Kuva 5.** Kiven kuparipitoisuuden kehitys v. 1968–1982.  
**Fig. 5.** Annual average matte grade in the Outokumpu Harjavalta copper smelter.

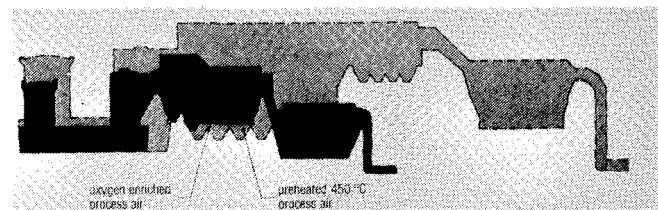
Liekkisulatusmenetelmää ja siihen liittyvää laitetekniikkaa ei voi rajata omaksi muusta sulattotekniikasta riippumattomaksi erilliseksi alueeksi.

Sulatto on kokonaisuus, jossa kaikki vaikuttaa kaikean. Huomattava taloudellinen, tekninen ja ympäristönsuojelullinen etu — kiviprosentin nostaminen tavanomaisesta 40–50 %:sta nykyiselle tasolle n. 70 %:in — edellyttää esimerkiksi kiven jatkokäsittelyä, konvertoinnin, osaamista aivan toisella tavalla kuin ”laihalla” kivellä (kuva 5).

Kiviprosentin nostaminen asettaa myös kuonien puhdistamisprosessille uusia vaatimuksia. 60-luvun puolivälistä asti käytössä ollut vaahdotusprosessi on osoittautunut hyväksi vaihtoehdoksi.

Vaahdotusprosessin tuottaman kuonarikasteen käsittely sulatossa vaatii lisäkapasiteettia. Happisulatusprosessia käytettäessä lisäkapasiteettia tarvitaan kuitenkin vain rikasteiden kuivaukseen ja sulan käsittelyssä, mutta vastaavasti liekkiuunin kaasunkäsittelyssä tarvitaan vähemmän kapasiteettia. Kuonarikasteen lämpösisältö on vähäinen, joten se vaatii korkeampaa happirikastusastetta liekkiuunissa ja johtaa näin pienempiin kaasumääriin.

Tämä on erityisen merkittävää jätelämpökattilan ja sähkösuodattimien ohella rikkihappotehtaan kannalta. Käsiteltävät kaasuvolyymit pienenevät ja se merkitsee pienempiä investointikustannuksia ja pienempiä käyttökustannuksia. Vastaavasti korkeammat kaasujen rikkidioksidipitoisuudet tekevät helpoksi nestemäisen rikkidioksidin valmistuksen sulattokaasuista. Osa kaasujen rikkidioksidista voidaan nesteyttää ja silti jää kaasujen rikkidioksidiväkevyyden korkeaksi, että ne hyvin soveltuvat rikkihapon valmistukseen (kuva 6).



**Kuva 6.** Happirikastuksen vaikutus kuparisulaton mitoittamiseen.  
**Fig. 6.** The influence of oxygen enrichment on the size of a copper smelter.

Vuonna 1971 Harjavaltaan rakennettiin ensimmäinen happitehdas, jonka avulla liekkisulatusuunien prosessi-ilman happipitoisuus nostettiin 35–45 %:iin. Happiteknologian hyväksikäytön osoittaututtua taloudellisesti edulliseksi ja teknisesti luotettavaksi rakennettiin Harjavaltaan toinen happitehdas v. 1984 tällä kertaa Oy AGA Ab:n toimesta, ja happirikastus nousi 70–95 %:iin.

Rinnan oman tuotannon ja kehitystyön on liekkisulatusmenetelmä valloittanut maailmaa.

Ensimmäinen Outokumpu Oy:n lisenssillä rakennettu sulatto käynnistyi Japanissa 1956 ja toinen Romaniassa 1966. Tällä hetkellä maailman kuparista tuotetaan tällä menetelmällä lähes kolmannes. Kuparisulattoja on rakennettu yhteensä 22 kpl ja nikkelisulattoja 4. Tämän lisäksi on myyty useita lisenssejä, joista osa on joko suunnitteluvaiheessa tai rakenteilla. Rakenteilla olevistakin kaksi tai kolme on aivan pian käynnistysvaiheessa (kuva 7).

Viimeisten kymmenen vuoden aikana on käynnistetty Outokummun menetelmään perustuvat isot kuparisulatat Espanjassa, USAssa, Puolassa, Etelä-Koreassa ja Neuvostoliitossa, missä samanaikaisesti käynnistettiin myös iso nikkelisulatto.



**Kuva 7.** Maailman liekkisulatat.  
**Fig. 7.** World of flash smelters.

## SUMMARY

### DEVELOPMENT OF FLASH SMELTING TO BECOME THE LEADING SMELTING METHOD FOR COPPER AND NICKEL CONCENTRATES

In the beginning of the year 1985 forty years had elapsed since Outokumpu Oy started production at Harjavalta. The copper smelter was transferred from Imatra to western Finland due to the proximity of war operations on the eastern border.

In the post-war situation a new smelting process, the flash smelting method, had to be developed to replace the old method of smelting copper concentrates because electric smelting required too much expensive electric energy.

The thermal energy generated in the oxidation of sulphidic concentrates is used in the flash smelting method considerably more efficiently than in the other methods. The basic idea in flash smelting is simple (Figure 2). Dry concentrate is burned in an air or air/oxygen suspension so that the resulting latent heat is utilised in the smelting of concentrate. Three conventional processes are combined in the single flash smelting unit:

## OUTOKUMMUN MENETELMÄN EDUT

Vertailtaessa Outokummun liekkisulatusmenetelmää muihin yleisesti käytössä oleviin menetelmiin voidaan luetella ainakin seuraavat liekkisulatusmenetelmän edut.

1. Liekkisulatusmenetelmällä voidaan hyödyntää parhaiten rikasteiden polttoenergia. Osittain polttamisessa syntynyt lämpö käytetään rikasteiden sulatukseen ja osa hyödynnetään jätelämmön hyväksikäytön kautta.
2. Liekkisulatusmenetelmässä rikistä poltetaan n. 75 % liekkiuunissa ja noin 25 % konvertterissa. Näin valtaosa rikistä saadaan tasaisena rikkaana kaasuvirtana, mistä on helppo valmistaa rikkihappoa ja nestemäistä rikkidioksidia tai elementtirikkiä. Käytettäessä polttoilman happirikastusta kaasujen rikkidioksidiväkevyyden suuri ja käsiteltävät kaasumäärät pieniä.
3. Edellisestä johtuen liekkisulatus on ympäristöystävällinen. Rikin talteensaanti on kertaluokkaa parempi kuin muissa konventionaalisissa prosessivaihtoehdoissa.
4. Liekkisulaton, mukaanlukien rikkihappotehtaat, investointikustannukset ovat kilpailevia menetelmiä alhaisemmat.
5. Prosessi on helposti automatisoitavissa ja on joustava käsittelemään erilaatuisia raaka-aineita.
6. Prosessi on luotettava. 95 % käyntiaikahyötysyhyde on saatavissa ja sulattoa voidaan pitää käynnissä useita vuosia ilman peruskorjauksia.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Bryk P., Ryselin J., Honkasalo J. and Malmström R., Journal of Metals 10 (1958).
2. Toivanen T. and Grönqvist P.O., Canadian Mining and Metallurgical Bulletin 57 (1964).
3. Nermes E.O. and Talonen T.T., Journal of Metals 34, No. 11 (1982)
4. Murden K. and Andersson B., Mining Equipment International, October 1980.
5. Juusela J.T. and Mäkinen J.K. The Second International Symposium on Management of Copper Resources, Lubin, Poland, April 27–28, 1977.
6. Mäkinen J.K. and Jäfs G.A., Journal of Metals 34, No. 6 (1982).
7. Andersson B., Hanniala P. and Härkki S., Canadian Mining and Metallurgical Bulletin Vol. 75 (1982).
8. Härkki S., Aaltonen O. and Tuominen T., Extractive Metallurgy of Copper, edited by J.C. Yannopoulos, J.C. Agarwal, The Metallurgical Society of AIME, New York, 1976.
9. Mäkinen J.K., Jäfs G.A. and Hanniala P., The First International SME-EIME Fall Meeting, Honolulu, Hawaii, September 4–9, 1982.
10. Honkasalo J., Tuominen T., Juusela J., "Copper 83", Metals Society, Nov. 1–2, 1983, London, UK.

roasting, smelting and partial converting.

One of the most important developments in the process was made in 1971 when oxygen enrichment of combustion air was introduced.

In addition to being the company's own production and development unit, the flash smelter has been successfully marketed to capture a large share of the world's smelter market.

The first smelter built under Outokumpu Oy's licence was commissioned in Japan in 1956 and the second in Romania in 1966. Today nearly one third of the world's copper is produced by this method. 22 copper smelters and 4 nickel smelters have been built. In addition, many other smelters are being designed and built at the moment under Outokumpu's licence.

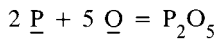
# Uudet raakaraudan fosforinpoistomenetelmät valtaavat alaa

Dipl.ins. Pekka Karvonen, Prosessimetallurgian laitos, Teknillinen korkeakoulu, Otaniemi

## YLEISTÄ

Fosfori on varsin haitallinen ja ikävä kyllä myös yleinen epäpuhtaus useissa rautamalmeissa. Sen haurastuttava vaikutus teräkseen tunnettiin jo 1800-luvulla ja runsaasti fosforia sisältävän raakaraudan hyödyntämiseksi jouduttiin jopa kehittämään oma Thomas-prosessinsa.

Nykyaikaisessa konventionaalisessa teräksenvalmistusprosessissa pyritään fosfori poistamaan konvertoinnin yhteydessä. Konvertterissa vallitseva korkea happipotentiaali ja sen kuonan suuri emäksisyys suosivatkin fosforin poistoa, mutta piin, hiilen ja fosforin palamisesta aiheutuva korkea lämpötila siirtää hapettavan fosforinpoistoreaktion



tasapainovakiota vasemmalle. Ilman kalliita ja vaivalloisia kaksoiskuonakäsittelyjä on normaaleistakin raaka-aineista vaikea valmistaa tiukimpien spesifikaatioiden mukaisia laatu-teräksiä.

Teräksenvalmistusfilosofia on viime aikoina ollut voimakkaasti muuttumassa suuntaan, jossa jokainen metallurginen osaprosessi suoritetaan omana erillisenä yksikköoperaationa. Aiemmin oli teräksenvalmistus selvästi keskittynyt yhteen vaiheeseen, konvertteriin. Sekä prosessien taloudellisuus että laatuksilymykset ovat kuitenkin tänään pakottaneet optimoimaan ja rationalisoimaan tuotantoa. Masuunin raaka-aine, sintteri, valmistetaan mahdollisimman tarkoituksen mukaiseksi jo sintraamalla, rikinpoisto suoritetaan raakaraudasta ennen konvertointia ja deoksidointi ja erilaiset senkkäkäsittelyt konvertoinnin jälkeen ovat Suomessakin käytössä olevia operaatioita.

Tämän ansiosta on kyetty saavuttamaan hyviä tuloksia, sillä vaikka tuntuisikin houkuttelevalta supistaa reaktoreiden lukumäärä mahdollisimman pieneksi, on laadun ylläpitäminen masuuni-konvertterireitillä tällöin vaikeaa. Sekä masuuni että konvertteri sisältävät useita eri tehtäviä, joiden mahdollisimman hyvä suorittaminen haittaa usein toisten tehtävien optimaalista suorittamista. Esimerkkinä tästä on pitkälle viety fosforinpoisto konvertterissa, joka puolestaan aiheuttaa suuren raudan kuonatappion. Suoritettaessa jokainen kemiallinen yksikköoperaatio omassa reaktorissaan on niiden optimointikin helpompaa.

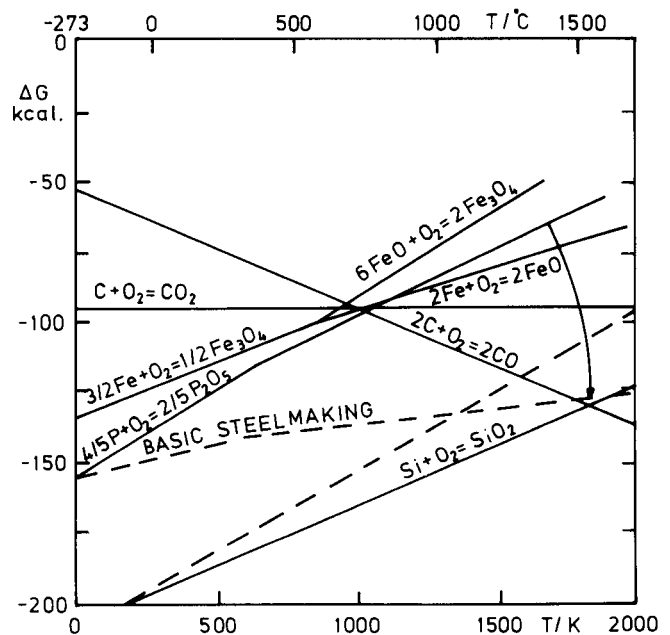
## RAAKARAUDAN FOSFORINPOISTO

Klassinen LD-konvertterin ja kaikkien muidenkin yleisesti käytössä olevien happipuhalluskonvertterien primäärinen tehtävä on poistaa raakaraudasta hiili, pii, fosfori ja rikki haluttuille pitoisuuksille. Tällaisella prosessilla on kuitenkin eräitä haittoja, etenkin valmistettaessa matalafosforisia teräslaatuja,

jolloin rautatappiot kuonaan saattavat olla varsin mittavia. Lisäksi on varsin kyseenalaista kannattaako piin hapettamisen käyttö konvertterin lämpötilouden ylläpitämiseen kun tiedetään, että vain murto-osa, eräiden arvioiden mukaan vain 3 % piin pelkistämiseen vaadittavasta energiasta saadaan konvertterissa käyttöön [1]. Myös konvertterin kuonamäärän pienentämistä on pidetty aiheellisena aina kuonattomaan konvertteriprosessiin saakka.

Useissa tutkimuksissa on todettu, että raakaraudan fosforinpoisto ei ole mahdollista, ellei piipitoisuutta saada laskeutuksi noin 100–200 ppm:ään piin kuonautuessa muutoin ennen fosforia. Termodynaamisesti tämä on helppo nähdä tavallisesta Ellinghamin diagrammista. Kuvassa 1 on esitetty eräiden hapettumisreaktioiden tasapainoja tällaisessa diagrammissa. Jos piin aktiivisuus  $a_{Si}$  on yksi, tapahtuu piidioksidin muodostuminen ennen fosforin kuonautumista, jonka tasapaino on kuvassa esitetty katkoviivalla normaalille emäksiselle teräskuonalle. Piin aktiivisuuden pienentyessä siirtyy pii-happi-tasapaino vastapäivään ja tullaan pisteeseen, jossa fosfori hapettuu ennen piitä.

Kaikki edellä mainittu yhdistäen on etenkin Japanissa tultu siihen tulokseen, että konvertteriprosessi kannattaa hajottaa kolmeen osaan: piinpoistoon, yhdistettyyn fosforin- ja rikinpoistoon ja tämän jälkeiseen hiilenpoistoon.



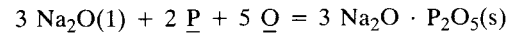
Kuva 1. Fosforin ja piin tasapainot teräksenvalmistuksessa.  
Fig. 1. P and Si equilibrium lines in steelmaking.

Piinpoisto voidaan suorittaa usealla eri tavalla [2]. Kokeiltuja menetelmiä ovat piinpoisto masuuninlaskukouruissa, jolloin pääasiassa raudan oksideista muodostunutta fluxia lisätään laskukourussa virtaavaan raakarautaan ja muodostuva kuona erotetaan metallista portin avulla ennen senkkaan laskea. Toinen tapa on lisätä samantyyppinen fluksi juuri ennen raakaraudan putoamista senkkaan, jolloin tehokkaan sekoituksen ansiosta saadaan aikaan tehokas piinpoistuminen. Pii voidaan poistaa myös injektioprosesseilla torpedo- tai senkka-vaunussa, jolloin kuonan rautapitoisuus voidaan pitää erityisen alhaisena. Neljäs tapa poistaa pii on tehdä se erityisesti tätä tarkoitusta varten varatussa konverterissa käyttäen kuonaa, jonka emäksisyys  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  on noin 1. Kullakin menetelmällä on omat hyvät ja huonot puolensa, mutta kaikista niistä saatava kuona on hyödynnettävissä masuuninprosessissa. Taloudellisesti kannattavan piinpoiston edellytyksenä on kuitenkin raakaraudan suhteellisen alhainen piipitoisuus masuunissa, mikä lienee muutenkin yleinen pyrkimys.

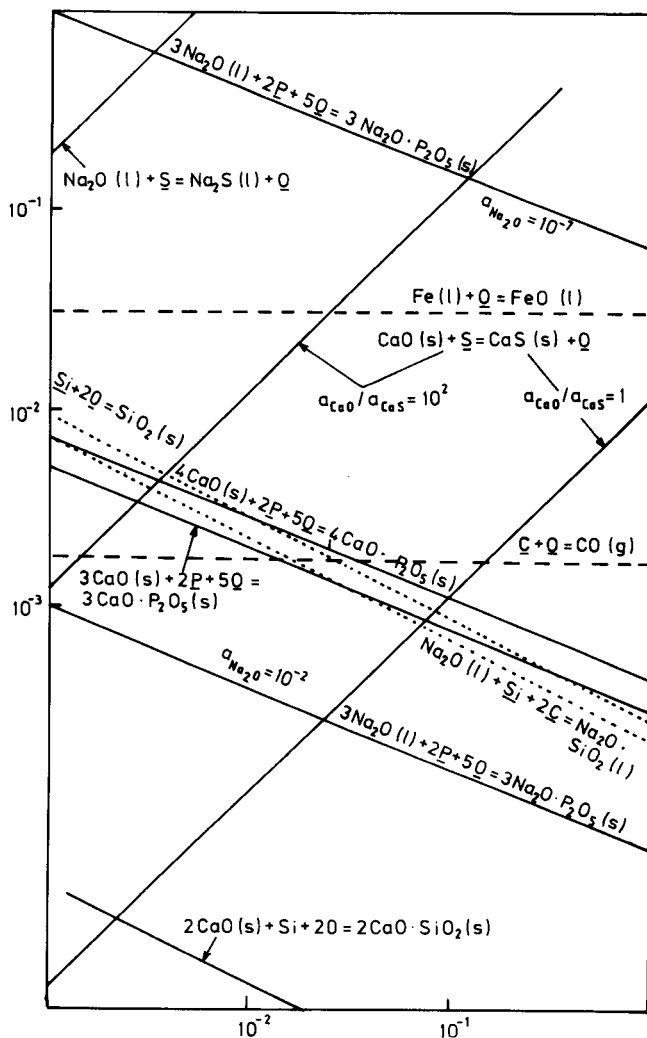
Koska jokainen erillinen käsittelykertaa vääjäämättä laskee raakaraudan lämpötilaa ja rikki on raudasta joka tapauksessa poistettava, ei fosforinpoiston lisäksi erillistä rikinpoistoasemaa voida rakentaa, vaan rikin- ja fosforinpoisto on suoritettava samanaikaisesti. Yhteistä rikin ja fosforinpoiston suotuisalle suorittamiselle on kuonan suuri emäksisyys. Mutta miten

saavuttaa samanaikaisesti rikinpoiston vaatimat pelkistävät olosuhteet ja korkea lämpötila ja fosforinpoiston vaatimat hapettavat olosuhteet ja matala lämpötila hapettamatta kuitenkaan hiiltä raudasta? Tämän asian selvittämiseksi vaaditaan lyhyt termodynaaminen tarkastelu.

Kuvassa 2 on esitetty hapen aktiivisuus raudassa metalliin liuenneiden epäpuhtauksien aktiivisuuksien funktiona  $\text{Na}_2\text{O}$ :n ja  $\text{CaO}$ :n ollessa kuonan pääkomponentit. Vaakasuurat viivat esittävät rauta-happitasapainoa ja hiili-happitasapainoa, jotka käytännössä määräävät happipotentiaalialueen, jos raakaraudan piipitoisuus ei ole kovin suuri. Kuvaan on piirretty ty kaksi suoraa osoittamaan tasapainoa:

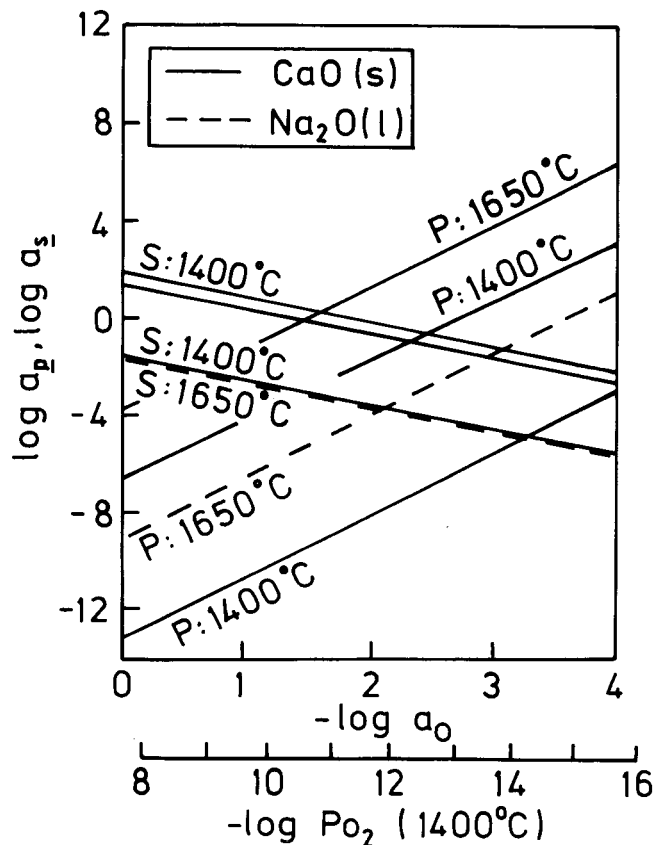


ylempi suora natriumoksidin aktiivisuudella  $1 \cdot 10^{-7}$ , alempi aktiivisuudella  $1 \cdot 10^{-2}$ . Edellä mainittu tilanne koskee tapausta, jossa raakaraudassa ja siis myös kuonassa on piitä ja rikkiä huomattava määrä, jälkimmäinen tapausta, jossa kuonan muodostaa periaatteessa puhtas karbonaatti. Kuva 3 on otettu Emin esitelmästä Scaninject III:ssä [3]. Se osoittaa havainnollisesti kiinnostavat fosfori-kuona ja rikki-kuona tasapainot käytettäessä  $\text{CaO}$ - ja  $\text{Na}_2\text{O}$ -kuonia. Kuvaan on piirretty  $\log a_{\text{P}}$  ja  $\log a_{\text{S}}$  hapen aktiivisuuden funktiona ja siitä nähdään, että käytettäessä soodaa voidaan rikin ja fosforin aktiivisuudet raudassa laskea alle 0.001 laajalla hapen osapainealueella  $1 \cdot 10^{-10}$ – $1 \cdot 10^{-16}$  atm. Toisin sanoen, rikin- ja fosforinpoisto on itse asiassa riippumaton happipaineesta ja ne voivat tapahtua samassa paikassa samanaikaisesti, kun vain pysytään tällä laajalla hapenpainealueella! Lisäksi soodan hapetuskyky



**Kuva 2.** Laskettuja kuonatasapainoja raakaraudassa 1350°C:ssa.

**Fig. 2.** Calculated equilibria for slag reactions in a raw iron melt at 1350°C.



**Kuva 3.** Rikin ja fosforin tasapainoaktiivisuudet raakaraudassa tasapainossa  $\text{Na}_2\text{O}$ - ja  $\text{CaO}$ -kuonien kanssa.

**Fig. 3.** Activities of P and S in raw iron in equilibrium with  $\text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{CaO}$ .



**Yli 50 % maailman jäätämurtavista alu  
Silti se on vain jäävuoren huippu osaan**





# ksista rakennetaan Rautaruukin teräksistä. nisestamme.



Suurimmat haasteensa Rautaruukki on kohdannut arktisessa osaamisessa — teräsrakenteissa, jäänmurtaajissa, porausaluksissa, offshore-rakenteissa. Niissä terästen on kestävä äärimmäisen vaikeita olosuhteita, matalia lämpötiloja ja nopeasti syövyttävää merivettä.

Rautaruukki on päässyt arktisten terästen tutkimus- ja kehitystyössä pitkälle. Se on noussut yhdeksi alan johtavaksi yritykseksi maailmassa. Uuden oivaltaminen on synnyttänyt kokonaan uudenlaisia teräslajeja esimerkkeinä RAEX POLAR- ja RAEX ARCTIC-erikoisteräokset.

Tulevaisuuskin näyttää lupaavalta; arktisten alueiden raaka-ainevarojen hyödyntäminen etenee voimakkaasti ja sen myötä kasvaa luonnollisesti myös arktisten terästen kysyntä.

Mutta Rautaruukki on paljon muutakin — arktisten erikoisteräosten ohella Rautaruukki pystyy hyvin kilpailemaan tuotantonsa tehokkuudella, monipuolisuudella ja osaamisella.

Ennakkoluulottomasti kehitetty tuotantoteknologia viimeisimpine tieto-taitosovellutuksineen vastaa tämän päivän laatu- ja tehokkuusvaatimuksia, montaa kertaa jopa paremmin kuin kilpailijoilla.

Kun haluat tietää enemmän toiminnastamme, tuotteistamme, teknisestä osaamisesta ja kokemuksestamme, kerromme mielellämme lisää.

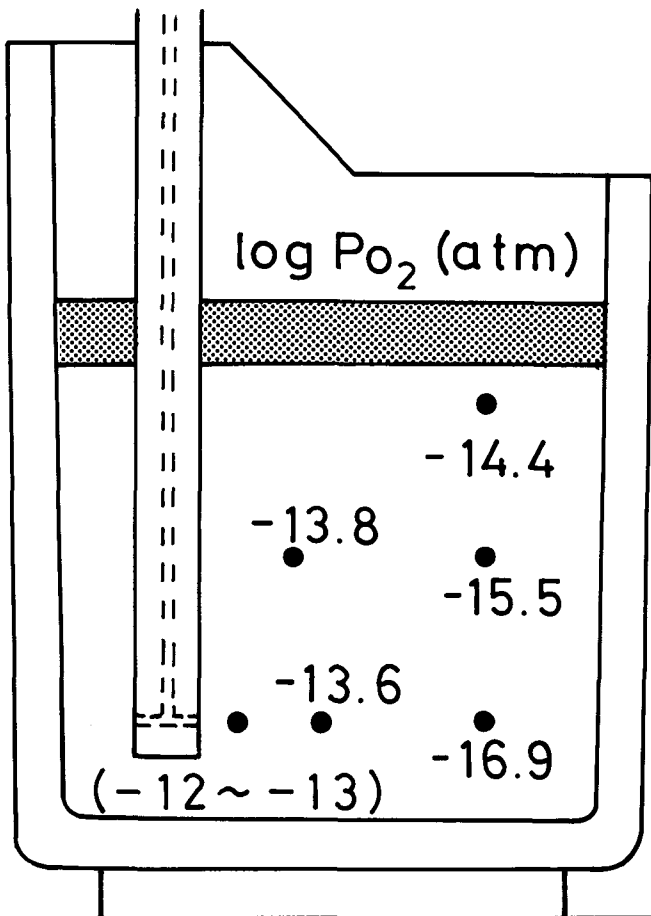


**RAUTARUUKKI OY**

Kiilakiventie 1, PL 217, 90101 OULU  
Puh. 981-327711, telex 32109 steel sf

riittää yksinään tämän happipotentiaalın saavuttamiseen. Tämä kaikki on jossain määrin yllättävää, sillä kaikissa vanhoissa metallurgian oppikirjoissa on painotettu rikin- ja fosforinpoiston vaatimia erilaisia olosuhteita ja siitä johtuvaa niiden samanaikaisen poiston hankaluutta.

CaO-pohjaisia esikäsittelykuonia käytettäessä on tilanne hieman toinen. CaO on hyvin stabiili yhdiste, jonka hapetuskyky on vain vähäinen. CaO-pohjaisten fluksien emäksisyys on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin open hearth- tai LD-kuonien. CaO-pohjaisten kuonien käyttö vaatii lisähapettimia ja itse fluksin lisääntymällä on ratkaiseva merkitys prosessin onnistumiseen. Tarvittava hyvä sekoitus saavutetaan injektioimalla fluksi metalliin. Kuvasta 3 havaitaan, että samanaikaisesti laajaa happipotentiaalialuetta matalan rikin ja fosforin aktiivisuuden saavuttamiseksi ei ole, vaan reaktioiden on tapahduttava senkan eri osissa. Ongelma on ratkaisu injektioimalla kuvan 4 mukaisesti fluksi happi- tai happi-tyyppi-kaasun toimiessa kantajakaasuna syväälle raakarautaan. Injektio kohdassa muodostuvat sulat kalsiumferriittipisarat hapettavat fosforin ympäröivästä raakarautasta muodostaen sulia CaO-CaF<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-SiO<sub>2</sub>-pisoita. Happipotentiaali injektio kohdan läheisyydessä on siis riittävä fosforin hapettamiseksi. Rajoittamalla hapettimien määrää voidaan samanaikaisesti minimoida happipotentiaali pintakuonan alla ja luoda näin ollen edellykset pelkistävälle rikinpoistolle.

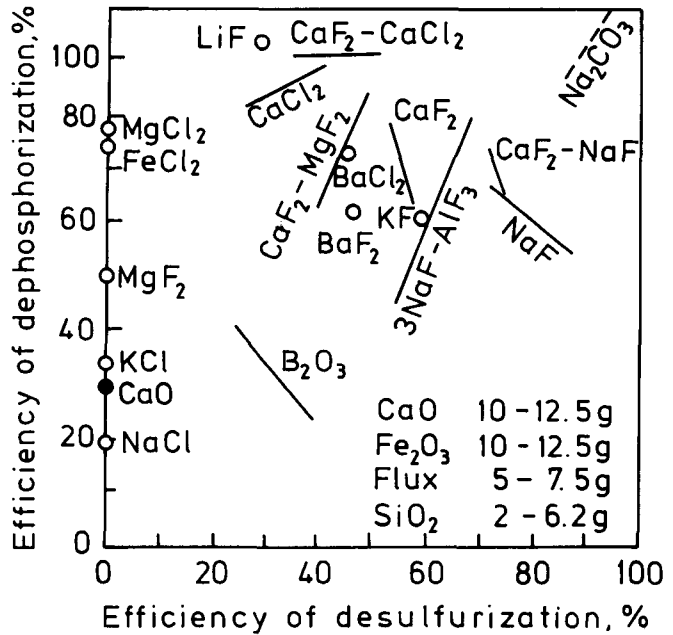


**Kuva 4.** Happipotentiaalın jakautuminen raakarautasenkassa kalkki-injektioinnin aikana.  
**Fig. 4.** Distribution of  $p_{O_2}$  in raw iron during the injection of lime mixture.

## KÄYTÄNNÖN PROSESSEJA

Lukuisia sooda- ja CaO-pohjaisia esikäsittelykuonia on testattu laboratorio- ja pilont plant-mittakaavassa erityisesti Japanissa. Kuvassa 5 on esitetty erilaisten lisäaineyhdistelmien vaikutusta CaO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-kuonien rikin- ja fosforinpoistotehokkuuteen. Oikeassa yläkulmassa on puhtaan soodan arvot.

Myös teollisuusmittakaavaisessa käytössä on muutamia prosesseja, joista seuraavassa esitellään yksi kumpaankin fluksityyppiin kuuluva prosessi. Kummatkin ovat käytössä Japanissa, missä esikäsittelyprosessien kehitystyössä ollaan pöydällä.



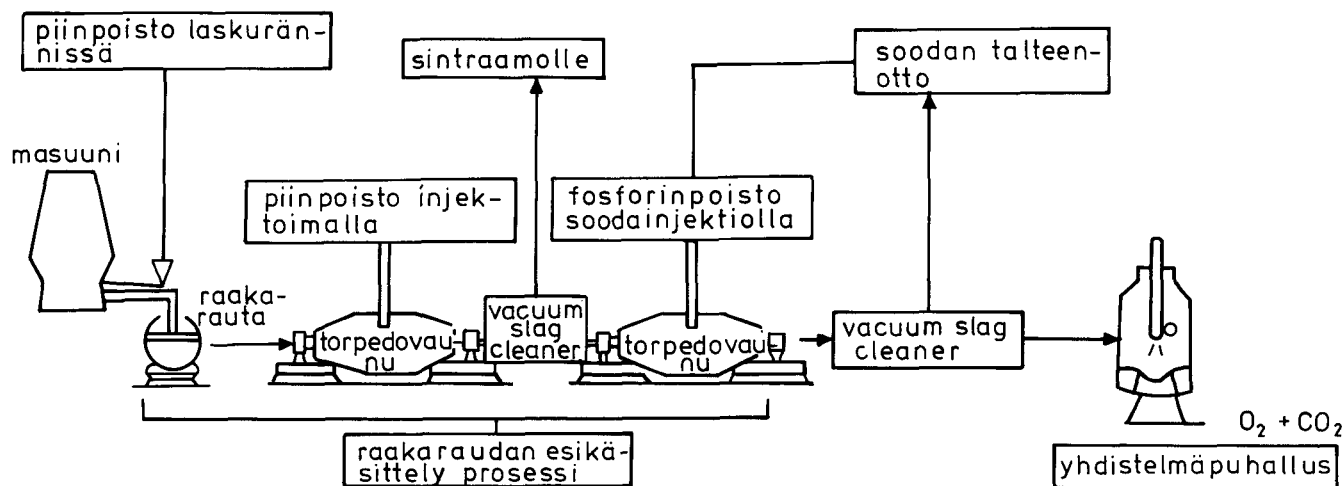
**Kuva 5.** Eri lisäaineiden vaikutus CaO kuonien rikin- ja fosforinpoistokykyyn.

**Fig. 5.** The effect of different additions on the desulphurization and dephosphorization efficiency of lime slags.

## Sumimoto Metals'n soodaprosessi /4/

Ajavana voimana Sumimoto Metals'n prosessin kehitystyössä on ollut usko sekä matalan fosforipitoisuuden omaavan teräksen kysynnän kasvuun että esikäsittelyprosessin yleiseen taloudellisuuteen. Tutkimukset soodan käyttämisestä samanaikaiseen rikin- ja fosforinpoistoon aloitettiin 1977 ja teollista soodaa käyttävä SARP (Sumimoto Alkali Refining Process) on toiminut vuodesta 1982. Kuvassa 6 on esitetty skemaattisesti prosessin kulku. Masuunin jälkeen ensimmäiseksi suoritetaan piinpoisto lisäämällä Mn- tai Fe-malmia masuunin laskukouruun. Tällöin ei piinpoistoon kulu ylimääräistä aikaa ja raakarautan lämpötilan lasku on pieni. Piinpoistoa on kuitenkin jatkettava torpedovaunussa jotta saavutettaisiin vaadittava alle 0.1 % piitaso. Tämän vaiheen kuona poistetaan vakuumi-imurilla ja käytetään uudelleen sintraamolla. Rikin- ja fosforinpoisto tapahtuu myös torpedovaunussa injektioimalla soodaa, jota kuluu 15-19 kg/t raakarautaa. Fosforipitoisuus käsittelyn jälkeen on noin 0.008 %. Syntynyt kuona poistetaan vakuumi-imurilla ja käsitellään soodan talteenottamiseksi. Hiilenpoisto tapahtuu Sumimoton kehittämällä STB-yhdistelmäpuhalluskonverterilla. Lopputuotteen fosforipitoisuus on luokkaa 0.010 %.





Kuva 6. Sumimoto Metals'in uusi soodaprosessi.  
Fig. 6. The new soda refining process of Sumimoto Metals.

Kyseisenkaltaisen soodaprosessin teknisinä vaikeuksina on pidetty vuorauksien huonoa kestoja ja huonoa lämpöaloutta. Vuorauksen kesto Sumimotoilla sanotaan olevan vähintään tyydyttävä käytettäessä  $Al_2O_3-SiC-C$  vuorausta kuonarajalla. Injektioalansi on valettu korkea-aloksisesta materiaalista. Esikäsittely sitoo lämpöä ja pienentää konvertteriprosessin romunsulatuskapasiteettia. Tämä pienentää halpaa romua käytävien terästehtaiden kiinnostusta erillisiin esikäsittelyprosesseihin. Lämpökompensaatiota pyritään Sumimotoilla ratkaisemaan esim soveltamalla  $CO_2$ :n jälkipoltoa ja kiinteiden polttoaineiden käyttöä konvertterissa. Tulevaisuudessa menetelmää aiotaan laajentaa ultramatalan fosforipitoisuuden saavuttamiseksi teräksissä ( $P \leq 0.003\%$ ) sekä smelting-reduction-prosessin kehittämiseksi STB:stä. Taulukossa 1 on esitetty SARP:n etuja matalafosforisen teräksen tuotannossa.

### Nippon Steelin kalkkiprosessi /5/

Nippon Steelin ORP-prosessin (Optimizing Refining Process) kehitystyö aloitettiin 1978 ja prosessi saatiin teolliseen käyttöön 1982. ORP-prosessi, joka on skemaattisesti esitetty kuvassa 7 (seuraavalla sivulla), jakaantuu kolmeen peräkkäiseen hapetusvaiheeseen masuunin ja jatkuvavalukoneen välillä. Ensimmäisessä vaiheessa poistetaan pii lisäämällä happea rautaoksidien muodossa masuunin laskukouruun 4.5 kg/t raakarautaa, jolloin päästään piipitoisuuteen 0.15 %, jonka katsotaan olevan riittävä fosforinpoistolle. Kuona poistetaan vetämällä ja granuloidaan. Toisessa vaiheessa injektoidaan torpedovauun  $CaO-CaF_2-CaCl_2-FeO$  fluksia typpikaasun avulla. Vauussa tapahtuu samanaikaisesti rikin- ja fosforinpoistuminen ilman että hiiltä tai mangaania hapettuu. Kolmannessa vaiheessa hapetetaan hiili Nippon Steelin kehittämällä LD-OB yhdistelmäpuhalluskonvertterilla. Tuotettaessa terästä, jonka fosforipitoisuus on 50 ppm, on kalkin kulutus 40 kg/t raakarautaa, 100 ppm:n terästä tuotettaessa on kulutus 25 kg/t raakarautaa. ORP-prosessilla tuotetaan koko NSC:n Kimit-sun tehtaan 400 000 tonnin kuukausituotanto.

Taulukko 1. SARP-prosessin etuja verrattuna LD:hen.  
Table 1. Effect of SARP on refining of low phosphorus steel.

|                              | 2-kuona LD | SARP-STB              |
|------------------------------|------------|-----------------------|
| kalkki                       | base       | -30kg/t               |
| dolomiitti                   | base       | -4kg/t                |
| konvertterikaasun saanti     | base       | +17Nm <sup>3</sup> /t |
| Fe-saanti                    | base       | +2.0 %                |
| seosainekustannukset         | 1.0        | 0.35                  |
| P-pitoisuuden osumistarkkuus | 85%        | 100 %                 |
| charge-to-tap aika           | 1.0        | 0.5                   |

### YHTEENVETO

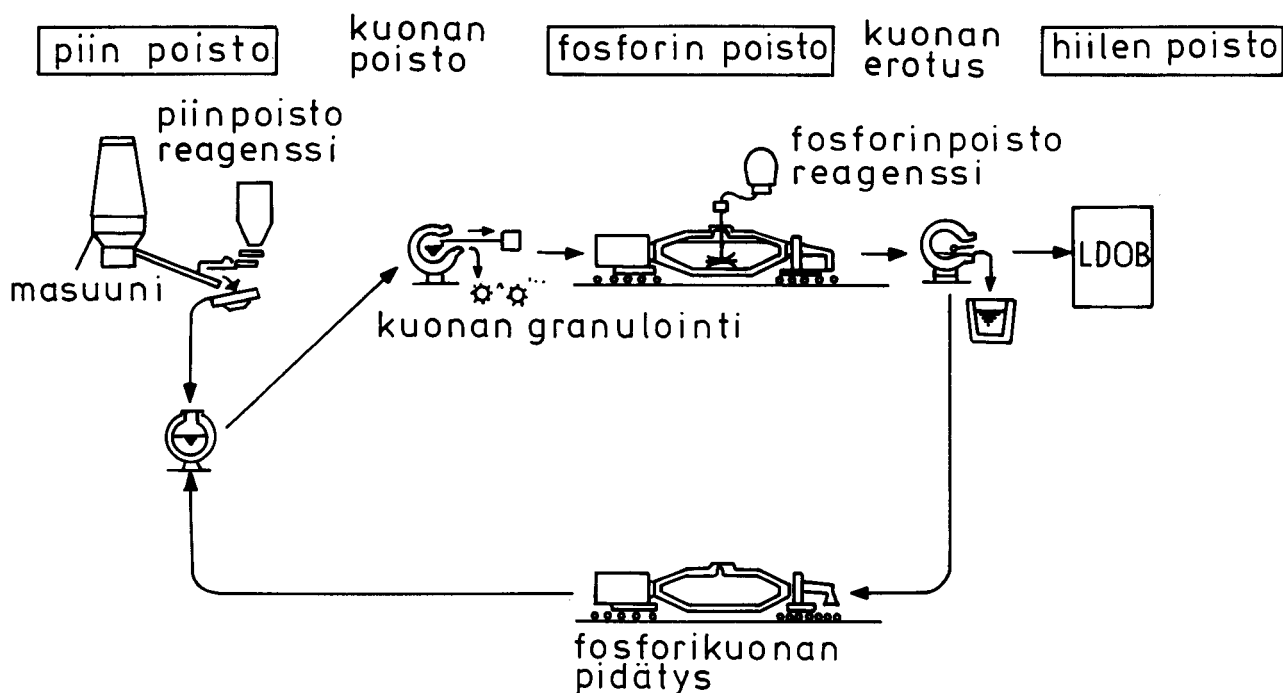
Japanissa uskotaan varsin voimakkaasti raakaraudan esikäsittelyprosessien tulevaisuuteen. Korkealaatuisten, vähän fosforia sisältävien teräksien kysynnän uskotaan kasvavan voimakkaasti. Tuotantokustannukset teräksen jatkuvassa massatuotannossa eivät kuitenkaan saa nousta. Näiden keskenään ristiriitaisten tavoitteiden toteuttamiseksi uskotaan raakaraudan esikäsittelyprosessien olevan paras ratkaisu.

Esikäsittelyreagenssit voidaan jakaa kahteen luokkaan, kalkkipohjaisiin ja soodapohjaisiin. Soodaprosesseilla saavutetaan selvästi paremmat tulokset rikin- ja fosforinpoiston suhteen, mutta vuorauksien suuri kuluminen, prosessin huono lämpöaloutus ja soodan kalkkiin verrattuna noin nelinkertainen hinta on hidastanut niiden käyttöönottoa. Kalkkifluksien optimikoostumusta on etsitty lukuisilla eri lisäainekokeiluilla, mutta soodakäsittelyn veroisia tuloksia ei ole saavutettu. Kummastakin prosessista on kehitetty useita teollisuusmitakaavaisia prosesseja.

I hapetusvaihe

II hapetusvaihe

III hapetusvaihe



Kuva 7. Nippon Steelin ORP-prosessin kaavamainen esitys.  
Fig. 7. Flowsheet of the ORP-process.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Strathee, B. A., Hot metal — oxygen steelmakings principal raw material. in Lu, W-K. (ed.), Developments in hot metal preparation for oxygen steelmaking. McMaster Symposium No. 11 May 1983. McMaster University Hamilton, Canada.
2. Itoh, Y., Satoh, S., Kawauchi, Y., Transactions ISIJ, 23 (1983) 256-265.
3. Emi, T., esitelmä, SCANINJECT III, Proc. 3rd. Int. Conf. on Refining of Iron and Steel by Powder Injection, Luleå, Sweden, June 15-17 th, 1983.
4. Ueda, T., Marukawa, K., Anezaki, S., Yamazaki, I., Tozaki, Y., Shirota, Y., Development of mass production process of low phosphorus steel by application of hot metal dephosphorization by use of soda ash. In Congrès acierie a l'oxygene, 4-6 Juin 1984 Strasbourg, France, IRSID-ATS-VDeh.
5. Sasaki, K., Nakashima, H., Nose, M., Takasaki, Y., Okumura, H., Iron and Steelmaker August (1983) 22-27.

SUMMARY

DEVELOPMENT IN RAW IRON PRETREATMENTS

Especially in Japan it is strongly believed in the future of raw iron pretreatment because of the growing demand of high-quality, low-impurity steels. Also the present tendency to separate the different steelmaking reactions in time and space so as to change the role of converter to decarburization only has promoted the development of raw iron pretreatment methods. For making most grades of low-sulfur, low-phosphorus steels, following the route of pretreatment is considered to be the most economic way.

The pretreatment reagents can be divided into soda ash, based slags and lime based slags. Soda ash processes are superior to lime processes in regard to desulphurization and dephosphorization efficiency, but still some problems like erosion of refractories, temperature loss of raw iron and slag treatment are at least partly unsolved. The properties of lime slags are improved by the addition of different fluxes. Both slags are used in industrial scale.

# Titaani, sen ominaisuudet ja käyttö

Apulaisprofessori Jorma Kivilahti, Teknillinen Korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto, Otaniemi

## JOHDANTO

Vaikka titaani on maankuoren yleisimpiä ja tasaisimmin jakautuneita alkuaineita, sitä on käytetty metallina vasta kolmisenkymmentä vuotta. Tämä johtuu sen "titaanisesta" kyvystä sitoa ja liuottaa happea, mikä tekee sen valmistuksen nykyisillä menetelmillä suhteellisen kalliiksi. Mutta toisaalta titaani on luja, sitkeä, hitsattava ja erinomaisen korroosionkestävä kevytmetalli, joka herätti ensin lentokoneiteollisuuden suuren kiinnostuksen. Sanotaan, että titaaniteollisuus perustettiin, koska tarvittiin materiaali, joka on kevyempi kuin teräs mutta lujempi kuin alumiini.

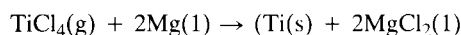
Tänä päivänä titaania käytetään enenevässä määrin hitsattavana rakennemateriaalina prosessi- ja energiateollisuudessa. Titaaniin turvaudutaan ennen kaikkea vaativissa kohteissa, joissa sen odotetaan takaavan rakenteiden ja laitteiden pitkän käyttöiän ja toiminnan luotettavuuden. Pienempiä määriä titaania ja sen seoksia käytetään niiden erikoisten fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien ansiosta esimerkiksi biomateriaalina, vedyn varastointiaineena, suprajohteina, muotomuitseoksina ja lukuisissa erikoistuotteissa. Lisäksi titaania käytetään pinnoitteena ja seosaineena.

## TITAANIN VALMISTUS, KÄSITTELY JA HINTA

Titaani on alumiinin, raudan ja magnesiumin jälkeen maankuoren neljänneksi yleisin tekninen metalli. Sen tärkeimmät arvomineraalit ovat ilmeniitti ja rutiili, joissa titaania on yleensä runsaasti ja varsin helposti rikastettavassa muodossa. Huomattavimmat titaaniesiintymät sijaitsevat Neuvostoliitossa, Australiassa, Pohjois- ja Etelä-Amerikassa ja Intiassa. Ilmeniittiesiintymiä on myös Suomessa.

Titaania valmistavat Neuvostoliitto, Japani, Yhdysvallat, Englanti ja Kiina. Yhteinen arvioitu titaanisienen tuotantokapasiteetti ylitti viime vuonna 130 000 tonnia, taulukko 1 /1/. Titaanimetallia sulatetaan ja käsitellään Länsi-Saksassa ja Ranskassa sekä valssataan Ruotsissa. Kaikkiaan maailmassa on 21 titaanisienen tuotantolaitosta ja lähes 200 titaania käsittelevää yritystä /1/.

Titaania valmistetaan teollisesti joko Krollin menetelmällä, jossa titaanitetraokloridi pelkistetään sulan magnesiumin avulla titaanisieneksi reaktiossa

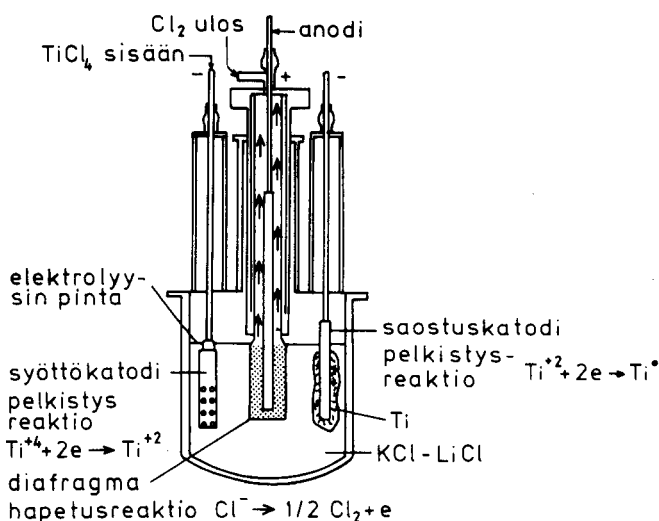


tai Hunterin menetelmällä, jossa pelkistykseen käytetään natriumia. Muutoin prosessit ovat paljolti samanlaisia /2/. Titaanisieni valmistetaan kertapanoksina, mikä rajoittaa tuotantokapasiteettia ja osaltaan nostaa metallin valmistuskustannuksia. Niinpä titaanin lisääntyvän käytön kannalta on edullista ottaa käyttöön jatkuvatoiminen valmistusmenetelmä. Tässä suhteessa ehkä suurimmat odotukset liittyvät titaanin elektroyttiseen valmistukseen, kuva 1.

Taulukko 1. Titaanisienen tuotanto maittain.

Table 1. The production capacity of titanium sponge.

|  |          |        |
|--|----------|--------|
| JAPANI<br>(Osaka Titanium, Nippon Soda,<br>Toho Titanium, Sumimoto LM<br>jne.) | 35500    | tonnia |
| YHDYSVALLAT<br>(TIMET, RMI, Oremet, III,<br>jne.)                              | 35000    |        |
| NEUVOSTOLIITTO<br>(USK Kamenogorsk, Berezniki,<br>Kharkov, jne.)               | n. 60000 |        |
| ENGLANTI<br>(Deeside Titanium)   | 5000     |        |
| KIINA<br>(Chengda, Fushun, Cuizhou,<br>jne.)                                   | 3500     |        |
| Yhteensä n. 140000   |          | tonnia |



Kuva 1. Eräs elektroyttititaanin valmistuksessa käytettävä selli /3/.

Fig. 1. An electrolytic cell used for titanium sponge production /3/.

Käyttökokemusten mukaan elektrolyyttititaanin valmistukseen kuuluva energiamäärä on merkittävästi pienempi kuin Hunterin tai Krollin prosesseissa /4/. Titaanisieni on myös puhtaampaa kuin nykyisillä menetelmillä tuotettu titaani, mikä parantaa entisestään titaanin ominaisuuksia ja käsittelymahdollisuuksia.

Sulan titaanin reaktiivisuus ja huomattava kyky liuottaa kaasuja pakottavat käyttämään sulatuksessa ja valussa hyvää tyhjää ja tehokkaasti jäähdytettyä kuparimuottia, kuva 2. Yleisimmässä sulatusmenetelmässä titaanisieni kompaktoidaan paketeiksi, joista hitsaamalla koottu elektrodi sulatetaan valokaaren avulla.

Titaanin reaktiivisuudesta huolimatta sen muokkaus on yksinkertaista eikä poikkea olennaisesti esimerkiksi ruostumattoman teräksen muokkauksesta. Kuumamuokkaus suoritetaan laadusta riippuen lämpötiloissa 850–1050 °C. Koska taonta ja valssaus tapahtuvat ilman erillistä suojausta, käsittelyn tulisi olla nopea, kun lämpötila on noin 650 °C yläpuolella. Välihehkutukset suoritetaan hapettavassa atmosfäärissä vedyn liukenemisen hidastamiseksi.

Muokatusta titaanista noin 30–35 % on kaupallisen puhtaita laatuja — etupäässä levyä, putkea ja lankaa. Loput ovat seoksia, joista käytetyin on Ti-6Al-4V. Toistaiseksi vain pienestä osasta seoksia valmistetaan erikoistekniikalla (HIP) korkealaatuisia sintrattuja ja valettuja tuotteita.

Vaikka titaanin kilohinta voi olla korkeampi kuin useiden sen kanssa kilpailevien metallien ja seosten, on huomattava, että materiaaleja käytetään useimmiten tilavuusmääräisesti, ja siksi titaanin hinta likimain puolittuu rauta-, kupari- ja nikkelipohjaisiin seoksiin verrattuna, taulukko 2 /6/.

Toisaalta titaanin käsittely on vaativampaa ja siten kalliimpaa kuin yleisimpien metallien ja metalliseosten. Mutta korroosionkestävyyden ja lujuuden takia tarvittavan titaanin määrä on pienempi ja tehollinen käyttöikä on merkittävästi pidempi kuin useimpien sen kanssa kilpailevien materiaalien.

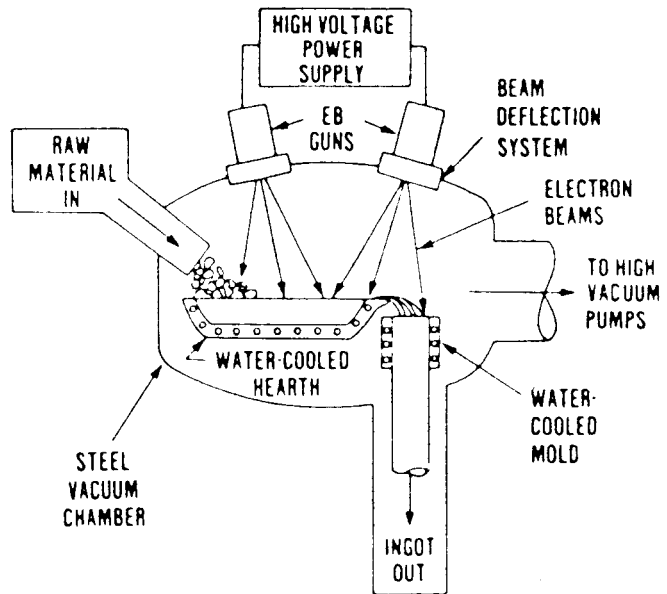
Kuluneen kolmenkymmenen vuoden aikana titaanituotannon kasvu on ollut Yhdysvalloissa keskimäärin 8 % vuodessa /4/. Tänä aikana tuotannon määrä on huomattavasti vaihdellut lähinnä sotateollisuuden usein muuttuvien tarpeiden takia. Titaaniseosten käytön laajennuttua siviili-ilmailuun ja avaruustekniikkaan uudet käyttökohteet ovat vähentäneet titaanin äkillisiä hintavaihteluita. Eniten titaanin hintaa on kuitenkin stabiloinut teollisuussovellutusten lisääntyminen 80-luvulla. Erityisesti Japanissa, jossa teollisuuden käyttämän titaanin osuus on suuri, titaanituotanto on kasvanut voimakkaasti viime vuosina, kuva 3.

Japanilaisten arvioiden mukaan titaanin valmistus- ja käsittelykustannusten pienentäminen nykyisiä menetelmiä kehittämällä ja titaanin käytön lisääminen uusilla aloilla kuten öljyn syväporauksessa ja merenpohjan mineraalivarojen hyödyntämisessä antavat perusteet odottaa titaanin kulutuksen lisääntyvän yli 10 % vuodessa.

## TITAANIN TÄRKEIMMÄT OMINAISUUDET

Titaani on hopeanharmaa kevytmetalli, jolla on alumiiniin verrattuna korkea sulamispiste (1670°C) ja kaksi allotrooppista kidemuotoa: lämpötilassa 882°C korkean lämpötilan kuutiollinen kiderakenne (tkk) muuttuu heksagoniseksi rakenteeksi (tph).

Sitä huomattavasti painavamman raudan tavoin titaanin allotropialla on suuri tekninen merkitys, koska siihen perustuvat seostuksella ja lämpökäsittelyillä aikaansaadut erilaiset mikrorakenteet ja niihin liittyvät ominaisuusyhdistelmät.

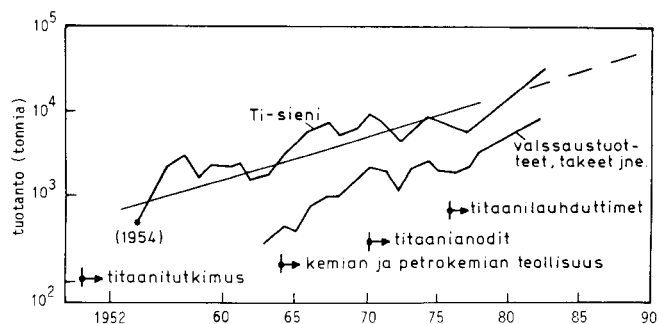


**Kuva 2.** Titaanin sulatuksessa ja jatkuvavalussa käytettävä elektronisuihku-uuni /5/.

**Fig. 2.** An electron beam hearth melting furnace for continuous casting of titanium /5/.

**Taulukko 2.** Metallien ja seosten suhteellisia tilavuushintoja.  
**Table 2.** The relative volume prizes of metals and alloys.

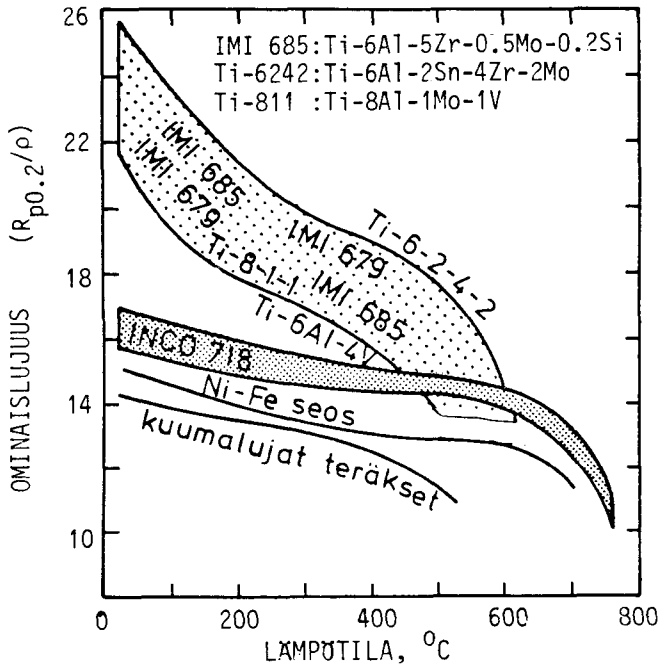
|                      |     |
|----------------------|-----|
| Titaani (laatu 2)    | 1.0 |
| Titaani (Ti Code 12) | 1.1 |
| Hastelloy C 276      | 2.9 |
| AISI 316 L           | 0.4 |
| AISI 317 L           | 0.7 |
| Avesta 254 SMO       | 1.0 |
| Monel 400            | 1.0 |
| Inconel 625          | 2.2 |
| Nickel 200           | 1.5 |
| Zirkoni              | 2.0 |



**Kuva 3.** Titaanin tuotanto Japanissa /7/.

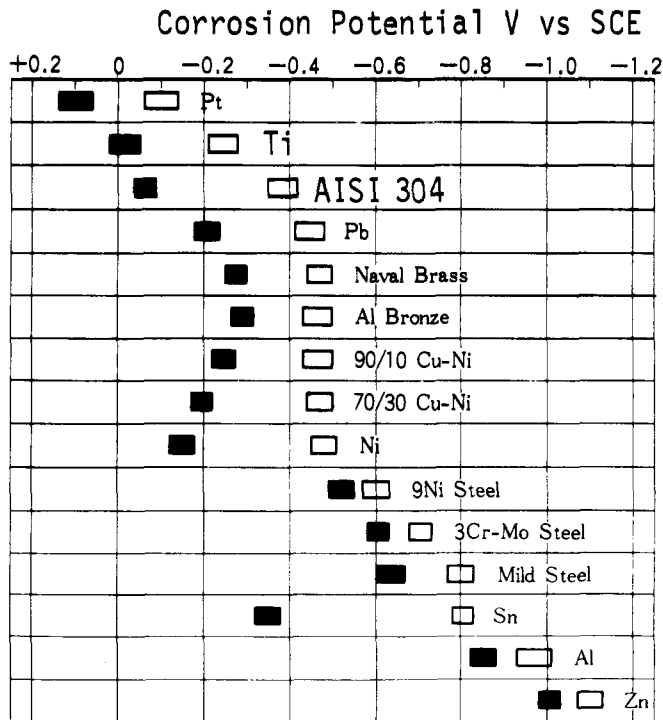
**Fig. 3** The production capacity of titanium in Japan /7/.

Sidoksensa erikoisluonteesta johtuen suhteellisen etäälle toisistaan jäävät titaaniatomit sitoutuvat kuitenkin voimakkaasti, mistä selittyy titaanin keveys ja lujuus. Vähäisellä seostuksella ja lämpökäsittelyllä puhtaan titaanin lujuus voidaan moninkertaistaa ilman, että tiheydestä tai hyvästä murtoimisista tarvitsee olennaisesti tinkiä. Korkean sulamispisteen ja seostuksen vaikutuksesta titaaniseosten lujuus säilyy hyvänä korkeissakin lämpötiloissa, kuva 4.



**Kuva 4.** Metalliseosten ominaislujuuksien lämpötilariippuvuuksia /8/.  
**Fig. 4.** High temperature specific strengths of alloys /8/.

Titaanin suuresta affiinisudesta happeen johtuu, että sen ulkopinnalle muodostuu välittömästi ilmassa tai vedessä ohut, tiivis ja tiukasti metalliin kiinnittyvä oksidikuori, jonka kemiallisen ja mekaanisen stabiilisuuden vaikutuksesta titaanin korroosionkestävyys on erinomainen esimerkiksi merivedessä, kuva 5.



**Kuva 5.** Metallien korroosipotentiaaleja happipitoisessa merivedessä 25°C:ssa (■) sekä hapettomassa 6% NaCl-liuoksessa (pH 8) 100°C:ssa (□) /9/.  
**Fig. 5.** Corrosion potentials of various metals in aerated sea water at 25°C (■) and deaerated 6% NaCl solution (pH 8) at 100°C (□) /9/.

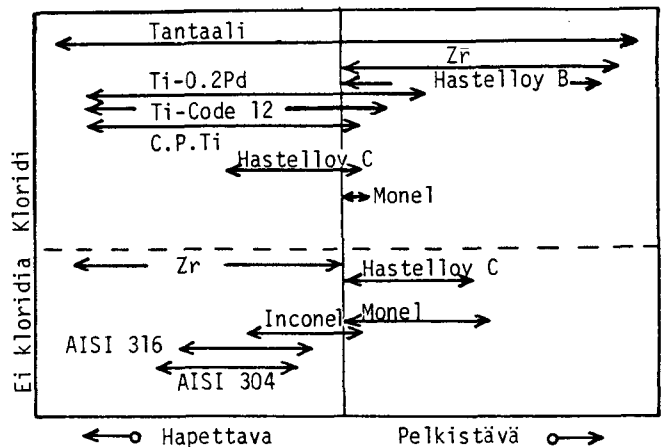
Titaanin korroosionkestävyys on hyvä hapettavissa ympäristöissä kuten typpi- ja kromihapossa. Toisaalta se syöpyy vahvoissa pelkistävässä liuoksissa, kuva 6. Mutta anodinen polarisaatio tai oksidoivat lisäaineet kuten  $O_2$ ,  $NO_3^-$  ja  $Fe^{3+}$  vähentävät tehokkaasti titaanin liukenemistä.

Titaani kestää erinomaisesti rikkivetyä, ja sen korroosionkestävyys on hyvä emäksisissä ympäristöissä. Sen sijaan liuoksia, joissa titaanikin helposti syöpyy, ovat fluorivetyhappo ja vahvat, kuumat emäkset. Titaania syövyttävistä pelkistävästä happoista on mainittava myös kuuma hapeton muuraahaishappo ja oksaalihappo.

Titaani kestää käytännöllisesti katsoen kaikkia kaasuja matalissa lämpötiloissa. Tosin se reagoi voimakkaasti kuivan kloorikaasun kanssa, mutta on immuuni vähänkin kosteassa (0.5 %) kloorikaasussa. Titaani on myös erittäin korroosionkestävä klooriyhdisteiden vesiliuoksissa. Vety voi olla ongelmallinen aine, mistä syystä titaanin katodista suojausta ei suositella.

Titaanin korroosionkestävyyttä lisätään seostuksella, jolloin oksidikuoren eri kerrosten koostumukset ja rakenteet muuttuvat. Tältä pohjalta on kehitetty paremmin pelkistäviä oloja kestäviä laimeita seokset Ti-O.2Pd ja Ti-0.8Ni-0.3Mo (kuva 6), joissa seosaineilla on titaania spontaanisti passivoiva vaikutus hapettomassakin ympäristössä.

Jotta titaanin muista ominaisuuksista saisi hyvän käsityksen, sitä tulisi verrata teknisiin metalleihin, lähinnä kuitenkin ruostumattomiin teräksiin, taulukko 3.



**Kuva 6.** Kaupallisen puhtaan (C.P.)-titaanin, Ti-0.2Pd-seoksen ja Ti-Code 12:n korroosionkestävyys suhteessa muihin metalleihin hapettavissa ja pelkistävässä haponissa, ilman kloridien ja kloridien kanssa /10/.

**Fig. 6.** General corrosion behaviour of commercial purity titanium, Ti-0.2Pd alloy and Ti-Code 12 compared to other metals and alloys in oxidizing and reducing acids, with and without chloride ions /10/.

**Taulukko 3.** Teknisten metallien fysikaalisia ominaisuuksia.  
**Table 3.** Physical properties of technical metals.

| Fysik. omin.  | laatu | Ti    | Al    | Cu    | Fe    | AISI 316 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Sulamispiste (°C)                                     |       | 1670  | 559   | 1084  | 1536  | 1430     |
| Tiheys (Mg/m <sup>3</sup> )                           |       | 4.5   | 2.7   | 8.95  | 7.86  | 8.0      |
| Sähkövastus (nΩm)                                     |       | 482   | 26.8  | 17.2  | 97.1  | 670      |
| Lämmönsiirtokyky (W/mK)                               |       | 17    | 239   | 385   | 71    | 16       |
| Ominaislämpö (J/kgK)                                  |       | 520   | 885   | 390   | 456   | 560      |
| Kimmokerroin (GPa)                                    |       | 105   | 70    | 120   | 210   | 205      |
| Lämpölaajeneminen (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ) |       | 8.7   | 24    | 16.5  | 11.9  | 14.0     |
| Magnettisuus  |       | para  | para  | dia   | ferro | para     |
| Normaalipotentiaali (V)                               |       | -1.75 | -1.67 | 0.52  | -0.04 |          |
| Galvaaninen potentiaali                               |       | -0.09 | -1.03 | -0.29 | -0.61 | -0.1     |
|   |       | +0.06 |       |       |       |          |

Näin tehtäessä havaitaan, että titaaniin tiheys on likimain puolet ruostumattoman teräksen tiheydestä ja että niiden sähkövastukset ja lämmönsiirtokyvyt ovat lähes yhtä suuria. Sitä vastoin titaaniin lämpölaajeneminen on huomattavasti vähäisempää kuin ruostumattomien terästen ja sen kimmokerroin on vain puolet ruostumattoman teräksen vastaavasta arvosta. Tästä ja pienestä lämpölaajenemisesta johtuen titaanihitseihin ei yleensä muodostu merkittäviä jännityksiä. Ruostumattoman teräksen tärkeimmän ominaisuuden — korroosionkestävyyden — titaani ylittää selvästi useissa ympäristöissä.

### TITAANILAADUT JA YLEISIMMÄT SEOKSET

Titaaniseokset jaetaan faasirakenteen ja koostumuksen perusteella neljään ryhmään: kaupallisen puhtaat titaanit,  $\alpha$ -seokset,  $\alpha + \beta$ -seokset ja  $\beta$ -seokset.

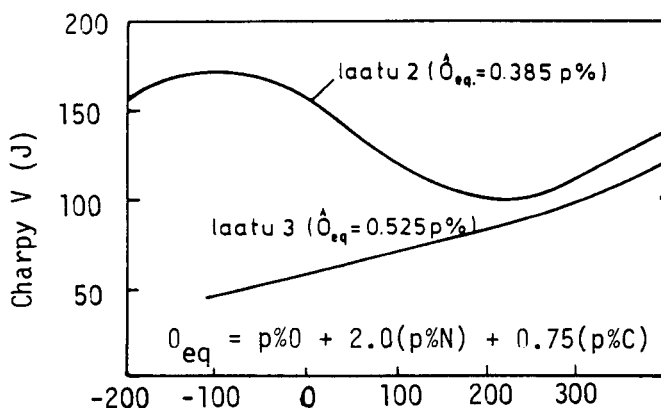
Kaupallisen puhtaat titaanit eli C.P.Ti:t, joita on neljä laatua (taulukko 4) sisältävät 99.0–99.5 % titaania ja eri määriä happea, rautaa, typpeä, hiiltä ja vetyä. Vaikka mainitut lisäaineet ovat useimpien ominaisuuksien kannalta haitallisia epäpuhtauksia, happea (ja rautaa) lisätään titaaniin niiden voimakkaasti lujittavan vaikutuksen takia /11/.

**Taulukko 4.** Kaupallisen puhtaiden titaanilaatujen kemialliset koostumukset ja lujuudet.

**Table 4.** The chemical analyses and strength of the commercial purity titanium grades.

| Merkintä | $R_m$ (MPa) | $R_{p0.2}$ (MPa) | $O_{max}$ | $Fe_{max}$ | $N_{max}$ | $H_{max}$ | $C_{max}$ |
|----------|-------------|------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Laatu 1  | $\geq 240$  | 170              | 0.18      | 0.20       | 0.03      | 0.015     | 0.10      |
| Laatu 2  | $\geq 345$  | 280              | 0.25      | 0.30       | 0.03      | 0.015     | 0.10      |
| Laatu 3  | $\geq 450$  | 380              | 0.35      | 0.30       | 0.05      | 0.015     | 0.10      |
| Laatu 4  | $\geq 550$  | 480              | 0.40      | 0.50       | 0.05      | 0.015     | 0.10      |

Titaaniin sitkeys on erinomainen huoneenlämpötilassa ja säilyy sellaisena myös mataliin lämpötiloihin: puhtaalla titaanilla ei ole teräksille ominaista transitiolämpötilaa. Hyvä sitkeys, joka on harvinaista etenkin heksagonisille metalleille, johtuu titaaniin plastiseen deformaatioon osallistuvien liuku- ja kaksostumissysteemien suuresta lukumäärästä. Epäpuhtauksilla on kuitenkin voimakas vaikutus deformaatiosysteemien toimintaan. Happeakin suurempi haitallinen vaikutus on liuenneella tyypellä, mikä ilmenee mm. iskutestien heikkenemisenä, kuva 7.



**Kuva 7.** Laatujen 2 ja 3 Charpy V — iskuenergian arvoja /11/.  
**Fig. 7.** Charpy V impact values of the grades 2 and 3 /11/.

Kaupallisen puhtas titaani voi virua huoneenlämpötilassa. Tosin virumiskestävyys paranee kylmämuokkauksella tai seostamalla siihen hieman esimerkiksi alumiinia tai molybdeenia ja nikkeliä. Titaanilla on varsin hyvin määritettävissä oleva väsymisraja, joka on noin 50–60 % murtolujuuden arvosta.

$\alpha$ -seokset ovat kaupallisen puhtaita laatuja lujempia ja niiden hapettumisenkestävyys on erinomainen. Käytetyin seos on Ti-5Al-2.5Sn, joka on sitkeä, hyvin muovattava ja hitsattava. Sen myötölujuus ylittää 850 N/mm<sup>2</sup>. Koska erikoispuhtaalla ns. ELI-laadulla on hyvä murtumisestikeys matalissakin lämpötiloissa, sitä käytetään varsin paljon kryogeenimateriaalina. Jonkin verran käyttöä on myös erkautuskarkenevalla seoksella Ti-2.5Cu.

Oman erikoisen ryhmänsä muodostavat lähes  $\alpha$ -seokset eli ”superalfat”, joissa alumiinin ja tinan ohella on yleensä muutamia prosentteja kuutiollista faasia stabiloivia alkuaineita, lähinnä zirkonia, molybdeenia, vanadiinia ja piitä. Kyseisillä seoksilla on titaaniseoksista parhaat virumislujuuudet. Lähes  $\alpha$ -seokset toimitetaan takeina ja niiden tärkeimmät käyttökohteet ovat lentokoneteollisuudessa.

Alkujaan alumiiniseostukseen liittyvien rajoitusten takia kehitettiin  $\alpha + \beta$ -seoksia, jotka ovat kaikista titaaniseoksista monipuolisimmin lämpökäsiteltäviä, sillä heksagonisen ja kuutiollisen rakenteen keskinäinen stabiilisuus on niissä säädetty seostuksella ”kriittiseksi”. Mainituista seoksista ylivoimaisesti käytetyin on Ti-6Al-4V, taulukko 5. Sen menestyksen ovat vaikuttaneet hyvät ominaisuudet: mm. suuri lujuus ja erinomainen murtumisestikeys sekä hyvä väsymis- ja korroosionkestävyys, ja monipuolinen kokemus.  $\alpha + \beta$ -seoksista valmistetaan paineastioita, painelevyjä, turbiinin lapoja ja moottorien runkorakenteita. Niistä tehdään myös pumppuja, kryogeenikomponentteja ja merivesiympäristössä käytettäviä rakenteita.

**Taulukko 5.** C.P.Ti:n ja yleisimpien seosten käyttöosuudet Yhdysvalloissa v. 1979.

**Table 5.** The relative amounts of titanium and its most important alloys used in USA (1979).

| Materiaali      | (%)* | tyyppi           | $R_m$ (Nmm <sup>-2</sup> ) |
|-----------------|------|------------------|----------------------------|
| C.P.Ti          | 29   | $\alpha$         | 250–550                    |
| Ti-6Al-4V       | 52   | $\alpha + \beta$ | 1000                       |
| Ti-5Al-2.5Sn    | 5    | $\alpha$         | 850                        |
| Ti-8Al-1M0-1V   | 3    | lähes $\alpha$   | 1000                       |
| Ti-6Al-6V-2Sn   | 6    | $\alpha + \beta$ | 1100–1300                  |
| Ti-13V-11Cr-3Al | 2    | $\beta$          | 1400                       |
| Muut            | 3    | —                |                            |

\*) Seosten käyttöosuudet Yhdysvalloissa 1979 /4/.

The relative usage of Ti and its alloys in USA 1979 /4/.

Koska  $\beta$ -seosten kiderakenne on kuutiollinen, niiden muokattavuus on kylmänäkin erinomainen. Ne ovat poikkeuksellisen lujia ja sitkeitä. Esimerkiksi seos Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn ( $\beta$  III) ylittää lujuutensa puolesta useimmat nuorrutusteräksset. Vaikka  $\beta$ -seosten käyttö on vielä vähäistä, erittäin suuri ominaislujuus, hyvä muovattavuus ja voimakas karkenevuus yhdistyneenä huomattavan suureen elastisen energian varastomiskykyyn lisäävät todennäköisesti näiden seosten käyttöä. Pienen kimmokerroimen ja suuren lujuuden ansiosta  $\beta$ -seoksella on esimerkiksi samat jousiominaisuudet kuin sitä kolme kertaa painavammalla teräsjousella.

## TITAAININ VALMISTUSTEKNISISTÄ OMINAISUUKSISTA

Titaani ja sen seokset sijoitetaan yleensä valmistusteknisten vaatimusten ja kustannusten osalta ruostumattomien terästen kanssa samaan ryhmään. Tämä pitänee paikkansa useimpien käsittelyjen suhteen edellyttäen, että titaanin erikoisominaisuudet otetaan huomioon.

### Hitsaus ja diffuusioliitäntä

Kaasujen haitallisen vaikutuksen takia titaanihitsin suojausten on oltava hyvä. Muutoin titaanin ja sen useimpien seosten hitsaaminen suoritetaan tavanomaisilla menetelmillä ja laitteilla /12/, taulukko 6.

**Taulukko 6.** Eri hitsausmenetelmien soveltuvuus titaanin ja sen seosten liittämiseen.

**Table 6.** Recommendations for joining titanium and its alloys with different welding techniques.

| Materiaali | TIG | MIG | Plasma | Elektronis. | Vastush. |
|------------|-----|-----|--------|-------------|----------|
| C.P.Ti     | 1   | 2   | 1      | 1           | 1        |
| Ti-2.5Cu   | 1   | 2   | 1      | 1           | 1        |
| Ti-6Al-4V  | 2   | 2   | 1      | 1           | 2        |

Selitys: (1) suositeltava käytäntö, (2) ei vaatimaan käyttöön.

Kaupallisen puhtaat laadut ovat erinomaisesti hitsattavia. Hitsien, muutosvyöhykkeen ja perusaineen ominaisuudet ovat lähes samanlaiset. Kontaminoituneista aineista erityisesti raudalla on haitallinen vaikutus hitsattujen rakenteiden korroosionkestävyyteen. Samanlainen vaikutus voi olla myös liuennella raudalla.

$\alpha$ - ja lähes  $\alpha$ -laadut ovat hyvin hitsattavia.  $\alpha + \beta$ -seoksista parhaiten hitsattava on Ti-6Al-4V. Sitä hitsataan sekä hehkutettuna että liuoskäsittelyinä. Useimmat  $\beta$ -seokset ovat ainakin periaatteessa hyvin hitsattavia. Niiden hitsattavuudesta saadut kokemukset ovat kuitenkin vielä vähäisiä.

Diffuusioliitäntä sopii erinomaisesti juuri titaanille ja sen seoksille, koska oksidikuori liukenee titaanin hilaan ja jättää näin "puhtaat" metallipinnat liitettäväksi toisiinsa. Menetelmällä on mahdollista liittää toisiinsa myös seoksia, joita ei voi hitsata.

### Muovattavuus

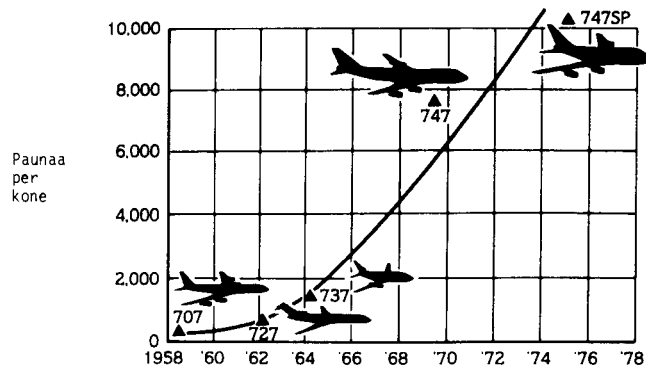
Titaania kylmämuovataan hehkutettuna tai liuoskäsittelyinä tavanomaisilla menetelmillä. Muovaus on kohtalaisen muokauslujittumisen takia edullista suorittaa hitaasti: pieni muodonmuutosnopeus tuo esille titaanin superplastisia ominaisuuksia. Titaanin elastinen myötämiskyky on suuri, ja se aiheuttaa pienestä kimmokertoimesta ja suuresta lujuudesta johtuvan kimmahdusvaikutuksen, mistä syystä levyä on ylikuovattava. Deformaatiotarpeen lisääntyessä on seokset muovattava kuumana, mikä vähentää myös kimmoisen myötämisen vaikutusta.

### Koneistus

Koneistukseen liittyvät vaikeudet johtuvat ennen kaikkea titaanin lämmönsiirtokyvystä, reaktiivisuudesta ja kimmokertoimen arvosta. Titaanista irtoava sitkeä lastu kuumentaa tehokkaasti työkalua ja johtaa helposti terän kiinnitarttumiseen. Koneistuksen vaikeuksia vähennetään tarkasti kohdistetulla, tehokkaalla jäädytyksellä, mikä pienentää myös kitkaa. Koska terä kuumenee helposti, leikkuunopeuden tulisi olla pieni ja syötön niin suuri kuin mahdollista.

### TITAAININ KÄYTTÖ

Titaaniteollisuus sai alkunsa Yhdysvalloissa 1940-luvun lopulla, kun lentokoneiteollisuus kiinnostui titaanin korkean ominaislujuuden, sitkeyden ja korroosionkestävyyden tarjoamista eduista. Ensimmäisiä käyttökohteita olivat suihkuturbiinit, joissa titaaniseokset korvasivat painavimpia ja kalliimpia superseoksia. Vuonna 1955 koko lentokoneiteollisuus käytti Yhdysvalloissa tuotetusta titaanista noin 97 %. Titaanin tonnimääräinen käyttö lisääntyi huomattavasti, kun sillä ryhdyttiin korvaamaan alumiiniseoksia lentokoneiden rakenteissa, kuva 8.



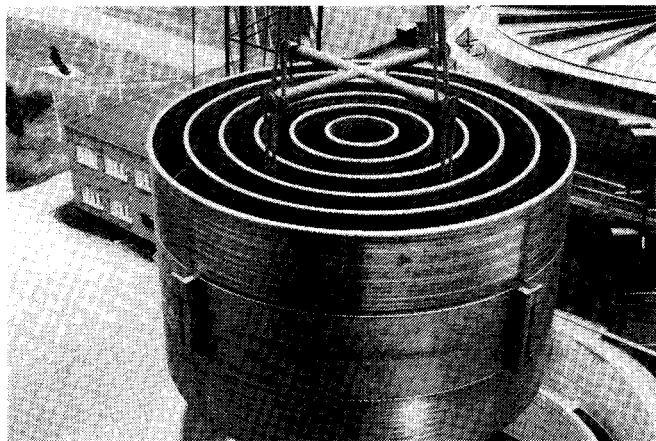
**Kuva 8.** Lentokoneissa käytettävän titaanimäärän kasvu /7/.  
**Fig. 8.** Increasing use of titanium in aeroplanes /7/.

### Kemianteollisuus

Kemian teollisuudessa on käytetty parin vuosikymmenen ajan menestyksellä kaupallisen puhtaita laatuja ja seosta Ti-0.2.Pd. Ensimmäisiä titaanin käyttökohteita olivat lämmönvaihtimet, joihin ohuet titaanilevyt ja -putket soveltuvat kupronikkeleitä paremmin, sillä ne säilyttävät hyvin lämmönsiirtokykynsä. Lämmönvaihtimien lisäksi titaania käytetään mm. syövyttävien prosessiliuosten siirrossa: putkistoissa, pumpeissa ja lukuisissa prosessin oheislaitteissa. Titaanista tehdään säiliöitä, erilaisia kiteytymiä, suodattimia, pesureita jne.

### Puunjalostusteollisuus

Selluloosateollisuudessa käytettävien väkevien liuosten ja korkeiden lämpötilojen lisäksi materiaaleja rasittaa — prosessiteollisuudelle ominaisella tavalla — olosuhteiden ajallinen vaihtelu. Uudet menetelmät kuten syrjäytysvalkaisu lisäävät edelleen materiaaleihin kohdistuvaa rasitusta. Koska titaanilla on hyvä korroosion- ja eroosionkestävyys happamissa klooripitoisissa ympäristöissä, sitä käytetään enenevässä määrin valkaisuaineissa, pesureissa, sihdeissa, pumpeissa ja muissa



**Kuva 9.** Seitsemän tonnia painava titaanista tehty kaksoisdifusööri (A. Ahlström Oy).

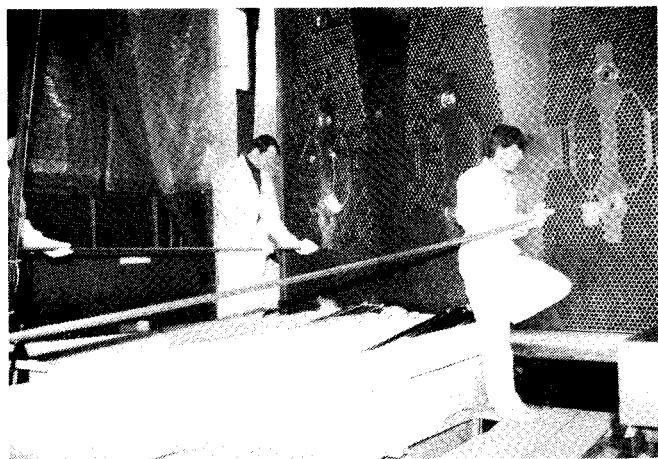
**Fig. 9.** Double diffuser made of solid titanium weighting seven tons (A. Ahlström Oy).

prosessin oheislaitteissa, kuva 9. Käyttökokemuksen perusteella voinee sanoa, että titaani on ratkaissut monta selluloseiteollisuuden korroosio-ongelmaa.

### Energiateollisuus

Viime vuosina titaanin käyttö on yleistynyt merivesijäähdytyspiirien materiaalina, kuva 10. Erikoisesti on mainittava titaanin paikallisen korroosion-kestävyys sekä eroosion- ja kavitaaationkestävyys merivedessä, missä suhteessa se on selvästi kupronikkelejä, alumiinimessinkejä ja ruostumattomia teräksiä parempi. Käyttöoloissa titaanin lämmönsiirto-ominaisuudet ovat kupronikkelien ja alumiinimessinkien veroiset. Toistaiseksi ainoa titaanin käyttöön liittyvä haitta on ollut orgaanisen kasvuston muodostuminen putkiston merivesipuolelle. Koska peitteet vähentävät lämmönsiirtokykyä, ne poistetaan mekaanisia tai kemiallisia menetelmiä käyttäen.

Korkean ominaislujuutensa ja korroosionkestävyytensä ansiosta titaania (Ti-6Al-4V) käytetään tehokkaiden höyrytur-



**Kuva 10.** Titaaniputkista ja titaanipinnoitetusta teräslevystä tehty merivesilauhduttimen putkipaketti (Teollisuuden Voima Oy).

**Fig. 10.** The tube bundle of seawater condenser made of titanium tubes and titaniumclad steel plates (Teollisuuden Voima Oy).

Photo: Juhani Ikonen

biinien lapamateriaalina. Titaanin tarjoamia etuja on suurempi turbiinikoko, parempi tehokkuus ja lisääntynyt korroosionkesto.

### Elektrolyysi

Titaani on osoittautunut hyväksi elektrodimateriaaliksi hapettavissa ja neutraaleissa elektrolyyiteissä ja erityisesti anodisen polarisaation alaisena. Kun titaani aktivoidaan esim. jalometallilla, sen pinnasta tulee hyvin sähköä johtava, jolloin anodit soveltuvat kloorin valmistukseen. Titaania käytetään myös metallien elektrolyytisessä valmistuksessa siemenlevyinä, missä tehtävässä se korvaa ruostumatonta terästä. Titaanikattodien etuina mainitaan parempi korroosionkesto, helpompi metallin irroitettavuus ja korkeampi tuotteen laatu.

### Elintarvike- ja lääketeollisuus

Titaania on käytetty menestyksellä elintarvikkeita ja lääkkeitä valmistavassa teollisuudessa, sillä inerttinä materiaalina se ei vaikuta lääkeaineiden ja elintarvikkeiden tärkeisiin ominaisuuksiin.

### Vedyn varastointi

Vedellä on ainutlaatuinen kyky liueta titaaniin ja sen metalliyhdisteisiin kuten TiFe ja  $Ti_{0,5}Fe_{0,35}Mn_{0,15}$ , jotka varastoivat vetyä turvallisesti "atomaarisiin säiliöihin" enemmän kuin saman tilavuuden ottava nestemäinen vety. Lisäksi hydridin muodostuessa vapautuu ja sen liuetessa sitoutuu huomattavan suuri energiamäärä (30–40 kJ/mol  $H_2$ ). TiFe-hydridejä hyödynnetään lämpöpumpuissa, sähköenergian ja termisen energian varastoinnissa jne. Japanissa valmistetaan jo teollisesti TiFe-yhdisteitä vetyenergian varastointiin.

### Lääketiede

Pian titaanin tultua markkinoille havaittiin sen erinomaisuus biomateriaalina. Koska titaanilla on korkea lujuus, hyvä väsymis- ja korroosionkestävyys kudostenesteissä, se on korvannut muita metallisia materiaaleja. Hyvin erikoisia titaanin sovellutuksia tavataan useilla lääketieteen aloilla. Siitä valmistetaan niveliä, luunkasvatusalustoja, sydämentahdistimen kotelaita, keinosydänten läppäjä jne. Titaania käytetään monipuolisesti myös hammaslääketieteessä. Tyypillisimpiä sovellutuksia ovat juurikanavaruuviit ja ydinvierusnastat paikka-aineiden kiinnityksessä ja kaarilangat oikomishoidossa. Ehkä jo lähitulevaisuudessa titaania käytetään osaproteesien metallirungoissa ja metallokeramisissa kruunuissa.

### Muita sovellutuksia

Merivesisovellutuksista voi vielä mainita titaanin ja sen seosten käytön öljyn ja maakaasun tuotannossa, makean veden valmistuksessa, merenpohjan geologisessa kartoituksessa ja hyödyntämisessä, meren lämpögradienttien hyväksikäytössä ja syvänmeren tutkimuksessa. Mainituissa kohteissa titaani on osoittautunut erinomaiseksi hitsattavaksi rakennemateriaaliksi lähinnä korroosio-ominaisuuksiensa korkean ominaislujuutensa ja hyvän sitkeytensä ansiosta. Titaania käytetään öljyntuotannossa esimerkiksi lämmönvaihtimissa, venttiileissä ja pumpeissa. Tulevaisuuden energiatuotantoa käsiteltäessä titaaniseokset on useasti esillä toisaalta ydinjätteen loppusijoituksessa käytettävänä suojakuorimateriaalina ja toisaalta lämpöydinfuusioreaktorin eräänä materiaaliavaihtoehtona.



## TULEVAISUUS

Titaanin yleisyys alkuaineena ja lukuisat rikkaat esiintymät tulevat takaamaan sen häiriöttömän saatavuuden kauas tulevaisuuteen. Kun teollisuuden käyttämän titaanin osuus kasvaa ja sen valmistuksessa kuluva energiamäärä pienenee joko nykyisiä menetelmiä kehittämällä tai uudella, jatkuvatoimisella menetelmällä, titaani korvaa enemmän ruostumattomia teräksiä, kupariseoksia, superseoksia ja muita materiaaleja yhä useammassa kohteissa. Titaani on jo osoittautunut suorituskyvyltään erinomaiseksi ja taloudelliseksi materiaaliksi teollisuuden vaativimmissa kohteissa, joissa se on energiaa ja ympäristöä säästävä metalli. Titaanin käyttö tulee myös monipuolistumaan sen fysikaalisten ja kemiallisten erikoisominaisuuksien ansiosta.

## SUMMARY

### TITANIUM, ITS PROPERTIES AND APPLICATIONS

In recent years titanium and its alloys have become more widely recognized as an excellent structural material to be used in various industrial and marine applications. Primarily, they are utilized in critical applications for which titanium is selected due to its unique set of properties: excellent local corrosion and erosion resistance as well as high specific strength, good toughness and weldability. As to the future of titanium its abundance and uniform distribution in the earth's crust confirming its continuous availability (e.g. as compared with

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Kerr, A.*, Titanium & Superalloys II, Metal Bulletin, New York (1984).
2. *Mäntylä, T. & Kettunen, P.*, Vuoriteollisuus—Bergshanteringen, No. 1 (1977), p. 28.
3. *Cobel, G. et al.*, Proc. of 4th Int. Conf. on Titanium, Ed. by *H. Kimura & O. Izumi*, Kyoto (1980), p. 1969.
4. *Jaffee, R.I.*, *ibid.*, p. 53.
5. *Bomberger, H.B. & Froes, F.H.*, J. of Metals, Dec. 84, p. 39.
6. *Rönköharju, H.*, Titaaniseminaari (RASTOR), Espoo 1985.
7. *Takahashi, K.*, Japan Titanium Society 30th Ann.Symp. (1982), p. 5.
8. *Kusamichi, H.*, Kobe Steel Eng. Reports, vol. 32 (1982), p. 1.
9. *Fukuzuka, T.*, *ibid.*, p. 28.
10. *Covington, L.C.*, Metal Eng. Quart., Feb. 75, p. 176.
11. Metals Handbook, 9th Edition, vol. 3, p. 353, American Society for Metals, Ohio (1980).
12. *Duncan, R. & Hanson, B.*, The Selection and Use of Titanium, Oxford University Press, Oxford (1980).

chromium) and more stable prize enhance to substitute titanium for other structural materials in different services. More versatile usage of titanium and its alloys is also expected in future, because its unusual physical and chemical properties are increasingly employed in surgery and dentistry, in hydrogen storage as well as in various special products. Furthermore, titanium may have interesting applications when joined for example to ceramics.

VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n

### VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 21.–22.3.1986

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s

### ÅRSMÖTE

hålls i Helsingfors den 21.–22.3.1986.

Närmare uppgifter meddelas i inbjudan som postas vid en senare tidpunkt.

# Graniitti, ikivanha ja moderni rakennusmateriaali

Toim.joht. Gustaf Mickos, Granite Products Oy, Helsinki

Graniitin ja muiden koviin kivilajien merkitys suomalaisena luonnonvarana on yleisesti hyväksytty ja tiedostettu. Monet kunnat ja seutukaavaliitot ovat kartoittaneet kivivaransa. Maan kiviteollisuus ja valtio ovat yhdessä selvittäneet KTM:n johdolla luonnonkiven hyödyntämisen edellytyksiä. Sen seurauksena on panostettu laajaan rakennusteknilliseen tutkimukseen. Rakennuttajien ja suunnittelijoiden kiinnostus graniittiin on viime vuosina kasvanut merkittävästi. Ja vienti lisääntyy. Vuoden 1984 raakakiven vientitulot ovat edellisestä vuodesta nousseet 25 % eli 125 miljoonaan markkaan määrän ollessa 250 000 t, (kuva 1).

## MAHDOLLISUUDET JA ONGELMAT

Kehitys on myönteinen. Mitkä ovat mahdollisuutemme hyödyntää suomalaista graniittia, jalostaa sitä, edistää sen käyttöä kotimaassa ja ulkomailla? Miten pääsisimme teknillisen kehityksen kärkeen? Mitkä ovat toisaalta vaikeudet ja esteet kansainvälisillä kilpailuilla? Mitkä ovat suomalaisen graniitin ja kiviteollisuuden heikkoudet?

Voimme luetella koko joukon voimatekijöitä:

— Suomalainen louhintatekniikka on korkealla tasolla. Tehokas poraustekniikka, hitaat räjähteet, suureen pyöräkuormaajaan perustuva kiven käsittely sekä suunnitelmallinen irroitus suurina "kameina" on nostanut louhosten tehokkuutta

ja kilpailukykyä. Ammattikoulutus on kutakuinkin järjestyksessä.

— Suomen perinteiset graniittialueet on kartoitettu. Karkea kuva niiden laajuudesta ja laadusta on olemassa.

— Punaisella ja ruskealla graniitillamme on hyvä maine ulkomailla. Erinomaisia referenssejä löytyy Euroopasta, Amerikasta ja Aasiasta. Suomalainen graniitti koristaa julkisivuja suurkaupungeissa ympäri maailmaa.

Nämä kotikenttäedut eivät valitettavasti riitä. Sekä raakakivituotanto että kivenjalostus ovat pääomavaltaisia. On siis tärkeätä suunnitella investointivaihe hyvin ja varmistaa tuotteen menekki etukäteen. Virheinvestointeja on kivialallakin tehty hyvistä edellytyksistä huolimatta.

## GRANIITTILOUHINNAN PERUSKRITEERIT

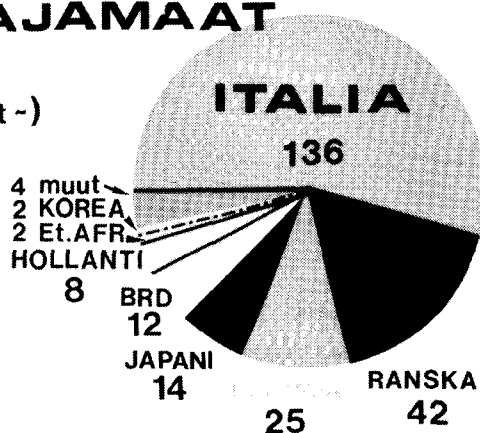
Suunniteltaessa uuden kivilouhoksen avaamista tulisi varmistaa ainakin seuraavat tekijät;

- kiven laatu
  - mekaaniset ominaisuudet
  - tiiviys, pakkasenkestävyys
  - kiillotettavuus, pinnan eheys
  - värisävy, esteettiset arvot
  - laatuvaihtelut
- esiintymän laatu
  - louhittavissa olevan alueen laajuus
  - ympäristön louhinnalle asettamat rajoitukset
  - rakoilu, päälustat
  - homogeenisuus
  - epäpuhtaudet, "sauhut", langat
  - isojen lohkeiden saatavuus
  - arvioitu hyötysuhde
- markkinoiden tarve, kansainvälinen hintataso ja odotetussa oleva volyyymi, kilpailutilanne
- tarvittava louhintakalusto ja kokonaiskustannukset arvioidulla hyötysuhteella ja louhintavolyymillä nettokuutiometriä kohti.

Suurin riski piilee hyötysuhteen ja markkinoiden arvioimisessa. Huonossa kalliiossa hyötysuhde saattaa olla 5 %, hyvässä 50 %. Jos vuotuinen nettolouhinta jää 1.000 m<sup>3</sup>:iin, ovat yksikkökustannukset huomattavasti korkeammat kuin volyymin ollessa esim. 3.000 m<sup>3</sup>. Suurimmat louhokset louhivat 10.000 m<sup>3</sup> vuodessa. Kannattavuus on siis kyseenalainen pienissä louhoksissa ellei ole kysymys korkeamman hintaluokan kivistä.

Euroopan markkinoiden halvimmat kivet ovat Sardinian, Espanjan ja Portugalin vaaleanharmaat laadut. Ne määräävät, mitä vastaavasta suomalaisesta kivistä voi saada. Punaiset ja ruskeat sävyt ovat hinnaltaan n. 1.300—2.000 mk/m<sup>3</sup> riippuen lohkekoosta ja kiven esteettisistä arvoista. Mustat laadut ovat tätä kalliimpia. Hintaskaalan kärjestä löytyy norjalainen labradoriitti, n. 10.000 mk/m<sup>3</sup>. Yleisesti ottaen ovat omaperäiset, harvinaiset sävyt tässä hintaluokassa.

## RAAKAKIVEN SUURIMMAT OSTAJAMAAT 1984 (-1000 t-)



Kuva 1. Suomen raakakiven ostajamaat 1984.  
Fig. 1. The distribution of Finnish block export in 1984.

Suomalaisen kivituotannon eräs kehitysmahdollisuus olisi siis laajentaa sävyvalikoimaa, löytää uusia, vetäviä värejä. Et-sintää voidaan varmasta tehostaa ja systematisoida. Uusien esiintymien paikallistaminen edellyttää suunnitelmallista prospektausta, kairauksia myöten, koelouhintaa ja tietenkin koemarkkinointia. Meillä on hyvät edellytykset hyödyntää laajemmin tätä luonnonvaraamme, mutta pääomia hukataan helposti, jos hätäillen lähdetään louhimaan ilman riittävää tietopohjaa.

## GRANIITIN KÄYTTÖ

Maaillan kivenkulutus on U.S. Bureau of Mines'in arvion mukaan n. 10–15 milj. t/vuosi. Kovien kivien osuus tästä on n. 20–25 %. Osuus kasvaa, koska kovien kivien jalostustekniikka on kehittynyt nopeammin kuin pehmeiden (kustannusero kutistuu) ja koska kovat kivilajit ovat kestävämpiä.

Graniitti menee pääasiallisesti kahteen loppukäyttöön:

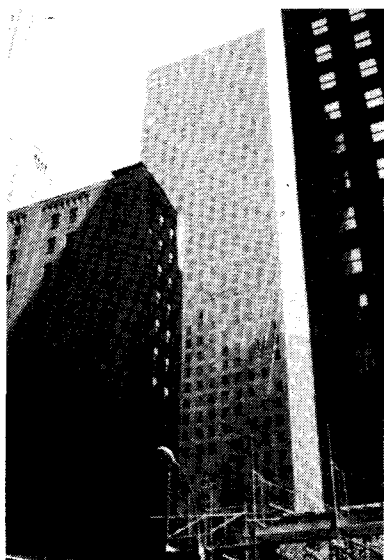
- hautakivi- ja monumenttituotantoon
- rakennuslalle.

Rakennuslalla kivellä on paljon hyödyntämätöntä potentiaalia. Graniittia on pidetty kalliina materiaalina. Julkisivujen osalta puolet kiven kokonaiskustannuksista menee asennusvaiheeseen. Kiven kiinnittäminen betonielementtiin tai teräskehikkoon voisi kuitenkin oleellisesti pudottaa asennuskustannuksia. Graniitti on muihin pintamateriaaleihin verrattuna kestävä ja huoleton ratkaisu. Kunnossapito- ja siivouskustannukset ovat esim. graniittilattian osalta selvästi alhaisemmat kuin mosaiikkibetonin. Kivilattia on siten pitemmän päälle edullinen.

Graniitti on tietenkin esteettisten arvojensa ansiosta materiaali, joka nostaa rakennuksen statusta. Kun 1970-luvun rakentamista on moitittu monotonisuudesta ja puuttuvasta arkkitehtonisesta omaleimaisuudesta, tuo graniitin käyttö lukuisia mahdollisuuksia vaihdella ja parantaa kaupunkikuvaamme, (kuvat 2 ja 3).

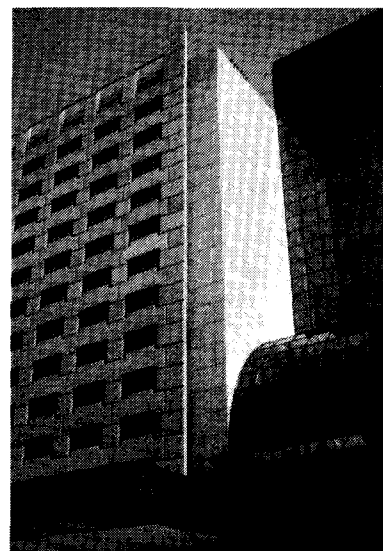
## GRANIITIN JALOSTAMINEN

Viime vuoden vientitilastossa jalosteiden arvo oli 5 milj. mk eli 4 % raakakiven vientituloista. Yksikköhinta oli 2.700 mk/t



**Kuva 2.** Suomalaista kiveä Manhattanilla.

**Fig. 2** Balmoral Red used in Wang-office building at 5th Av., New York City.



**Kuva 3.** Vaalea graniittinen julkisivuverhous tarkoitettu myöskin aurinkosuojaksi.

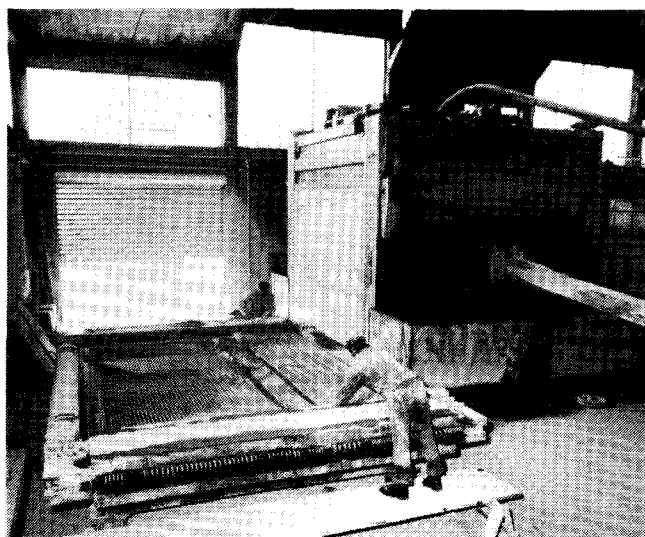
**Fig. 3.** Curtain wall of granite acting also as shield against sun.

eli 6-kertainen raakakiveen verrattuna. Kivenviennin jalostusarvon nostaminen on kansantaloudellisesti tärkeää.

Kivenjalostuksen työvaiheet ovat:

- raakalohkareen sahaus (kuva 4)
  - 20–60 mm laatat raamisahassa
  - yli 60 mm vahvuudet kehäsahassa
- sahalevyn pintakäsittely
  - hionta ja kiillotus tai
  - ristipäähakkkaus tai
  - poltto tai
  - hiekkapesu tai -puhallus.
- määrämittaan leikkaaminen
- viimeistely
  - reunan kiillotus
  - kiinnitysreikien tai -urien työstö
  - lieriöpintojen valmistus

Suomessa toimii satakunta kivenjalostajaa. Valtaosa yrityksistä valmistaa hautakiviä. Kymmenkunta yritystä tekee sen lisäksi rakennusalan tavanomaisia laattoja ja sisustusyksityis-



**Kuva 4.** Raamisaha ja terien vaihto erillisessä kasetissa.

**Fig. 4.** A gang saw and exchange of blades in separate frame.

kohtia ja muita massiivisia kappaleita. Tätä tuotantoa on myöskin viety naapurimaihin. Kiviteollisuutemme ammattitaito ja laatutietoisuus on korkealla tasolla. Hyviä referenssejä on mm. Suomessa, Ruotsissa ja Neuvostoliitossa. Jalosteiden vientivolyyymi on kuitenkin pieni raakakiven vientivolyyymi verrattuna. Koko louhitusta kivimäärästä noin 90 % vie-dään jalostamatta.

## ITALIAN MERKITYS

Yli puolet lohkariviennistä menee Italiaan Carraran ja Veronan seudun kiviteollisuuden raaka-aineeksi. Italia on johtava maa graniitin jalostuksessa. Puolet kansainvälisen kaupan graniitista jalostetaan siellä. Suomalainen graniitti kulkeutuu jalostettuna takaisin Keski-Eurooppaan ja jopa Skandina-viaan.

Italia hallitsee rakennuslaattatuotantoa, 2–5 cm vahvuista laattaa. Raamisahoja lienee yli 3.000 kpl Italiassa. Toiseksi eniten niitä on Japanissa, jossa määrä lienee kymmenesosa tästä. Italialaisten etumatka on pitkä, valmistajat ovat erikois-tuneet. Sarjatuotanto on rationaalisesti ja tehokkaasti organi-soitu. Laaja alihankintaverkosto johtaa sahalaistosten osalta tasaiseen toimintaan korkealla hyötysuhteella. Tuotanto on keskittynyt suuriin yksikköihin, jotka siten ovat saavuttaneet tietyn mittakaavaedun. Italialaisten maine marmorin, graniitin ja muiden kivien jalostajana tuo uusia asiakkaita. Carrarasta arkkitehdit hakevat kivitaitoa, uusia ideoita ja neuvoja. Kiviteollisuuden yhteyteen on syntynyt konepajateollisuutta, jossa koneita ja tuotantomenetelmiä jatkuvasti parannetaan. Läheinen yhteistyö koneinsinöörien ja graniitin jalostajien vä-lillä tuo innovaatioita ja uutta tekniikkaa. Valmistuksessa tar-vittavia käyttöhyödykkeitä kuten teräshiekkaa, teriä ja hio-makappaleita valmistetaan myöskin näillä kahdella alueella. Siten kiviteollisuutta palvellaan monipuolisesti. Kaikki kolme osapuolta, jalostajat, konepajat ja alihankkijat, ovat myöskin ulkomailla johtavia alallaan.

## MITÄ SUOMESSA PITÄISI TEHDÄ?

Kansainvälisen ja kilpailukykyisen laitoksen aikaansaaminen edellyttää

- riittävän suurta kapasiteettia sarjatuotannon saavuttami-  
seksi
- tämä taas edellyttää laajaa markkinakontaktia monessa  
maassa yhtäaikaan ja samantyyppisten tilausten keräämistä mo-  
nelta suunnalta
- vankkaa asemaa kotimarkkinoilla ja aktiivista promoootio-  
toimitaa Suomessa
- mahdollisimman laajaa tuotevalikoimaa.

Kuten louhos on kivenjalostamokin pääomia vaativa inves-tointi. Laitoksen käyttöaste on ratkaiseva investoinnin kan-nattavuudelle. Käynnistysvaihe on kriittinen ja markkinointi

## SUMMARY

### GRANITE, A VERY OLD AND MODERN BUILDING MATERIAL

The Finnish export of granite has a considerable share of the world market. The success is based on advanced drilling technique, slow explosives and systematic quarrying with big frontloaders for the block handling. The Finnish red and brown granites have a good reputation in the international market. Transforming and processing has, however, until now been a small business compared to the block export.

The Italian processors dominate the stone markets. A

käynnistysvaiheen ratkaisevimpiä tekijöitä. Markkinointia tu-kee omaperäinen tuotevalikoima, jossa jalostajan yksinmyyn-nissä olevat kivilajit toimivat käytinkorttina, portin avaajina, asiakkaiden luoksi. Merkittävimmät vientilaadut ovat:

- Balmoral Red, Taivassalon ja Vehmaan punainen
- Baltic Brown, Ylämaan viborgiitti
- Carmen Red, Virolahden pyterliitti
- Näsi Grey, Kurun harmaa.

Näiden lisäksi olisi tarpeellista saada täydentäviä sävyjä, uusia vetonauloja, avaamaan kanavia kotimaiselle jalostuk-selle.

Kotimaan konepajateollisuus on toistaiseksi keskittynyt loughintaan. Kehäsahoja valmistaa kylläkin pari yritystä, mut-ta toiminta lienee vielä kokeiluasteella, joten vetoapua koti-maan konepajateollisuudelta ei vielä ole.

Menestyvä kiviteollisuus on myöskin riippuvainen pätevistä alihankkijoista, jotka kykenevät toimittamaan

- raamisahauksessa tarvittavan teräshiekan ja sahanterät
- kehäsahojen timanttityökalut ja sirkkeliterät
- hioma- ja kiilloituskoneiden hiomatyökalut.

Kunkin ryhmän osalta on kysymys erikoistekniikasta, joka alihankkijan on hallittava ja kyettävä viemään eteenpäin.

Suomessa tutkimustoiminta on toistaiseksi kohdistunut ki-ven käyttö- ja loughintatekniikkaan. Myöskin kiven jalostus-tekniikka tulee vaatimaan kehittämis- ja tutkimustyötä. Kiven jalostuskustannukset jakaantuvat kolmeen lähes yhtäsuureen osaan, jotka myöskin teknisesti muodostavat kukin oman eril-lisen ongelmakenttensä, nimittäin edellä mainitut: kiven sa-haamisen, pintakäsittelyn ja työstön.

Menetelmiä ja tekniikkaa kehittämällä voidaan varmasti vähentää valmistuskustannuksia ja tuoda uusia tuotemuun-noksia markkinoille ja siten edistää kiven käyttöä. Tällä het-kellä yritetään nopeuttaa raamisahausta lisäämällä tunkeutu-misnopeutta 7 cm/h:iin, mutta terän vahvuutta on ollut pakko nostaa, jolloin sahaushävikki on liian suuri.

Toinen kehityssuunta on ohuiden 5–6 mm vahvuisten pien-laattojen valmistaminen. Myöskin tässä sahausvaiheen hävikki on liian suuri. Lisää tutkimustyötä tarvitaan.

Kiven rakennustekninen tutkimustoiminta on käynnistynyt. VTT:llä on loppuvaiheessa julkisivutekniikkaan liittyvä 3-vuotinen projekti, jossa mm. elementtitekniikan hyväksi-käyttöä on selvitelty. Tätä tutkimustoimintaa pitäisi jatkaa ja kohdistaa muiden materiaalien yhdistämiseen julkisivuissa, esim. polyuretaanivaahdo graniittilaatan takana. Tutkimustar-vetta on muillakin sektoreilla, mm. lattiatekniikassa.

Alan teknillisen opetuksen tulisi tutkimuspanokseen nojau-tuen synnyttää uutta pätevyyttä ja uusia innokkaita tuoteke-hittelijöitä, jottei kiviteollisuutemme olisi kokonaan riippu-vainen ulkolaisesta tietotaidosta. Siten pääsisimme pitemmäl-lä aikavälillä mukaan kivitekniikan kärkeen, jossa Suomi tiet-tävästi oli 100 vuotta sitten. Tässä on vuorimiehille ja muille kivimiehille sopia tavoite.

## EERO MÄKINEN — ANSIOMITALIN JAKO 29.3.1985

### Vuorineuvos Helge Haavisto

Säilyttääkseen pysyvällä ja näkyvällä tavalla Suomen vuoriteollisuuden kehittäjän ja Vuorimiesyhdistyksen perustamisesta lähtien 10 vuoden ajan sen puheenjohtajana toimineen vuorineuvos Eero Mäkisen muiston on Vuorimiesyhdistys perustanut vuonna 1955 hänen nimeään kantavan hopeisen ansiomitalin. Mitalin sääntöjen mukaan se voidaan antaa yhdistyksen jäsenelle tai yhdistykseen kuulumattomalle henkilölle ”suurista ansioista yhdistyksen toiminnassa tai sen tarkoitusten tukemisessa” sekä ”ansioikkaasta toiminnasta vuoriteollisuudessa ja siihen liittyvän tutkimuksen alalla.”

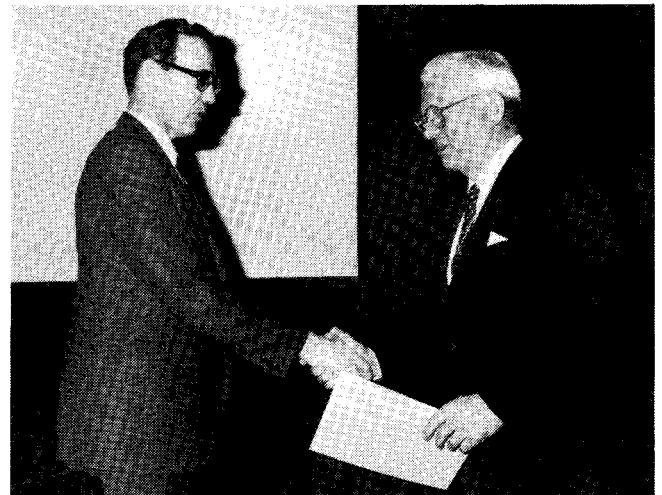
Mitalia jaetaan — paitsi virallisina juhlavuosina — korkeintaan yksi vuodessa. Sitä kannetaan Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksessa ja juhlatilaisuuksissa sekä muissa tilaisuuksissa, joissa kannetaan ansiomerkkejä.

Vuorimiesyhdistyksen hallitus on päättänyt myöntää Eero Mäkinen -ansiomitalin vuorineuvos Helge Haavistolle hänen ansiokkaasta toiminnastaan maamme vuoriteollisuuden ja Vuorimiesyhdistyksen hyväksi.

Helge Haavisto valmistui insinööriksi Tampereella v. 1945 ja diplomi-insinööriksi Helsingin teknillisestä korkeakoulusta v. 1949. Hänet on vihitty tekniikan kunniaohtoriksi samassa oppilaitoksessa v. 1978 ja Oulun yliopistossa v. 1983. Vuorineuvoksen arvo Helge Haavistolle myönnettiin v. 1970.

Toimittuaan eri tehtävissä Oy Tampella Ab:n ja Oy Wärtsilä Ab:n Kone ja Sillan palveluksessa sekä sivutoimisena mm. vt. professorina Teknillisessä korkeakoulussa Helge Haavisto siirtyi v. 1960 vasta perustetun Rautaruukki Oy:n toimitusjohtajaksi, myöhemmin johtokunnan jäseneksi ja johtokunnan puheenjohtajaksi.

Vuorineuvos Haavisto on ollut todellinen voimahahmo Suomen raudanjalostusteollisuudessa. Rautaruukki Oy:n rakentamisessa ja kehittämisessä on hänen henkilökohtainen panoksensa ollut ensiarvoisen tärkeä, kuten viime aikoina on monessa yhteydessä todettu kerrattaessa Rautaruukin 25-vuotista historiaa.



Vuorineuvos Helge Haavisto (oikealla) vastaanottaa yhdistyksen puheenjohtaja Olli Hermosen onnittelet.

Vuorineuvos Haavistolla on monia luottamustehtäviä ja jäsenyyksiä sekä koti- että ulkomaisissa järjestöissä ja yhtiöissä. Niistä mainittakoon erilaiset tehtävät Suomen ja Neuvostoliiton välisen kaupan yhteistyöelimissä, International Iron and Steel Institute'n hallituksessa ja Nordiska Stålförbundet'in työvaliokunnassa. Haavistolle on myönnetty lukuisia kunniamerkkejä sekä kotimaassa että ulkomailla, esimerkiksi englantilaisen The Metals Society'n Bessemerin kultainen mitali tunnustukseksi hänen suurista ansioistaan terästeollisuuden luomiseksi ja kehittämiseksi Suomessa.

# In memoriam



**VILJO SNELLMAN**

**16.10.1905 – 20.7.1984**

Maanmittausinsinööri Viljo Rafael Snellman kuoli heinäkuun 20. päivänä 1984 Helsingissä. Hän oli syntynyt 16.10.1905 Alatorniolla ja tullut ylioppilaaksi Oulun Suomalaisesta Lyseosta 1923. Diplomi-insinööriksi hän valmistui Teknillisen korkeakoulun maanmittausosastolta 1931.

Aluksi Viljo Snellman toimi, mikä on huomattavan harvinaista, yksityisenä maanmittausinsinöörinä hoitaen kaivospiiritoimituksia eri kaivoskohteista. Tämä toiminta keskittyi pääasiassa Oulun läänin. Vaasan läänin maanmittauskonttorin tarkastajana ja kaupungingeodeettina hän toimi vuosina 1936–38. Uudenmaan läänin maanmittausinsinöörinä hän oli vuoteen 1946.

Sodan aikana Snellman toimi pika-asutuslautakuntien puheenjohtajana. Hän hoiti omaa maanmittaustoimistoa Helsingissä vuosina 1946–64 ja maanmittaustekniikan lehtorin virkaa Rovaniemen teknillisessä koulussa 1964–68. Tämän jälkeen hän hoiti maanmittausinsinöörin virkaa Uudellamaalla aina eläkkeelle siirtymiseensä saakka 1972. Kauppa- ja teollisuusministeriön määräyksestä hän ehti suorittaa yhteensä noin 70 kaivospiiritoimitusta. Viljo Snellman teki myös monia ulkomaan opintomatkoja mm. Oxfordin yliopistoon.

Viljo Snellman oli innokas sukututkija ja toimi Snellmanien sukuyhdistyksen puheenjohtajana 1957–78 ja on yhdistyksen kunniajäsen. Sukututkijana hän myös päätti ottaa takaisin alkuperäisen sukunimensä ja luopua entisestä sukunimestään Virkkusesta. Viljo Snellmanin suurena harrastuksena voidaan mainita uinti. Sotilasarvoltaan hän oli luutnantti.

Vuorimiesyhdistys ry:n kaivosjaoston jäsen Viljo Snellman oli vuodesta 1947 lähtien.

LH



**OLAVI KILPI**

**12.6.1917 – 8.12.1984**

Diplomi-insinööri Kosti Olavi Kilpi kuoli 8.12.1984 Helsingissä. Hän oli syntynyt 12.6.1917 Helsingissä ja tullut ylioppilaaksi Turun Suomalaisesta Yhteiskoulusta 1936. Hän valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisen korkeakoulun kemianosastolta 1946.

Diplomi-insinööri Kilpi toimi vuosina 1945–46 VTT:n turvelaboratoriossa josta hän siirtyi Oy Shell Ab:n teknillisen neuvonnan piiriin vuoteen 1949 saakka. Vuodesta 1950 hän toimi Outokumpu Oy:n elektrolyysiosaston osastopäällikkönä vuoteen 1975 asti, jolloin hän siirtyi eläkkeelle.

Sodan aikaisista ansioistaan Olavi Kilvella oli myönnetty IV luokan Vapaudenristi.

Olavi Kilpi toimi myös aktiivisesti Suomen Teknillisen Seuran piirissä ollen mm. Kemistikerhon sihteerinä. Näistä ansioistaan hänelle myönnettiin STS:n jetoni.

Olavi Kilven mieluisia harrastuksia oli ennen muuta oma perhe. Matkailua autoillen oli myös hänen hobyinaan. Eläkkeellä ollessaan hän viihtyi parhaiten kesämökkillään.

Vuorimiesyhdistys ry:n metallurgiaosaston jäsen Olavi Kilpi oli vuodesta 1951 lähtien.

LH



## ALVAR BERG

2.7.1915 – 29.1.1985

Överingenjör Alvar Alfons Berg avled den 29 januari 1985 i Karis i en ålder av 69 år.

Alvar Berg föddes den 2.7.1915 i Åbo, där han även tillbragte sin barndom och gick i skola. Åren 1935...1938 studerade han vid Tekniska Läroverket i Helsingfors, varifrån han utexaminerades som maskiningenjör.

Efter det han blivit färdig ingenjör fick han tjänst vid Rautateollisuus Oy Pyrkijä i Åbo som planeringsingenjör fram till krigets början.

Under kriget utförde Alvar Berg uppdrag av teknisk karaktär för försvarsmakten till en början i Helsingfors och sedermera i Äänislinna. Till militärgraden var han löjtnant.

Efter krigets slut flyttade han ganska snart från Pyrkijä till Oy Vuoksenniska Ab:s tjänst i Imatra.

Alvar Berg utförde sin huvudsakliga livsgärning inom stålbranschen speciellt med varmvalsning av stål. Först vid Imatra Stålverk, där han fungerade som chef för valsverket fr.o.m. 1945 och sedermera som chef för valsverket i Äminnefors från 1969 fram till sin pensionering 1980.

Hans nästan hobbyartade specialgebit var planeringen av valsspårserier, kalibrering. Sina kunskaper fick han lov att skaffa sig huvudsakligen genom egna experiment, som han påbörjade efter kriget, men kompletterade senare sina kunskaper även genom kontakter han knutit med sina nordiska kolle-

ger. Detta samarbete upprätthöll han aktivt ända fram till pensioneringen, speciellt genom att regelbundet delta i Valsverksingenjörsföreningens verksamhet.

Bergsmannaföreningen tillhörde Alvar Berg alltsedan 1948.

Till karaktären var Alvar Berg målmedveten och viljestark, ibland till och med gnistrade det till om honom. Han lät inte småförtretligheter utgöra något hinder för att uppnå de mål han ansåg viktiga.

Å andra sidan värdesatte han sina medarbetares åsikter och visade alltid uppskattning för sina underlydandes prestationer.

En hög moral präglade allt han uträttade såväl inom arbetslivet som på sin fritid.

Sin fritid tillbragte Alvar Berg gärna i naturen och speciellt i den trakt i Åbo skärgård, där han tillbragt sin barndoms somrar och dit han längtade så fort som de första vårtecknen blev synliga.

Till hans intressen hörde förutom jakt och fiske även att utforska sin släkts anknytning till skärgårdslivet, vilka intressen han gick in för med sin så karaktäristiska grundlighet.

Alvar Berg lever kvar i vårt minne som en rakryggad och viljestark bergsman med förståelse för människorna och livet.

Kaj Fagerholm

# Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.

## HALLITUKSEN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1984

### Vuosikokous

Vuorimiesyhdistyksen sääntömääräinen 41. vuosikokous pidettiin Helsingissä 30.3.1984. Puheenjohtaja Olli Hermonen avasi kokouksen ja esitti katsauksen vuoriteollisuuden kehityksestä 1983.

Yhdistyksen puheenjohtajaksi valittiin edelleen DI Olli Hermonen ja varapuheenjohtajaksi DI Georg Ehrnrooth.

Virallisten kokousasioiden jälkeen kuultiin toim.joht. Pertti Voutilaisen, Outokumpu Oy, esitelmä "Vuoriteollisuuden tulevaisuus Suomessa" ja prof. Martti Sulosen, Teknillinen korkeakoulu, pitämä prof. Heikki Miekk-ojan muistoluento aiheesta "Levynmuovauksen metallurgia".

Jaostot kokoontuivat iltapäivällä omien erikoisalojensa merkeissä. Illallistanssiaisissa ravintola Marskissa vastasi isännyydestä Kemira Oy.

### Toimihenkilöt

Yhdistyksen luottamustehtävissä ovat toimineet:

- puheenjohtajana DI Olli Hermonen
- varapuheenjohtajana DI Georg Ehrnrooth
- hallituksen jäsenenä  
DI Pentti Hintikka  
Prof. Lauri Hyvärinen  
TkT Kalevi Kiukkola  
DI Jaakko Lautjärvi  
DI Markku Leiritie  
Prof. Toimi Lukkarinen  
DI Mikko Palviainen  
TkT Kari Tähtinen  
DI Juhani Vahtola
- rahastonhoitajana DI Pekka Sundquist
- sihteerinä DI Erkki Tyni ja DI Heikki Savolainen

### Yhdistyksen toiminta

Hallitus on kokoontunut toimintakauden aikana neljä kertaa. Kokouksissa ovat olleet läsnä myös jaostojen puheenjohtajat, rahastonhoitaja ja tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtaja.

Hallitus on myötävaikuttanut World Mining Congressin järjestämiseksi Pohjoismaissa. Tukholmassa vuonna 1987 pidettävän kongressin ekskursioita suunnitellaan myös Suomeen ja järjestelytoimikunnassa on Suomen edustajina yhdistyksen nimeämät henkilöt.

Hallitus on yhdenmukaistanut jaostojen johtosääntöjä ja lisännyt jaostojen päätösvaltaa taloudellisissa kysymyksissä.

Yhdistys on liittynyt jäseneksi Tieteellisten seurojen valtuuskuntaan.

Yhdistyksen lehti Vuoriteollisuus — Bergshanteringen on ilmestynyt kaksi kertaa. Lehden päätoimittajana on toiminut professori Martti Sulonen ja toimitusneuvoston puheenjohtajana DI Matti Palperi.

Yhdistyksen viiri luovutettiin DI Olli Hermostelle ja prof. Heikki Paarmalle.

NIF Bergingenörenes Avdelingenin kevätkokouksessa 2.-4.5. Altassa edusti yhdistystä DI Väinö Juntunen ja syyskokouksessa 25.-26.10. Oslossa DI Carl-Fredrik Bäckström. Yhdistyksen edustajana Svenska Gruvföreningenin vuosikokouksessa 29.11. Tukholmassa oli professori Toimi Lukkarinen.

### Jaostot

Pääosan yhdistyksen jäsenoiminnasta on muodostanut jaostojen aktiivinen toiminta eri muodoissa.

Jaostot ovat järjestäneet koulutus- ja esitelmätilaisuuksia sekä ammatillisia retkiä jäsenistönsä alalta. Jaostot ovat ylläpitäneet yhteyksiä alansa muihin yhdistyksiin kotimaassa ja kansainvälisellä tasolla. Tarkemmin jaostojen toiminta on esitetty kunkin omissa toimintakertomuksissa.

Jaostojen toimihenkilöinä ovat olleet:  
Geologijaosto: puheenjohtaja, FT Markku Mäkelä  
sihteeri, FK Ritva Harinen

Kaivosjaosto: puheenjohtaja, DI Carl-Fredrik Bäckström  
sihteeri, FK Heikki Latva

Metallurgijaosto: puheenjohtaja, DI Matti Palperi  
sihteeri, TkL Raimo Levonmaa

Rikastus- ja prosessitekniikan jaosto: puheenjohtaja, DI Timo Niitti  
sihteeri, DI Hannu Penttilä

### Yhdistyksen jäsenmäärä

Yhdistyksen jäsenmäärä 31.12.1984 oli 1750, missä on lisäystä edellisestä vuodesta 31. Uusia jäseniä tuli yhdistykseen 53, kuoleman kautta poistui 8 ja erosi 14.

### Tutkimusvaltuuskunta

Tutkimusvaltuuskunta on kokoontunut vuoden 1984 aikana kerran ja tutkimusjohtokunta neljä kertaa. Valtuuskunnan puheenjohtajana on toiminut DI Timo Välttilä, varapuheenjohtajana DI Antti Mikkonen ja sihteerinä DI Anneli Salonen ja 1.11. lähtien DI Alf Westerlund.

Toimikuntien puheenjohtajina ovat toimineet:

- Geologinen toimikunta: FM Esko Lundén 16.2. asti, siitä lähtien prof. Heikki Niini
- Kaivosteknillinen toimikunta: DI Pentti Seppänen
- Rikastusteknillinen toimikunta: TkL Risto Rinne 16.2. asti, siitä lähtien TkL Hans Allenius.

Toimikauden aikana on ollut käynnissä seitsemän tutkimusprojektiä, yksi yhteispohjoismainen työkomitea ja neljä esiselvitystä. Tutkimuslaskelmia on valmistunut viisi, joista yksi englanninkielinen.

Pohjoismaista yhteistyötä on jatkettu. Tutkimuslaskelmien vaihdossa on omat selosteet annettu pohjoismaisille veljesjärjestöillemme ja saatu Ruotsista 26 ja Norjasta 7 tutkimuslaskelmaa.

Toimikuntien yhteispohjoismaisia kokouksia on pidetty seuraavasti: geologiset toimikunnat 10.-12.4. Vammalassa, kaivosteknilliset toimikunnat 26.-28.9. Kemissä ja rikastusteknilliset toimikunnat 12.6. Tukholmassa.

Vuoden 1984 aikana tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien valvomissa tutkimuksissa on varojen käyttö ollut yhteensä noin 1,9 miljoonaa markkaa.

## VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS

**Olli Hermonen**

puheenjohtaja

**Erkki Tyni**

sihteeri

## TULOSLASKELMA 1.1.-31.12.1984

### Tulot

|                         |            |                     |
|-------------------------|------------|---------------------|
| Jäsenmaksut             |            | 89.868,85           |
| Tutkimusvaltuuskunta    | 102.330,01 |                     |
| Osallistuminen esiselv. | 13.012,65  |                     |
| Selosteiden myynti      | 2.472,—    | 117.814,66          |
| Jäsenoim. ja koulutus   |            | 70.708,—            |
| Kalliomekaniikkatoimik. |            | 55.559,98           |
| Lehden tulot            |            | 129.634,50          |
| Käsikirjan myynti       |            | 6.732,—             |
| Solmioiden yms. myynti  |            | 4.699,60            |
| Lahjoitukset            |            | 10.000,—            |
| Korkotulot              |            | 6.369,94            |
| Tulot yhteensä          |            | <u>mk491.387,53</u> |

### Menot

|                           |           |                      |
|---------------------------|-----------|----------------------|
| Tutkimusvaltuuskunta      | 35.508,57 |                      |
| Esiselvitykset            | 164.056,— |                      |
| Selosteiden valmistus     | 1.680,20  | 201.244,77           |
| Jäsenoim. ja koulutus     |           | 107.949,18           |
| Matkat ja avustukset      |           | 15.013,57            |
| Virkailijapalkkiot        |           | 17.367,—             |
| Kalliomekaniikkatoimik.   |           | 49.469,57            |
| Lehden menot              |           | 127.808,05           |
| Vuosijuhlakulut           |           | 8.117,05             |
| Toimisto- ja sekal. kulut |           | 8.086,47             |
| Lahjoitukset              |           | 5.000,—              |
| Jäsenluettelo             |           | 15.808,30            |
| Menot yhteensä            |           | 555.863,96           |
| Tilivuoden alijäämä       |           | 64.476,43            |
|                           |           | <u>mk 491.387,53</u> |



TASE 31.12.1984

**Vastaavaa:**

|                   |           |                      |
|-------------------|-----------|----------------------|
| Rahoitusomaisuus  |           |                      |
| — Postisiirtotili | 8.703,75  |                      |
| — Talletustilit   | 60.395,37 | 69.099,12            |
| Tilisaamiset      |           | 84.976,—             |
|                   |           | <u>mk 154.075,12</u> |

**Vastattavaa:**

|                         |            |                      |
|-------------------------|------------|----------------------|
| Vieras pääoma           |            |                      |
| — Tilivelat             |            | 58.785,05            |
| Oma pääoma              |            |                      |
| — Ylijäämä ed. vuodelta | 159.766,50 |                      |
| — Tilikauden alijäämä   | 64.476,43  | 95.290,07            |
|                         |            | <u>mk 154.075,12</u> |

**TULO- JA MENOARVIO VUODELLE 1985**

**Tulot**

|                          |           |                     |
|--------------------------|-----------|---------------------|
| Jäsenmaksut 60 mk/jäsen  |           | 90.000,—            |
| Tutkimusjäs. vuosimaksut | 128.000,— |                     |
| Osallistuminen esiselv.  | 32.000,—  |                     |
| Selosteiden myynti       | 3.000,—   | 163.000,—           |
| Lehden tulot             |           | 135.000,—           |
| Käsitöiden myynti        |           | 6.000,—             |
| Solmiot yms. myynti      |           | 4.000,—             |
| Lahjoitukset             |           | 5.000,—             |
| Korkotulot               |           | 4.000,—             |
| Tulot yhteensä           |           | <u>mk 407.000,—</u> |

**Menot**

|                           |          |                     |
|---------------------------|----------|---------------------|
| Tutkimusvaltuuskunta      | 63.000,— |                     |
| Esiselvitykset            | 70.000,— |                     |
| Selosteiden valmistus     | 3.000,—  | 136.000,—           |
| Jäsenoim. ja koulutus     |          | 60.000,—            |
| Matkat ja avustukset      |          | 15.000,—            |
| Lehden menot              |          | 135.000,—           |
| Virkailijapalkkiot        |          | 35.000,—            |
| Vuosijuhlamenot           |          | 15.000,—            |
| Toimisto- ja sekal. kulut |          | 15.000,—            |
| Menot yhteensä            |          | <u>mk 411.000,—</u> |

|                               |           |                     |
|-------------------------------|-----------|---------------------|
| Ylijäämä edellisiltä vuosilta | 95.290,07 |                     |
| Tilikauden tappio             | 4.000,—   |                     |
| Ylijäämä vuodelle 1986        |           | <u>mk 91.290,07</u> |

**GEOLOGIJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS 1984**

**Toiminta**

Geologijaosto on kokoontunut toimintavuoden aikana symposioon, vuosikokoukseen ja syyssekskurssille. Jaoston johtokunta on kokoontunut viisi kertaa.

Jaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiespäivien yhteydessä 30.3.1984 Rakennusmestarien talossa Helsingissä. Kokouksessa oli läsnä 155 jaoston jäsentä. Kokousasioiden jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät:

- FM Timo Kopperoinen ja FM Ilkka Tuokko, Kajaani OY: "Sotkamon Taivaljärven Ag-, Zn- ja Pb-esiintymästä".
- FL Esa Sandberg, Outokumpu Oy: "Onko kullasta malmiksi Pohjanmaalla?" Esimerkkinä Raahen Laivakangas.
- DI Pekka Mörsky, Outokumpu Oy: "Jalometallien rikastuksesta ja merkityksestä rikastetuotannossa".

Jaosto järjesti yhdessä Geologiliitto ry:n kanssa symposion "Geologiaa geofyysikoille" 29.3.1984. Se pidettiin Rakennusmestarien talossa. Symposio keräsi laajan kuulijakunnan sekä geofyysikoita että geologeja. Tilaisuudessa kuultiin seuraavat esitelmät:

- Prof. Heikki Papunen: "Malmimallit ja malmien yhteys erilaisiin sivukiviin".
- Prof. Gabor Gaál: "Malmi ja kallioperän rakenne".
- FT Kalevi Korsman ja FT Aimo Hiltunen: "Metamorfoosin merkitys ja metamorfiset vyöhykkeet".

- FL Markku Isohanni: "Granitoidit, niiden geologia ja malminmuodostus".
- FL Leo Grundström: "Emäksisistä kivistä ja niihin liittyvistä malmeista".
- FM Osmo Inkinen: "Vulkaniittien geologia ja vulkaniitteihin liittyvistä malmeista".
- FK Olli Sarapää, DI Ilmo Kukkonen ja FK Timo Heino: "Mustaliuskeiden synty, koostumus ja esiintyminen".
- FT Ahti Silvennoinen: "Kallioperäkartan laadinta".

Geologiaa geofyysikoille-symposion esitelmät on julkaistu FT Kauko Puustisen toimittamina Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportissa n:o 69.

Vuorimiesyhdistyksen geologijaoston ja Suomen geologisen seuran yhteinen syyssekskurssi suuntautui 3.-5.9.1984 Lappiin. Retkelle osallistui 79 henkilöä. Ensimmäisen päivän käyntikohteina olivat Alape-nikoiden platinamineralisaatio ja sen lähiympäristön geologia sekä tutustumiskäynti Lapin Marmorin tuotanto- ja toimitiloihin Tervolassa. Toisen päivän esittelykohteina olivat GTK:n maaperäkartoitus 1:50000 sekä geologisena teemana Keski-Lapin vulkanismi ja sedimentaatio. Kolmannen päivän tutustumiskohteina olivat Linkupa-lon Lapponiumin ja Jatulin kontakti sekä Rautaruukki Oy:n Laurino-jan avolouhos. Rautuvaaran rikastuslaitos ja VAPON polttopurvetö-maa Pellossa. Ekskursiion opastuksesta ja isännyydestä vastasivat La-pin Malmi, Lapin Marmorin Oy, Geologian tutkimuskeskus, Rauta-ruukki Oy sekä VAPO.

**Toimihenkilöt**

Toimintavuonna on geologijaoston puheenjohtajana ollut FT Markku Mäkelä, varapuheenjohtajana TkT Markku Peltoniemi, sihteerinä FM Ritva Harinen ja muina jäseninä FM Kauno Vormisto, FM Olavi Auranen, ekskursiomestarina FM Tauno Vuotovesi.

**Jäsenet**

Geologijaoston jäsenmäärä oli vuoden 1984 lopussa 381 henkeä. Lisäystä edellisvuotiseen on 6 henkeä.

**Markku Mäkelä**

puheenjohtaja

**Ritva Harinen**

sihteeri

**KAIVOSJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1984**

**Toiminta**

Kaivosjaosto on kokoontunut toimintavuoden aikana kahdesti: VMY:n vuosikokouksen yhteydessä sekä jaoston syysretkellä. Jaoston johtokunta on kokoontunut kolme kertaa.

Kaivosjaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 30.3.1984 Helsingissä elokuvateatterissa Char-lie 1. Läsnä oli noin 80 jaoston jäsentä.

Kokousasioiden jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät:

- DI Matti Autio: "Amacanin kaivos ja rikastamo, Filippiinit"
- TkL Hans Allenius, DI Asko Kankaanpää: "Minjingun fosfaatti-kaivos, Tansania"
- TkT Kari Heiskanen, TkT Pekka Särkkä: "Rosa Maria-kaivos, Peru"

Esitelmien jälkeen käytiin niihin liittyvä keskustelu.

Syysretki, johon osallistui noin 55 jaoston jäsentä, suuntautui Ka-jaaniin ja Otanmäen kaivokselle 13.9.1984. Retken yhteydessä hotelli Kajaanissa pidetyn syyskokouksen jälkeen kuultiin seuraavat esitel-mät:

- Ylitarkastaja U. Salo: "Näkökohtia tilanteesta, kun malmikaivos-toiminta on merkittävästi vähenemässä"
  - Kaivoksen johtaja I. Autere: "Kaivoksen lopettamiseen liittyviä toimenpiteitä"
  - Konepajan päällikkö Tauno Heiskanen: "Otanmäen rikoi-suvaunutehdas"
- Valmisteltu puheenvuoro: Kaivostoiminnan päällikkö Eelis Eske-linen.

Kaivosjaosto järjesti 18-19.1.1984 Kuopiossa täydennyskoulutusti-laisuuden "Avolouhintaseminaari". Osanottajia oli noin 117. Semi-naarin yhteydessä oli vierailu Siilinjärven kaivoksella.

Kaivosjaoston puheenjohtaja on perinteiseen tapaan toiminut Bergsprängningskommittén'in, Svenska Gruvföreningen'in, BeFo:n sekä NIF:n yhdysmiehenä.

Muina yhdysmiehinä ovat toimineet:

- FM Ole Lindholm: International Society of Mine Surveying.
  - Prof. Raimo Matikainen: International Society for Rock Mechanics.
- Ole Lindholm oli Pohjoismaisessa Kaivosmittauskomiteassa järjestä-mässä ensimmäistä pohjoismaista kaivosmittauskongressia, joka pi-dettiin Örebrossa 9-11.5.1984.

## Toimihenkilöt

Toimintavuonna on jaoston puheenjohtajana ollut DI Carl-Fredrik Bäckström, varapuheenjohtajana DI Jorma Illi ja johtokunnan muina jäseninä DI Ilmo Autere, DI Heikki Euro, DI Olavi Paatsola ja TkT Pekka Särkkä. Sihteerinä on toiminut FK Heikki Latva.

## Jaoston jäsenmäärä

Kaivosjaoston jäsenmäärä oli vuoden 1984 lopussa 381 henkilöä.

**Carl-Fredrik Bäckström** **Heikki Latva**  
puheenjohtaja sihteeri

## METALLURGIJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1984

### Toiminta

Metallurgijaosto on kokoontunut toimikauden aikana vuosikokoukseen ja syyskokoukseen.

Metallurgijaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 30.3.1984 Helsingissä Rakennusmestarien talolla. Läsä oli parhaimmillaan 191 jäsentä.

Vuosikokouksessa kuultiin seuraavat esitelmät:

- Tekn.joht. Erkki Ström, Ovako Oy: "Teräksen tulevaisuus"
  - DI Jorma Leino, Valmet Oy: "Konepajan materiaaliasiantuntijat"
  - TkL Esa Lecklin, Imatran Voima Oy: "Materiaalitekniikan tietämyksen merkitys ydinvoimalaitoksen rakentamisessa ja käytössä"
- Lauantain ekskursion tehtiin Oy AGA Ab:n laitoksille Kiloon. Ekskursioon osallistui 52 jäsentä.

Jaoston kesäretki tehtiin 24.8.1984 Rautaruukki Oy:n Hämeenlinnan tehtaalle. Muina vierailukohteina olivat Oy Sisu-Auto Ab, Kulta-keskus Oy ja Hämeen linna. Kesäretkelle osallistui 89 metallurgia.

Syyskokous pidettiin 9.11.1984 Otaniemessä VTT:n päärakennuksessa. Kokoukseen osallistui 47 jäsentä. Siellä kuultiin prof. Sakari Heiskanen "Metallitutkimus VTT:llä" -esitelmän lisäksi yhdeksän tutkijan katsausmielentoimituksiin erityiskysymyksiin.

### Koulutustoiminta

Koulutustoiminta on hoidettu Metallurgian Valtakunnallisen Asian- tuntijatoimikunnan (metallurgian VAT) kautta. Puheenjohtajana on toiminut TkL Markku Kytö. Yhteistoiminnassa INSKO:n kanssa järjestettiin seuraavat koulutustilaisuudet:

- "Kuonametallurgia 1" pidettiin Tampereella 10.-12.4.1984. Läsä oli 55 henkeä.
- "Kuonametallurgia 2" pidettiin Hämeenlinnassa 9.-11.10.1984. Läsä oli 44 henkeä.

Metallurgijaoston korkeakouluhydysmiehet kokoontuivat vuosi- ja syyskokouksen yhteydessä.

### Tiedotus

Metallien perusteellisuuden informaatioilta pidettiin ensimmäisen vuosikurssin teekkareille 16.10.1984 Otaniemessä. Teema oli vuoriteollisuudessa toimivien insinöörien tehtävät ja toimenkuvat. Infoillasta vastasi Jouko Härkki ja siellä alustivat Matti Palperi, Pertti Voutilainen, Raimo Pitkänen ja Pekka Havola.

Jaoston lehti "Metallurgijaosto tiedottaa" on ilmestynyt kolme kertaa.

### Toimihenkilöt

Toimintavuoden aikana jaoston puheenjohtajana on toiminut DI Matti Palperi, varapuheenjohtaja TkT Juho Mäkinen, sihteerinä TkL Raimo Levonmaa ja jäseninä DI Pekka Havola, TkT Jouko Härkki, DI Osmo Mikkola, DI Kari Norberg ja TkL Pekka Ritakallio.

### Jäsenet

Metallurgijaoston jäsenmäärä oli vuoden 1984 lopussa 979. Vuoden 1984 aikana uusia jäseniä hyväksyttiin 37 henkilöä.

**Matti Palperi**  
puheenjohtaja

**Raimo Levonmaa**  
sihteeri

## RIKASTUS- JA PROSESSITEKNIIKAN JAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1984

### Toiminta

Jaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiespäivien yhteydessä 30.3.1984. Kevätretki 5.-6.6. suuntautui pohjoiseen Kolariin ja edelleen Ruotsin puolelle Kiirunaan. Syysretkellä 27.-29.9. käytiin tutustumassa Sala International:in laitoksiin Salassa, Ruotsissa. Syysseminaari järjestettiin 23.11. Hyvinkäällä, seminaarin teemana oli "Jätealueet raaka-ainereserveinä". Yhdistyksen jäsenoimintavaroilla on muutamia osallistujia voitu eri anomuksesta vapauttaa osallistumismaksuista em. tilaisuuksiin.

Vuosikokouksessa 30.3.1984 kuultiin seuraavat esitelmät:

- Matti Autio, Outokumpu Oy: "Amacanin kaivos ja rikastamo, Filippiinit"
- Hans Allenius, VTT ja DI Asko Kankaanpää, Kone Oy: "Minjungen fosfaattikaivos, Tansania"
- TkT Kari Heiskanen, Larox Oy ja TkT Pekka Särkkä: "Rosa Maria kaivos, Peru"

Kokoukseen osallistui 38 jaoston jäsentä.

Kevätretken aikana 5.-6.6. tutustuttiin aluksi Kopo Maskin Ab:n Haaparannan tehtaaseen, josta matka jatkui Kolariin, missä kohteina olivat Rautaruukki Oy:n Rautuvaaran kaivos ja rikastamo sekä Paraisten sementtitehdas. Täältä retki jatkui edelleen Ruotsin puolelle LKAB:n Viscarian rikastamolle.

Kevätretken osallistui 31 jaoston jäsentä.

Syysretken aikana määränpää oli Sala International Ab, Ruotsissa. Laivamatkojen aikana järjestettiin seminaarit, joissa käsiteltiin seuraavia aiheita:

- Viimeisimpiä kehitys- ja käyttökokemuksia ominaispaineerotuksessa ja magneettisessa erotuksessa. (Sala Ab)
- OREBED-vuoraus ja siitä saatuja käyttökokemuksia. (Trelleborg Ab)

Perillä Salassa tutustuttiin tuotantolaitoksiin sekä laboratorioon, lisäksi kuultiin seuraavat esitykset:

- Viimeisimmät lamellisakeutin- ja suodinuutudet
- Modulirakenteiset rikastamot

Ohjelmaan Salassa kuului myös käynti historiallisessa Salan hopeakaivoksessa ja illallinen Väsbyn kartanossa.

Syysretkelle osallistui 27 jäsentä, joista 6 avec. Avec-ohjelmassa oli järjestetty teatteri ja illallinen Tukholmassa.

### Koulutustoiminta

Jaoston seminaari järjestettiin 23.11. Hyvinkäällä teemana "Jätealueet raaka-ainereserveinä". Seminaarissa kuultiin seuraavat esitykset:

- DI Jouko Olkkonen, Finnminerals Oy: "Talkkirikastuksen jäte raaka-ainereservinä"
- DI Pertti Heinonen, Outokumpu Oy: "Outokummun vanhan rikastamon jätealueen hyödyntäminen"
- DI Lauri Siirama, Kemira Oy: "Kemiran sovellutuksia jätteen uudelleenkäytössä"
- DI Jan Owren, Oy Lohja Ab: "Jättemateriaalin käyttö sementtiteollisuudessa"
- FK Paula Hiltunen, Helsingin Yliopiston Mikrobiologian Laitos: "Mikrobien hyväksikäyttö jättemalmien ja kaivosjätteiden hyödyntämisessä"
- FM Matti Koponen, Outokumpu Oy: "Jätealueiden jälkihoidosta"

Seminaariin osallistujien lukumäärä oli 50.

Seminaarin jälkeen tutustuttiin Suomen Ongelmajäte Oy:n Riuhmäen laitokseen.

### Toimihenkilöt

Jaoston johtokunta 30.3.1984 lähtien on ollut:

Puheenjohtaja: Timo Niitti  
Hans Allenius  
Hannu Haveri  
Jussi-Pekka Mäki  
Lauri Siirama  
Sihteeri: Hannu Penttilä

### Jäsenet

Jaoston jäsenmäärä 31.12.1984 oli 268 jäsentä. Lisäyksen vuoden aikana oli 3 jäsentä.

Johtokunta kokoontui vuoden aikana 3 kertaa.

**Timo Niitti**  
puheenjohtaja

**Hannu Penttilä**  
sihteeri

## TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN TOIMINTA-KERTOMUS VUODELTA 1984

### Yleistä

Vuoden 1984 aikana oli käynnissä seitsemän tutkimusprojektia, neljä esiselvitystä ja yksi yhteispohjoismainen työkomitea.

Vuorimiesyhdistys liittyi jäseneksi Tieteellisten seuran valtuuskuntaan.

Yhdistyksen hallitus hyväksyi 20.1.1984 tutkimustoiminnan uuden ohjesäännön.

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtaja on osallistunut yhdistyksen hallituksen kokouksiin.

### Tutkimusvaltuuskunta

Tutkimusvaltuuskunta kokoontui vuoden aikana kerran. Tutkimusjäseninä oli 19 yritystä, joilla oli edustajansa (Outokumpu Oy:llä kaksi) tutkimusvaltuuskunnassa. Näiden lisäksi valtuuskunnassa olivat edustettuina VMY:n neljä jaostoa puheenjohtajiansa välityksellä. Hallituksen nimittämiä asiantuntijajäseniä olivat Sakari Heiskanen, Heikki Paarma, Jouko Talvitie ja Sakari Kurronen. Tutkimusvaltuuskunnan kokoukseen osallistuivat myös toimikuntien puheenjohtajat, VMY:n rahastonhoitaja ja tutkimusvaltuuskunnan sihteeri.

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana toimi Timo Välttilä, varapuheenjohtajana Antti Mikkonen ja sihteerinä 1.11.1984 saakka Anneli Salonen ja 1.11.1984 lähtien Alf Westerlund.

Tutkimusvaltuuskunnan kokoonpano vuoden lopussa oli seuraava:

### Tutkimusjäsen ja sen varsinainen edustaja, varamies (suluissa)

Ekono Oy, Risto Rinne (Jussi Nelson), Finnminerals Oy, Hannu Haveri (Jouko Olkkonen), Oy Forcit Ab, Erkki Wiinamäki (Kalle Ylätaalo), Oy Förby Ab/Karl Forsström Ab, Karl Haahti (Jarmo Suvio), Geotek Oy, Paavo Taanila (Kalevi Hytti), Imatran Voima Oy, Pentti Lehtinen (Reijo Gardemeister), Kemira Oy, Antti Mikkonen (Kalevi Kiukkola), Kone Oy, Alpo Maksimainen (Asko Kankaanpää), Larox Oy, Kari Heiskanen (Pertti Ovaskainen), Oy Lohja Ab, Carl-Fredrik Bäckström (Heikki Latva), Myllykoski Oy/Ruskealan Marmorin Oy, Matti Tyni (Tauno Paalumäki), Outokumpu Oy, Timo Välttilä (Paavo Eerola), Outokumpu Oy, Pentti Seppänen (Paavo Kupias), Oy Partek Ab, Rolf Söderström (Esko Lundén), Perusyhtymä Oy ARA, Harri Hursti, Rauma-Repola Oy, Pertti Suurmaa, Rautaruukki Oy, Aarre Juopperi (Aimo Hiltunen), Suomen Malmi Oy, Pekka Mikkola (Esko With), Oy Tampella Ab, Tamrock, Kalle Hakalehto (Rolf Ström), Geologijaosto, Markku Mäkelä, Kaivosjaosto, Carl-Fredrik Bäckström, Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto, Timo Niitti, Metallurgijaosto, Matti Palperi.

### Tutkimusjohtokunta

Tutkimusjohtokunta (16.2.1984 asti tutkimusvaltuuskunnan työvaliokunta) kokoontui vuoden aikana neljä kertaa. Tutkimusjohtokunta keskusteli kokouksissaan m.m. kaivosten elinkelpoisuuden parantamisesta, johon katsottiin kuuluvaksi alan koulutuksen suosion korottaminen. Tähän kuuluu tärkeänä osana tiedottaminen.

Tutkimusjohtokunnan kokoonpano oli vuoden lopussa:

Timo Välttilä, tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtaja, Antti Mikkonen, tutkimusjohtokunnan varapuheenjohtaja, Hans Allenius, rikastusteknillisen toimikunnan puheenjohtaja, Heikki Niini, geologisen toimikunnan puheenjohtaja, Pentti Seppänen, kaivosteknillisen toimikunnan puheenjohtaja, Heikki Paarma, tutkimusvaltuuskunnan valitsema lisäjäsen.

### Käynnissä olleet tutkimusprojektit:

- Vertaileva tutkimus litogeokemiallisten joukkonäytteiden kemialliseen koostumukseen perustuvista geologisista ja tilastollisista luokitusmenetelmistä
- Kallion seuranta- ja projekti
- Avolouhoksen seinämästabiliteetti
- Pinta- ja pohjavesikysymys avolouhoksissa
- Sakeutus — suodatus
- Pölynerotus ja ilmansuojelu
- Jätevesien ja kiinteiden jätteiden käsittely

### Käynnissä olleet esiselvitykset:

- Näytteenotto ja havainnointeiko kaivosteknisten kallio-ominaisuuksien selvityksissä
- Menetelmät lävistää nopeasti paksu ja heikkorakenteinen ruhjevyyhyke
- Heikkousvyyhykkeiden huomioiminen louhinnan suunnittelussa
- Pitkäaikaporausten suuntatarkkuus

### Yhteispohjoismainen työkomitea:

- Reikäseismisten tutkimusmenetelmien kehittäminen

Jätevesien ja kiinteiden jätteiden käsittely.

Tutkimusprojektin, joka on suoraan tutkimusjohtokunnan alainen, tavoite on yhdessä viranomaisten kanssa saada aikaan ohjeisto jätevesien ja jätevesiin vaikuttavien kiinteiden jätteiden käsittelystä kaivoksilla. Projekti alkoi vuoden loppupuolella ja on tarkoitus lopettaa vuoden 1986 puolivälissä. Projektin työryhmään kuuluvat seuraavat henkilöt:

Risto Rinne, Ekono Oy, Pertti Koivistoinen, Outokumpu Oy, Saa- ra Isännäinen, Vesihallitus, Risto Kuusisto, Ympäristöministeriö.

### Tutkimustoiminnan rahoitus

VMY:n tutkimustoiminnan juoksevat kulut rahoitettiin tutkimusjäseniltä perityillä vuosimaksuilla ja tutkimuslaskujen myynnistä saaduilla tuloilla.

Vuoden 1984 aikana oli niin runsaasti esiselvityksiä käynnissä, että edellisiltä vuosilta jäänyt ylijäämä käytettiin loppuun.

Tutkimusprojekteihin ja esiselvityksiin käytettiin vuoden aikana yhteensä n. 1,9 milj. mk, josta julkisen rahoituksen osuus on n. 0,7 milj. mk ja yritysten suora osuus n. 0,7 milj. mk. Tilinpäätös ei sisällä em. summia.

### Valmistuneet raportit

Vuoden aikana julkaistiin raportit:

- A 69 "Rakeisen materiaalin jatkuvatoiminen kosteuden mittaus"
- A 70 "Happamien ja intermediaaristen magmakivien kivilijämääritys pääalkuainekoostumuksen perusteella"
- A 71 "Kallion tarkkailumittaukset"
- A 72 "Elementtimenetelmien käyttö kaivostilojen lujuuslaskennassa"
- A 73 "The Crosshole Seismic Method"

### Pohjoismainen yhteistyö

Geologisten toimikuntien yhteispohjoismainen kokous pidettiin Vammalassa ja kaivosteknillisten toimikuntien kokous Kemissä. Rikastusteknillisten toimikuntien kokouksessa Tukholmassa oli Suomen edustus mukana. Lisäksi osallistuttiin Svenska Gruvföreningin kevätkokoukseen.

Ruotsiin ja Norjaan on lähetetty julkaistut raportit.

Pohjoismaisilta veljesjärjestöiltä saatiin vuoden aikana seuraavat tutkimuslaskut:

### BVLI:

- BVLI — Bergforskningen, Kombinert årsberetning for 1982/83 og forslag til budsjett for 1983/84.
- BLVI — Bergforskningen, Kombinert årsberetning for 1983/84 og forslag til budsjett for 1984/85.
- TR 26/2 Prosjekt "Regulering av oppredningsprosesser", delprosjekt "Regulering av malekrets", delrapport 2 "Stabilisering av malekrets ved Folldal verk — Tverrfjellet".
- TR 31/2 "Regulering av flotationsprosesser", delrapport 2 "Optimalregulering av kobberkisflotation med anvendelse av matematisk modell".
- TR 43/2 Prosjekt "Kontroll av bergtak", delrapport 2 "Nuere boltemetoder — friksjons- og kabelbolting".
- TR 59 "Presentasjon av data i oppredning".
- TR 61 "Industrimineraler — mineralteknisk innsats ved oppredningslaboratoriet"

### Svenska Gruvföreningen:

- B 266 "Förstudie om svenska bergarter och malmers dielektriska konstant vid höga frekvenser"
- B 267 Gruvindustrins arbetsmiljökommitté GRAMKO "Stenfall under jord" Mek. skrottingsaggregat i gruvor
- B 268 Gruvindustrins arbetsmiljökommitté GRAMKO "Registrering av miljöexponering"
- B 269 Branschskadestatistik — gruvindustrin
- B 270 Gruvindustrins arbetsmiljökommitté GRAMKO "Dammbekämpning i störtschakt"
- B 271 "Fordonsbränder i gruvor och andra underjordsanläggningar"
- B 272 "Gruvindustrins arbetsmiljökommitté GRAMKO, Underhålls- och ergonomiseminarier"
- Meddelande nr 162 "Tema: Gruva år 2000 — teknik, produkter, marknader"
- Meddelande nr 163 "Arbetskadestatistik vid svenska malmgruvor år 1983"

### BeFo:

Undermarksbyggande i svagt berg:

1. Byggnadsgeologi
- 2A. Borrning och sprängning

- 2B. Follortsborrning, fräsande brytning
3. Stabilitet och förstärkning
4. Vattenproblem och tätningsåtgärder

Bergmekanikdag 1984

Bultförstärkning av bergtunnlar — analys med hjälp av "ground reaction curve"

Ramprogram för bergteknisk forskning 1984–86

**Vattenfall/BeFo/Avesta kommun/BFR NE:**

Lakningens inverkan på Avestagnejsens mekaniska egenskaper  
Mätning av termiska spänningar och deformationer i berg  
Hydrogeologiska undersökningar under byggnadsskedet  
Kemiska reaktioner mellan vattnet och berget

Instrumentering för det hydrogeologiska undersökningsprogrammet  
Fysiologiska mätningar på dykare i varmvattenlager  
FEM-beräkningar av termoinducerade spänningar

**Forskningsstiftelsen Svensk Gruvteknik:**  
Forskningsgruvan, Verksamheten 1983

**MinFo:**

6 (1984) Dammtätning vid torra processer

Tutkimusvaltuuskunnan puolesta

**Timo Väلتtilä**  
puheenjohtaja

**Alf Westerlund**  
sihteeri

## UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

### Kokouksessa 24.1.1985

**Dammert, Veikko** Olavi, DI, s. 8.1.1958. Nokia Oy. Os: Liusketie 6 B 12, 00710 Helsinki. Jaosto 2.

**Ehrnstén, Ulla**, DI, f. 15.7.1957. Statens tekniska forskningscentral, Metallurgiska laboratoriet, forskare, metallografi. Adr: Knektvägen 3 E 42, 00400 Helsingfors. Sektion 3.

**Eklund, Juhani** Erik, DI, s. 3.8.1960. Kuusakoski Oy, käyttöinsinööri. Os: Naapurintie 3 C 32, 00940 Helsinki. Jaosto 3.

**Hautmäki, Veijo** **Tapani**, DI, s. 13.9.1957. Outokumpu Oy, Tornion tehtaas, tutkimusinsinööri. Os: Valtakatu 18 A 32, 94100 Kemi. Jaosto 3.

**Häikiö, Mauno** Ilmari, DI, s. 24.2.1951. Oy Partek Ab, kehitysinsinööri. Os: Tennbyntie 47 as. 25, 21600 Parainen. Jaosto 3.

**Karessuo, Anu** Liisa Kristiina, FK, s. 11.9.1956. Geologian tutkimuskeskus, Informaatiotoimisto, vs. tutkija. Os: Itätuulenkuja 1 A 15, 02100 Espoo. Jaosto 1.

**Karhunen, Olli**, DI, s. 30.4.1959. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Metallurgian lab., Valimojaosto, tutkija. Os: Helminkatu 4 B 15, 00550 Helsinki. Jaosto 3.

**Karlsson, Ulla** **Kristiina** Henriette, DI, f. 4.7.1955. Finska Socker Ab, Hangö fabrik, materialchef. Adr: Hangist, 10600 Ekenäs. Sektion 3.

**Kekkonen, Timo**, DI, s. 3.5.1957. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tutkija. Os: Kalastajankatu 7 B 2, 02230 Espoo. Jaosto 3.

**Lehtovirta, Tuomo**, DI, s. 24.10.1959. Oy Tampella Ab, Tamrock, markkinatutkija. Os: Pirkankatu 24 E 14, 33230 Tampere. Jaosto 2.

**Louvo, Arno**, DI, s. 4.8.1957. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Metallurgian lab., Valimojaosto, tutkija. Os: Mechelininkatu 6 B 53, 00100 Helsinki. Jaosto 3.

**Manninen, Maria** **Helena**, DI, s. 4.5.1958. TKK. Vuoriteollisuusosasto, Pros.met.lab., tutkija. Os: Rudolfintie 21 D 22, 00870 Helsinki. Jaosto 3.

**Miettinen, Martti** Einari, DI, s. 23.4.1947. Rautaruukki Oy, Oulun keskuskonttori, Suunnitteluosasto, projekti-insinööri. Os: Vihannestie 5, 90460 Oulunsalo. Jaosto 4.

**Mikkola, Juha** Kari Antero, DI, s. 14.12.1959. Rautaruukki Oy, Raahen rautatehdas, tutkimusinsinööri. Os: Ratsukatu 1 U 104, 92150 Raahen. Jaosto 3.

**Naapuri, Jukka**-Matti, DI, s. 22.4.1957. Oy Tampella Ab, Tamrock trackdrills, tuotepäällikkö. Os: Messukylänkatu 37 H 79, 33700 Tampere. Jaosto 2.

**Orispää, Marja**-Leena, DI, s. 8.12.1952. Teknillinen tarkastuskeskus, Paineastiasosasto, tarkastaja. Os: 02400 Kirkkonummi. Jaosto 3.

**Rauta, Veijo**, DI, s. 30.11.1954. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Metallurgian lab., Valimojaosto, tutkija. Os: Kiiskikuja 2 D 30, 02170 Espoo. Jaosto 3.

**Ruokoranta, Keijo** Olavi, DI, s. 3.5.1948. Teknillinen tarkastuskeskus, Paineastiasosasto, tarkastaja. Os: Maininkitie 9 E 67, 02320 Espoo. Jaosto 3.

**Saario, Timo**, DI, s. 27.7.1956. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Metallilaboratorio, tutkija. Os: Aapelinkatu 13 C 49, 02230 Espoo. Jaosto 3.

**Salanne, Simo** Juhani, TkL, s. 9.12.1941. Kemira Oy, Oulun tutkimuslaitos, Epäorgaaninen jaosto, jaostopäällikkö. Os: Salmelantie 11 B 82, 90100 Oulu. Jaosto 4.

**Stephansson, Ove**, FD, f. 17.1.1938. Högskolan i Luleå, professor i bergmekanik. Adr: Kvartsstigen 17, S-95164 Luleå. Sektion 2.

**Teuhon, Juhani**, FL, s. 14.4.1948. Outokumpu Oy, Pori, tutkimusinsinööri. Os: Kuparitie 6 as. 1, 28330 Pori. Jaosto 3.

### Kokouksessa 19.3.1985

**Cosma, Calin**-Gabriel, FM, s. 26.7.1954. Geotek Oy, Geofysikaalinen osasto, osastopäällikkö. Os: Ruonasalmentie 17 B 14, 00830 Helsinki. Jaostot 1 ja 2.

**Itäluoma, Alpo**, DI, s. 26.7.1950. Outokumpu Oy, Harjavallan tehtaas, kunnossapitoinsinööri. Os: Taijantie, 29250 Nakkila. Jaosto 3.

**Jokilaakso, Ari**, DI, s. 15.11.1961. TKK, Vuoriteollisuusosasto, tutkija. Os: Servin Maijantie 12 F 83, 02150 Espoo. Jaosto 3.

**Lehtosalo, Osmo** Kalevi, DI, s. 9.4.1958. Rautaruukki Oy, Raahen rautatehdas, tutkimusinsinööri, valssaustekniikka. Os: Ollinsaantie 45 L 82, 92120 Raahen. Jaosto 3.

**Leino, Hannu** Ilkka, DI, s. 16.3.1954. Oy Tampella Ab, Tamrock, myynti-insinööri. Os: Rauhaniementie 22 A 17, 33180 Tampere. Jaosto 2.

**Leinonen, Jukka** Sakari, DI, s. 29.1.1957. VTT, Geotekniikan lab., kalliorakentamisen tutkimus- ja kehitystehtävät. Os: Klaaneenttie 16 E 72, 00420 Helsinki. Jaosto 2.

**Leppinen, Jaakko** Olavi, FL, s. 26.11.1953. TKK, Kemian osasto, Fys.kem.lab., tutkija. Os: Revontie 4 I, 38200 Vammala. Jaosto 4.

**Nikkilä, Seppo**, DI, s. 3.1.1936. Finnminerals Oy, toimitusjohtaja. Os: Antin niementie 36, 37620 Valkeakoski. Jaosto 4.

**Tuukki, Pekka**, FK, s. 20.6.1951. Oulun yliopisto, Geologian laitos, geologian ja mineralogian v.s. assistentti. Os: Hanhitie 17 KB 11, 90150 Oulu. Jaosto 1.

## UUTTA JÄSENIÄ —

## NYTT OM MEDLEMMARNA

**Aakala, Harri**, DI, Ovako Oy Ab Imatra, tuotemyyntipäällikkö, Os: Terästehdas B 88, 55610 IMATRA.

**Alopeus, Esko**, DI, Os: Välitie 3, 58200 KERIMÄKI.

**Anjala, Yrjö**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, metallurgia, myyntipäällikkö, Os: Yökuja 4 F, 02210 ESPOO.

**Arola, Veikko**, DI, Oy Tampella Ab, Tamrock-ryhmä, markkinoinnin suunnittelupäällikkö, Os: Tohlopinkatu 7 D 28, 33310 TAMPERE.

**Asteljoki, Jussi**, TkT, Outokumpu Oy, Pori, Metallurginen tutkimuslaitos, tutkimusjohtaja vastualueenaan pyrometallurgia, laitekehitys ja virtaustekniikka.

- Aurasmaa, Heikki**, TkL, Honeywell Oy, Espoo.
- Blomqvist, Seppo**, DI, Outokumpu Oy Tornion tehtaas, paikallisjohtaja.
- Daavittila, Jorma**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, metallurgia, myyntipäällikkö.
- Flinck, Peter**, DI, Oy Bang & Co Ab, markkinointijohtaja.
- Grönqvist, Peter**, DI, Outokumpu Metals (USA) Inc, koboltti- ja nikkelitehtaan tuotteiden myyntipäällikkö. Os: Outokumpu Metals Inc, One Parklane Boulevard Ste 1102 East, Dearborn, Michigan 48126 USA.
- Gustafsson, Jukka**, DI, Oy Aga Ab, Kaasumarkkinointi, metallurgian osaston osastopäällikkö.
- Hakapää, Antero**, DI, Tansanian State Mining Corporation, Os: P.O. Box 4820, Dar-es-Salaam, TANZANIA.
- Hallanaro, Taneli**, DI, Kone Oy Roxon, vientimyyjä, Os: Vehkatie 25-29 as 17, 04400 JÄRVENPÄÄ.
- Heino, Jorma**, DI, Outokumpu Oy Konepajateollisuus, muokkaus- tekniikan tuotelinjapäällikkö.
- Heino, Timo**, FK, Os: Kasurila, 71800 SIILINJÄRVI.
- Heiskanen, Erkki**, FM, Os: Rauhankatu 3 F 3, 00170 HELSINKI.
- Helle, Aino**, DI, Os: Terästehdas B 105 as 4, 55610 IMATRA.
- Helle, Lars**, DI, Ovako Oy Ab Imatran terästehdas, tutkimuskeskus, tutkimusinsinööri, Os: Terästehdas B 105 as 4, 55610 IMATRA.
- Hokka, Harri**, DI, Boliden Mineral Ab, Os: Marina Gränsen 16 E, S-93600 BOLIDEN, SVERIGE.
- Hyvärinen, Olli**, TkT, Outokumpu Oy, Pori, Metallurginen tutkimuslaitos, tutkimusjohtaja vastuualueena hydrometallurgia ja kemia.
- Häggman, Bernt**, DI, Os: Tontunmäentie 17 as. 7, 02200 ESPOO.
- Häkkinen, Aulis**, FT, professori.
- Hämäläinen, Timo**, DI, Os: Kuusankoski Oy, 18600 MYLLYJOJA.
- Häyrinen, Pekka** Tapani, DI, Rammer Oy, metallurgi, Os: Mustakalliontie 23 D 41, 15140 LAHTI.
- Ihatsu, Rauno**, Ins., Kone Oy Engineering Division, Salpakangas, projektipäällikkö.
- Illi, Jorma**, DI, Rautaruukki Oy Rautuvaaran kaivos, johtaja, Os: Koivuniementie 1 as 6, 95900 KOLARI.
- Inkiläinen, Juha**, DI, Ovako Oy Ab, Helsinki, Betoni- ja kauppareisryhmä, myyntijohtaja.
- Isoherranen, Seppo**, DI, Outokumpu Oy, Kuparituoteollisuus, Pori, operatiivinen johtaja.
- Juopperi, Aarre**, FT, Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas, koksamon johtaja.
- Jutila, Heikki**, DI, Nederlandse Aardolie Maatschappi, Assen, produktion engineer, Os: PET/24, NAM PB 28, 9400 AA ASSEN, NEDERLAND.
- Juvonen, Veikko**, DI, Oy Nokia Ab, koneteollisuus, projekti-insinööri, Os: Siltavoudintie 5 A 1, 00640 HELSINKI.
- Jylhä, Kosti**, DI, Os: Lielahdentie 5 A 15, 00200 HELSINKI.
- Järkkälä, Jouni**, DI, Rautaruukki (UK) Ltd, toimitusjohtaja.
- Järvinen, Antero**, TkL, Ovako Oy Ab, Koverhar, teräskemian päällikkö.
- Kainulainen, Kaarlo**, Ylim., Ovako Oy Ab, Imatra, tuotekehitysosasto, ylimestari, Os: Kanava-aukio 10 A 17, 55100 IMATRA.
- Kallio, Heikki**, DI, Rautaruukki Oy Otanmäen vaunutehdas, materiaalipäällikkö.
- Kari, Antti**, DI, Oy Wärtsilä Ab Lukkoryhmä, tekninen johtaja, Os: Rajasampaanranta 2, 00560 HELSINKI.
- Kempainen, Jorma**, DI, Outokumpu Oy Tornion tehtaas, terästeollisuuden tutkimusjohtaja.
- Kerkkonen, Olavi**, FM, Os: Koivuniementie 1 as. 2, 95900 KOLARI.
- Kilponen, Tapani**, DI, eläkkeellä.
- Klemola, Markku**, DI, Os: Kiekukuja 3, 04430 JÄRVENPÄÄ.
- Kongas, Matti**, TkL, Outokumpu Oy, Elektroniikkatoimiala, markkinointijohtaja, Os: Louhentie 1 C 11, 02130 ESPOO.
- Kontio, Väinö**, Ins., Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas, suojelupäällikkö.
- Koskinen, Vesa**, DI, Neles Oy Lokomon nosturitehdas, markkinointipäällikkö.
- Krogerus, Helge**, DI, Outokumpu Oy, Pori, Metallurginen tutkimuslaitos, vanhempi tutkija.
- Kuivala, Aimo**, DI, Outokumpu Oy, Porin tehtaas, kupariektrolyysin johtaja.
- Kumpula, Mikko**, DI, Neles Oy Lokomo, terästehdas, markkinointipäällikkö, Os: Rintamäenkuja 11 D 3, 33820 TAMPERE.
- Kumpulainen, Jarmo**, TkT, Outokumpu Oy Tornion tehtaas, tutkimuslab. tutkija, Os: Eliaksenkatu 6 B 15, 95400 TORNIO.
- Kurvinen, Esko**, DI, Kone Corporation, Minjingu Phosphate Mine, advisor mine and plant manager, P. Box 6100, Arusha, TANZANIA.
- Kuusela, Veli-Pekka**, DI, Os: Rödkallensväg 15, S-95141 LULEÅ, SVERIGE.
- Laapas, Heikki**, TkT, Teknillinen korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto, mineraalitekniikan dosentti.
- Lantto, Heikki**, TkT, Oulun Ev.lut. seurakuntien hallintojohtaja.
- Lappalainen, Eino**, FT, Os: GTK, PL 237, 70101 KUOPIO.
- Lappalainen, Pekka**, DI, Outokumpu Oy Pyhäsalmen kaivos, kaivososaston päällikkö.
- Lehtinen, Pia**, DI, os. Hahti, Outokumpu Oy, keskushallinto, markkinoinnin suunnittelun assistentti, Os: Kuusilahdenkuja 3, 00340 HELSINKI.
- Lehto, Raimo**, Ins., Rautaruukki Oy, Oulun keskuskonttori, putkipalkkien myyntipäällikkö.
- Lempainen, Eero**, DI, Outokumpu Oy Konepajateollisuus, muokkaustekniikan tuotelinja, projektipäällikkö.
- Leväaho, Jaakko**, DI, Wesmin Resources Ltd, automaatioinsinööri, Os: 116 Dino RD, Campbell River B.C., V9W, 5S8 CANADA.
- Liisanantti, Risto**, DI, Outokumpu Oy Tornion tehtaas, valssamon teknillinen johtaja.
- Linna, Juhani**, valtiot.kand., Os: Koronakatu 5 A 8, 02210 ESPOO.
- Luostarinen, Erik**, DI, Os: Toppelundintie 3 D 51, 02170 ESPOO.
- Lång, Kaj**, FK, Os: Juopinmäki 3 C 47, 02760 ESPOO.
- Maksimainen, Alpo**, DI, Kone Oy Engineering Division, Salpakangas, projektisuunnitteluosaston päällikkö.
- Mannerkoski, Lauri**, DI, Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas, myyntijohtaja.
- Mattelmäki, Matti**, DI, Outokumpu Oy Harjavallan tehtaas, nikkelitehtaan johtaja.
- Mattfolk, Nils-Göran**, DI, Kuusakoski Oy, Espoo, Os: Haukilahdenranta 21 B 17, 02170 ESPOO.
- Mattsson, Björn**, FL, Oy Partek Ab, varatoimitusjohtaja.
- Melart, Allan**, FM, Oy Kontram Ab, tutkimusjohtaja, Os: Revontulentie 8 C, 02100 ESPOO.
- Merikanto, Nils**, TkL, Outokumpu Oy Harjavallan tehtaas, nikkelitehtaan kehitysjohtaja.
- Muurinen, Liisa ja Timo**, Di, Os: Relanderinaukio 4 D 46, 00570 HELSINKI.
- Mylläniemi, Jukka** DI, Rautaruukki Oy Hämeenlinnan tehtaas, tuotannon suunnitteluosaston päällikkö.
- Nevalainen, Lauri**, DI, Oy AGA Ab, Kaasumarkkinointi, metallurgian osasto, sovellutusinsinööri.
- Nevalainen, Harri**, TkL, Teknillinen tarkastuskeskus, ylijohdaja, professori, Os: Mitterikatu 8, 04400 JÄRVENPÄÄ.
- Nevalainen, Lauri**, DI, Os: Munkkiniemen Puistotie 2 B 29, 00330 HELSINKI.
- Niemi, Tom**, DI, Outokumpu Oy Kokkolan tehtaas, kobolttitehtaan johtaja.
- Nikku, Paul**, Ins. Oy Trelleborg Ab, toimitusjohtaja.
- Noitonen-Rantamäki, Eeva-Kaarina**, DI, Outokumpu Oy, ATK-osasto, ATK-suunnittelija, Os: Sarmakalliontie 6 C 50, 02210 ESPOO.
- Nyman, Atte**, DI, eläkkeellä, Os: Toppelundintie 3 G 91, 02171 ESPOO.
- Närhi, Antti**, DI, Outokumpu Oy Terästeollisuus, terästuotannon myyntijohtaja.
- Ojanen, Asko**, DI, Outokumpu Oy Kokkolan tehtaas, paikallisjohtaja.
- Ojanperä, Mauri**, DI, Os: Koivistonpuist. 45 C 63, 28130 PORI.
- Ollila, Hannu**, FM, Os: Haukankatu 1, 08150 LOHJA.
- Paananen, Tapio**, DI, Outokumpu Oy Kokkolan tehtaas, kobolttitehtaan tuotantopäällikkö.
- Paloniemi, Pentti**, DI, Outokumpu Oy Tornion tehtaas, kromituotannon myyntijohtaja.
- Parviainen, Asko**, TkL, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, prosessilaitokset, markkinointijohtaja.
- Pekkarinen, Lauri**, FT, Os: Helatie 3 B, 90250 OULU.
- Pesonen, Raimo**, DI, Os: Kahluuniityntie 2, 0610 VANTAA.
- Pessi, Esko**, DI, Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas, apulaismyyntijohtaja.
- Pettersson, Henrik**, DI, Valmet Oy Pansion tehdas, projekti-insinööri, Os: Mäenkylä as. 4, 4, 23100 MYNÄMÄKI.
- Pietilä, Seppo**, DI, Outokumpu Oy konepajateollisuus, muokkaustekniikan tuotelinja, tuotekehityspäällikkö.
- Pihlainen, Antero**, DI, Os: Tamrock (FAR EAST) Ltd, 1316 Hut-chison House, Central, HONG KONG.
- Pimiä, Erkki**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, metallurgia, myynti-insinööri.
- Pirttijärvi, Martti**, Ins., Os: Ilmarisentie 3 B 4, 21530 PAIMIO.
- Pitkänen, Martti**, DI, Imatran Voima Oy, Keskuslaboratorio, Myyrmäki, materiaalitekniikan jaospäällikkö, Os: Jokipellontie 10 G, 00720 HELSINKI.
- Pitkänen, Rauno**, DI, Os: Niityrinne 8 G, 57230 SAVONLINNA.
- Prokkola, Seppo**, DI, Os: Vilpunkatu 2 D 20, 02230 ESPOO.

**Purra, Pekka**, DI, Outokumpu Oy, pääkonttori, CO-yksikön markkinatutkija, Os: Heikelintie 8, 02700 KAUNIAINEN.

**Puustjärvi, Heikki**, FM, Os: c/o Granges Exploration Ltd, 179 Skyridge Ave, Lr. Sackville, N.S., CANADA.

**Pyykkö, Timo**, DI, Os: Leivonpolku 6, 92130 RAAHE.

**Pääkkönen, Juha**, DI, Os: Koskelonkatu 71, 26100 RAUMA.

**Rantanen, Mauri**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, muokkaamoprojektien myyntijohtaja.

**Rautajoki, Heikki**, DI, Outokumpu Oy Outokumpu Engineering, Os: Outokumpu Eng, PL 27, 02201 ESPOO.

**Renvall, Åke**, FM, Adr: Parksvängen 12 A 9, 00200 HELSINGFORS.

**Rissanen, Markku**, DI, Oy Nokia Ab Metallituotteet, Vantaa, aluevientipäällikkö, Os: Louhentie 3 B 4, 04230 KERAVA.

**Roitto, Klaus**, DI, Oy Kolster Ab, patentingenjör.

**Roos, Seppo**, FM, Turun yliopisto, geologia ja mineralogia, Os: Nisse Kavonk. 6 B 28, 20610 TURKU.

**Ruusunen, Pentti**, DI, Outokumpu Oy, Kupariteollisuus, Pori, valimotuloyksikön johtaja.

**Rytönen, Tuija**, os. Suortti, DI, Os: Akselinpolku 7 H 66, 02230 ESPOO.

**Ryynänen, Erkki**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, metallurgia, myyntijohtaja.

**Räsänen, Erkki**, TKT, Rautaruukki Oy Raahe, tutkimuslaitoksen johtaja.

**Saari, Heikki**, DI, Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimuslaitos, koetehtaan päällikkö.

**Saari, Matti**, DI, Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimuslaitos, tutkimusjohtaja, vastuualueena rikastustekniikka ja mineraalitekniikka.

**Saario, Heikki**, FK, Outokumpu Oy Hituran kaivoksen geologi, Os: Outokumpu Oy Hituran kaivos, 85560 AINASTALO.

**Salmi, Veli**, DI, Outokumpu Oy Harjavallan tehtaat, sulattojen tuotantopäällikkö.

**Sammalisto, Juhani**, DI, Boliden Mineral Ab, Stekenjokk Gruva, suunnitteluisinööri, Os: FACK 2074, S-91089 KLIMPFJÄLL, SVE-RIGE.

**Savolainen, Heikki**, DI, Oy Lohja Ab, Lohja Engineering, yksikön johtaja.

**Schmidt, Jürgen**, DI, eläkkeellä.

**Sihvo, Sakari**, DI, Ovako Oy Ab, Imatra, Os: Mustakallionkuja 11, 55610 IMATRA.

**Sjöberg, Veikko**, FL, Rautaruukki Oy Oulun keskuskonttori, pääkemisti, Os: Kaislatie 11 L 55, 90160 OULU.

**Strand, Jouko**, DI, Leinovalu Oy, markkinointijohtaja.

**Sulanto, Jukka**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, metallurgia, myyntipäällikkö.

**Suominen, Ismo**, DI, Ovako Oy Ab, Kettinkitehdas, Loimaa, tehtaanjohtaja, Os: Kartanonkatu 6 A 14, 30100 FORSSA.

**Sörensen, Tom**, DI, Oy AGA Ab, Uudenmaan myyntialue, aluepäällikkö.

**Tenhola, Markku**, FK, Os: Snellmaninkatu 7 C 28, 70100 KUOPIO.

**Toivonen, Lasse**, DI, Os: Tornikuja 3 as. 1, 90440 KEMPELE.

**Tonteri, Jarmo**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, metallurgia, myynti-insinööri, Os: Seilikkaari 8 M 02180 ESPOO.

**Torsti, Kyösti**, DI, eläkkeellä.

**Tunturi, Pekka**, TKT, TEKES, Valmistusteknologian jaosto, erikoistutkija.

**Tuomisto, Eljas**, FM, Rautaruukki Oy Raahen tutkimuslaitos, suojelukemisti, Os: Ruskontie 10 A, 92129 RAAHE.

**Törn, Lars**, DI, Adr. Otberget 1 A 5, 02150 ESBO.

**Vahtola, Juhani**, DI, Outokumpu Oy Tornion tehtaat, kromituotannon johtaja, Os: Outokumpu Oy, Tornion tehtaat, 95400 TORNIO.

**Vartiainen, Karri**, TKT, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Metallilaboratorio, hitsaustekniikan tutkimusprofessori, Os: Kalasääksentie 4 G 42, 02620 EPOO.

**Westerlund, Alf**, DI, TKK, Bergsindustriavd. laboratoriet för brytningsteknik, forskare, Adr: Kilobranten 10 D 71, 02610 ESBO.

**Windholm, Mikael**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, energiatekniikka, myynti-insinööri, Os: Westendintie 11 B, 02160 ESPOO.

**Wiinamäki, Erkki**, DI, Oy Forcit Ab, toimitusjohtaja.

**Viitala, Raimo**, DI, Loimaan Kivi Ky, tuotantopäällikkö, Os: Huvilakatu 44, 32200 LOIMAA.

**Virtanen, Markku**, DI, Os: Riistapolku, 7, 57230 SAVONLINNA.

**Vuorinen, Jouko**, TKT, TKK Koneinsinööriosasto, valimotekniikan professori, Os: Ylistörmä 4 H, 02210 ESPOO.

**Vänskä, Ari**, Ins., Os: Säästöpankki, 23200 VINKKILÄ.

**Yllö, Erkki**, DI, Outokumpu Oy, Outokumpu Engineering, metallurgia, myynti-insinööri.

## SUORITETTUJA TUTKINTOJA — AVLAGDA EXAMINA

### OULUN YLIOPISTO

#### Geofysiikan laitos

##### Filosofian maisteri:

**Hyvönen, Eija**: "Kaakkois-Suomen magnetovariaatiomittausten pulsaatio- ja Sq-analyysi".

Työ kuuluu Suomen Akatemian rahoittamaan "Baltian kilven kuoren ja ylävaipan sähköiset tutkimukset" projektiin.

Tutkimassa tarkastellaan Kaakkois-Suomen sijoitettua magnetometraverkon numero V aineiston käsittelyä. Verkko käsittää kaikkiaan 31 asemaa leveysasteiden 60°N ja 63°N välissä.

Verkon alueella on havaittavissa kaksi johtavuusvyöhykettä: Mikkelin- ja Outokumpu-anomalia. Mikkelin-anomalia kulkee itäkoillinen-länsilounassuunnassa ja johde koostuu todennäköisesti joko yhdestä tai useammasta johtavuuskappaleesta, jotka luultavasti ovat mustaa liusketta. Viivalähdeaprossimaatiolla johteen syvyydeksi linjalla P on saatu 10–15 kilometriä. Outokumpu-anomalia kulkee lähes pohjois-eteläsuunnassa. Aikaisempien tutkimusten pohjalta (Pajunpää 1983 ja 1984) on oletettu, että sen pohjoisosa aiheutuu johtavuuskontrastista. Johteen eteläosa sen sijaan on joko yhden tai useamman johtavuuskappaleen aiheuttama. Lisäksi on oletettu, että Outokumpuanomalia sijaitsee syvemmillä kuin Mikkelin-anomalia (Pajunpää 1983 ja 1984). Anomalioiden leikkauskohdassa Raahe-Laatokka-vyöhykkeellä johtavuusrakenne on paljon monimutkaisempi.

#### Prosessitekniikan osasto

##### Tekniikan tohtorit:

Oulun yliopiston prosessitekniikan osastolla tarkastettiin 15.12.1983 tekniikan lisensiaatti **Samuli Saukkosen** väitöskirja "A constructive method for the architectural design and correctness verification of real-time programs". Vastaväittäjinä olivat prof. Reino Kurki-Suonio ja apul.prof. Markku Syrjänen. Kustoksena oli prof. Aarne Halme.

Samalla osastolla tarkastettiin 16.11.1984 tekniikan lisensiaatti **Markku Mannisen** väitöskirja "Task-Oriented Approach to Interactive Control of Heavy-Duty Manipulators Based on Coarse Scene Description". Kustoksena oli prof. Aarne Halme.

##### Tekniikan lisensiaatit:

**Ala-aho, Paula Kaarina**: "Katalyyttien vaikutus valmistettaessa turpeesta nestemäisiä polttoaineita hydraamalla".

**Junno, Seija Maria Liisa**: "Terässulaton simulointimallin laatiminen Monte-Carlo-menetelmällä".

Tutkimustyön kirjallisuusosassa on esitetty matemaattisten ongelmien numeeriseen ratkaisuun kehitetty Monte Carlo -menetelmä, joka perustuu satunnaislukujen ja tilastollisten jakaumien käyttöön. Menetelmä on varsin käyttökelpoinen ennustettaessa erillisistä operaatioista koostuvan prosessin tuotantoaikoja, koska sillä saadaan satunnaisien häiriöiden ja viiveiden vaikutukset mukaan laskentaan.

Työn kokeellisessa osassa on laadittu terässulaton toimintaa kuvaava simulointimalli Monte Carlo -menetelmällä. Terässulaton prosessi on jaettu erillisiin operaatioihin, joille on määritetty kestoajakajakumat. Prosessilaitteille on haettu tilastotiedoista satunnaisien häiriöiden ja suunniteltujen kunnossapitoseisokkien tapahtumatiheydet ja kestoajakajakumat. Mallissa kuvataan teräksen valmistusta laskemalla yhteen peräkkäisten operaatioiden kestoajoja, häiriö- ja kunnossapitajoja sekä odotusaikoja. Mallilla on tutkittu prosessimuuttujien erillis- ja yhteisvaikutuksia terässulaton kapasiteettiin sekä testattu uusien toimintavaihtoehtojen vaikutuksia.

**Tihinen, Taimo Olavi**: "Turpeen keinotekoinen kuivaus jäädyttämällä, jäädytys-sulattamalla ja pakastus-kuivaamalla".

Diplomi-insinöörit:

**Auvinen, Jyrki Tapani:** "Konvertterin panoslaskentamallin sovittaminen prosessiin".

Tutkimuksessa esitetään aikaisemmin laaditun Rautaruukki Oy:n Raahan tehtaan konvertterin panoslaskentamallin aine- ja energiataaseet. Lisäksi esitetään mallin tarkentamiseen käytetyt menetelmät.

Konvertterin panoslaskentamalli sovitettiin prosessiin tarkentamalla taseytälöitä, ohjelmoimalla reaaliaikaisesti toimiva malli ja sovitamalla kehitetyt korjausmenetelmät laskentaan. Lisäksi mallia kehitettiin konvertterin panostuksen laskentaan.

**Halmi, Ari Antero:** "Lyijyn poisto aloiteräjähdyksaineita sisältävistä jätevesistä".

**Paaso, Kimmo Oiva:** "Pintakäsittelylaitoksen tuotannonohjauksen esiselvitys".

**Piironen, Eila Marjatta:** "BOF-prosessin staattisen mallin tarkkuuden parantaminen".

**Savolainen, Jarmo Ossian:** "Rikkivedyllä tapahtuvan kuparin poiston mallit ja säädön kehittäminen".

## TAMPEREEN TEKNILLINEN KORKEAKOULU

### Konetekniikan osasto

#### Tekniikan lisensiaatit:

**Helevirta, Pertti:** "Jauhinlevymateriaalien kaasufaasipinnoitus".

**Niemi, Kari:** "Metalliseosten superplastisuudesta".

Työn teoreettisessa osassa selvitettiin superplastisuusilmiötä ja sen käyttömahdollisuuksia metallien muovausprosesseissa. Työn koellessä osassa tutkittiin superplastisuusilmiötä ferriittis-austeniittisissa ruostumattomissa teräksissä, eutektoidisissa sinkki-alumiiniseoksessa ja messingeissä. Superplastisuuden vaatiman hyvin hienojakoisen rae-rakenteen aikaansaamiseksi tehtiin näille seoksille termomekaanisia ym. käsittelyitä. Mikrorakenteen stabiilisuuden selvittämiseksi tehtiin rakeenkasvatuskokeita superplastisuuden esiintymislämpötiloissa. Varsinaisilla superplastisuuskokeilla eli vetokokeilla korkeissa lämpötiloissa tutkittiin seosten kyky suuriin plastisiin muodonmuutoksiin.

Tutkitut ferriittis-austeniittiset teräkset saatiin superplastiseen tilaan varsin helposti; vain kylmämuokkaus, jonka jälkeen kuumentamalla tapahtuvan rekristallisaation seurauksena syntyi hyvin hienojakoinen mikroduplex-rakenne. Saavutetut venymäarvot olivat luokkaa  $e = 400-500\%$  suurempia ja myötölujuuden arvot superplastisessa tilassa hyvin pieniä ( $\sim 20 \text{ N/mm}^2$ ).

Messinkien osalta ei mikrorakenne ollut riittävän stabiili rakeenkasvua vastaan superplastisuuden esiintymislämpötiloissa. Tällöin jäivät saavutetut venymäarvot vaatimattomiksi.

Tutkittu sinkkipohjainen seos,  $\text{Zn} + 22\% \text{ Al}$ , saatiin superplastiseen tilaan sopivilla termomekaanisilla käsittelyillä. Suurimmat saavutetut venymäarvot olivat luokkaa  $e = 700\%$  lämpötilassa  $260^\circ\text{C}$  ja myötölujuuden arvot olivat alaiset. Tälle seokselle tehtiin lisäksi muovauskokeita paineakaasumenetelmällä käyttäen kartiomaista muottia. Suoritetuissa muovauskokeissa todettiin ohuen levyn deformaation paineakaasumuovauksessa tarkasti käytetyn muotin mukaisesti varsin pienellä kaasupaineella.

Tutkituista seoksista antoivat ferriittis-austeniittiset ruostumattomat teräkset ja sinkki-alumiiniseos lupaavimmat tulokset superplastisuuden kannalta. Näiden seosten osalta voitaisiin superplastisuutta hyödyntää teollisesti. Messinkien osalta vaatii tehokkaan superplastisuuden aikaansaaminen vielä lisää tutkimustyötä sopivien raekoon stabiilointimenetelmien löytämiseksi.

#### Diplomi-insinöörit:

**Erkkilä, Timo:** "Muottimateriaalin adheesio".

Työn tarkoituksena oli tutkia metallien välistä adheesioita ja sitä tietä löytää T-Drill-tyyppiseen spinneriin työkalumateriaaleja, jotka soveltuvat eri putkimateriaalien — alumiinin, kuparin, messingin, niukkahiilisen teräksen ja ruostumattoman teräksen — työstöön.

Tutkittaviksi materiaaleiksi valittiin seostettuja teräksiä, valurauto-

ja, kovametalleja ja pinnoitteita. Vertailumateriaalina oli työkalussa nykyisin käytetty superseos Inconel 718. Putkimateriaalien adheesioita koemateriaaleihin tutkittiin vetokoneeseen rakennetulla adheesio-koelaitteistolla ja sulan alumiinin ja koemateriaalien välisillä kostutuskulumittauksilla. Adheesiokoeket tehtiin kaikille koe- ja putkimateriaaleille huoneenlämpötilassa ja alumiiniin vastaan lisäksi kolmella huoneenlämpötilakokeissa parhaiten menestyneellä materiaallilla sekä vertailumateriaalilla lämpötilassa  $300^\circ\text{C}$ .

Adheesio- ja kostutuskokeiden perusteella rajattiin osa materiaaleista jatkokokeisiin, joissa tutkittiin koemateriaalien käyttäytymistä putken muovausta jäljittelevissä olosuhteissa. Kokeet tehtiin koelaitteistoksi muutetulla spinnerillä, ja putkimateriaaleina olivat alumiini, kupari ja niukkahiilinen teräs.

Koetulosten perusteella soveltuu kaikkien putkimateriaalien työstöön WC + Co-pohjainen kovametalli ja lisäksi kuparille ja messingille TiC- ja TiN-pinnoitteet sekä teräsputkille TiC-pinnoite. Kuparin työstöön suositeltavia työkalumateriaaleja ovat myös kuumatyöteräs ja runsaasti seostettu kylmätyöteräs.

**Koriala, Pirjo:** "Kuparin pintaseostaminen".

**Lilja, Jarmo:** "Melt-spinning-tekniikalla valmistetut suprajohteet".

**Starkman, Tapio:** "Ruostumattoman teräksen dekontaminointi ydinreaktorin olosuhteita simuloivissa tilanteissa".

**Telama, Ari:** "Alumiinioksidipinnoitteen sähköneristyskyky".

**Vesa, Mauno:** "Leijukerrospolton eroosiokorroosion simulointilaitteisto".

**Vuori, Veli-Matti:** "Leijukerrospoltoissa esiintyvän eroosiokorroosion simulointi — Keraamisten pinnoitteiden vaikutus materiaalin kestävytyteen".

**Ylitalo, Risto:** "Elektronisen kuumemittarin mittapään kehittäminen".

## TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

### Vuoriteollisuusosasto

#### Tekniikan lisensiaatit:

**Mustala, Jorma:** "Raakkulaimennuksen geologiset tekijät, ennakointi ja minimointi mineraaliprojektin suunnittelussa ja toteutuksessa".

Työssä tarkastellaan raakkulaimennuksen geologisia ja kalliomekaanisia lähtökohtia, sen teknisiä vaikutuksia louhinta- ja rikastusprosesseihin sekä merkitystä mineraaliprojektin kokonaistaloudelle. Samalla korostetaan geologisten lähtötietojen sisältämän louhinta- ja rikastusteknisen sanoman ymmärtämisen tärkeyttä, sekä painotetaan koko projektikonaisuuden kattavan, raakkulaimennuksen syihin ja seuraamuksiin liittyvän kielellisen ilmaisujärjestelmän yksiselitteistä hallintaa kaikkien vastuuhenkilöiden kohdalla projektin sisäisessä informaatiovaihdossa.

Lopuksi todetaan, että ylläesitetty on mahdollista vain, jos projektin vastuuhenkilöt tuntevat mielenkiintoa itse projektiin kokonaisuutena, paljon yli oman ensisijaisen vastuualueensa rajojen.

**Niemelä, Jaana:** "Rikkiaktiivisuuksien sähkökemiallinen määrittäminen korkeissa lämpötiloissa".

Työn tavoitteena oli tutkia zirkoniumelektrolyyttien ja happikonsentraatiokennon soveltuvuutta sulien rikkipitoisten systeemien termodynaamisten ominaisuuksien mittamiseen korkeissa lämpötiloissa.

Työn teoreettisessa osassa selvitettiin kirjallisuuden perusteella rikkiaktiivisuuksimittauksia sähkökemiallista konsentraatiokonetta käyttäen. Huomio kiinnitettiin erityisesti mahdollisten kiinteäelektrolyyttien fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä käytännön sovellutuksiin.

Kokeellisessa osassa mitattiin sulien Cu-S- ja Cu-Ni-S-seosten rikkiaktiivisuuksia Emf-menetelmää käyttäen. Binäärille Cu-S-systeemille mittaukset suoritettiin rikkipitoisuuden funktiona lämpötilavälillä  $1150-1350^\circ\text{C}$ . Mitatuista kennojennitteistä määritettiin rikin kemiallisen potentiaalin lisäksi Cu-S-systeemin termodynaamiset liuosfunktio- ja liukoisuusarvot rajat ko. lämpötiloissa. Tulosten havaittiin sopivan hyvin yhteen kirjallisuudesta löytyneiden arvojen kanssa. Ternääriässä Cu-Ni-S-systeemissä mitattiin rikkiaktiivisuudet lämpötilassa  $1200^\circ\text{C}$  kuparinurkassa sijaitsevan sulan tilan liukoisuusarvon läheisyydessä vakioilla Ni/Cu-suorilla. Saatua tuloksia verrattiin kirjallisuuden arvoihin ja niiden todettiin olevan luotettava.



**Poikonen, Ari:** "Application of electrical and thermal borehole logging to structural and hydrogeological investigations of crystalline bedrock."

In the study electrical and thermal borehole-geophysical techniques are applied to bedrock investigations connected with geological disposal of nuclear waste. The results are also applicable to other engineering purposes where structural and hydrogeological information of bedrock is needed. The study is based on the geophysical measurements carried out at the Loviisa and Olkiluoto nuclear power plant sites. The measurements are part of the site investigation the purpose of which is to assess the suitability of the bedrock for final disposal of low-level and intermediate-level reactor wastes. The specific objectives of the geophysical investigations are to map and characterize fractures and to examine the hydrogeological conditions beneath the sites.

Results from the study show that the resistivity of bedrock exhibits a clear tendency to decrease with increasing fracture frequency. Hydraulic conductivity shows a rather poor correlation with fracture frequency and resistivity. Crossplot technique is utilized to estimate fracture aperture from various data sets. The intensity of fracturing is estimated by means of fracture porosity obtained from resistivity data. Mise-à-la-masse method has turned out to be useful in mapping fractured zones within a short range. A one-dimensional thick sheet model is introduced to simulate fractured zones in the interpretation of mise-à-la-masse measurements. Geometrical and electrical parameters of the fractured zone are estimated by means of the computed model responses. An example of cross-correlation technique is presented to trace geological structures from borehole to borehole. Possibilities of detecting groundwater flow in bedrock are discussed. A quantitative method is presented to estimate the flow rate of water flowing along a fracture or a fractured zone.

Diplomi-insinöörit:

**Antikainen, Juha:** "Tuuletuksen uudelleenjärjestely Keretin kaivoksella."

Työn tarkoituksena on selvittää mahdollisuuksia tuuletuksen tehostamiseen ja tuuletuskustannusten alentamiseen Keretin kaivoksella. Tuulettamistavan ja louhintasuunnitelmien perusteella laadittiin Outokumpu Oy:n tuuletuksen ATK-simulointimallin avulla suunnitelma yleistuuletuksen järjestelyistä vuosina 1985-90. Suurimmat muutokset nykyisiin tuuletusjärjestelyihin ovat ilman virtaussuunnan muuttaminen kahdessa ilmanvaihtokuilussa ja tuuletusilman lämmityksen muuttaminen kokonaan sähkölämmitykseksi.

**Bergström, Marianne Kirsi Mirjam:** "Tutkimus leimuhitsauksen vaikutuksista erään niukkahiilisen teräksen rakenteeseen ja mekaanisiin ominaisuuksiin".

Työn tarkoituksena oli tutkia leimuhitsauksen vaikutuksia erään niukkahiilisen teräksen rakenteeseen ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Kirjallisuudessa tarkastellaan leimuhitsauksen erityispiirteitä huomioiden saumakohdan ja muutosvyöhykkeen sitkeysominaisuuksiin yleisesti vaikuttavia tekijöitä, kuten nauharakennetta sulfideineen, rakkokoa, seostusta ja lämpökäsittelyä sekä teräksen happi- ja tyypipitoisuutta.

Kokeellisessa osassa tutkittiin hitsisauman, muutosvyöhykkeen ja perusaineen iskusitkeyttä (Charpy-V-iskukokeilla), mikrorakennetta (optisella- ja läpivalaisuelektronimikroskopiolla) ja murtopintoja (pyyhkäisyelektronimikroskopiolla). Hitsisauman ja perusaineen happi-tyypipitoisuuksia verrattiin Auger-elektronispektroskopiolla ja kemiallisilla analysointimenetelmillä.

Koetulokset osoittavat, että hitsisauman ja perusaineen mikrorakenteet eivät poikkea selvästi toisistaan. Saumassa ja muutosvyöhykkeessä rakkoko on epätasainen, ollen kuitenkin saumassa keskimäärin yhtä pientä kuin perusainessa. Iskusitkeyskokeissa todettiin perusaineen sitkeyden laskevan lähes hitsisauman tasolle, kun rakenteessa olevat sulfidit ovat sitkeyden kannalta epäedullisissa kulumassa lovitassoon nähden. Sulfideja ei kuitenkaan ollut hitsisauman murtopinnalla, joten hitsisauman alhainen sitkeys ei johtune niistä. Hitsisauman happi- ja tyypipitoisuuksia ei havaittu merkittäviä eroja perusaineeseen verrattuna. Hitsisauman alhainen sitkeys johtuu ilmeisesti tavallaan teräksen valurakennetta edustavasta mikrorakenteesta, jossa on erilainen sulkeuma-, suotauma- ja virherakenne perusaineeseen verrattuna.

**Honkanen, Tiina:** "Kovakromipinnoitteen jakautumiseen vaikuttavien tekijöiden tutkiminen."

Työn tarkoituksena oli tutkia kovakromipinnoitteen jakautumiseen vaikuttavien tekijöiden. Ongelmana oli pinnoitteen jakautumisen epäta-

saisuus ts. sarjan kaikille kappaleille ei käytännössä saada samanvahuista pinnoitetta.

Kirjallisuudessa käsitellään tekijöitä, jotka vaikuttavat kovakromipinnoitteen tasaisuuteen. Saostuvan metallin jakautumiseen pinnoitettavan esineen päälle vaikuttavat ensisijaisesti kappaleen muoto, koko ja sen sijainti elektrolyysikyvyssä. Virranjakautumiseen vaikuttavat lisäksi kromielektrolytin johtavuus, sen koostumus, työskentelylämpötila, polarisaatio ja katodinen virtahyötysuhde. Virranjakautumista pinnan profiilille parantavat apuvälineet voidaan jakaa kahteen ryhmään: apuvälineet, joita ei kytketä virtapiiriin (varjostimet, virratonnot johtimet ja bipolaariset johtimet) ja kytketyt apuvälineet (apuanodit ja -katodit).

Työn kokeellisessa osassa tutkittiin anodien sijainnin, teippauksen ja apukatodien vaikutusta kromipinnoitteen jakautumiseen. Onnistuneeseen tulokseen päästiin ratkaisemalla ensin paras mahdollinen anodijärjestely ja tämän jälkeen muuttamalla anodi-alueita teippauksen avulla ja teippaamalla myös katodien yläosaa. Tällöin pinnoitteen jakautuminen saatiin tasaiseksi koko sarjalle.

**Jokilaakso, Ari:** "Sulfidimineraalien ja kuuman kaasuatmosfäärin välisten reaktioiden tutkimiseen käytettävien laitteiston suunnittelu ja rakentaminen."

Suspensiotekniikkaa käytetään nykyisin hyvin paljon ei-rautemallien valmistukseen sulfidista raaka-aineista. Suspensiotilassa tapahtuvia reaktioita ja ilmiöitä ei ole kuitenkaan paljoa tutkittu. Tämän diplomityön kirjallisuudessa on selvitetty reaktioita kaasusulfiduspensiossa korkeissa lämpötiloissa. Suspensiotekniikan tutkimuksiin käytetyt laitteistot on esitetty sekä niillä saatuja tuloksia on tarkasteltu reaktiokinetiikan, lämmön- ja aineensiirron sekä epäpuhtausien haittumisen kannalta. Lisäksi on lämmön- ja aineensiirtomekanismeja käsitelty yleisesti kaasun ja partikkelin välisessä vuorovaikutuksessa.

Työn käytännön osassa suunnitellaan kirjallisuustutkimuksen antamien lähtökohtien perusteella laitteisto ja kerrotaan yksityiskohtaisesti eri laitteiden rakenne ja toiminta. Kokeellisessa osassa testataan laitteiston toiminta yksinkertaisilla koeajoilla. Koeajoissa käytetään laitteita kuparirikasteita ja kuuma kaasuna tyyppiä (40-60 dm<sup>3</sup>/min, mitattuna kylmänä). Koeajojen tarkoituksena on myös saada aikaan vertailukelpoinen sarja rikin poistumisesta näytteestä lämpötilan funktiona. Koeajoissa ilmeni kuitenkin vaikeuksia syötössä, joten täydellistä sarjaa ei saatu. Laitteiston toiminta osoittautui kuitenkin lupaavaksi ja tulokset, joita saatiin osoittivat rikin poistuvan näytteestä lämpötilan kohotessa.

**Järvinen, Olli Tauno:** "Epäpuhtauskomponenttien aktiivisuudet nikkelikivissä".

Työssä mitattiin arsenin, antimonin, vismutin ja lyijyn aktiivisuuskertoimet nikkel- ja rautasulfidissa lämpötilassa 1200°C, kun epäpuhtauskomponenttien pitoisuudet olivat pieniä (~0,2 %). Työssä mitattiin myös eräiden epäpuhtauskomponenttien aktiivisuuskertoimet kahdeksassa erilaisessa nikkelikivessä lämpötilassa 1300°C.

Teoriaosassa selvitettiin sulfidien termodynamiikka. Epäpuhtauskomponenttien aktiivisuuskertoimet mitattiin kuljetusmenetelmällä näytteen kemiallisen analyysin muutoksesta kokeissa.

Epäpuhtauskomponenttien aktiivisuuskertoimen riippui voimakkaasti sulfidien ja kiven stökiometriasta. Rikkipitoisuuden kasvu suurensi arsenin ja antimonin sekä pienensi lyijyn ja vismutin aktiivisuuskertoimia nikkel- ja rautasulfidissa. Outokummun Harjavallan nikkelikivissä rikinpaine vaihteli välillä 10<sup>-6</sup>-10<sup>-2</sup> atm ja hapenpaine välillä 10<sup>-8</sup>-10<sup>-6</sup> atm. Nikkelikivissä rikkipitoisuuden kasvu suurensi arsenin aktiivisuuskertoimia. Magnesiumin ja sinkin aktiivisuuskertoimet olivat nikkelikivinäytteissä alle 0,2. Lyijyn aktiivisuuskertoimet olivat välillä 4-19.

**Kilponen, Jaakko:** "Keretin vanhan alueen pilareiden louhinta."

Outokummun kaivoksella käytettiin malmin päälouhintamenetelmänä vuoteen 1946 asti pilarilouhinta. Louhoksiin jätettiin katon tueksi malmipilareita, jotka ovat nyt talteensaannin kohteena niiden korkean Cu-pitoisuuden vuoksi.

Suunnittelun kohteena olevassa louhoksessa on pilareiden kokonaisalmimäärä n. 13 000 t. Malmin keskimääräinen Cu-pitoisuus on 5,7 %. Malmin arvo in situ on 740 mk/t.

Geologiset ja kalliomekaaniset olosuhteet ovat louhinnan kannalta epäedulliset. Louhoksen katto on heikkoa serpentiiniä ja louhoksen pohja on liian jyrkkä, jotta kumipyöräkalustoa voitaisiin käyttää. Toisaalta maanpinta ei saa louhinnan seurauksena painua niin paljon, että tästä aiheutuisi rakennuksille vaurioita.

Louhintamenetelmävaihtoehtoja ovat lähinnä täyttölouhintamenetelmät, joissa louhos täytetään joko raakalla tai hydraulisella täytteellä tai avonaiset menetelmät, joissa louhoksen katto tuetaan joko vai-



jeripulteilla, betonipilareilla, hydraulisilla tai mekaanisilla tuilla.

Nykyisillä lähtötiedoilla parhaaksi menetelmäksi arvioitiin ottaen olosuhteet huomioon vajeripulttilouhinta. Jos louhoksen katto kes-täisi nykyistä suurempia jännevälejä, olisi toteuttamiskelpoisin louhinta menetelmä raakkuuttäytölouhinta.

Tämän tutkimuksen mukaan pilareita ei kannata louhia huonojen kalliomekaanisten olosuhteiden vuoksi. Kaikkia louhinnan kannatta-vuuteen liittyviä tekijöitä ei kuitenkaan tunnetta riittävän hyvin (esim. louhoksen katon lujuusominaisuuksia), joten louhinnan suunnittelua voidaan pitää perusteltuna.

**Laitinen, Kai:** "Viivästetty ja keskeytetty vesikarkaisu."

Tutkimuksessa selvitettiin MoC 210- ja MoC 410-nuorrutusterästen soveltuvuutta karkaisumenetelmään, jossa austenitoituja teräksiä jäädytetään ilmassa ennen sammutusta veteen ja jossa sammutus keskeytetään ennen kuin teräset ovat täysin jäähtyneet.

Tutkimus suoritettiin karkaisemalla koeterästankoja eri menetel-millä. Karkaistuja tankoja vertailtiin keskenään mikrorakennetutkimusten, kovuusmittausten sekä veto- ja iskukokeiden avulla. Vertailu osoitti, että tutkittavalla karkaisumenetelmällä saadaan mekaanisilta ominaisuuksiltaan selvästi parempia teräksiä kuin öljykarkaisulla ja lähes yhtä hyviä kuin suoralla vesikarkaisulla. Mittamuutokset tutkit-tavaa karkaisumenetelmää käytettäessä jäivät vähäisiksi.

Austenitoidun teräksen hitaan alkujäädytyksen todettiin vaikutta-van sammutuksen aikana tapahtuvaan austeniitin hajaantumiseen. Joissakin tapauksissa alkujäädytys lisäsi teräksen karkenevuutta, joissakin tapauksissa se heikensi sitä. Alhainen hiilipitoisuus oli edul-linen karkenevuuden lisääntymisen kannalta. Tästä syystä kahdesta koeteräslaadusta MoC 210 soveltuu paremmin karkaistavaksi tutkitul-la menetelmällä.

**Moisio, Jouni:** "VLF-R-menetelmä ja sen soveltuvuus Polvijärven Pehmytkiven talkkiesiintymän tutkimiseen."

VLF-R (Very Low Frequency Resistivity) on navigointi- ja viestintätarkoituksiin rakennettujen suurtehoisten radiolähetinten sähkö-magneettista tasoaltokenttää hyväksikäyttävä geofysikaalinen mal-minetsintämenetelmä, jolla mitataan maan näennäistä ominaisvastus-ta. Mittaukset on mahdollista tehdä kahdella eri tavalla. E-polarisaatiossa asema valitaan muodostuman kulun suunnasta ja H-polarisaatiossa sitä vastaan kohtisuorasta suunnasta. Tutkimusalue mitattiin syste-maattisesti E-polarisaatiolla, mutta polarisaatioiden tulokset eivät poikenneet paljoakaan toisistaan mitatuilla testilinjilla. Sähkölinjoilla ei ollut suurta vaikutusta VLF-R:n mittaustulokseen, mikä johtu-neen tutkimusalueen johtavasta kallioperästä. Elektrodiin suuntaus-virheillä todettiin olevan suurempi vaikutus E-polarisaatiossa kuin H-polarisaatiossa.

Tutkittava Pehmytkiven talkkiesiintymä liittyy Outokumpu-jaksolle tyypillisten serpentiniittilinsien yhteyteen. Esiintymän jatkeiden selvittämiseksi on VLF-R:n lisäksi käytetty magneettista mittausta ja maavastusluotausta. Näiden mittausten tueksi on alueelle kairattujen reikien kairsydämistä mitattu niiden petrofysikaaliset ominaisvakiot. Menetelmän soveltuvuutta talkkiesiintymän on esitelty kolmen esi-merkkiprofiilin avulla. Saatujen kokemusten perusteella VLF-R so-veltuu talkin ja muidenkin teollisuusmineraalien etsintään, jos etsittä-vä mineraali tai siihen liittyvä muodostuma erottuu ominaisvastuskel-taan riittävästi ympäristöstään. Työn tuloksiin perustuen on lopuksi laadittu ehdotus talkkiesiintymämenetelmäksi, jota voidaan soveltaan käyttää muidenkin teollisuusmineraalien etsinnässä.

**Mustonen, Arto Tapio:** "Tutkimus raakaraudan piipitoisuuden vai-kuttavista tekijöistä."

Työn kirjallisuusosassa tutkittiin piin pelkistymisen kannalta tär-keimpiä reaktioita; niiden termodynaamisia ja kineettisiä edellytyksiä toteutua.

Työn kokeellinen osa suoritettiin OVAKO OY-AB:n Koverharin masuunilla ja se voidaan jakaa kahteen osaan: tilastolliseen ja dynaa-miseen.

Tilastollisessa osassa tutkittiin masuunin eri parametrien viikko- ja kuukausikeskiarvojen vuorovaikutuksia raakaraudan piipitoisuuden kanssa usean muuttujan lineaarisen regressioanalyysin avulla.

Dynaamisessa osassa tutkittiin masuunin ajoparametrien pulssi-maisten muutosten vaikutusta raakaraudan piipitoisuuteen. Muutok-sista laskettiin aikaviiveet ja vahvistuskertoimet.

**Palojärvi, Juha:** "Fysikaalisilla höyrystysmenetelmillä aikaansaatu-jen TiN-pinnoitteiden paksuuden ja kiinnipysyvyyden määrittä-minen."

Työn tarkoituksena oli tutkia fysikaalisilla höyrystysmenetelmillä (PVD) aikaansaattujen ohuiden, kovien ja hyvin kiinnipysyvien TiN-

pinnoitteiden paksuuden ja kiinnipysyvyyden määrittämisestä. Koema-teriaaleina oli tavallisia työkalu- ja pikateräslatuja.

Kirjallisuusosassa on tarkasteltu pinnoitteen paksuusmittauksen, kiinnipysyvyyden ja sen mittaamisen perusteita, eri tekijöiden vaiku-tusta niihin sekä eräitä mittaamenetelmiä. Kokeellisessa osassa mi-tattiin pinnoitteen paksuutta pääasiassa kuulakoe menetelmällä ja kiinnipysyvyyttä yksinomaan naarmutustestillä. Edelleen tutkittiin eri tekijöiden vaikutusta koetuloksiin ja pyrittiin määrittämään em. mit-tausmenetelmien luotettavuus vertailutulosten perusteella.

Kuulakoe menetelmä havaittiin halvaksi, melko nopeaksi ja yksin-kertaiseksi sekä suhteellisen luotettavaksi mittaamenetelmäksi. Yh-teensopivuus muiden käytettyjen menetelmien kanssa on varsin hyvä, ja tulosten ero on yleensä alle  $\pm 10\%$ . Haitta puoleen on kuulakoe-menetelmän riippuvuus useista eri tekijöistä.

Naarmutustestin antaman, pinnoitteen kuormankantokyvyn raja-arvoa kuvaavan, nk. kriittisen kuorman havaittiin vastaavan hyvin pinnoitteen vaurioitumis- ja irtoamisvaiheita naarmutuksessa. Luo-tettavien tulosten saaminen edellyttää akustisten emissiosignaalien yhdistämistä mikroskooppisiin havaintoihin. Kriittisen kuorman to-dettiin riippuvan mm. pinnoite/perusmateriaali -yhdistelmän raken-teesta ja ominaisuuksista, perusmateriaalin kovuudesta sekä pinnoi-teen paksuudesta. Naarmutustestin tulosten tulkintaa vaikeuttaa sen riippuvuus lukuisista sisäisistä ja ulkoisista tekijöistä. Pääongelmana on kriittisen kuorman ja todellisen kiinnipysyvyyden välisen suhteen selvittäminen.

**Pimiä, Juha Heikki Antero:** "Muovaus- ja lävistystyökalujen kulu-miskestävyyden parantaminen ionipinnoituksella."

Diplomityössä on tutkittu TiN:n ja TiC:n kittakerroimia nauhanve-tolaitteistolla (Frictometer), kupariputkien irtotuennien pinnoitusta ja lämpökäsittelyn vaikutusta TiN:n kiinnipysyvyyteen.

Voitelemattomana TiN:n ja TiC:n kittakerroin messinkiä ja kupa-ria vasten oli suurempi kuin vertailumateriaaleilla (vaskromi, kova-metalli, työkaluteräs) ja pienempi syvävetoterästä, austeniittista ruos-tumatonta ja alumiinia vasten kuin vertailumateriaaleilla. Kasvaneiden kittakavoiemien takia TiN ja TiC olivat sopimattomia kupariputkien irtotuennien pinnoitukseen. Pinnoituksen jälkeisen karkaisun ei to-dettu vaikuttavan haitallisesti kiinnipysyvyyteen.

Syvävetorenkään kulumiskestävyys parani 20-kertaiseksi ja pisti-mien kulumiskestävyys yli 2-kertaiseksi TiN-pinnoituksella.

**Rossi, Soili:** "Tutkimus lyijyn korroosiosta."

Työn tarkoituksena oli tutkia lyijyn korroosiota neutraaleissa vesi-liuoksissa. Erityistä huomiota kiinnitettiin maassa olevien lyijyraken-teiden korroosioon.

Kirjallisuustutkimuksessa on tarkasteltu lyijyn korroosiota yleensä, maanalaisen lyijyvaippakaapeleiden korroosiota, sekä eri inhibiittoi-reiden vaikutusta lyijyn korroosionopeuteen. Kokeellisessa osassa on tutkittu sulfaatti- ja kloridi-ionipitoisuuksien vaikutusta lyijyn korroosionopeuteen sekä eri inhibiittoreiden vaikutusta lyijyn korroosioon. Myös mikrobiologisen korroosion estoa on tutkittu.

Koemateriaalina käytettiin antimonilla seostettua lyijyä. Liuoksen Cl- ja SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-ionipitoisuuksien vaikutusta eri atmosfääreissä tutkittiin sähkökemiallisin mittaamenetelmin. Inhibiittoreiden vaikutusta tut-kittiin upotuskokein sekä mittaamalla polarisaatiokäyrät liuoksissa. Liuoksen happamuutta säädettiin kokeen aikana sopivalla puskuri-liuoksella.

Liuoksen Cl-ionipitoisuuden kasvaessa lyijyn korroosionopeus kas-voi. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-ionipitoisuuden kasvaminen pienensi korroosionopeutta. Lyijyn korroosio oli voimakkaampaa liuoksissa, joissa oli happea. Useat tutkituista inhibiittoreista pienensivät merkittävästi lyijyn kor-roosionopeutta. Mikrobiologisen korroosion estämiseksi käytettyjä fun-giisiideja tutkittiin upotuskokeilla. Lyijyn syöpyi tutkituissa fungi-siidi-liuoksissa suurinpiirtein yhtä paljon.

**Suppala, Ilkka:** "Tasoaallon sähkömagneettisten anomalioiden kol-midimensionaalinen mallintaminen sähkökentän integraaliyhtälöllä."

Työssä on tarkasteltu yleisesti käytetyn sähkökentän tilavuusinteg-raaliyhtälön numeerisen ratkaisun käyttökelpoisuutta sovelletun geofysiikan tarpeisiin, kun lähdekenttä on tasoaalto. Yhtälö on toisen lajin Fredholmin integraaliyhtälö. Menetelmällä voidaan laskea kap-paleiden aiheuttamia sähkömagneettisia vasteita, kun niiden johta-vuus ja dielektrisyys poikkeavat ympäristönsä arvoista. Tutkimuksen kohteena on ollut menetelmän sopivuus Suomen kallioperän johta-vuusrakenteiden numeerisessa mallinnuksessa.

Yhtälö ratkaistaan momenttimenetelmällä. Käyttäen kantafunkti-oina pulsifunktioita ja painofunktioina deltafunktioita numerisoi-daan yhtälö ja saadaan lasketatehtävä matriisimuotoon. Matriisin elementit lasketaan integroimalla Greenin dyadin elementit yli kuu-tiosolujen, joihin epähomogeenisuus on jaettu.

Integraaliyhtälö on numeerisesti hankala johtavuuskontrastin suhteen, joten on kartoitettu yhtälön toimintarajoja nimenomaan suurilla johtokykykontrasteilla (n. 1000). Supertietokonekokeiluna tehdyllä konvergenssitestillä tutkittiin solukoon ja -määrän vaikutusta laskettuun anomaliaan. Epähomogeenisuuden diskretisointi riippuu pääasiassa johtavuuskontrastista, mutta myös kappaleen koosta ja muodosta. Pienen kappaleen tapauksessa suurella kontrastilla saadaan riittävä konvergenssi, kun solujen koko on 0.15 kertaa kappaleen tunkeutumissyvyys.

Kappaleen ollessa pitkänomainen yhtyy H-polarisaatiolla saatu vaste hyvin kaksiuotteisen kappaleen vasteeseen. Sen sijaan E-polarisaatiossa kolmiuotteisen kappaleen täytyy olla yli kaksi kertaa ympäristön tunkeutumissyvyyttä pitkä, jotta sen vaste yhtyisi kaksiuotteisen kappaleen vasteeseen. Esimerkkinä kolmidimensionaalisuuden vaikutuksesta esitettiin pitkänomaisen kappaleen päätyjen synnyttämä anomalia. Etenkin E-polarisaatiossa sironta prisman päätyalueella poikkeaa suuresti kaksiuotteisesta sironnasta.

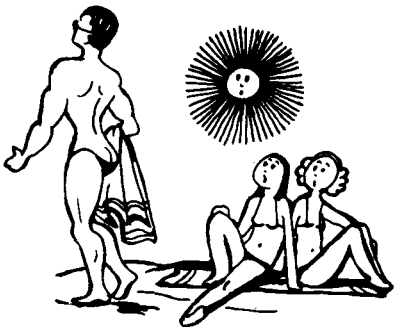
**Viikari, Riitta:** "Erään geofysikaalisen lentomittausjärjestelmän dokumentointi."

Vuosina 1973–1979 merkittävä osa Suomen malminetsinnällisistä lentomittauksista tehtiin Finnprospecting Ky:n ja myöhemmin Suomen Malmi Oy:n mittausysteemillä, joka on tämän kuvauksen koh-

teena. Mittausinstrumentteina ovat olleet aerosähkömagneettinen laitteisto, jonka kelat on asennettu siivenkärkiin vertikaalisesti ja koplanaarisesti, protonimagnetometri sekä gammaspektrometri. AEM laitteen kelaväli on 16,2 m, lähettimen taajuus 3600 Hz ja kohinataso alle 20 ppm. Protonimagnetometrin resoluutio on 1 nT, kun mittausväli on 0,5 s. Gammaspektrometrin NaI-ilmaisimen tilavuus on 7,4 l ja spektrometrissä on kahdeksan kanavaa. Mittauskaluston tietojenkeräilylaite on mikroprosessoripohjainen, ja tulokset talletetaan digitaalimuodossa tietokonesopivalle magneettinauhalle. Lentoreitin selvittämiseksi kalustossa on rakokamera. Lentokorkeus mitataan radiokorkeusmittarilla. Lentokorkeus on ollut 30–40 m, linjaväli 125 m tai 200 m ja mittaus on tehty 0,5 s välein. Laitteet on asennettu Tilauslento Oy:n Pilatus Turbo-Porter lentokoneeseen.

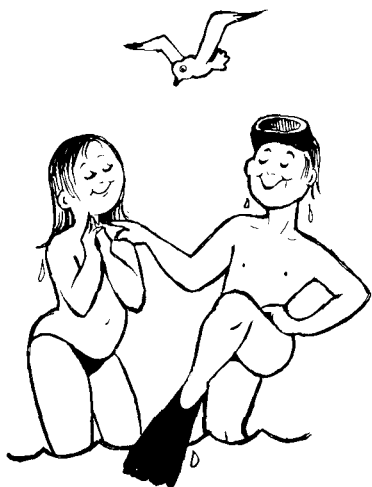
Mittausten tulokäsittelyyn on Suomen Malmi Oy:ssä luotu n. 30 000 ohjelmarivin atk-ohjelmisto. Käsitteily jakaantuu kolmeen osaan. Ensimmäisessä vaiheessa tarkastetaan rekisteröintien muodollista ja loogista oikeellisuutta, ja tuloksista erotetaan mittauslinjojen tiedot. Toisessa vaiheessa tehdään menetelmäkohtaiset korjaukset ja määritetään mittauspisteiden koordinaatit. Kolmannessa vaiheessa tulokset esitetään profiili- ja tasa-arvokarttoina.

Mittausysteemillä mitattiin vuosina 1973–1979 121 400 linjakilometriä, ja määrästä 71 000 linjakilometriä käsiteltiin tässä kuvatulla tulokäsittelysysteemillä vuosina 1976–1979.



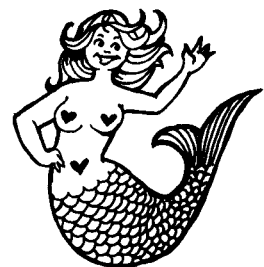
VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN

*toivottaa kaikille  
lukijoilleen ja  
ilmoittajilleen  
oikein hyvää kesää  
ja  
tuloksellista syksyä*



VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN

*tillönskar alla sina  
läsare och  
annonsörer  
en riktigt trevlig sommar  
och  
en resultatrik höst*



# Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen ry:n tutkimuslsteet, kirjat ja julkaisut

## Tutkimuslsteet: sarja A

|        |   |       |
|--------|---|-------|
| A 8    | "Jäänösanomalia- ja gradienttikarttojen käytöstä malminetsinnässä"  | 20,—  |
| A 9    | "Rikastamoiden jätealueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"  | 20,—  |
| A 10   | "Kuulurakenteet"  | 20,—  |
| A 11   | "Raakkulaimennus"   | 20,—  |
| A 14   | "Suunnan ja kaltevuuden mittaus syväkairauksessa" (uusi kopio)  | 30,—  |
| A 15   | "Näytteenotto geokemiallisessa malminetsinnässä"  | 20,—  |
| A 15b  | Kuvaliite nro 15:een  | 20,—  |
| A 17   | "Pölyn talteenotto"   | 20,—  |
| A 18   | "Geokemiallisten näytteiden käsittely ja tulosten tulkinta"   | 50,—  |
| A 19   | "Kulutusta kestävä materiaali" — nro 1:n täydennys  | 20,—  |
| A 20   | "Rikastamoiden instrumentointi"   | 20,—  |
| A 22   | "Tulenkestävät keraamiset materiaalit"  | 20,—  |
| A 24   | "Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus"  | 20,—  |
| A 25   | "Geofysikaaliset kenttätyöt I — Painovoimamittaukset"   | 20,—  |
| A 27   | "Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"   | 45,—  |
| A 28   | "Kalkin käyttö metallurgisessa teollisuudessa"  | 20,—  |
| A 32   | "Seulonta"  | 40,—  |
| A 33   | "Louhintaurakkasopimuksen laatimisoheet"  | 20,—  |
|        | "Louhintaurakkasopimuskavaake"  | 2,—   |
| A 34   | "Geologisten joukonäytteiden analysointi"   | 50,—  |
| A 36b  | "Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi" | 50,—  |
| A 39   | "ATK-menettelmien käyttö kallioperäkartoituksissa"  | 25,—  |
| A 40   | "Kaivosten jätealueet ja ympäristönsuojelu"   | 45,—  |
| A 42   | "Kaivosten työympäristö"  | 50,—  |
| A 44   | "Geologinen näytteenotto"   | 50,—  |
| A 47   | "Murskeen varastointi talviolosuhteissa"  | 40,—  |
| A 50   | "Kaukokartoitus malminetsinnässä"   | 100,— |
| A 52   | "Suunnattu kairaus"   | 50,—  |
| A 53   | "Kivilajien kairattavuusluokitukset"  | 50,—  |
| A 54   | "Nykyaikaiset murskauspiirit"   | 50,—  |
| A 55   | "Murskaus- ja rikastusprosessien asettamat tekniset olosuhdevaatimukset Suomessa"                                   | 50,—  |
| A 56   | "Pölyntorjunta kaivoksissa"   | 50,—  |
| A 57   | "Palontorjunta kaivoksissa"   | 50,—  |
| A 58   | "Paikan ja suunnan määritys geofysikaalisissa tutkimuksissa"  | 50,—  |
| A 59   | "Utveckling av seismiska metoder för geologiska och bergmekaniska undersökningar"                                   | 50,—  |
| A 60   | "Holvautumien purkumenetelmät"  | 50,—  |
| A 61/I | "Rakeisen materiaalin kosteuden mittaus"  | 50,—  |
| A 62   | "Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtiyhdistyksistä"                                    | 30,—  |
| A 63   | "Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi"  | 50,—  |
| A 64   | "Suomessa tehdyt kallion jännitystilän mittaukset"  | 50,—  |
| A 65   | "Kiintoaineen ja veden erotus"  | 50,—  |
| A 66   | "Pohjavesikysymys kallioitiloissa"  | 50,—  |
| A 67   | "Crosshole seismic investigation"   | 70,—  |
| A 68   | "Automation of a drying process"  | 70,—  |
| A 69   | "Rakeisen materiaalin jatkuvatoiminen kosteuden mittaus"  | 50,—  |
| A 70   | "Happamien ja intermediaaristen magmakivien kivilajimääritys pääalkuainekoostumuksen perusteella"                   | 50,—  |
| A 71   | "Kallion tarkkailumittaukset"   | 50,—  |
| A 72   | "Elementtimenetelmien käyttö kaivostilojen lujuuslaskennassa"   | 50,—  |
| A 73   | "Crosshole seismic method"  | 50,—  |
| A 74   | "Pölynerotus ja ilmansuojelu"   | 70,—  |

## Koulutus- ja seminaarimonistee, kalliomekaniikan päivien esitelmämonistee sekä muut julkaisut: sarja B

|       |  |       |
|-------|--|-------|
|       | hintaa   |       |
| B     | "Kalliomekaniikan päivät 1967-78, 1983-84"   | 50,—  |
| B 12  | "Kalliomekaniikan sanastoa"  | 10,—  |
| B 14  | "Kaivossanasto"  | 8,—   |
| B 16  | INSKO 106-73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"                                    | 45,—  |
| B 17  | INSKO 49-74 "Skänkmetallurgi-Senkkametallurgia"  | 45,—  |
| B 18  | INSKO 90-74 "Investointi ja käyttölaskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa" | 45,—  |
| B 19  | INSKO 45-75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakysymyksiä metalliteollisuudessa"           | 45,—  |
| B 20  | "Kotimaiset rikastuskemikaalit"  | 30,—  |
| B 21  | "Rikastuskemikaalien käsittely-, mittaus- ja annostelumenetelmät"                            | 30,—  |
| B 22  | "Kulutusta kestävät materiaalit"   | 40,—  |
| B 23  | "Laatokan-Perämeren malmivyohe"  | 40,—  |
| B 24  | "Malminkäsittelylaitosten käyttöasteen ja kunnossapidon optimointi"                          | 30,—  |
| B 25  | "Raakkulaimennus ja sen taloudellinen merkitys kaivostoiminnassa"                            | 50,—  |
| B 25b | "Waste rock dilution and its economic significance in mining"                                | 50,—  |
| B 26  | "Pientunnelisymposiumi"  | 70,—  |
| B 27  | "Uraaniraaka-ainesymposiumi"   | 50,—  |
| B 28  | "Tuuletussymposiumi"   | 50,—  |
| B 29  | "Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"   | 90,—  |
| B 30  | "Teollisuusmineraalisesinaari"   | 50,—  |
| B 31  | "Kaivosten työsuojelu"   | 50,—  |
| B 32  | "Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämissesinaari"                         | 50,—  |
| B 33  | "Pulituspäivät 1983"   | 70,—  |
| B 35  | "Avolouhintasesinaari 1984"  | 100,— |
| B 36  | "Kallioitilojen mittaus- ja kartoitusseminari 1985"  | 100,— |

Vuorimieskillan laulukirja "Taskumatti" 10,—  
 VMY:n solmio, värit: sininen ja viinipunainen 40,—  
 Vuoriteollisuus — Bergshanteringen lehti vuosikerta Suomessa 55,—  
 vuosikerta ulkomailla 70,—  
 Eero Mäkinen -mitali 200,—

**Vuoriteollisuus — Bergshanteringen-lehden vanhempiä numeroita myytävänä vuosikertojen täydennykseksi jäsenille hintaan 2,50/numero.**

**Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta DI Kalle Vaajoensuu mieluummin kirjallisesti osoitteella:**  
**Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.**  
**Outokumpu Oy**  
**PL 280**  
**00101 Helsinki**  
**tai puh. 90-4031**

## ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- Oy AIRAM Ab, KOMETA
- Oy ALGOL Ab
- EKONO Oy
- ENSO-GUTZEIT Oy, Konepajaryhmä
- Oy FORCIT Ab
- IMATRAN VOIMA Oy
- IMPOMET Oy
- KEMIRA Oy,
- KEMIRA Oy, Vihtavuoren tehtaas
- LAROX Oy
- Oy LOHJA Ab
- MYLLYKOSKI Oy, Luikonlahden kaivos
- NELES Oy, Lokomo, Murskaintehdas
- OUTOKUMPU Oy, Konepajateollisuus
- OVAKO Oy · Ab
- PERUSYHTYMÄ Oy ARA
- RAMMER Oy
- RAUTARUUKKI Oy
- SUOMEN METALLITEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO
- Oy JULIUS TALLBERG Ab, Oy ATLAS COPCO Ab
- Oy JULIUS TALLBERG Ab
- Oy TAMPELLA Ab, TAMROCK
- Oy TRELLEBORG Ab
- WIHURI Oy, WITRAKTOR

## OHJEITA KIRJOITTAJILLE

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

**Käsikirjoitukset** on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkia 2-välillä. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuuviitteineen** on 5 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsikirjoitukset palautetaan kirjoittajille korjausta varten. 4 konekirjoitusarkkia = noin 1 sivu.

**Pääotsikot ja alaotsikot** erotetaan toisistaan selkeästi.

**Kuvat ja taulukot** numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden **englanninkieliset käännökset** kirjoitetaan erilliselle arkkile. 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 käsikirjoitukseen. Kuvien ja piirustusten tulisi mieluiten olla musta-valkoisia.

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

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

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

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

Palauttakaa **aina** käsikirjoitus yhdessä korjatun oikovedoksen kanssa takaisin toimitukseen.

Keväällä ilmestyvään lehteen tarkoitetut artikkelit on lähetettävä toimitukselle **helmikuun loppuun** mennessä, syysnumeroon tarkoitetut **syyskuun loppuun** mennessä.

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

# Riko kivet prosessia keskeyttämättä

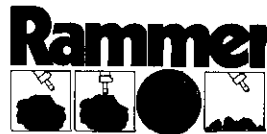


## Ota Rammer ja puomi

4 puomikokoa  
7 vasaratyyppiä

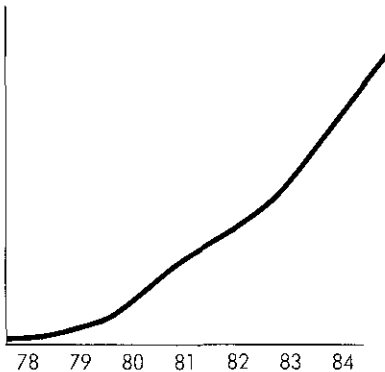
Rammer hydraulivasara Rammer  
-puomiin asennettuna

- rikkoo ylisuuret kivet säleiköllä ja esimurskaamalla
- selvittää säleikölle syntyvät ruuhkat
- selvittää esimurskaamalla tukkeumat ja holvaantuneet kivet
- eliminoi vaaralliset räjäytykset



**Rammer Oy**  
Taivalkatu 8, 15170 Lahti  
Puh. (918) 514646, telex 16265  
Kari Veijalainen  
autoon 949/201114,  
kotiin (918) 804925

# EKONO OY -VUORITEOLLISUUDEN TOIMIALA



| Teknologiat<br>Teollisuusalat | Geologia | Kaivos- ja rikastustekniikka | Metallurginen prosessitekniikka | Autom., instrumentointi- ja syst.tekn. | Ympäristön suojele- tekniikka |
|-------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------|
| Rauta- ja terästeollisuus     | ●        | ●                            | ●                               | ●                                      | ●                             |
| Ei-rautateollisuus            | ●        | ●                            | ●                               | ●                                      | ●                             |
| Kalkki- ja sementtiteollisuus | ●        | ●                            | ●                               | ●                                      | ●                             |
| Teollisuusmineraaliteollisuus | ●        | ●                            | ●                               | ●                                      | ●                             |
| Muu vuoriteollisuus           | ●        | ●                            | ●                               | ●                                      | ●                             |



EKONO Oy, Tekniikantie 4, Otaniemi, PL 27, SF-00131 Helsinki  
Puh. (90) 469 11. Telex 124822. Telefax (90) 463 609

EKONO GmbH  
Hietzinger Hauptstr. 122 b  
A-1130 Wien, Itävalta  
Puh. 43-222-827 494  
Telex 135966 ekono a

EKONO IBERICA S.A.  
Pº de la Castellana, 51-3º  
28046 Madrid, Espanja  
Puh. 34-1-410 4213  
Telex 45602 ekono e

EKONO Inc.  
410 Bellevue Way, S.E.  
Bellevue, WA 98004, USA  
Puh. 1-206-455 5969  
Telex 329471 ekono bvue

EKONO Consultants Ltd.  
Toronto Dominion Centre,  
Suite 4650  
P.O. Box 77, Toronto  
Ontario, Kanada M5K 1E7  
Puh. 1-416-364-0521  
Telex 06-524 285

EKONO Liaison,  
Office, Seoul  
13-31, Yoido Dong  
Yeongdeungpo-ku  
Seoul, Korean tasavalta  
Puh. 82-2-783-1380  
Telex k25659 kosami

EKONO Pty Ltd.  
ANZ - Regional Office  
P.O. Box 246,  
Chatswood 2067  
Sydney NSW, Australia  
Puh. 61-2-419 6840  
Telex AA 26442

**Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1984**  
**Ylitarkastaja Urpo J. Salo**

| Kaivos  | Kunta                   | Tärkeimmät arvoainect   | Haltija              | Yhteensä nostettu tn | Malmia tai hyötykiveä tn | Kaivostyöntekijöitä v. 1984 aikana |           |      | Kaivoksessa suoritettuja työtunteja |
|---|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------|------|-------------------------------------|
|   |                         |                         |                      |                      |                          | avo-louhos                         | maan alla | yht. |                                     |
| <b>Malmi-kaivokset</b>  |                         |                         |                      |                      |                          |                                    |           |      |                                     |
| 1. Kemi   | Keminmaa                | Cr                      | Outokumpu Oy         | 4 013 220            | 891 250                  | 79                                 |           | 79   | 148 528                             |
| 2. Hitura   | Nivala                  | Ni, Cu                  | —"                   | 1 929 248            | 295 418                  | 37                                 |           | 37   | 69 423                              |
| 3. Mustavaara   | Taivalkoski             | V                       | Rautaruukki Oy       | 1 547 900            | 1 490 100                | 31                                 |           | 31   | 57 600                              |
| 4. Otanmäki   | Vuolijoki               | V, Fe, TiO <sub>2</sub> | —"                   | 1 244 300            | 1 244 300                |                                    | 82        | 82   | 143 139                             |
| 5. Vihanti  | Vihanti                 | Zn, Cu, Pb              | Outokumpu Oy         | 1 198 114            | 1 065 760                |                                    | 153       | 153  | 262 610                             |
| 6. Pyhäsalmi  | Pyhäjärvi               | Cu, Zn, S               | —"                   | 1 058 721            | 853 919                  |                                    | 212       | 212  | 360 488                             |
| 7. Hannukainen  | Kolari                  | Fe                      | Rautaruukki Oy       | 913 711              | 386 102                  | 9                                  |           | 9    | 17 161                              |
| 8. Rautuvaara   | Kolari                  | Fe                      | —"                   | 862 598              | 862 598                  |                                    | 81        | 81   | 137 690                             |
| 9. Hammaslahti  | Pyhäsekkä               | Cu                      | Outokumpu Oy         | 524 119              | 438 400                  | 4                                  | 69        | 73   | 123 800                             |
| 10. Kotalahti   | Leppävirta              | Ni, Cu                  | —"                   | 511 543              | 476 770                  |                                    | 97        | 97   | 165 165                             |
| 11. Keretti   | Outokumpu               | Cu, Zn, Co, S           | —"                   | 504 409              | 426 337                  |                                    | 166       | 166  | 281 700                             |
| 12. Vammaala  | Vammala                 | Ni, Cu                  | —"                   | 381 225              | 325 180                  |                                    | 41        | 41   | 68 953                              |
| 13. Vuonos  | Outokumpu               | Cu, Zn, Co              | —"                   | 363 955              | 363 405                  |                                    | 58        | 58   | 99 000                              |
| 14. Kangasjärvi*  | Keitele                 | Zn                      | —"                   | 5 000                | 5 000                    | 1                                  |           | 1    | 1 545                               |
| 15. Enonkoski*  | Enonkoski ja Savonlinna | Ni, Cu                  | —"                   | 4 865                | 4 865                    |                                    | 23        | 23   | 31 050                              |
| Malmikaivokset 15 kpl   |                         |                         |                      | 15 062 928           | 9 128 404                | 161                                | 982       | 1143 | 1 967 852                           |
| <b>Kalkkikivi-kaivokset</b>   |                         |                         |                      |                      |                          |                                    |           |      |                                     |
| 1. Parainen   | Parainen                | klk                     | Oy Partek Ab         | 1 828 770            | 1 746 116                | 22                                 | 4         | 26   | 48 662                              |
| 2. Ihalainen  | Lappeenranta            | klk, Wol                | —"                   | 1 151 871            | 885 399                  | 17                                 |           | 17   | 31 125                              |
| 3. Tytyri   | Lohja                   | klk                     | Oy Lohja Ab          | 947 725              | 947 725                  |                                    | 57        | 57   | 95 194                              |
| 4. Mustio   | Karjaa                  | klk                     | —"                   | 737 834              | 378 030                  | 12                                 |           | 12   | 22 872                              |
| 5. Siikainen  | Siikainen               | dol                     | Oy Partek Ab         | 346 683              | 250 268                  | 7                                  |           | 7    | 10 900                              |
| 6. Ruokojärvi   | Kerimäki                | klk, dol                | Ruskealan Marmori Oy | 319 952              | 318 553                  | 5                                  | 20        | 25   | 42 128                              |
| 7. Kalkkimaa  | Tornio                  | dol, kv                 | Oy Partek Ab         | 225 000              | 225 000                  | 2                                  |           | 2    | 3 883                               |
| 8. Äkäsjoensoo  | Kolari                  | klk                     | —"                   | 194 000              | 194 000                  | 5                                  |           | 5    | 7 500                               |
| 9. Ryytimaa   | Vimpeli                 | dol                     | —"                   | 175 715              | 170 298                  | 4                                  |           | 4    | 7 444                               |
| 10. Vampula   | Vampula                 | dol                     | —"                   | 158 905              | 94 280                   | 4                                  |           | 4    | 7 050                               |
| 11. Förby   | Särkisalo               | klk                     | K. Forsström Oy      | 145 695              | 133 856                  |                                    | 20        | 20   | 34 347                              |
| 12. Sipoo   | Sipoo                   | klk, dol                | Oy Lohja Ab          | 116 822              | 116 822                  |                                    | 11        | 11   | 19 600                              |
| 13. Ankele  | Virtasalmi              | dol                     | Ruskealan Marmori Oy | 91 162               | 89 330                   | 3                                  |           | 3    | 4 526                               |
| 14. Juuka   | Juuka                   | dol                     | Juuan Dol.kalkki Oy  | 14 600               | 14 400                   | 1                                  |           | 1    | 950                                 |
| 15. Louepalo  | Tervola                 | dol, marm.              | Lapin Marmori Oy     | 12 210               | 1 010                    | 2                                  |           | 2    | 4 280                               |
| Kalkkikivikaivokset 15 kpl  |                         |                         |                      | 6 466 944            | 5 565 087                | 84                                 | 112       | 196  | 380 461                             |
| <b>Mineraali-kaivokset</b>  |                         |                         |                      |                      |                          |                                    |           |      |                                     |
| 1. Siilinjärvi  | Siilinjärvi             | P, Klk                  | Kemira Oy            | 8 654 603            | 5 889 734                | 95                                 |           | 95   | 174 588                             |
| 2. Lahnaslampi  | Sotkamo                 | Tlk, Ni                 | Finnminerals Oy      | 522 802              | 378 565                  | 11                                 |           | 11   | 20 855                              |
| 3. Kinahmi  | Nilsä                   | Kv                      | Oy Lohja Ab          | 231 045              | 224 550                  | 5                                  |           | 5    | 9 000                               |
| 4. Horsmanaho   | Polvijärvi              | Tlk, Ni                 | Finnminerals Oy      | 177 447              | 158 672                  | 2                                  |           | 2    | 2 306                               |
| 5. Kemiö  | Kemiö                   | Ms, Kv                  | Oy Lohja Ab          | 135 790              | 123 666                  | 5                                  |           | 5    | 10 974                              |
| 6. Repovaara  | Polvijärvi              | Tlk, Ni                 | Malmikaivos Oy       | 94 272               | 76 027                   | 3                                  |           | 3    | 4 560                               |
| 7. Lipasvaara   | Polvijärvi              | Tlk, Ni                 | Myllykoski Oy        | 66 040               | 62 315                   | 2                                  |           | 2    | 3 330                               |
| 8. Lapinlahti   | Lapinlahti              | Al                      | Kemira Oy            | 54 019               | 27 166                   | 1                                  |           | 1    | 2 560                               |
| 9. Haapaluoma   | Peräseinäjoki           | Ms                      | Oy Lohja Ab          | 37 500               | 23 000                   | 1                                  |           | 1    | 1 280                               |
| 10. Tikanmaa  | Tervola                 | Kv                      | —"                   | 33 000               | 33 000                   | 1                                  |           | 1    | 1 050                               |
| 11. Hiekkämäki  | Nilsä                   | Kv                      | —"                   | 19 511               | 19 511                   |                                    |           |      | 240                                 |
| 12. Kankaanpää**  | Kankaanpää              | Ms, Kv                  | Oy Partek Ab         | 169                  | 169                      |                                    |           |      | —                                   |
| Mineraalikaivokset 12 kpl   |                         |                         |                      | 10 026 198           | 7 016 372                | 125                                |           | 125  | 228 183                             |
| <b>Muut kaivokset: vuorivillan ja sementinvalmistuksen kiviaineksia</b> |                         |                         |                      |                      |                          |                                    |           |      |                                     |
| 1. Sompujärvi   | Keminmaa                | Al, Fe, Mg              | Oy Partek Ab         | 34 990               | 34 990                   |                                    |           |      | 1 200                               |
| 2. Usmi   | Hyvinkää                | Al, Fe                  | —"                   | 28 000               | 28 000                   |                                    |           |      | 1 760                               |
| 3. Sallittu   | Suomusjärvi             | Al, Fe, Mg              | —"                   | 27 783               | 27 783                   |                                    |           |      | 800                                 |
| 4. Piitola  | Kolari                  | Al                      | —"                   | 25 800               | 25 800                   |                                    |           |      | 1 000                               |
| 5. Kuurmanpohja   | Joutseno                | Al, Fe                  | —"                   | 24 000               | 24 000                   |                                    |           |      | 720                                 |
| 6. Näträmälä  | Imatra                  | Al, Fe, Mg              | —"                   | 12 185               | 12 185                   |                                    |           |      | 600                                 |
| 7. Mustamäki  | Lemi                    | Al, Fe                  | —"                   | 8 205                | 8 205                    |                                    |           |      | 386                                 |
| Muut kaivokset 7 kpl  |                         |                         |                      | 160 963              | 160 963                  | 4                                  |           | 4    | 6 466                               |
| Kaikki kaivokset yht. 49 kpl  |                         |                         |                      | 31 717 033           | 21 870 826               | 374                                | 1094      | 1468 | 2 582 962                           |

\*) rakenteilla  
\*\*) koelouhinta

Rikasteiden, metallien, mineraalien ja sementin tuotanto

|  | 1982      | 1983      | 1984      | Keskipitoisuus<br>v. 1984 |
|--|-----------|-----------|-----------|---------------------------|
| <b>Rikasteet</b> tonnia                                |           |           |           |                           |
| Rautarikasteita yhteensä                               | 1 237 700 | 1 276 500 | 1 231 039 | 65,5                      |
| — rautarikaste ja pelletit                             | 883 800   | 862 100   | 889 512   | 67,1                      |
| — purppuramalmi, pasutteen<br>(Kokkola ja Siilinjärvi) | 353 900   | 414 400   | 341 527   | 61,4                      |
| Rikkirikaste   | 385 465   | 448 848   | 425 707   | 50,3                      |
| Kromirikaste, palamalmi ja valu-<br>hiekkä             | 345 018   | 245 416   | 445 904   |                           |
| Kuparirikaste  | 159 383   | 164 613   | 136 435   | 22,6                      |
| Ilmeniittirikaste (TiO <sub>2</sub> %)                 | 167 800   | 163 900   | 167 000   | 45,10                     |
| Kobolttirikaste  | 143 933   | 147 910   | 130 345   | 0,70                      |
| Sinkkirikaste  | 111 544   | 116 212   | 126 345   | 47,5                      |
| Nikkelirikaste   | 90 972    | 60 383    | 86 481    | 8,0                       |
| Lyijyrikaste   | 3 111     | 4 033     | 5 015     | 49,4                      |
| <b>Metallit ja metallurgisia tuotteita</b><br>tonnia   |           |           |           |                           |
| Raakarauta   | 1 944 000 | 1 898 500 | 2 033 700 |                           |
| Raakateräs   | 2 414 000 | 2 415 900 | 2 632 200 |                           |
| Sinkki   | 143 882   | 155 336   | 158 819   |                           |
| Jaloteräs (aihiot)                                     | 106 777   | 122 013   | 158 129   |                           |
| Ferrokromi   | 54 532    | 58 698    | 58 644    |                           |
| Katodikupari   | 47 969    | 55 376    | 57 318    |                           |
| Katodinikkeli  | 12 615    | 14 837    | 15 282    |                           |
| Vanadiinipentoksidi                                    | 5 619     | 5 694     | 5 472     |                           |
| Koboltti   | 1 455     | 1 550     | 1 453     |                           |
| Kadmium  | 566       | 616       | 614       |                           |
| Molybdeeni   | 216       | 218       | 265       |                           |
| Elohopea, kg   | 71 273    | 64 000    | 79 000    |                           |
| Hopea, kg  | 36 964    | 30 478    | 34 944    |                           |
| Seleen, kg   | 10 020    | 11 172    | 16 975    |                           |
| Kulta, kg  | 1 144     | 784       | 880       |                           |
| Palladium, kg  | 145       | 71        | 34        |                           |
| Platina, kg  | 129       | 68        | 33        |                           |
| <b>Mineraalit</b> tonnia                               |           |           |           |                           |
| Kalkkikivi yhteensä                                    | 3 979 203 | 4 661 800 | 4 207 240 |                           |
| Kalkkikiven käyttö:                                    |           |           |           |                           |
| — sementin valmistus                                   | 2 446 397 | 2 608 400 | 2 286 561 |                           |
| — maanparannuskalkki                                   | 864 253   | 1 370 100 | 1 191 907 |                           |
| — kalkinpolto  | 359 377   | 344 100   | 367 278   |                           |
| — rouheet, tekn.hienojauheet ym.                       | 257 634   | 287 300   | 316 403   |                           |
| — sulfiitti- ja metallurginen kivi                     | 51 542    | 51 900    | 45 091    |                           |
| Apatiitti  | 233 053   | 381 216   | 477 300   |                           |
| Talkki   | 325 298   | 318 430   | 327 472   |                           |
| Kvartsi  | 249 429   | 213 000   | 261 826   |                           |
| Vuorivillakivi   | 105 623   | 134 237   | 138 746   |                           |
| Maasälpä   | 69 609    | 52 066    | 56 265    |                           |
| Sementinvalmistuksen lisäkiveä                         | 39 280    | 35 068    | 34 005    |                           |
| Al-sulfaatin raaka-aine (anortosiitti)                 | —         | —         | 27 166    |                           |
| Wallastoniitti   | 14 962    | 15 402    | 14 669    |                           |
| Baryytti   | —         | 3 400     | 8 704     |                           |
| <b>Sementti</b> tonnia                                 | 1 794 199 | 1 886 300 | 1 645 464 |                           |



VANKKAA TIETOA, TAITOA JA TUOTEKE-  
HITYSTYÖTÄ RÄJÄHDYSAINELALLA  
VUODESTA 1893 ALKAEN

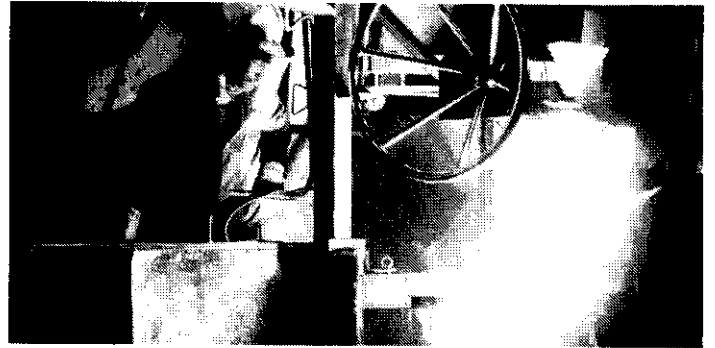
**OY FORCIT AB**

HANKO

☎ 911-86581



**IVO pitää  
pyörät  
pyörimässä.**



Tuotteen hinnasta yhä suurempi osuus on energian hintaa. Tästä syystä energia on tänään aivan eri luokan kilpailutekijä kuin parikymmentä vuotta sitten. Monilla aloilla, esimerkiksi valimoissa, siirtyminen sähköön merkitsee



myös suurempaa laajavalkoimaa, korkeampaa laatua, tehokkuutta. Ja uusia keinoja tuotannon ympäristötekijöiden hallinnassa. Tuottamalla sähköä taloudellisesti ja monipuolisesti IVO pitää pyörät pyörimässä.

**IMATRAN VOIMA OY**

**KEMIITI  
-käyttöpaikalla  
valmistuva nestemäinen  
räjähdysaine**

Kemiitti on suurehkoihin louhintakohteisiin soveltuva, valmistukseltaan ja käytöltään turvallinen louhintaräjähdyksaine. Lopullisesti se muodostuu räjähdysaineeksi vasta poranreissä. Jatkuvatoiminen sekoittaa/pumpata -menetelmä mahdollistaa räjähdysaineseoksen muunneltavuuden räjäytyskohteen vaatimalla tavalla.



**KEMIRA OY**

KANSAINVÄLINEN KONGRESSI

# Utilisation of Materials Know-how in the Engineering Industry

10 ... 13.9.1985, DIPOLI, ESPOO

- ensimmäinen konepaja- ja metallituoteteollisuudelle tarkoitettu materiaalitekniikan kongressi
- yli 40 esitelmöitsijää 10 maasta
- simultaanitulkkaus suomeksi
- keskustelutilaisuuksia ja workshop
- näyttely

Nyt Suomessa. Hae tietoja, sovellutuksia ja kontakteja.

Lisätietoja, ohjelma ja ilmoittautumislomakkeet

Materiaalikongressi  
SUOMEN  
METALLITEOLLISUUDEN  
KESKUSLIITTO

Eteläranta 8  
00130 HELSINKI  
puh. (90) 170 922  
telex 124997 fimet

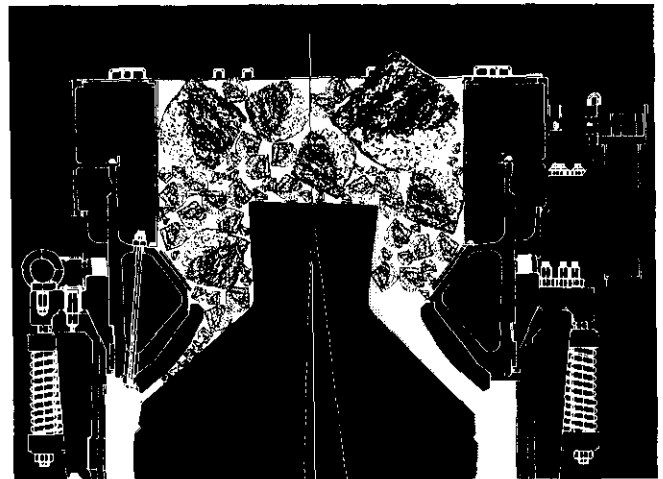
## » KAIVOSMIEHEN SAMBA «

Tiesitkö, että Lokomo murskauskalustolla käsitellään malmia kaivoksissa eri puolilla maailmaa.

Mutta mikä on Lokomon samba kaivosmiehelle?

Käy katsomassa murskaintehtaallamme Tampereella.

Puhutaan samalla myös muista tuotteistamme. Soita! Sovitaan aika.



SYÖTTIMET • MURSKAIMET • SEULAT • KULJETTIMET  
SIIRRETTÄVÄT JA KIINTEÄT MURSKAUSLAITOKSET



**LOKOMO**

Neles Oy Lokomo Murskaintehdas  
PL 306, 33101 TAMPERE 10  
Puh. (931) 33100 Telex 22133 rrlok sf

# Vuoriteollisuuden suurhankkija

## Asiantuntemusta

Vuoriteollisuuden tuntemus pohjautuu Algolissa vuosikymmenien perinteisiin. Pitkään kokemukseen yhdistyy tuore tekninen tieto: kansainväliset yhteytemme tuovat meille alan uusimmat saavutukset maailmalta. Kaikki tämä koituu hyödyksenne.

Edustamme tehtaita, joiden tuotteisiin on totuttu luottamaan Suomessa ja Suomen ulkopuolella: Lurgi, Mannesmann Demag, Didier; esimerkiksi. Mukaan niveltyy oman Herttoniemen konepajamme nosturituotanto, suomalaisella ammattitaidolla.

Osoittakaa ongelmanne meille, kun se liittyy vuoriteollisuuden, metallurgian tai prosessitekniikan alueille. Mielissänne voi olla yksittäinen laitetarve, laajan projektin suunnittelu tai kysymys, johon haluatte vastauksen. Olemme palveluksessanne.



# ALGOL

Eteläranta 8 • PL 170, 00131 Helsinki 13  
Puhelin (90) 176631 • Telex 121430 algol sf

## Tuotevalikoimaa

Algol ja vuoriteollisuus, metallurgia, prosessitekniikka. Tuotteissa on valinnanvaraa:

- kaivoshissit
- hihnakuuljettimet
- nosturit
- koneistot pasutukseen
- koneistot malmien sintraukseen
- koneistot sintterin jäähdyttämiseen
- tyhjiokuivausrummut
- uraanimalmin käsittelykoneistot
- tulenkestävät keraamiset aineet uunien vuoraukseen
- sähkösuodattimet

# Tutkimuspalvelua ja erikoislouhintaa asiantuntemuksella

- syväkairausta ja iskuporausta
- geofysiikan mittauksia
- geologista konsultointia
- alimak- ja pitkäreikänousuja
- louhintaporausta



**MYLLYKOSKI OY**

Tutkimuspalvelu ja erikoislouhintaa  
73670 LUIKONLAHTI  
puh. (971) 671 701  
telex 42-169 mylui sf

# Lohja taitaa mineraalien jalostuksen

*Kalkkikivi*

*Dolomiitti*

*Kvartsi*

*Maasälpä*

*Liuskesirote*

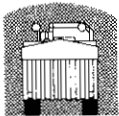
*Tulenkestävät massat*



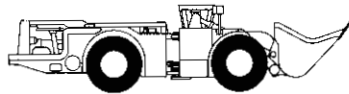
## OY LOHJA AB



# THE TORO LHD LINE



2 x 2 m<sup>2</sup>



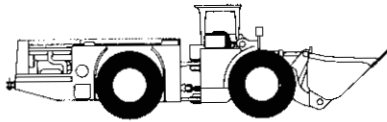
TORO 150 D. Trimming capacity 3000 kg. Bucket size 1.3-1.8 m<sup>3</sup>.  
Engine 52 kW (71 Hp). Length 6.7 m, width 1.4 m, height 1.7 m.



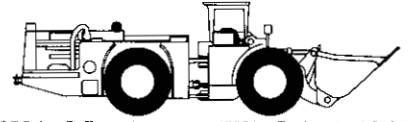
TORO 150 E. Trimming capacity 3200 kg. Bucket size 1.5-1.8 m<sup>3</sup>.  
Electric motor 55 kW. Cable length 90 m. Length 6.9 m, width 1.4 m, height 1.7 m.



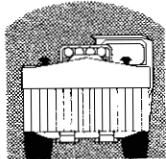
2,5 x 2,5 m<sup>2</sup>



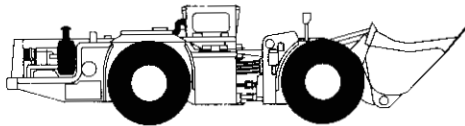
TORO 200 D. Trimming capacity 4000 kg. Bucket size 1.5-2.4 m<sup>3</sup>.  
Engine 63 kW (86 Hp). Length 7.7 m, width 2.0 m, height 2.2 m.



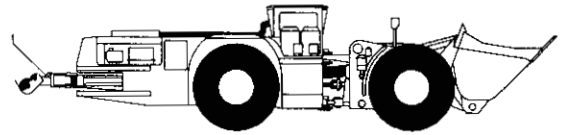
TORO 250 D. Trimming capacity 4500 kg. Bucket size 1.8-2.7 m<sup>3</sup>.  
Engine 102 kW (139 Hp). Length 7.7 m, width 2.0 m, height 2.2 m.



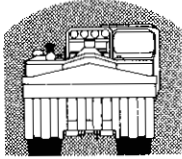
3 x 3 m<sup>2</sup>



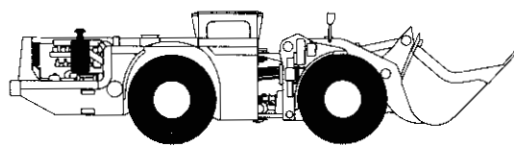
TORO 400 D. Trimming capacity 8100 kg. Bucket size 3.8-4.8 m<sup>3</sup>.  
Engine 158 kW (215 Hp). Length 9.5 m, width 2.4 m, height 2.3 m.



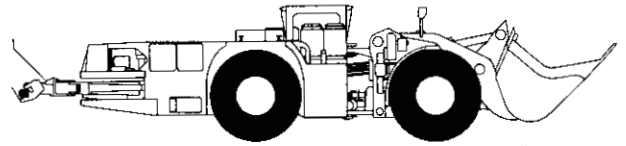
TORO 400 E. Trimming capacity 8100 kg. Bucket size 3.8-5.4 m<sup>3</sup>. Electric  
drive motor 110 kW. Cable length 210 m. Length 9.5 m, width 2.4 m, height 2.3 m.



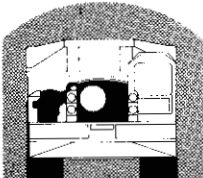
3,5 x 3 m<sup>2</sup>



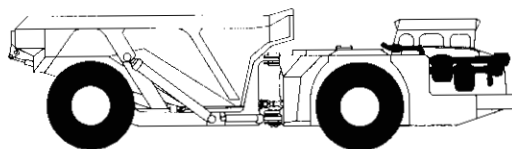
TORO 500 D. Trimming capacity 12000 kg. Bucket size 4.3-7.5 m<sup>3</sup>.  
Engine 204 kW (277 Hp). Length 10.3 m, width 2.7 m, height 2.6 m.



TORO 500 E. Trimming capacity 12000 kg. Bucket size 4.3-7.5 m<sup>3</sup>. Electric  
drive motor 160 kW. Cable length 240 m. Length 10.5 m, width 2.7 m, height 2.6 m.



4 x 3,5 m<sup>2</sup>



TORO 35 D. Transport capacity 32000 kg. Body capacity 13.0-18.0 m<sup>3</sup>.  
Engine 240 kW (326 Hp). Length 9.7 m, width 3.0, height 2.5 m.

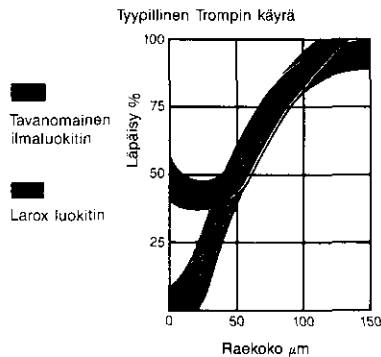
# TORO

ARA is a Finnish company that specializes in the design, manufacture and marketing of  
efficient and economical loading and transport equipment for mining and construction.  
Perusyhtymä Oy ARA, P.O. Box 434, SF-20101 Turku 10, Finland  
Tel. + 358-21-383 111 telex 62305 ara sf.



- KORKEA EROTUSTERÄVYYS
- EI SISÄISIÄ LIIKKUVIA OSIA
- PIENI KOKO
- SUURI KAPASITEETTI

# SÄÄSTÄ JAUHATUS- JA INVESTOINTI- KUSTANNUKSISSA



LAROX luokittimilla on mahdollista saavuttaa korkein kokonaistehokkuus vähäisellä ominaisenergian kulutuksella ja alhaisilla investointikustannuksilla. Tutkittu ja käytössä koeteltu toimintaperiaate takaavat korkean erotusterävyuden. Yksinkertaisen rakenteen ansiosta — ei liikkuvia sisäisiä osia — käyttö- ja huoltokustannukset pysyvät alhaisina. Erotusraja 150—10  $\mu\text{m}$  ja jopa

alle. Hienotuotekapasiteetti aina 100 t/h asti. Tehokkaan luokituksen ansiosta ylijauhautuminen estyy ja lopputuotteeseen saadaan kapeampi raekokojakautuma. Myllyn kapasiteetti kasvaa ja energiankulutus pienenee merkittävästi. Pieni toisen vaiheen luokitin voidaan helposti lisätä melkein kaikkiin jo toiminnassa oleviin yksivaiheisiin sulkeisiin jauhatuspiireihin.

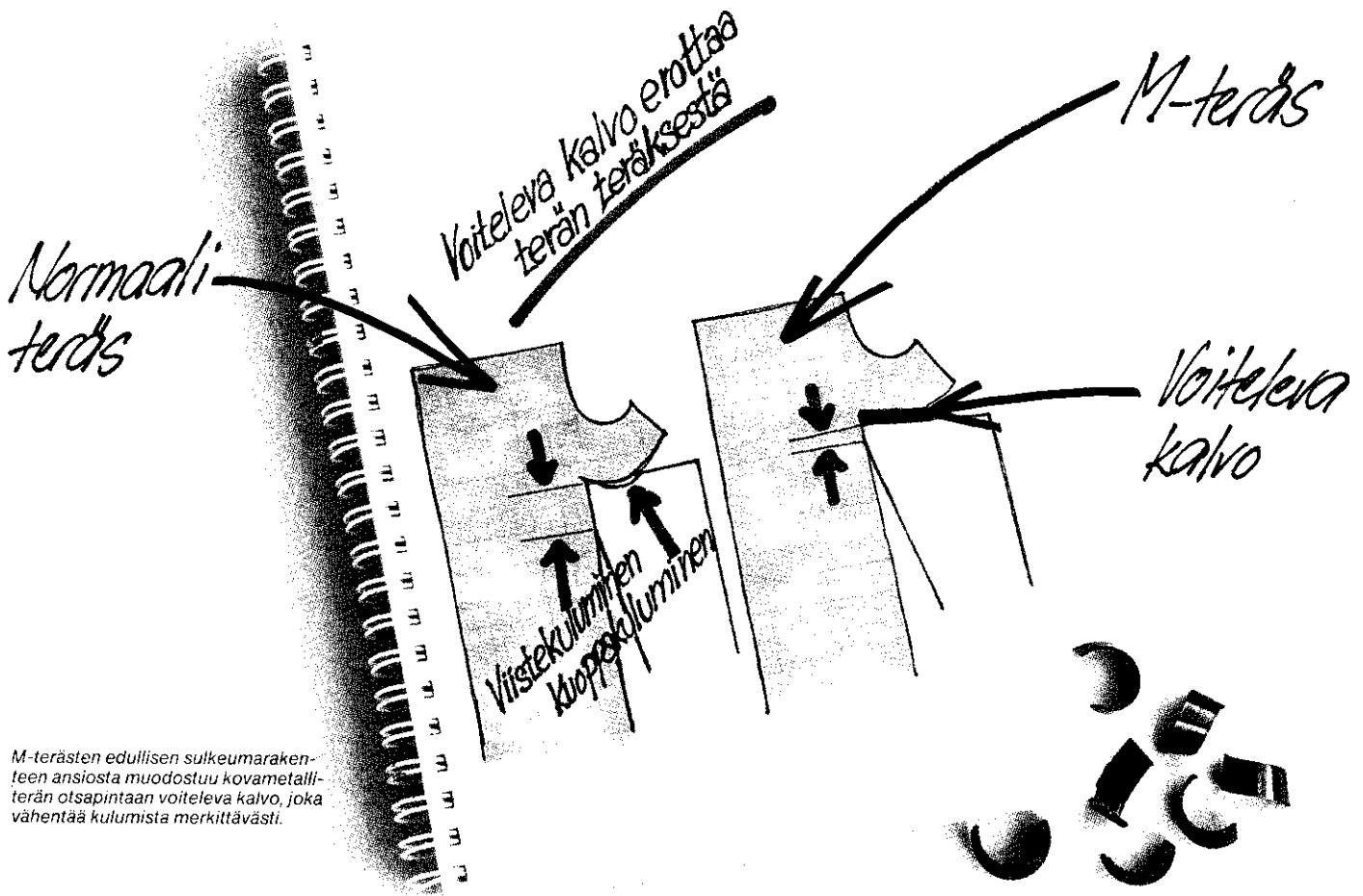
## LAROX

— classification — concentration —  
— filtration —

Larox Oy, PL 29, 53101 LAPPEENRANTA  
Puh. (953) 117 60, telex 58233 larox

Larox tuotteita ovat mm. paine-, kammio- ja imusuodattimet, sakeuttimet, selkeyttimet, ruuvikuljettimet, kartioluokittimet, hydrosyklonit, pneumaattiset luokittimet, letkuventtiilit, sulkusyöttimet ja suihkumyllyt.

# OVAKON M-TERÄSTEN AIHEUTTAMILTA SÄÄSTÖILTÄ ET VOI VÄLTTYÄ



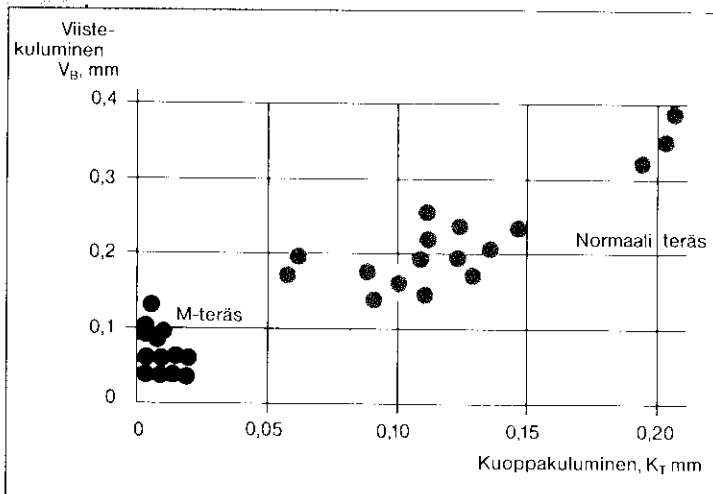
M-terästen edullisen sulkeumarakenteen ansiosta muodostuu kovametalliterän otsapintaan voiteleva kalvo, joka vähentää kulumista merkittävästi.

## OVAKON M-TERÄKSET

Ovakon M-teräkset ovat standarditeräksiä, jotka valmistetaan Ovakon kehittämällä M-käsittelyllä. M-käsittely parantaa oleellisesti teräksen lastuttavuutta ja menetelmällä hallitaan tarkemmin teräksen rakenne sekä analyysi. Tänä päivänä kaikki Ovakon kotimaahan toimitamat erikoisteräkset käyvät läpi M-käsittelyn.

## M-TERÄKSET SÄÄSTÄVÄT SELVÄÄ RAHAA

- Normaaliin teräkseen verrattuna teräpalat kestävät M-terästä työstettäessä jopa nelinkertaisesti - kun työstöarvoja ei muuteta.
- Terien vaihtovälin harventuessa vähenee myös teräsvaihdon yhteydessä mahdollinen tai väistämätön työkappaleen hylkääminen.
- Vaihtoehto terien kestävyyden pidentämiselle on lastuamisnopeuden nosto aina 20-30%.



Kovametalliterän kulumisen teräksen OVAKO MoC 210 sorvauskokeissa. Kuva perustuu laadunvalvontakokeiden tuloksiin. Kukin piste edustaa yhtä sulatusta.

- M-terästen tasalaatuisuus vähentää raaka-aineesta johtuvat tuotannon häiriöriskit minimiin.

- Nuorrutettu M-teräs on yhtä helppo lastata kuin vastaava teräs pehmeäksi hehkutettuna.

## TAKAAMME LASTUTTAVUUDEN

Jokaisen tehtaalta lähtevän M-terässulatuksen lastuttavuus on varmistettu. Tämän jälkeen tangot saavat ovakolaiseen tapaan lajikohtaisen rullamerkkauksen koko tangon pituudelta. Selvä etu sekin teräksiä tunnistettaessa.

## M-TERÄKSIÄ SAAT VARMASTI

Ovakon M-käsiteltyjä erikoisteräksiä varastoivat ja markkinoivat: Kontino, Starckjohann-Telko ja Ovakon oma Erikoisteräsvarasto Turengissa.

 **OVAKO**  
SUOMALAISTA TERÄSTÄ

Erikoisteräsryhmä  
Myynti kotimaahan  
PL 790, 00101 Helsinki  
Puh. (90) 616 21  
Telex 12 23 54 ovate sf

Erikoisteräsvarasto  
Teollisuuskuja 1,  
14200 Turenki  
Puh. (917) 834 41  
Telex 2370 ovatu sf

# Mineraalista tuotteeksi

SALAlla on laaja tuoteohjelma ja rikastusteollisuuden eri käyttökäyttösiin. Tunnetuimpia tuotteita ovat pumpit, magnettierottimet, vedenpoistoprosessien koneet sekä täydelliset moduulirakenteiset rikastuskoneet, kuten SALA Caravan Mill.

Tänä päivänä taloudelliset näkökohdat ovat tärkeämpiä kuin koskaan ennen prosesseja ja varusteita valittaessa. SALAlla on tietämystä ja pitkäaikainen kokemus. SALA tarjoaa korkealaatuisia koneita, jotka takaavat laitoksen käyttövarmuuden ja taloudellisuuden.

SALA on kansainvälinen yritys, jolla on tytäryhtiöitä ja edustajia yli koko maailman. Tämän ansiosta asiakkaiden on helppo pitää yhteyttä laitetoimittajaan.

## SALA

### Ylinnä:

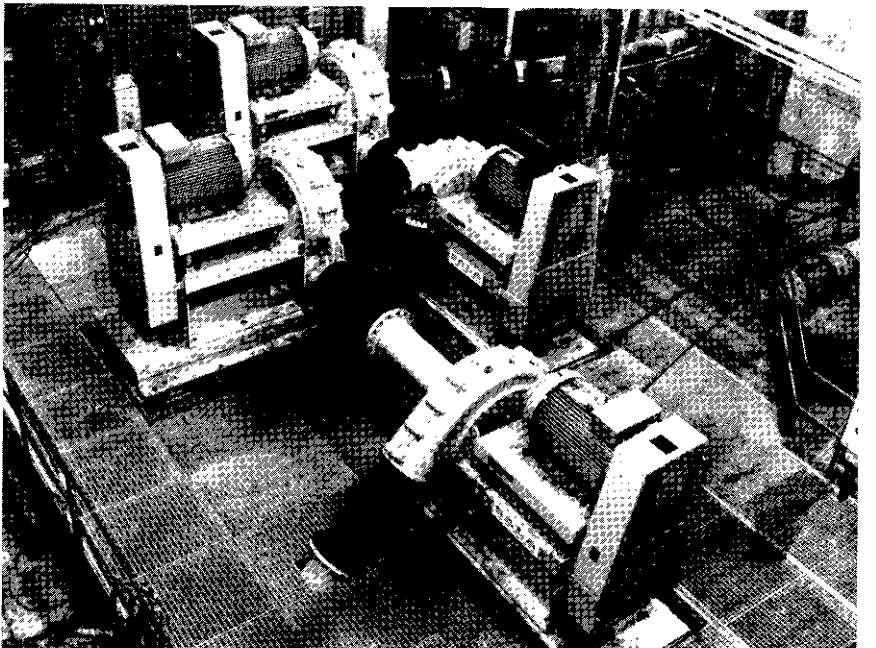
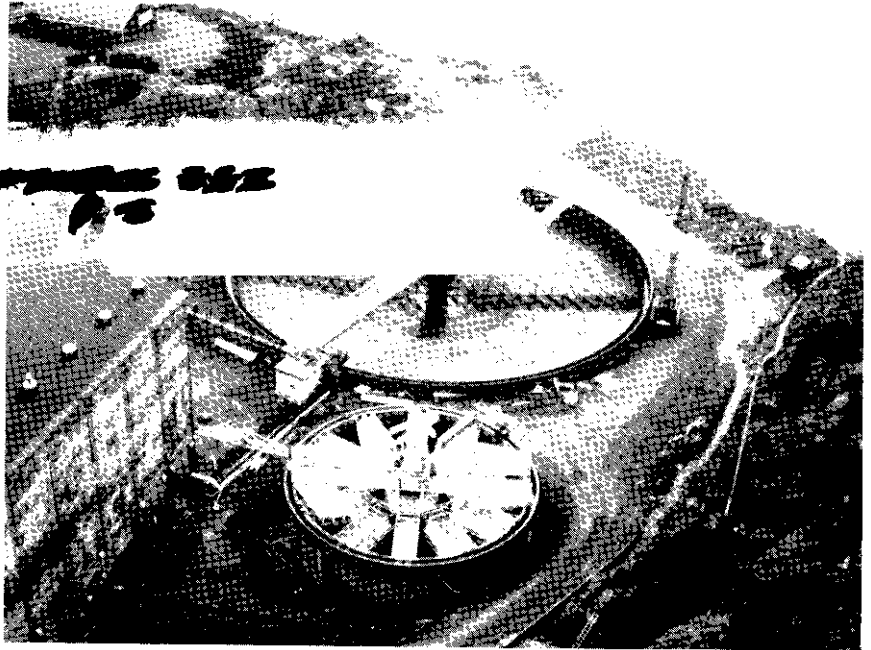
Kuva esittää kahta jätteen sakeutinta, jotka molemmat tekevät saman työn. Ylempi, konventionaalinen malli, on halkaisijaltaan 50 m. Sensijaan etualalla näkyvä SALAn lamellisakeutin on halkaisijaltaan vain 21 m. Sen kahdestatoista lamellipaketista syntyy yhteensä peräti 2980 m<sup>2</sup> selkeytys/sakeutuspinnta – suurin lajissaan kaivosteollisuudessa. Lamellisakeutin on sitäpaitsi hinnaltaan edullisempi kuin konventionaalinen sakeutin.

### Keskellä:

SALAn lamellisakeutin malli LTS 500 on markkinoiden suurin tehdastekoinen sakeutin. Se valmistetaan neljässä osassa, jotka liitetään yhteen paikan päällä. LTS 500 vastaa teholtaan sellaista konventionaalista sakeutinta, jonka halkaisija on noin 24 m. Lisäksi se on hinnaltaan edullisempi sakeutusneliometriä kohti.

### Alinna:

Pumppuasema, jossa on SALA lietepumppuja malli VASA HD. Ne siirtävät rikastamolta jätettä, jossa on 50 painoprosenttia kiintoainetta. Kapasiteetti on 21 m<sup>3</sup>/min. Kokonaispaine pumppujen jälkeen on 30 baria ja putkijohdon pituus 7 km. Pumppuja voi käyttää 9000 tuntia, ennenkuin kumivuorauksia tarvitsee vaihtaa.



## TALLBERG

TALLBERG-SOFFCO TEKNIikka

Karapellontie 11, 02610 ESPOO 61, puh. (90) 594 011