

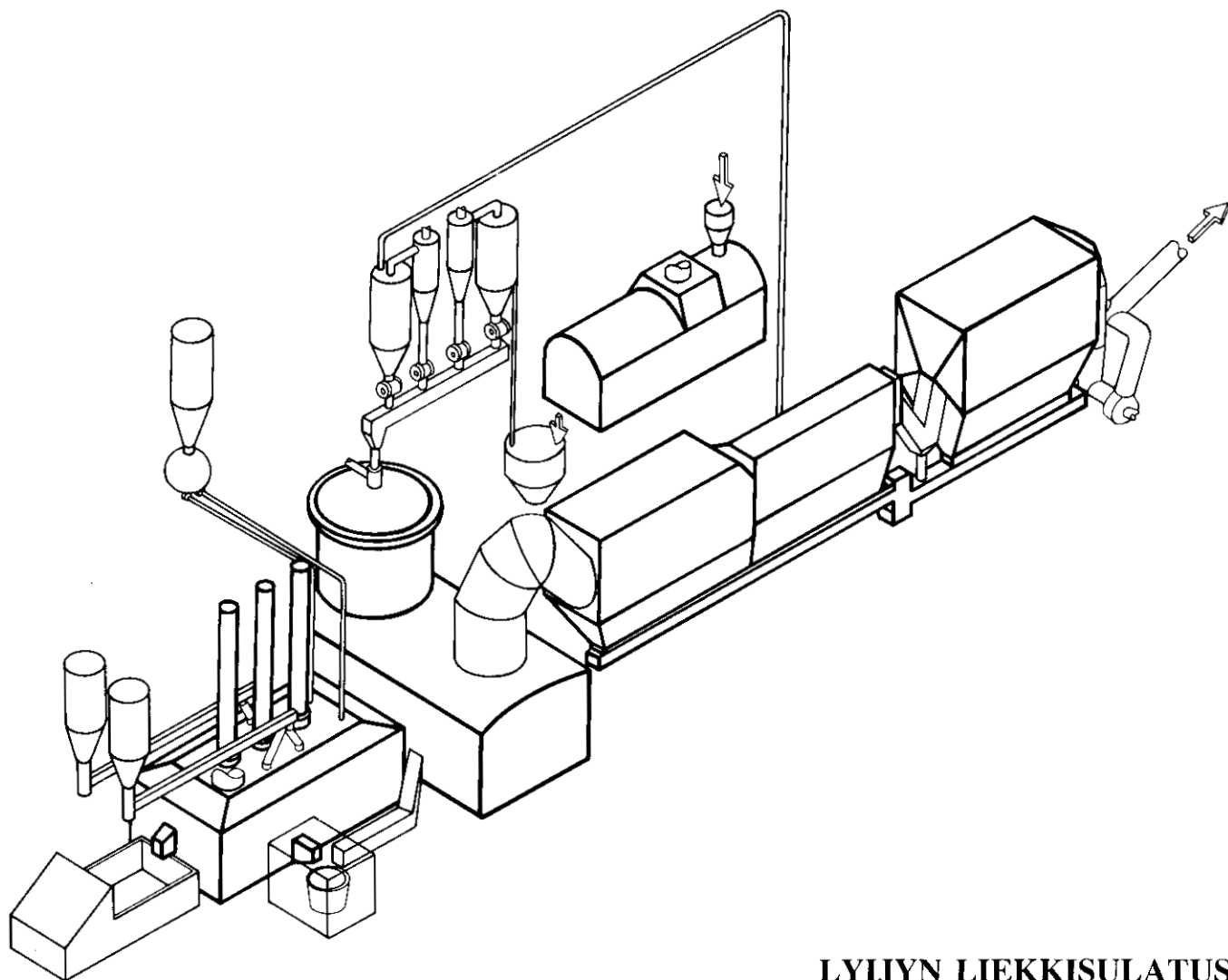
# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1983

41. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.



LYIJYN LIEKKISULATUS



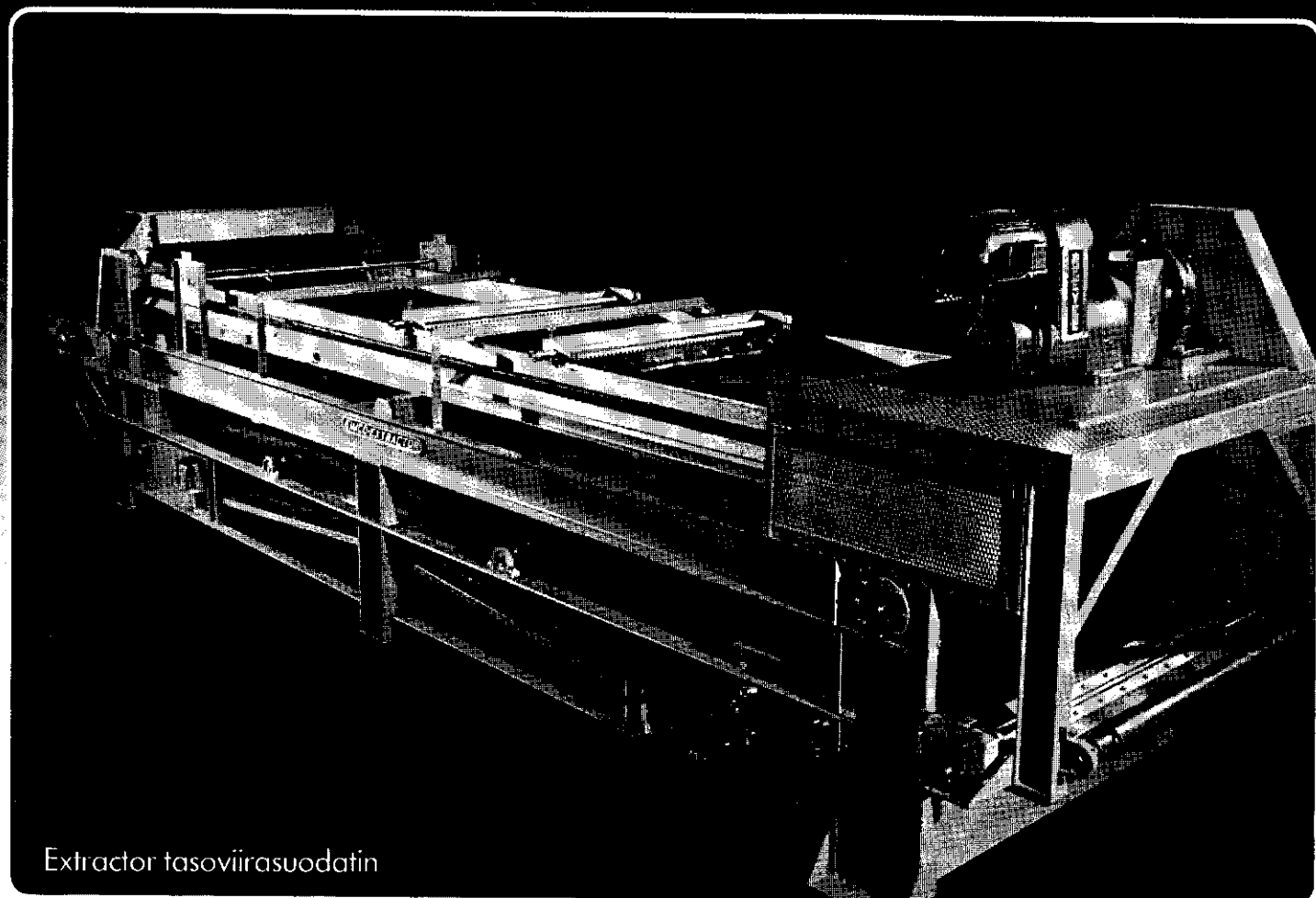
# RETKA EI ENÄÄ RIITÄ NYT TARVITAAN PROSCON



# OUTOKUMPU

AUTOMAATIORYHMÄ/90-4211 TOM PAHLMAN

# 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-GUTZEIT OY**

**KONEPAJARYHMÄ**

PL 34, 57101 SAVONLINNA 10

PUHELIN 957-21936. TEI EX 5613 enso sf

# LUOTETTAVA TYÖPARI AVOLOUHOKSIIN JA MAANALAIISIIN KAIVOKSIIN

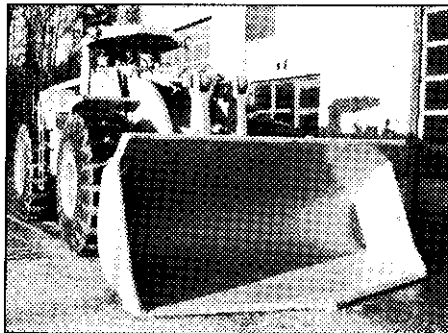


## CATERPILLAR KAIVOSKUORMAAJA & DJB KAIVOSDUMPPERI

Valitse alla olevista Sinun tarkoitukseesi parhaiten soveltuva työpari:

### Dumpperi

DJB D25B	(22 t)
DJB D275B	(25 t)
DJB D330B	(30 t)
DJB D35	(32 t)
DJB D350B	(32 t)
DJB D44	(40 t)
DJB D550	(50 t)



### Kuormaaja

Caterpillar 966D  
Caterpillar 966D tai 980C  
Caterpillar 980 C  
Caterpillar 980C  
Caterpillar 980C tai 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 / tuotepäällikkö Jukka Jalava.

 **CATERPILLAR**  
MYynti, HUOLTO & VARAOSAT

**DJB ENGINEERING LIMITED**  
Peterlee, Co. Durham,  
England, SR6 2HX

**djb**

 **WIHURI OY**  
**WITRAKTOR**  
HELSINKI - TAMPERE - OULU - ROVANIEMI  
826 311 670 200 361 344 15 271



**Kun kysymys on kallionporauksesta  
Atlas Copcolla on jo ratkaisu!**



## **Oikeanpuoleisella nastakruunulla on porattu yli 500 m suomalaista graniittia!**

Graniitti jättää jälkensä – vaikka porakruunununa olisi Sandvik Coromant. Mutta – kuten kuvakin kertoo – Coromant kestää kuluusta selvästi enemmän kuin tavanomainen nastakruunu.

Sandvik Coromantilla saavutetut tulokset puhuvat aina puolestaan. Sen avulla poraustyö nopeutuu ja keventyy. Yleensä

koko katko voidaan porata ilman kruunujen vaihtoa.

Ja mikä parasta – koska uudet Sandvik Coromant porakruunut eivät maksa muita enempää, merkitsee pitempi kestoikä alhaisempia porametrikustannuksia.

**Soita ja sovi koeporauksesta.**

**Kysy samalla uusia peränajotankojamme.**

**TALLBERG**  
**ATLAS COPCO**

Vattuniemenkatu 2, 00210 HELSINKI 21.

Soita 90-670112

Kokkola, soita 968-17 255, Kuopio, soita 971-122 411, Tampere, soita 931-633 622,

Turku, soita 921-373 777, Lappeenranta, soita 953-88 071



# LOUHINNAN YKKÖNEN

Machineryn louhintatekniikan kokonais-ohjelma on nyt täydellinen.

Kotimaiset Kometa -kallioporat tulivat täydentämään kansainvälistä menestystä saavuttaneiden louhintatuotteittemme sarjaa.

Nyt saatte täyden palvelun louhintatalostamme: Kometa -kallioporat, Nemek -pora-vaunut, Tamrock -louhintakaluston ja CompAir -paineilman.

Kometa-kallioporien myynnistä vastaavat Machineryn kuusi aluekonttoria toimituskäytökäyttöine varastoineen ja Kometa-tuotekoulutettuine myyjineen.

Myyntiverkostoa täydentävät neljä louhinta-alaan erikoistunutta alueellista piirimyyjää sekä lukuisat jälleenmyyntipisteet eri puolilla Suomea.



**MACHINERY OY**

KEHÄ III, PL 129, 00101 Helsinki 10  
 (Ansatie 3, 01670 Vantaa 67), puh. 90-890 522  
 Helsinki 90-772 21, Turku 921-386 444,  
 Tampere 931-633 000, Kuopio 971-451 451,  
 Oulu 981-381 666

# Juuri turvallisuutesi vuoksi tarvitset suojaimia

**KEMIRA  
SAFETY**

Mieti tarkkaan, tarvitsetko henkilökohtaista suojainta työssäsi tai askarrellessasi vapaa-aikana. Kemiran suojaimet on valmistettu turvallisuutesi vuoksi.

Kemira Safety -suojaimet on suunniteltu yhdessä käyttäjien ja työsuojelun asiantuntijoiden kanssa. Siksi ne ovat kehityksen kärjessä ja sopivat erityisesti suomalaisille.

Useimmat suojaintarpeet kattavan suojainvalikoiman tärkeimpiä tuotteita ovat

- hengityksensuojaimet ja suodattimet
- Miracap-suojakypäriä
- Silenta-kuulonsuojaimet
- silmä- ja kasvonsuojaimet.



## KEMIRA

Kemira Oy, Suojainyksikkö,  
65230 Vaasa 23,  
puh. (961) 212 244, telex 74235

# NOKIAN HYVÄT KULJETUSHIHNAT



## HIHNALLA KULKEE.

### Kestävyys

Korkeatasoiset raaka-aineet, kehittynyt valmistustekniikka, tutkimustoiminta ja yhteistyö käyttäjien kanssa, siinä osatekijät, jotka luovat edellytyksen korkealle laadulle. Ja kestävyydelle, josta Nokian hinnat ovat tunnettuja.

### Taloudellisuus

Kestävyys ja varmuus merkitsevät myös taloudellisuutta. Pitempi käyttöikä, vähäisempi huollon tarve, keskeytyksetön kuljetus, siinä syyt taloudellisuuteen. Kestävyys, taloudellisuus ja mittava hihnavalikoima ovat Nokian valit.

# NOKIA

Tekninen kumi

**Piirimyynti:** Helsinki: Oy Etola Ab • Joensuu: Ehari Ky • Jyväskylä: Keski-Suomen Kumikeskus Oy • Kokkola: Kumi-Varvio Oy • Kouvola: Oy Etola Ab • Kotka: Oy Etola Ab • Kuopio: Kumiyhtymä Nilsson Oy • Lahti: Kumiyhtymä Nilsson Oy • Lappeenranta: Kaakon Kumi Oy • Oulu: Pohjolan Kumi Oy • Pieksämäki: Kumisalpa Oy • Pori: Oy Etola Ab • Porvoo: Oy Etola Ab • Seinäjoki: Kumi-Varvio Oy • Tampere: Kumi-Varvio Oy • Turku: Oy Etola Ab • Valkeakoski: Kosken Muovi ja Kumi Oy • Varkaus: Kumiyhtymä Nilsson Oy •

Näin  
Ovakon uudet M-teräkset  
säästävät selvää rahaa



case 1

Saab-Scania Södertäljessä säästi pelkästään työkalu-  
kustannuksissa 65% siirtymällä Ovakon paremmin  
lastuttavaan standarditeräkseen kuorma-autojen  
vetoakseleiden valmistuksessa.

Ovakon kehittämällä paremmin lastuttavilla standar-  
diteräksillä - M-teräksillä - saavutetaan ratkaisevia  
kustannussäästöjä. Lastuavassa työstössä teräpalat  
kestävät kaksinkertaisen - jopa kolminkertaisen ajan.  
Vaihtoehtoisesti leikkuunopeutta voidaan lisätä.  
Hyitättyjen kappaleiden määrä pienenee, koska asetus-  
säätöjä tarvitaan harvemmin.

Saab-Scania on saavutettuihin tuloksiin erittäin  
tyytyväinen ja tutkii mahdollisuuksia käyttää Ovakon  
M-terästä muissakin komponenteissa.

Ovakon M-teräksiä saat nyt myös suoraan varastos-  
tamme Turengista. Lisätietoja antaa Juhani Nyrkiö,  
Tekninen asiakaspalvelu, puh. 90-61 621.  
Postita oheinen kuponki niin saat esitteen, jossa  
seikkaperäisesti kerromme Saab-Scanian kokemuksista.

 **OVAKO**  
SUOMALAISTA TERÄSTÄ

Haluan lisätietoja Ovakon uusista M-teräksistä

Lähettäkää heti "Ovakon uudet M-teräkset säästävät selvää rahaa. Case 1"-esite  
 Ottakaa yhteys puhelimitse

Nimi \_\_\_\_\_ Yritys \_\_\_\_\_  
Osoite \_\_\_\_\_, puh. \_\_\_\_\_

Palautusosoite: OVAKO Oy - Ab  
"Tekninen asiakaspalvelu" PL 790,  
00101 HELSINKI 10

# TÄYSI HYÖTY.

Mauseri Oy



Vuoriteollisuuden tuotteiden jalostaminen vaatii monipuolisia, teknisesti viimeistelyä ja taloudellisesti toimivia laitteita. Vain siten on saatavissa täysi hyöty jalostettaessa malmi teollisuuden raaka-aineeksi.

Rauma-Repola Oy on yksi Suomen suurimmista metalliteollisuusyrityksistä. Yhtiön tuotantoon kuuluu joukko vuoriteollisuustuotannon keskeisiä laitteita: Lokomo-leuka-, kara- ja kartiomurskaimet sekä seulat ja syöttimet sekä Parkanon Konepajan valmistamat myllyt, kiekko-suotimet, anodiunit ja kaivosjunat. Niitä toimii tänä päivänä eri puolilla maailmaa – Alaskasta Filippiineille, Tokiosta Montrealiin.

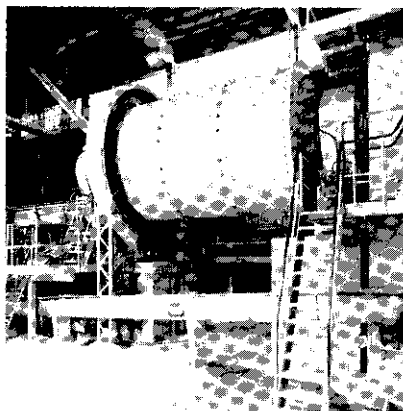
Ottakaa täysi hyöty vuoriteollisuudestanne! Soittakaa tai kirjoittakaa – se on ensimmäinen askel taloudellisiin tuotantoratkaisuihin.



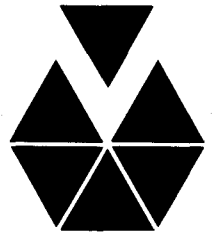
## RAUMA-REPOLA

NELES OY  
Lokomon tehtaat  
PL 306  
33101 TAMPERE 10  
Puh. (931) 33100  
Telex 22133 rrlok sf

RAUMA-REPOLA OY  
Parkanon konepaja  
39700 PARKANO  
Puh. (933) 1151,  
Telex 22156 rrpno sf



# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1983

41. 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 15

Toimittaja — Editor:

DI Seija Poitsalo 90-4 554 122  
Teknillinen korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto  
02150 Espoo 15

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

Ins. Lars Heikel 90-781 396  
Punahilkantie 5 A 6  
00820 Helsinki 82

Toimitusneuvosto — Editorial  
Board:

DI Matti Palperi, pj. 90-6162 713  
Ovako Oy Ab  
Bulevardi 7  
00120 Helsinki 12

TkT Jorma Rekola 90-811 511  
Kuusakoski Oy  
PL 6  
02781 Espoo 78

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

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387  
Geologinen tutkimuslaitos  
02150 Espoo 15

DI Olli Korhonen 90-4 211  
Outokumpu Oy, Tekn.vienti  
PL 27, 02201 Espoo 20

Ilmoitushinnat vuodelle 1984

Kansisivut 3.100,-, muut sivut 2.600,-

1/2 s. 1.750,-, 1/4 s. 1.100,-, lisäväri 950,-

Vuosikerta 55,-, ulkomaille 70,-

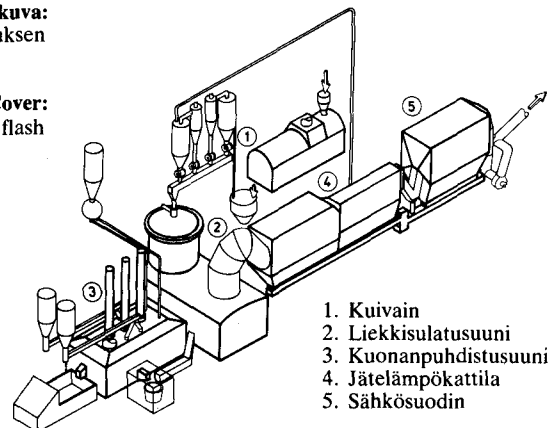
Irtonumero 30,-, ulkomaille 35,-

## SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

<b>Yrjö Pessi:</b> Vuoriteollisuus kemianteollisuuden näkökulmasta	89
<b>Eelis Eskelinen, Pertti Huopaniemi, Matti Tyni:</b> Myllykoski Oy:n Luikonlahden kuparikaivos 1968-1983	94
<b>Toimi Lukkarinen, Arja Salo:</b> Syötteen raekoon vaikutus vaahdotustuloksiin	99
<b>Heikki Laapas:</b> Raekokojakautuman esittäminen	105
<b>M.H. Tikkanen:</b> Näkemyksiäni plasmametallurgian tulevaisuudesta	110
<b>Timo Talonen, Esko Nermes:</b> Lyijyrikasteiden liekkisulatus	113
<b>Pentti Järvelä:</b> Lasikuitu ja sen ominaisuuksia	117
<b>Boris Saarma:</b> Karl Forsström Ab — 100 vuotta	120
Uusia jäseniä — Nya medlemmar	124
Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna	124
Suoritettuja tutkintoja — Avlagda examina	125
<b>VMY:n</b> kaivosjaoston täydennyskoulutustilaisuus: Nykyaikainen avolouhinta	131
Tutkimusvaltuuskunnan tiedotuksia	133

**Kansikuva:**  
Lyijyn liekkisulatuksen  
prosessikaavio.

**Cover:**  
Flowsheet of lead flash  
smelting process.



1. Kuivain
2. Liekkisulatusuuni
3. Kuonanpuhdistusuuni
4. Jätelämpökattila
5. Sähkösuodin

**VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS**  
**25.3.1982.**

DI Olli Hermonen puheenjohtaja Rautaruukki Oy Keskuskonttori PL 217 90101 Oulu 10	981-327 711	<b>Kaivosjaosto</b> Prof. Raimo Matikainen, pj Teknillinen korkeakoulu Vuoriteollisuusosasto 02150 Espoo 15	90-4554 122
DI Georg Ehrnrooth varapuheenjohtaja Oy Lohja Ab 08700 Virkkala	912-41 511	TkT Pekka Särkkä, siht. Teknillinen korkeakoulu Vuoriteollisuusosasto 02150 Espoo 15	90-4 554 122
Prof. Lauri Hyvärinen Geologinen tutkimuslaitos 02150 Espoo 15	90-46 931	<b>Metallurgijaosto</b> DI Matti Palperi, pj. Ovako Oy Ab PL 790 00101 Helsinki 10	90-6 162 713
DI Jorma Illi Rautaruukki Oy Otanmäen kaivos 88200 Otanmäki	986-86 256	DI Nils-Göran Mattfolk, siht. Kuusakoski Oy PL 6 02781 Espoo 78	90-811 511
DI Matti Kilpinen Rauma-Repola Oy Snellmaninkatu 13 00170 Helsinki 17	90-18 281	<b>Rikastus- ja prosessitekniiikan jaosto</b> DI Timo Niitti, pj. Outokumpu Oy PL 27 02201 Espoo 20	90-4 211
TkT Kalevi Kiukkola Kemira Oy Malminkatu 30 00100 Helsinki 10	90-440 281	DI Hannu Kemppinen, siht. Outokumpu Oy PL 27 02201 Espoo 20	90-4 211
DI Kristian Lobbass Oy Partek Ab 21600 Parainen	921-742 111	<b>Tutkimusvaltuuskunta</b> DI Timo Välttilä, pj. Outokumpu Oy Pyhäsalmen kaivos 86900 Pyhäkumpu	984-41 250
Prof. Toimi Lukkarinen Teknillinen korkeakoulu Vuoriteollisuusosasto 02150 Espoo 15	90-4554 122	Geologinen toimikunta: FM Esko Lundén, pj. Oy Partek Ab 21600 Parainen	921-742 111
DI Mikko Palviainen Outokumpu Oy PL 27 02201 Espoo 20	90-4 211	Kaivosteknillinen toimikunta: DI Pentti Seppänen Outokumpu Oy 83500 Outokumpu	973-561
TkT Kari Tähtinen Ovako Oy Ab Imatra 55100 Imatra 10	954-63 688	Rikastusteknillinen toimikunta: DI Risto Rinne, pj. Ekono Oy Tekniikantie 4, Otaniemi PL 27 00131 Helsinki 13	90-46 911
DI Juhani Vahtola Outokumpu Oy Kokkolan tehtaat PL 26 67101 Kokkola 10	968-19 011	Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien sihteeri: DI Anneli Salonen Outokumpu Oy Vihannin kaivos 86440 Lampinsaari	982-85 381
<b>Yhdistyksen sihteeri:</b> I DI Erkki Tyni Rautaruukki Oy Keskuskonttori PL 217 90101 Oulu 10	981-327 711		
II DI Heikki Savolainen Oy Lohja Ab 08700 Virkkala	912-41 511		
<b>Yhdistyksen rahastonhoitaja:</b> DI Pekka Sundquist Rautaruukki Oy Keskuskonttori PL 217 90101 Oulu 10	981-327 711		
<b>Geologijaosto</b> FT Kauko Puustinen, pj. Geologinen tutkimuslaitos 02150 Espoo 15	90-46 931		
FM Maria Nikkarinen, siht. Geologinen tutkimuslaitos PL 237 70101 Kuopio 10	971-164 411		

DI Pekka Sundquist hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortistoa. Mikäli osoite, tehtävä tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutosilmoituksen mieluummin kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.  
 Os.: Rautaruukki Oy, PL 217, 90101 Oulu 10, puh. 981-327 711.

DI Pekka Sundquist sköter om Bergsmannaföreningens medlemsregister. Om er adress, arbetsuppgift eller tjänst har ändrats, anhåller vi om ändringsanmälan, helst skriftlig, till "Nytt om medlemmarna" spalten.

Adr.: Rautaruukki Oy, PB 217, 90101 Oulu 10, tel. 981-327 711



*Suomen vuoriteollisuuden tuotteet ovat olleet pohjana maamme epäorgaanisen kemianteollisuuden kehitykselle. Näin ovat suomalaiset vuorimiehet viime vuosikymmenien aikana tehneet työn, joka on luonut hyvät edellytykset myös kemianteollisuuden tulevaisuudelle. — Näillä sanoilla tervehti Kemian Keskusliiton puheenjohtaja, Kemira Oy:n pääjohtaja, vuorineuvos Yrjö Pessi 25.3.1983 40 vuotta täyttäneitä Vuorimiesyhdistystä. Juhlakokouksessa pidetty esitelmä julkaistaan ohessa.*

## Vuoriteollisuus kemianteollisuuden näkökulmasta

Vuorineuvos Yrjö Pessi, Kemira Oy, Helsinki

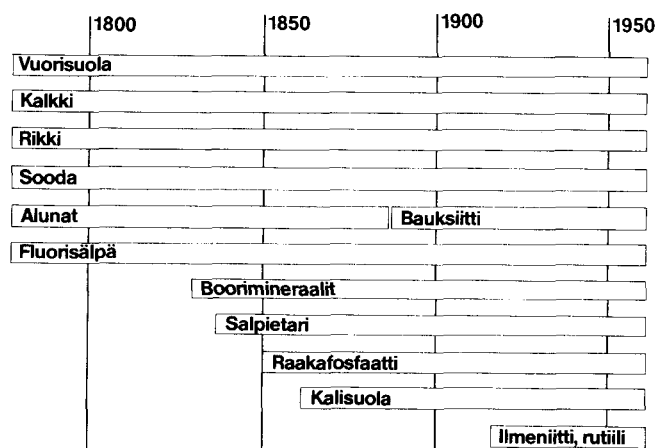
Kemianteollisuus saa raaka-aineensa kaivosteollisuudelta: epäorgaaninen puoli malmeista ja orgaaninen puoli öljystä sekä hiilestä. Oikeastaan melkein koko vuoriteollisuuden jatko oli alussa kemiaa. Metallurgia on saanut oman nimensä ja alueensa vasta viime vuosisatoina ja sisimmältään sekin on kemiaa, joko korkeissa lämpötiloissa tapahtuvaa pyrometallurgiaa tai veden läsnäollessa hydrometallurgiaa. Nykyaikana tuskin voimme löytää kahta itsenäistä tuotannollisen toiminnan haaraa, jotka olisivat toisistaan enemmän riippuvaisia kuin vuoriteollisuus.

Omassa maassamme on myös tehokkaasti käsi kädessä rakentaen hyödynnetty hyvin kaivosteollisuuden ja kemianteollisuuden yhteisiä mahdollisuuksia.

Malmeihin perustuva vuorityö ja sen tuottamat mineraaliset raaka-aineet ovat siis epäorgaanisen kemianteollisuuden pe-

rusta. Jos halutaan erityisesti painottaa tätä mineraalien käyttöä kemianteollisuuden raaka-aineena, siis kemiallisten ominaisuuksiensa takia, puhutaan joskus myös kemiallisista mineraaleista. Näitä oli saatavissa puolisen tusinaa (kuva 1) kaupallisesti tärkeämpää jo ennen 1800-lukua: kaikille tutut vuorisuola, kalkki, rikki, sooda, alunat ja fluorisälpä. Tärkeitä myöhempiä tulokkaita ovat salpietari, raakafosfaatti, kalisuola ja titaanimineraalit.

Lukumääräisesti tilanne ei ole juuri muuttunut. Kuvassa 2 on esitetty kemianteollisuuden kannalta tärkeimpien teollisuusmineraalien maailmantuotanto ja käyttö kemianteollisuudessa. Tuotantoluvut ovat tietenkin huimaavasti kasvaneet 1900-luvulla kemian teollisuuden kasvun myötä niin, että teollisuusmineraalien tuotanto edustaa nyt todellista suurteollisuutta tai perusteollisuutta.



**Kuva 1.** Tärkeimpien kemianteollisuudessa käytettävien teollisuusmineraalien tuotannon historiaa.

**Fig. 1.** The production history of the more important industrial chemicals.

Mineraali	Maailmantuotanto (Mt)	Käyttö kemianteollisuudessa (%)
Vuorisuola	181	70
Raakafosfaatti	143	100
Kalkki	120	50
Rikki	55	100
Kali	31	100
Bauksiitti	93	10
Titaanimineraalit	5,2	90

**Kuva 2.** Teollisuusmineraalien tuotanto ja käyttö epäorgaanisten kemikaalien valmistukseen 1981.

**Fig. 2.** The production and use of the industrial minerals for the production of inorganic chemicals 1981.

Tuote	Määrä 1000 t	Ostoarvo Mmk	Kotimaisuus aste %
Raakafosfaatti	790	120	50
Kiisujen rikki	400	84	100
Alkuainerikki	45	29	0
Kalisuola	303	155	0
Vuorisuola	500	85	0

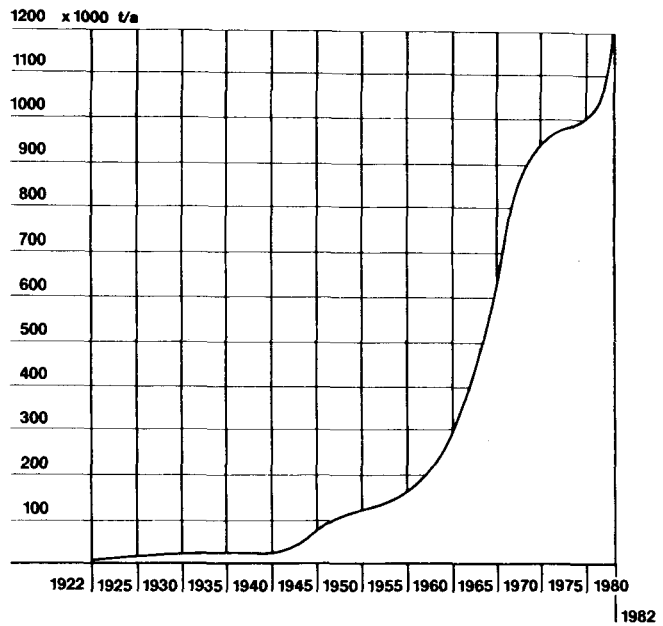
Kuva 3. Tärkeimmät mineraaliset raaka-aineet Suomen kemianteollisuudessa 1983.

Fig. 3. Important raw-material minerals in the Finnish chemical industry 1983.

Suomen epäorgaanisen kemianteollisuuden kehitys viimeisten kuuden vuosikymmenen aikana on pohjautunut samoihin vuoriteollisuuden tuotteisiin. Kuva 3 esittääkin tärkeimpien mineraalien vuotuiset käyttömäärät, ostoarvot ja kotimaisuusasteet tällä hetkellä. Raakafosfaatissa saavutetaan tänä vuonna maan omaa tarvetta vastaava tuotanto.

### RIKKIHAPON SOVELTUVUUS KEHITTÄNYT TEOLLISUUTTA

Epäorgaanisen kemianteollisuuden tärkein raaka-aine on meilläkin epäilemättä rikki (kuva 4). Noin 75 — 80 % maailman rikin tuotannosta menee ensiksi rikkihapon valmistukseen, Suomessa vieläkin enemmän. Hyvin tunnettua on rikkihapon tuotannon ja kiisumalmehin perustuvan metallien valmistuksen välinen yhteys ja niiden voimakas kehittyminen. Rikkihapon soveltuvuus moniin eri käyttötarkoituksiin on luontevasti johtanut uusien tuotantoaarojen kehittymiseen kemianteollisuudessa ja muuallakin.

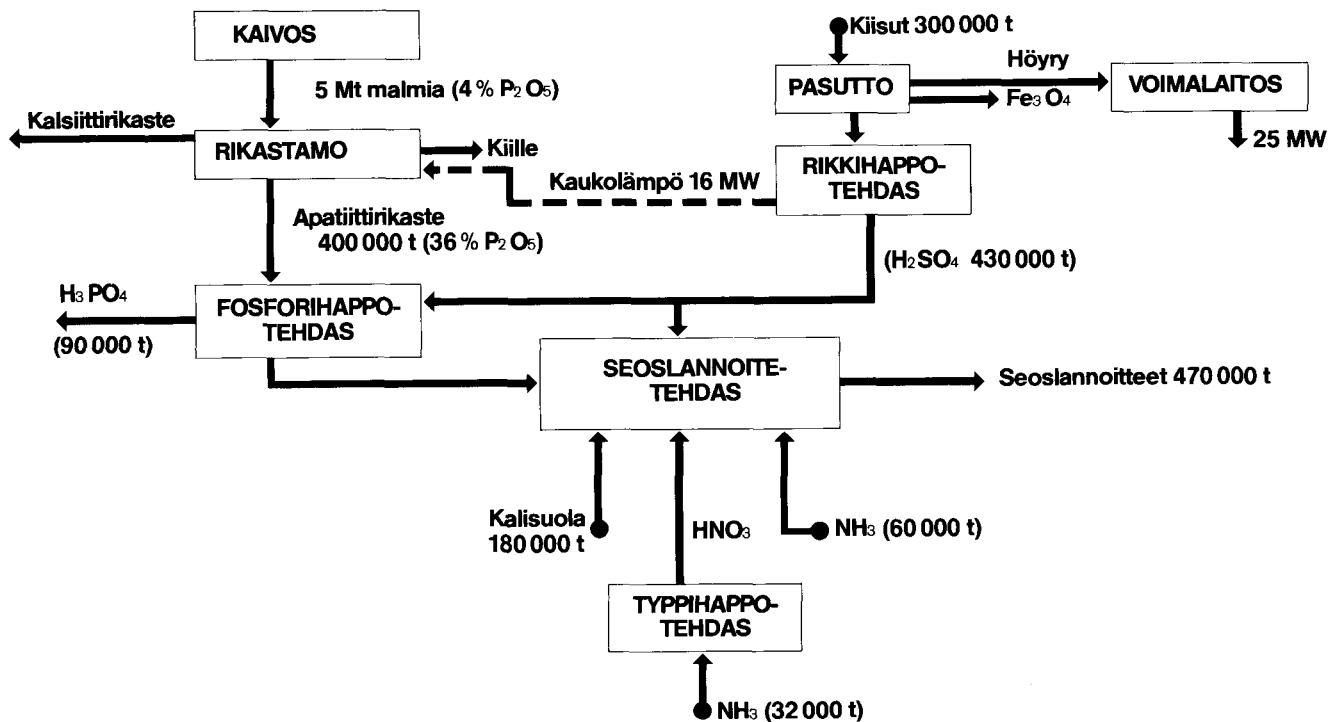


Kuva 4. Rikkihapon tuotannon kehitys Suomessa 1922–1982.

Fig. 4. The development of the sulfuric acid production in Finland 1922–1982.

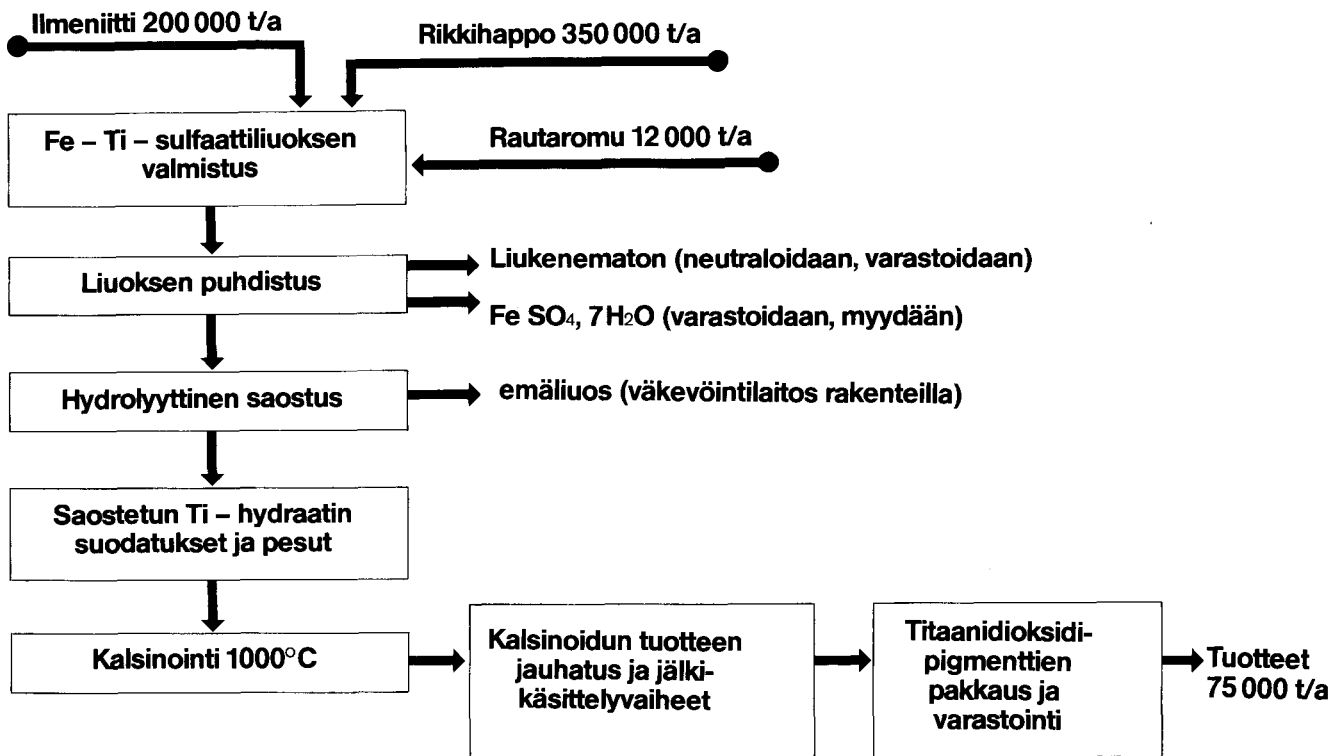
Rikkihappoa sovellettiin Suomessa ensimmäisenä lannoite-teollisuuteen 1920-luvulla. Prosessi oli yksinkertainen superfosfaattiprosessi. Sen avulla saatiin kokemuksia raaka-aineista ja tuotannosta, ja superfosfaatin avulla maataloutemme oppi lannoitteiden käytön merkityksen.

Sotien jälkeinen kehitys on ollut nopea. Nykyaikainen lannoitetehdasyksikkö kuten Siilinjärvi (kuva 5) muodostuu eri prosesseja käyttävistä tehdaslaitoksista: siellä on kaivos ja rikastamo oman apatiittirikasteen ja maatalouskalkin tuotta-



Kuva 5. Siilinjärven kaivos ja tehdaslaitokset 1983.

Fig. 5. Kemira Oy Siilinjärvi plants and mine 1983.



Kuva 6. Titaanidioksidipigmentin valmistusprosessi Vuorikemiassa.

Fig. 6. The production process for titanium dioxide pigments in Kemira Oy Vuorikemi plants.

mista varten, pasutto kiisurikasteen hapettamiseksi rikkidioksidikaasuksi ja rautaoksidiksi, kaksi rikkihappotehdasta, typpi- ja fosforihappotehdas, kalisuolan ja ammoniakkiin varastot ja käsittelyt sekä lopputuotteen, rakeisten moniravinteisten seoslannoitteiden valmistuslaitos. Käsiteltävät aine määrät ovat suuria. Ympäristönsuojeluun liittyviin jätteenhoitoon, kiertovesi- ym. järjestelyihin on kiinnitetty suuri huomio. Tuotantokaavio osoittaa havainnollisesti vuoriteollisuuden ja kemianteollisuuden vuorovaikutuksen ja molempuolisen riippuvuuden.

Toinen rikkihapon suurkäyttävä on perinteisesti ollut titaanidioksidipigmentiteollisuus (kuva 6), joka on myös suuri vuoriteollisuuden tuotteiden, erityisesti titaanimineraalien kuluttaja. Kemiran Vuorikemian tehtaat on syntynyt suorana seurauksena vuoriteollisuuden kehittymisestä ja monipuolistumisesta Suomessa. Otanmäen ilmeniittirikasteelle ja kasvanneelle rikkihappotuotannolle löydettiin aikoinaan looginen käyttökohde. Tehdas aloitti toimintansa vuoden 1961 keväällä nimelliskapasiteetin ollessa 16.000 tonnia pigmenttejä vuodessa. Nykyinen nimelliskapasiteetti on 80.000 tonnia vuodessa. Noin 85 % tuotannosta on viety ulkomaille.

Prosessi on tunnetusti kemianteollisuuden vaikeimpia: raaka-aineiden muuttuminen valmiiksi tuotteiksi kestää noin kaksi viikkoa. Teknologian ja tuotteiden laadun ylläpito ja mukauttaminen markkinoiden kehitykseen vaativat jatkuvaa, voimakasta kehityspanosta. Markkinoinnin hyvä hallinta kotimaalla on toiminnan ehdoton edellytys.

## ANORTOSIITTI — UUSI RAAKA-AINE ALUMIINIYHDISTEILLE

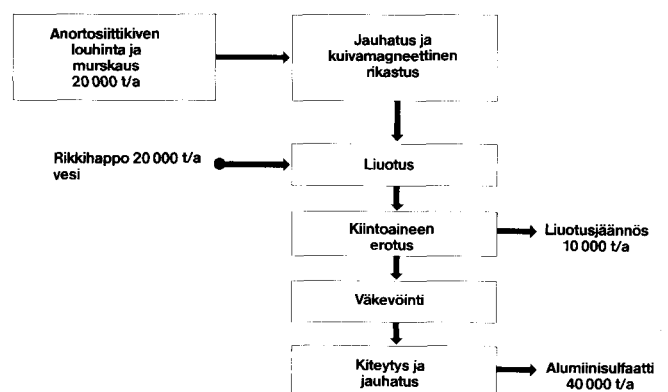
Seuraava esimerkki (kuva 7) liittyy toteuttamisvaiheessa olevaan projektiin, jossa Lapinlahden anortosiittiesiintymää tullaan hyödyntämään alumiinisulfaatin raaka-aineena. Lienee ensimmäinen kerta maailmassa kun happoon liukenevaa sili-

kaattista mineraalia tullaan käyttämään alumiiniyhdisteiden raaka-ainelähteenä.

Tuotanto ei tule olemaan suurta. Projektin taloudellinen kokonaisuus ei liioin ole mittava. Tarkalla taloudella ja hyväksikäyttäen Harjavallan alumiinisulfaattitehtaan mahdollisuudet lisäinvestointi saadaan kohtuulliseksi ja toiminta tulee kannattamaan.

Silikaattien hyväksikäyttöön kemiallisina mineraaleina liittyy kuitenkin yleismaailmallisestikin vielä ongelmia ja niistä on meillä myös kokemuksia. Flogopiittikiille ja nefeliini ovat happoihin helposti liukenevia mineraaleja. Erityisesti kiille on tässä suhteessa mielenkiintoinen, koska sen vuosituotanto Siilinjärvellä on nyt kolme miljoonaa tonnia. Halpaa raaka-ainetta riittäisi siis suurtuotantoon.

Huolimatta laajoista tutkimuksista emme ole toistaiseksi onnistuneet kehittämään taloudellisesti kannattavaa



Kuva 7. Alumiinisulfaatin valmistus anortosiitista ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ).

Fig. 7. The production of aluminium sulfate from anorthosite.

prosessia, teknisesti se kyllä onnistuu. Onnistunut kemiallinen jalostus edellyttää, että kaikille pääkomponenteille, etenkin kaliumille (joka menisi lannoitteisiin), magnesiumille, alumiinille ja piihapolle löydetäisiin kannattavaa käyttöä. Tutkimukset jatkuvat. Myös kiilteen käyttö muihin tarkoituksiin, joissa sen fysikaaliset ominaisuudet ovat määrääviä, on johtamassa mielenkiintoisiin sovellutuksiin.

Kemialliset menetelmät voivat olla myös liian kalliita ja tarpeettomankin valikoivia. Kun kehitimme menetelmän puhtaan magnesiumoksidin tuottamiseksi talkkirikastuksen magnesiittijätteestä, saimme tuotteen, jolla ei tuotantokustannuksiinsa nähden ollut riittäviä markkinoita. Tuote oli liian hyvää.

Tunnettuina suomalaisina kemiallisten prosessien innovatiivisina sovellutuksina vuoriteollisuuden raaka-aineiden hyväksikäytössä ja jalostuksessa lueltakoon vielä muutama:

- harvinaisten maametallien talteenotto, niiden erottaminen ja puhdistus,
- vanadiinin erotusprosessi,
- metallien erotus rautaoksidipasutteesta,
- seleenin valmistusprosessi,
- elohopean talteenotto pasutuskaasuista,
- erikoiskemikaalien valmistus koboltin ja nikkelin pohjalta.

Kaikki edellä mainitut esimerkit valaisevat vuoriteollisuuden tärkeää ja perinteistä roolia kemianteollisuuden raaka-aineiden toimittajana. Toisaalta kemianteollisuus on puolestaan vaikuttanut vuoriteollisuuden kehittymiseen toimittamalla eri prosesseja varten raskaita peruskemikaaleja kuten rikkihappoa, kehittämällä erikoiskemikaaleja mineraalien vaahdotukseen, vedenkäsittelyyn jne. Kytkeviä on erilaisia.

## RÄJÄHDYSAINE SYNTYY LOUHINTAPIIKALLA

Oman lukunsa ansaitsee räjähdysaineala. Yli satavuotias dynamiitin valta-aika, joka alkoi pelkän nitroglyserolin käytöllä, on loppuillaan. Räjähdysaineiksi luokiteltavien yhdisteiden valmistaminen louhintaräjähdysaineisiin on vähentynyt jatkuvasti, mutta niitä tarvitaan vielä jatkossakin. Räjähtämättömistä raaka-aineista, pääasiassa nitraateista, sekoittavat räjähdysaineet valtaavat suurimman osuuden. Suurin osa louhintaräjähdysaineista tullaan valmistamaan louhintapiikalla ja toimittamaan suoraan louhijan porareikään.

Räjäytysnallia sanotaan usein tärkeimmäksi keksinnöksi räjähdysainealalla. Sen avulla monet jo kauan tunnetut tyyppiä ja happea sisältävät kemialliset yhdisteet saatiin hajoamaan räjähdysmäisesti. Räjäytysnallien kehittäminen syytysjärjestelmiltään ja hidasteaikoja sisältäviksi mahdollisti louhintatekniikan kehittymisen nykyisenkaltaiseksi, tarkaksi ja ennaltalaskettavissa olevaksi kivenirrotusmenetelmäksi. Valmistustekniikan samoin kuin louhintatekniikan kehitys vaatii jatkuvaa tuotekehitystä.

## ENERGIA ONGELMA SIVUAINEIDEN KÄYTÖSSÄ

Sekä vuoriteollisuus että raskas epäorgaaninen kemianteollisuus käsittelevät suuria ainemääriä. On selvää, että prosesseista poistuu myös tuotteita, sivuaineita, joille ei löydy sopivaa käyttöä. Suomen kemianteollisuudessa syntyy esim. kipsiä miljoona tonnia vuodessa ja ferrosulfaattia yli 300.000 tonnia. Japanissa ja osin Keski-Euroopassa fosforihappoteollisuuden jätekipsi menee kokonaisuudessaan rakennusaineteollisuuden käyttöön, meillä tämä ratkaisu ei liene mahdollinen.

Kipsin ja ferrosulfaatin käyttämiseksi sellaisenaan kehitelään ratkaisuja, jotka eivät kuitenkaan ratkaise näiden tuotteiden sijoitusongelmaa sellaisenaan. Pohjimmiltaan kysymys

on energian hinnasta. Riittävän halvan energian avulla näihin sivutuotteisiin sitoutunut rikki voitaisiin palauttaa uudelleen käyttöön. Lopputuotteena syntyisi sementti- ja rautateollisuuden raaka-aineita.

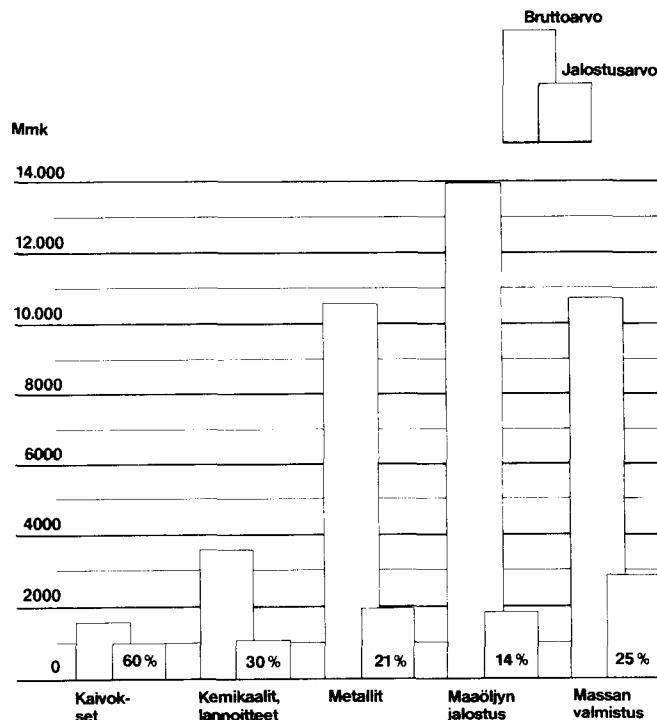
Taloudellisesti edullisen sähköenergian hinnan merkitystä ei voida liiaksi korostaa etsittäessä ratkaisuja monien teollisuuden sivutuotteiden, silikaattien ja köyhien malmien hyödyntämiseen.

Kiinteiden sivuaineiden ongelma liittyy tietysti vuori- ja kemianteollisuuden yleisempään velvollisuuteen huolehtia hyvästä ulkoisesta ja sisäisestä ympäristöstä. Hyvä ympäristönsuojelu on myös pitkällä tähtäyksellä edellytys toiminnan jatkuvuudelle. Tällä alueella tehtävillä parannuksilla on siis pitkäaikainen suotuisa vaikutus, mutta tehtäviä investointeja on tietysti vertailtava muihin kustannuksiin. On välttämätöntä, että ympäristönsuojeluinvestointipäätökset perustuvat niin perusteelliseen ja oikeaan tietoon kustannuksista ja vaikutuksista kuin mahdollista.

## OMAN KAIVOSTOIMINNAN YLLÄPITO TAVOITTELEMISEN ARVOISTA

Virallinen teollisuustilasto tarjoaa erään mahdollisuuden vertailla eri teollisuudenalojen suhteellista merkitystä koko teollisuudessa ja kansantaloudessa. Suomen teollisuustuotannon bruttoarvo v. 1981 oli 193 miljardia markkaa ja jalostusarvo 68 miljardia eli 35 % tuotannon bruttoarvosta.

Kuva 8 esittää eräiden tähän aiheeseen liittyvien tai niihin verrattavissa olevien teollisuusalojen vastaavia lukuja. Kaivos-, metallurginen ja kemianteollisuus on bruttoarvoltaan yhteensä 8 % ja jalostusarvoltaan yhteensä 6 % koko teollisuuden vastaavista luvuista.



**Kuva 8.** Tuotannon bruttoarvo ja jalostusarvo eräissä teollisuusryhmissä Suomessa 1981.

**Fig. 8.** The production value and value added by processing in some industrial branches in Finland 1981.

Vertailua tehtäessä on syytä kiinnittää huomio etenkin tuotannon jalostusarvoon, koska se antaa paremman kuvan kuin esimerkiksi tuotannon bruttoarvo. Epäorgaanisessa kemianteollisuudessa se on 30 %, metallien valmistuksessa 21 %, maaöljyn jalostuksessa 14 % ja massan valmistuksessa 25 %.

Toisen näkökulman (kuva 9) tarjoaa tärkeimpien kemiallisten mineraalien maailmankulutuksen kasvuennusteet. Kolmen ja kuuden prosentin välillä liikkuva kulutuksen kasvu nostaa vuosikulutuksen jopa yli kolmenkertaiseksi parissa vuosikymmenessä. Mineraalituotannon yhteys kemianteollisuuteen kasvaa yhä voimakkaammaksi.

Voimme olla yhtä mieltä siitä, että oma kaivostoiminta ja sen tuottamiin raaka-aineisiin integroitunut, elinvoimainen kotimainen jatkojalostusteollisuus — sekä kemiallinen että metallurginen — on kansantaloudellisesti ja teollisuuspoliittisesti tavoittelemisen arvoista. Myöskään aluepolitiikkaa ei vuorityötä sivuttaessa voi unohtaa. Laajapohjainen tuotanto kokonaisine tuotantoketjuineen on tärkeätä myös kriisitilanteissa, torjuttaessa raaka-ainetoimittajien kartellisoitumisen ja politisoitumisen aiheuttamia esteitä tai vaikkapa pelkästään maan kauppataseen kannalta.

Aivan samoinkuin voimakas metallurginen teollisuus niin myös voimakas kemian perusteollisuus on osaltaan luonut edellytyksiä monelle muulle elinkeinolle kuten kuljetuksille, kaupalle, maataloudelle, elintarviketeollisuudelle jne.

## VUOROVAIKUTTEISUUS MUKAAN LUONNONVAROJEN HYÖDYNTÄMISEEN

Tunnusomaista sotien jälkeisten vuosikymmenten kehitykselle kemian teollisuudessa hyväksikäytettäessä mineraalipohjaisia raaka-aineita on:

- prosessien moninaisuus,
- vaihteleva koko pienimuotoisesta tuotannosta massatuotantoon,
- raaka-aineiden erilaisuus ja joskus varsin vaatimaton laatu,
- horisontaalisten ja vertikaalisten tuotantoketjujen hallinta.

Meillä on siis teknologista taustaa ja valmiuksia ratkaista myös kemiaa apuna käyttäen erilaisia hyväksikäyttöongelmia, ei yksin metallimalmeihin liittyviä vaan kaikkia maa- ja kallioperään liittyviä resursseja.

Malmineitsinnästä puhuttaessa rajoitetaan usein ajattelemaan metallimalmien, siis sulfidi- tai oksidimalmien, etsintää. Näiden perustava merkitys sekä metallurgisen että kemiallisen teollisuuden menestymiselle on kaikille täällä tunnettua.

Siilinjärven esiintymän taloudellinen hyödyntäminen osoittaa, ettei halpa tuote ja esiintymän köyhyys ole aina kannattavan toiminnan este. Uusi rikastustekniikka, prosessin tehokas

	1981	2000	Keskim. kasvu (% / vuosi)
<b>Vuorisuola</b>	<b>181</b>	<b>686</b>	<b>5,9</b>
<b>Raakafosfaatti</b>	<b>143</b>	<b>414</b>	<b>5,1</b>
<b>Riikki</b>	<b>55</b>	<b>100</b>	<b>3,2</b>
<b>Kali</b>	<b>31</b>	<b>54</b>	<b>3,2</b>

Lähde: U.S. Bur. Mines

**Kuva 9.** Tärkeimpien kemiallisten mineraalien kulutus 1981 ja 2000 (milj. tonnia).

**Fig. 9.** The estimated use of the more important chemical minerals 1981 and 2000 (million tons).

toteutus ja sen välitön logistinen liittyminen jatkojalostukseen ovat vaikuttaneet myönteiseen tulokseen. On korostettava myös malmiesiintymän suuruutta, joka sallii pitkäaikaisen suurtuotannon edut. Myös esiintymän kaikkien mineraalien täyskäytön ajatus on houkutteleva, mutta uudet innovaatiot ovat tarpeellisia.

Ei siis ole syytä rajoittaa vain perinteiseen malmista metalliin-ajatteluun, vaan on katsottava myös muiden mineraalien kemiallisen ja muunkin hyödyntämisen mahdollisuuksia. Tuotteiden halpa hinta ja siitä johtuva kuljetuskustannusten suuri painoarvo suosii nykyisten tehdas- tai kaivospaikkakuntien lähiympäristöjä. Geologisen tutkimuslaitoksen roolia koko valtakunnan yleisenä malminetsintäorganisaationa myös teollisuusmineraalien puolella on korostettava.

Uuden kannattavan teollisuustoiminnan kehittäminen uuden malmiesiintymän varaan on vaativa ja monipuolinen innovointitehtävä. Se tarjoaa mahdollisuuksia monen ammattimiehen — vuorimiesten, kemistien, markkinointimiesten — tietämyksen hyödyntämiseen, mutta edellyttää hyvää yhteistyötä eri osapuolilta. Toiminnan on oltava tavoitteellista ja myös liiketaloudelliset näkökohdat huomioon ottavaa.

Omien luonnonvarojen hyödyntäminen on jokaisen maan ensimmäisiä pyrkimyksiä elintasoansa parantaessaan. Tähän liittyvä tutkimus- ja kehitystyö on tuottavaa investointia myös teknillistä vientiä ajatellen. Mitä paremmin hallitsemme alaan liittyvät vuorovaikutteiset teknologiat, niiden teknilliset ja taloudelliset kytkennät, sitä paremmin pystymme hyödyntämään taitojamme myös kansainvälisesti.

Kuten vuoriteollisuuden tuottamat mineraaliset raaka-aineet ovat merkitykseltään ratkaisevia kemianteollisuuden tuotannolle, myös kemianteollisuudella on Suomessa oma tärkeä tehtävänsä maamme vuoriteollisuuden ja taloudellisen hyvinvoinnin kehittämisessä. Yhteistä työkenttää edelleen odottaa.

## SUMMARY

### MINING INDUSTRY AND HEAVY CHEMICAL INDUSTRY, AN INTERRELATIONSHIP

The paper deals with the interrelationship between mining industry and the heavy chemical industry. It emphasizes the national economical importance of a chemical industry based on raw materials produced by domestic mining industry. It deals with the history of this production and shows the production of the more important industrial minerals in the world and also in Finland.

As specific examples the article describes the development of the Finnish sulfuric acid production which for long time has been based on domestic sulphide concentrates. The production has branched out to other chemical production, first to fertilizer manufacturing. To-day this industry requires the horizontal and vertical integration of different production chains including the Kemira Oy Siilinjärvi phosphate mine which has made the country self-sufficient in this vital plant nutrient material.

Another excellent example is the titanium dioxide production based on ilmenite and sulfuric acid.

There are other examples where processing of domestic raw materials has led to profitable production. However, the use of silicates as chemical raw-materials calls for new innovations.

The chemical industry on its side has contributed to the development of the mining industry. The explosives industry is case in point.

Thanks to the very high technological standard of the Finnish mining and chemical industry the export of know-how based on this integration is likely to grow considerably.

# Mylykoski Oy:n Luikonlahden kuparikaivos 1968 –1983

DI Eelis Eskelinen, FM Pertti Huopaniemi, FM Matti Tyni, Mylykoski Oy, Luikonlahden kaivos

Mylykoski Oy:n Luikonlahden kaivoksessa päättyi kuparimalmin louhinta ja rikastus elokuun lopussa (kuva 1). Melko täsmälleen 15 vuoden mittaiseksi muodostunut toiminta päättyi juuri niihin aikoihin kuin alunperin oli laskettukin.

Luikonlahden kaivos keskittyy nyt Polvijärveltä louhittavan talkin rikastukseen ja jalostukseen. Myös yhtiön malminetsintä sekä geologinen tutkimus- ja erikoislouhintapalvelu hoidetaan Luikonlahdelta.

## KUPARIMALMIN TUTKIMUSVAIHEISTA

Luikonlahden kaivos sijaitsee Kuopion läänin itäosassa Kaaavin kunnassa. Kaivosrekisterissä Luikonlahti mainitaan ensimmäisen kerran 8.7.1910, jolloin Hackman & Co haki sinne valtausta.

Seuraavien vuosikymmenien aikana useat eri yhtiöt etsivät malmia Luikonlahden kylän Palolammen ympärillä töiden ollessa ajoittain pitkiä aikoja keskeytyksissä. Eräs epätavallinen hanke pantiin vireille vuonna 1925, jolloin kahdeksan paikkakunnalla asuvaa talollista haki maanmittaustoimitusta yhteisen palstan perustamiseksi kupariteollisuutta varten. Se perustettiin ja sille annettiin nimeksi Kuparivuoren palsta.

Geologinen Toimikunta ryhtyi alueella syväkairauksiin vuonna 1930. Samalta vuodelta on myös ensimmäinen kirjallinen maininta Luikonlahdelta löydetystä malmista.

Ruskealan Marmori Oy aloitti malmitutkimukset Palolammen ympärillä 1930-luvulla. Kaivosalueen ensimmäiset tilat ostettiin vuonna 1934 ja kaivoksen koko malmialue oli ostettu jo 1930-luvun loppuun mennessä.

Vuonna 1944 löydettiin kaivauksilla Asuntotalon malmin puhkeama ja sen ympärillä paikallistettiin syväkairauksilla n.



**Kuva 1.** Ilmavalokuva Mylykoski Oy:n Luikonlahden kaivosalueesta vuodelta 1971.  
**Fig. 1.** Mylykoski Oy, Luikonlahti mine aerial view, 1971.

1,5 milj. tonnia kuparimalmia. Vuonna 1947 tehtiin ensimmäiset kannattavuuslaskelmat. Tuotannon aloittamiseen ei näyttänyt olevan edellytyksiä huonojen suhdanteiden johdosta. Luikonlahdelle oli kuitenkin perustettu 11 kaivospiiriä.

1950-luvun loppupuolen malminetsintätöiden pääpaino oli syväkairauksissa, joiden tuloksena löydettiin Kunttisuon malmi kesällä 1957 ja tavoitettiin Asuntotalon malmin syvät osat seuraavana vuonna. Ruskealan Marmori Oy:n ja Malmikavos Osakeyhtiön yhteistyönä ryhdyttiin kaivostutkimukseen Kuparivuoren tutkimuskuilun ajolla. Ensimmäisen suunnitellun tutkimusperän taso +115 saavutettiin noin puolentoista vuoden työn ja monien voitettujen vaikeuksien jälkeen marraskuussa 1959.

Tutkimuskuilua jatkettiin sittemmin aina +522-tasolle saakka ja perät malmin kielekkeisen muodon vaatiman tiheän kairauksen suorittamiseksi ajettiin 80 metrin tasoväleillä. 1960-luvun alkuvuosina saatiin paikallistettua malmin kaivoksen avaamiseen tarvittava määrä.

Vuonna 1965 eduskunta päätti teollisuusrautatien rakentamisesta Juankoskelta Luikonlahdelle. Kaivoksen rakentamispäätös tehtiin vuonna 1965 ja kuparirikasteen tuotanto alkoi 12. heinäkuuta 1968.

## MALMIN GEOLOGIASTA

Luikonlahden malmi oli ns. Outokumpu-jakson nykyisin tunnetuista malmeista pohjoisin. Malmin metallikoostumus ja sivukivet muistuttavat muita jakson malmeja ja genesis on epäilemättä myös muuten kaltainen. Malmikriittinen kivilajimuodostuma, Luikonlahden paku, on kalliopinnan leikkauksessa

kahden km<sup>2</sup>:n kokoinen ja ainakin kilometrin syvä. Pakun ulkopuolella oleva kallioperä on kiillegneissia (kuva 2).

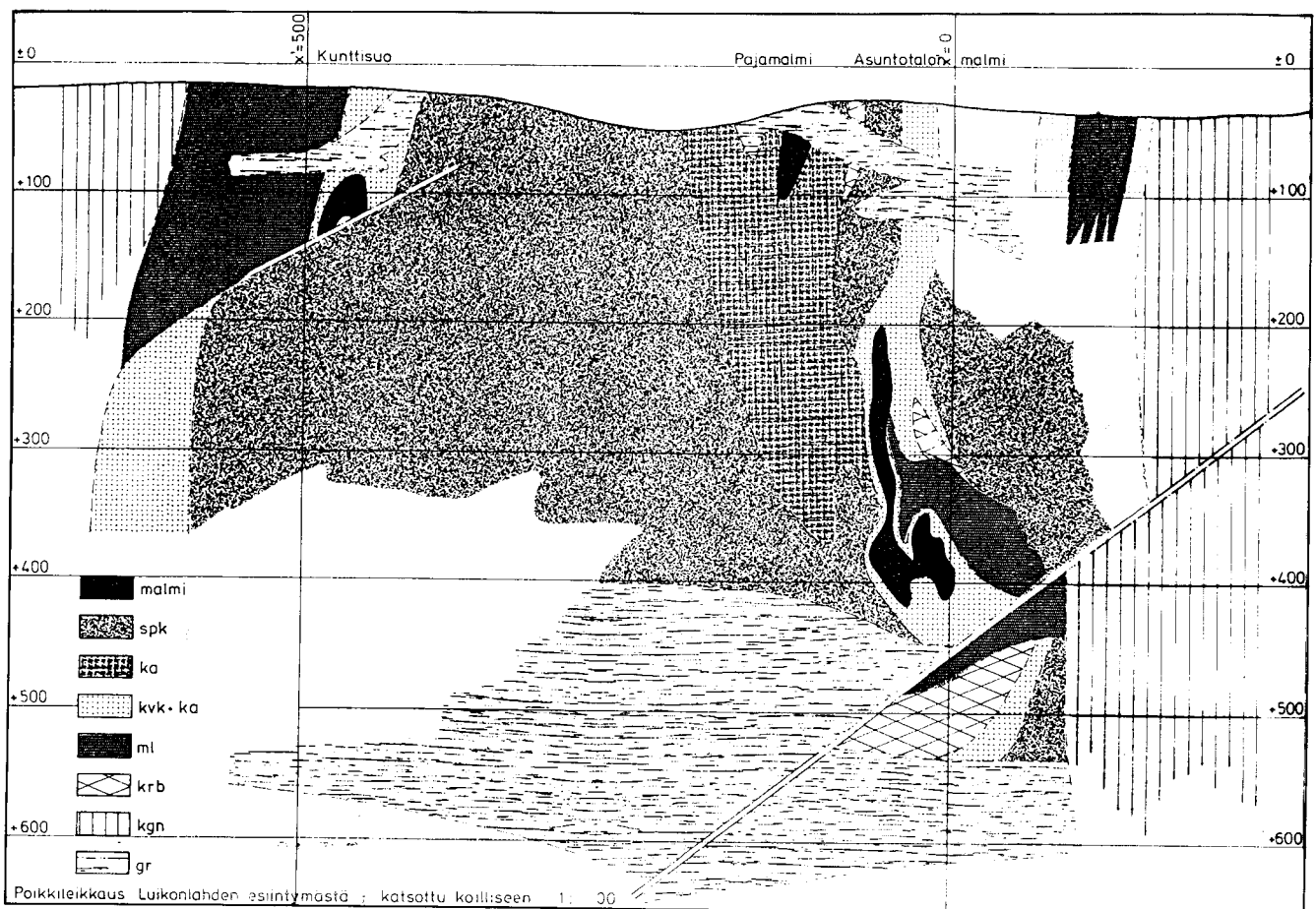
Lähellä olevasta Maarianvaaran graniitista ulottuu muodostumaan runsaasti leikkaavia graniitti- ja pegmatiittijuonia, joista on aiheutunut päänvaivaa niin malmin tutkijoille kuin louhinnan suunnittelijoillekin.

Muodostuman kivilajit ovat: mustalieske, karbonaattikivi, karsi, kvartsi- ja serpentiinikivi. Malmit sijoittuivat serpentiinikiven reunassa olevaan kvartsi- ja karsikiveen. Kivilajien kaade on lähes pysty. Koko muodostuma on vähätkäisten pehmeitä vesipitoisia mineraaleja sisältävien liuku- ja ruhjesaumojen rikkoma, mistä johtuen jännitystilasta syvälläkin kalliiossa oli lähes suuntautumaton. Noin 130 metrin siirros, joka oli leikannut myös kappaleen malmin, todettiin. Sivukivien louhittavuusominaisuudet vaihtelivat läpi skaalan multamaisiksi serpentiiniytyneestä graniitista hauraaseen runsaasti vettä sisältävään graniittiin ja sitkeänpäiseen tremoliittipitoiseen kvartsi- ja karsikiveen. Malmi oli louhittavuudeltaan muodostuman paras kivilaji ja louhoksen seinämä lähes ihanteellinen.

Kun malmit olivat vielä lähes pystyasentoisia, voitiin valita edullinen louhintamenetelmä. Louhoksen kestävyysvaikutukset edellä mainitut vesipitoiset kerrossilikaatit varsinkin silloin, kun niitä sisältävä kivilaji oli louhoksen katossa. Samoin ne aiheuttivat varsin suuren tukemistarpeen valmistamisessa töissä.

Muodostumasta hyödynnettiin kolmea erillistä malmin: Asuntotalon malmi (n. 6,8 milj. t), Kunttisuon malmi (n. 0,6 milj. t) ja Pajamalmi (n. 0,3 milj. t). Luonnollinen malmimäärä oli siten yhteensä 7,7 milj. t. Louhinnallinen saanti oli n. 90 %, jota voidaan pitää hyvänä.

Malmin keskipitoisuudet (in situ) olivat, kupari 1,2 %, ko-



Kuva 2. Pystypoikkileikkaus Luikonlahden kiisumalmiesiintymästä.  
Fig. 2. Vertical cross-section of Luikonlahti ore formation.

boltti 0,12 %, nikkeli 0,09 %, sinkki 0,65 % ja rikki 20 %. Malmimineraalit olivat: kupariiksi (n. 3,5 %), sinkkivälke (n. 1,1 %), kobolttipentlandiitti (n. 0,2 %), magneettiiksi (n. 50 %) ja kobolttipitoinen rikkikiisi (n. 1 %), jota tavattiin +250-tason alapuolella.

Uudelleen kiteytymisen takia malmimineraalit olivat karkeahkoja ja puhtaita, mikä antoi mahdollisuuden korkealaatuiseen rikasteisiin hyvin saannein. Malmin koboltista oli valtaosa magneettiikiisun hilassa ja siten rikastusprosessin saavuttamattomissa.

Asuntotalon malmi oli selvästi suurin. Se ulottui n. 500 metrin syvyyteen ja oli vahvuudeltaan keskimäärin 15 m, mutta vahvimillaan 60 m. Kaikilla malmeilla oli puhkeama kallion pinnassa.

Malmien rajat olivat terävät, pirotemia ei ollut, joten cut off-rajalla ei ollut suurta merkitystä. Kielekkeisten muotojen ja leikkaavien graniittijuonien takia optimointi raakkulaimennuksen ja tuotantokustannusten kanssa oli tärkein louhinnan suunnittelua ohjaava seikka.

Malmin harmeminaaleista suurin osa oli kvartsia. Haitallisimmat sen sijaan olivat talkki, kloriitti ja grafiitti liejun muodostajina, kalsiitti hapon kuluttajana sekä diopsidi submikroskooppisine kiisusulkeumineen metallien saanteja huontavana.

### KAIVOSLOUHINNAT YLEENSÄ

Malmia louhittiin yhteensä 6,85 milj. tonnia. Kokonaisraakkulaimennus oli 15 %. Perä ajettiin yhteensä 33 km, kuiluja ja nousuja tehtiin yhteensä 5,5 km. Sähköenergian kulutus oli

10 milj. kWh/vuosi. Tuottavuus oli noin 25 tonnia/miestyövuoro.

Yleisesti ottaen kaivos on ollut teknisiltä ratkaisuiltaan ja mekanisointiasteeltaan tyypillinen suomalainen metallikaivos. Kone-esimerkkeinä mainittakoon 3 kpl Toro 500-lastauskoneita, 3 + 1 kpl porausjumboja sekä hydraulinen pitkäreikäporausyksikkö.

### AVOLOUHOS 1968 — 1971

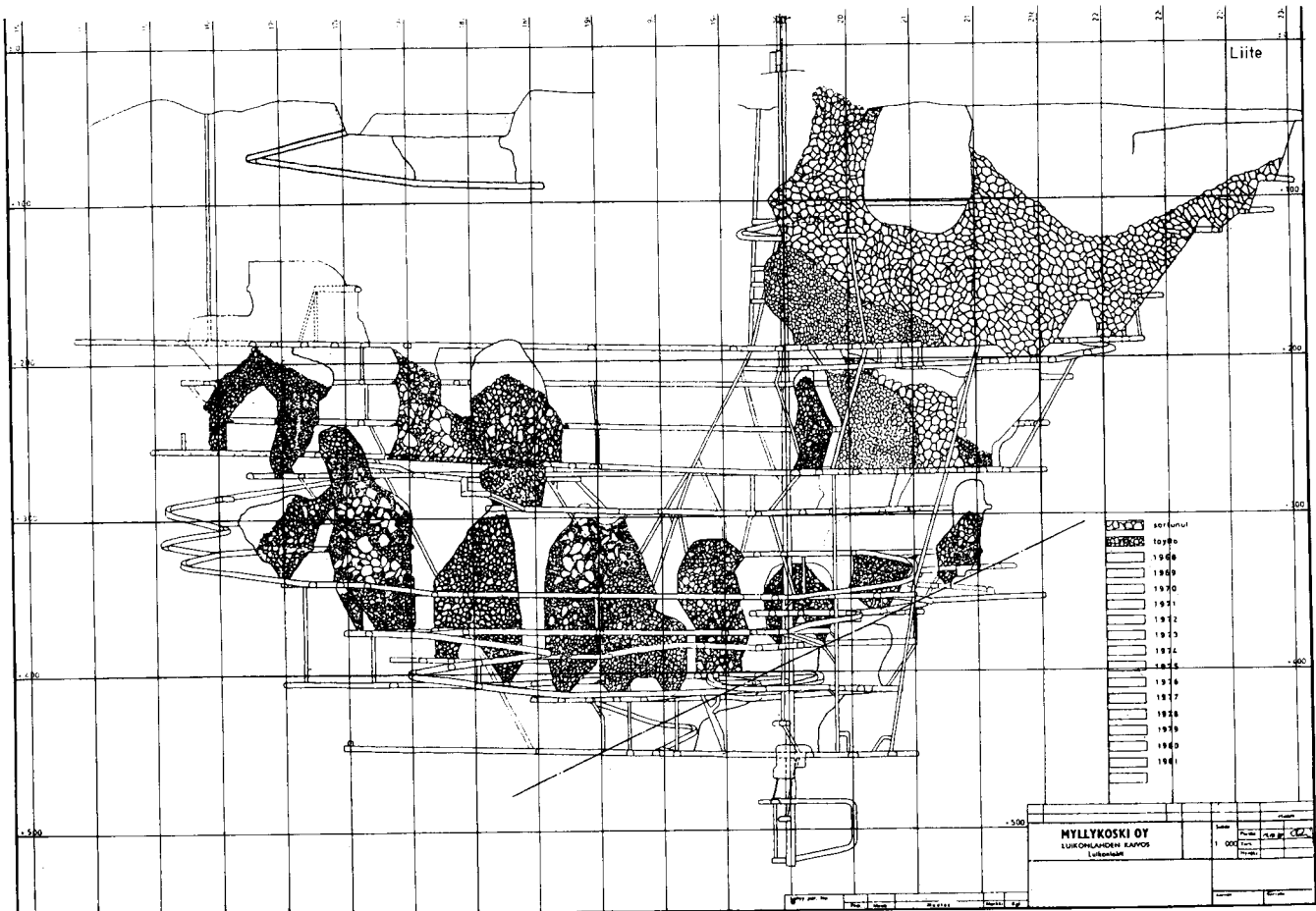
Avolouhoksesta louhittiin yhteensä 1,38 milj. tonnia malmia. Vertikaalisyyvyys oli 75 m. Seinämien yleiskaltevyys 80 g osoitautui käytännön optimiksi. Stabiileettia lisäsi ellipsimäinen muoto ja harjateräspultitus (Ø 25 mm x 20 m x 400 kpl). Vinttie oli 1:10 ja leveys 10 m. Louhinta, lastaus ja kuljetus oli urakoitu.

### PÄÄKAIVOS (KUVA 3)

Pääkaivoksesta louhittiin vuosien 1971-1982 aikana 4,95 milj. tonnia malmia. Louhinta suoritettiin välitasolouhinnalla. Murskaustaso oli +455.

Kahden kuilun pohjat olivat tasolla +522:

Kuparivuoren kuilu oli 2,7 x 4,6 m ja varustettu puujohteilla. Kuilu lävisti malmin +250...+440 välillä ja sitä voitiin hyödyntää myös lopuksi louhosten avauksissa. Kuilua käytettiin raakun nostoon, henkilö- ja huoltoliikenteeseen sekä varakulutienä.



**Kuva 3.** Sivukuva Asuntotalon malmin louhinnoista.  
**Fig. 3.** Vertical picture of underground operations of the main mine.



Pääkuilu oli 5,8 x 6,2 m ja varustettu vaijerijohteilla. Kuilu lävisti vaikeahkon siirroksen +190-tasolla. Kuilua käytettiin lähes kaiken malmin nostoon, raitisilmakuiluna (250 000 m<sup>3</sup>/h) ja merkittävästi myös henkilö- ja huoltoliikenteeseen (15 t malmikappa, jonka alla suuri hissikori).

Paineilma-aseman kapasiteetti oli lähes 200 m<sup>3</sup>/min (6 aty) ja se korvasi hydraulisen paineilmasäiliön. Vinoperäyhteydet olivat +275...+522, pääpumppaustasot +275 ja +510 sekä apupumppaus avolouhoksessa ja tasolla +195. Pumppaustarve oli noin 1 milj. m<sup>3</sup> vuodessa, kaksi pääasiallista vuotoaluetta: avolouhosympäristö ja +420...+450 rikkonainen graniittivyöhyke, jota laajuuden ja korkeapaineisuuden vuoksi ei nostuttu tukkimaan.

Kalliotekijöiltään pääkaivos on ollut suotuisa välitasolouhinnalle — lukuunottamatta koillisosan siirrosalueen (+300...+355) ja lounaisosan (+195...+275) talkkiutuneita alueita.

Kallion stabiliteetin kannalta keskeisimmiksi tekijöiksi jäivät kallion kantokyvyn vaihtelu kivilajeittain ja rakenteelliset tekijät.

Varhaisessa toimintavaiheessa tehtyjen jännitystilamittausten mukaan on voitu päätellä, ettei merkittäviä tektonisia jännityksiä esiinny. Horisontaalijännitystila on ollut kuitenkin vertikaalijännityksen luokkaa, eli esim. tasolla +355 noin 10 MPa. Selvää primäärijännitystilaa suuntautumista ei ole havaittu. Sekundäärijännitystila on luonnollisesti vaihdellut louhintojen mukaan.

Louhintajärjestys- ja muototekijöillä sekä vaijeripultituksilla ja louhintanopeudella on pitkälti vältetty haitallinen lohkaroituminen. Viimeistelylouhintoja varten tehdyt jännitystilamittaukset osoittivat kantavat pilarit tehtävänsä mukaisiksi. Pilareihin kohdistui voimakkaasti suuntautunut, primäärijännitystilaan nähden korkea jännitystila. Tilannetta lieene helpottanut malmia heikomman serpentiniittikontaktin silmin nähtävä myötääminen. Suurimpien pilareiden — korkeus noin 100 m, pituus 50...60 m ja paksuus 10...15 m — murtumista tapahtui loppunlouhintavaiheessa.

Maanalaisena louhintamenetelmänä on käytetty välitasolouhintaa monina variaatioina.

Louhoskoko on vaihdellut 10 000 tonnista jopa 1 milj. tonnin suurlouhokseen.

Paksuudeltaan alle 30 metrin osat on louhittu malmion kulkuaan nähden pitkittäisillä ja tätä paksummat poikittaisilla louhoksilla. Vain noin 25 % louhostiloista on aktiivisesti täytetty raakkulouheella. Louhintajärjestyksellä ja vaijeripultituksilla on hallittu luontaista täyttymistä niin, ettei pahoja kulkuyhteyksien tai malmin menetyksiä ole tapahtunut.

Vilkkaimpina toimintavuosina lujitus oli noin 10 000 pienpulttia ja 1,5 ha ruiskubetonointia. Vaijeripultitusta käytettiin vuodesta 1975 lähtien 2-3 km vuodessa lähinnä raakkulaimenuksen rajoittamiseen ja sortumien ehkäisyyn tai katkaisemiseen. Louhintaporausten yhteydessä tehty vaijeripultitus todettiin erittäin tärkeäksi välineeksi, jolla on laajakantoinen taloudellinen vaikutus. Ennen vaijeripultitusta käytettiin pitkiä harjateräksiä.

## KUNTTISUO JA PAJAMALMI

Kunttisuo louhittiin kahtena päälouhoksena vuosina 1980-83, yhteensä 0,38 milj. tonnia (kuva 4). Vinoperä oli 1,5 km, 1:9. Risteykset ja kaartet olivat 1:14. Malmi nostettiin standardikuorma-autoilla urakoiden.

Tuuletus oli 125 000 m<sup>3</sup>/h ja vedenpumppaus 250 l/min. Tilat jäivät pysyvyydeltään hyvään kuntoon.

Pajamalmi oli 0,14 milj. tonnin "mikrokaivos", vinoperäinen yhdistetty avo-välitasolouhos.

## KIISURIKASTUS 1968 — 1983

Rikastamon suunnittelu- ja toteutusvaiheessa 60-luvun lopulla voitiin yhdistellä silloisen tekniikan parhaita puolita. Tilaratkaisultaan rikastamo on selväpiirteinen ja väljä käyttö- ja huoltotoimintoja ajatellen. Kuparirikastetuotanto käynnistettiin 1968 ja rikkirikastetoimitukset Siilinjärvelle aloitettiin 1969, kun Rikkihappo Oy:n tehtaot valmistuivat.

Lisäksi kobolttirikastetuotanto käynnistettiin 1969. Korkealaatuisen sinkkirikasteen (53 % Zn) tuottaminen edellytti perusteellista kehitystyötä, jonka tuloksena vuodesta 1974 lähtien on voitu toimittaa Outokumpu Oy:lle tätäkin tuotetta. Sinkkivaahdotuksen ansiosta magneettikiisu-rikkirikaste, ja edelleen pasute saatiin kyllin puhtaiksi Rautaruukki Oy:n käyttöön terästeollisuuden raaka-aineiksi.

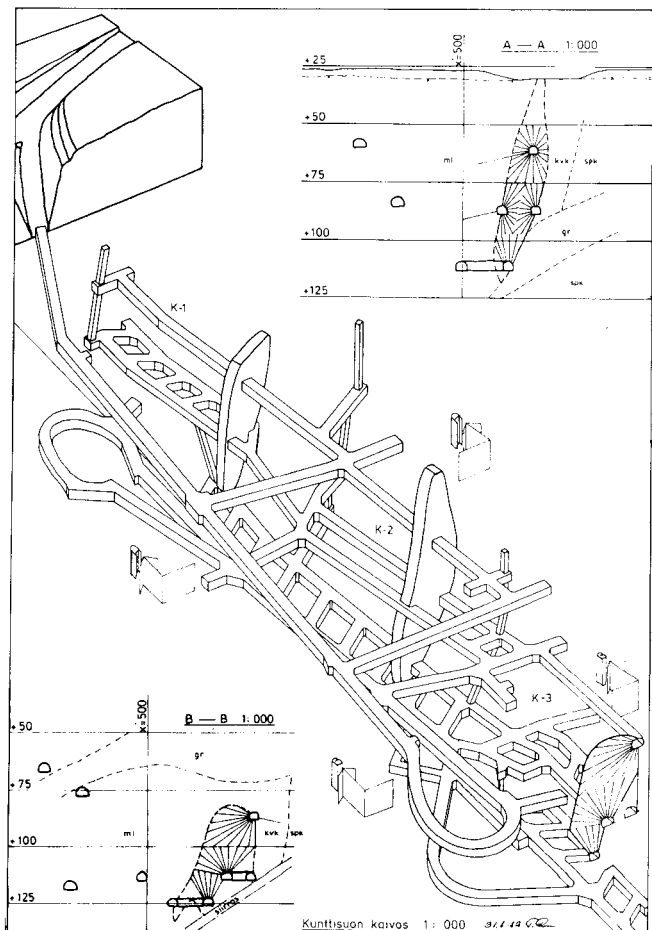
Malmioiden yläosista on saatu noin 3-prosenttinen kobolttipentlandiitti-rikaste. Muutoin kobolttirikaste on ollut yhden prosentin luokkaa ja saanti alhainen 0,1-prosenttisesta malmista lähtien. Kaivoksen +275-tason alapuolelta tavattua kobolttipitoista rikkikiisua voitiin myös ottaa talteen.

Prosessiin joutuneita pahimpia harmemineraaleja — grafiitti ja talkki — hallittiin lähinnä erikoiskemikaaleilla. Öljyn hinnan noustua suodatusta tehostettiin ja näin voitiin varsin pitkälti välttää rumpukuivauslaitteita.

Rikastuksen sähköenergian kulutus — yhteensä noin 30 kWh/t — on jakautunut suomalaisten kiisumalmirikastamoiden tavoin. Jauhatushienous oli lähes 60 % — 200 mesh.

Rikastamon kokonaishenkilöstömäärä on ollut kiisurikastuksen aikana alle 30, sisältäen myös laboratoriohenkilöstön.

Laboratoriossa on tehty vuosittain noin 40 000 määritystä Luikonlahden eri toimintojen tarpeisiin. Prosessianalysoinnin



Kuva 4. Kunttisuo kaivoksen aksometrinen kuva.  
Fig. 4. Mining principle of Kunttisuo ore body.

automatisointia selvitetiin 70-luvun alkupuolella, mutta 0,5 milj. tonnin kapasiteetin ja tunnettujen malmivarojen puitteissa oli syytä jatkaa "käsiäjää".

Kiisurikastuksen lisäksi vuoden 1979 syksystä lähtien rikastamo on tuottanut Polvijärveltä louhitusta vuolukivestä talkki- ja nikkelirikasteita.

Välivarastoinnin avulla erillinen talkkitehdas on voinut tuottaa ympäri vuoden mm. syväpainopaperin täyteainetalkkia ja muita erikoistalkkituotteita. Murskaus- ja rikastuslinjoilla on kiisutuotannon jälkeen voitu erikoistua vuonna 1982 laajennetun talkkiteollisuuden tarpeisiin. Kiisumalmituotannon murskaus- ja rikastuskaavio vuodelta 1982 on liitetty oheen koneluettelointeen (kuva 5).

### TALKKITEOLLISUUS JA MUU JATKOTOIMINTA

Kiisutuotannon viimeisellä kolmanneksella aloitettu talkin tuotanto edesauttoi loppuvan kaivoksen kysymyksissä. Tuotantotoiminnan kannalta rikastamoaika jaettiin jaksottain kahden malmityypin kesken. Nopearytmisestä toiminnasta huolimatta laajahkon pääkaivoksen kiinteät kustannukset painottuivat.

Kokonaisuutena näin voitiin kuitenkin joustavasti siirtyä Myllykoski Oy:n Luikonlahden nykyisiin toimintoihin:

- Vuonna 1982 laajennettu talkkiteollisuus tuottaa yhteensä noin 100 000 tonnia vuodessa monia erikoistalkkituotteita lähinnä kotimaan, Keski-Euroopan ja Neuvostoliiton markkinoille.
- Malminetsintä.
- Geologinen tutkimus- ja erikoislouhintapalvelu, jonka pääalat ovat viimeisen vuoden ajan olleet syväkaivaus, nousunajo- ja pitkäreikäporauspalvelut.

### SUMMARY

### THE 100 YEARS' HISTORY OF THE LUIKONLAHTI COPPER MINE OF MYLLYKOSKI Ltd

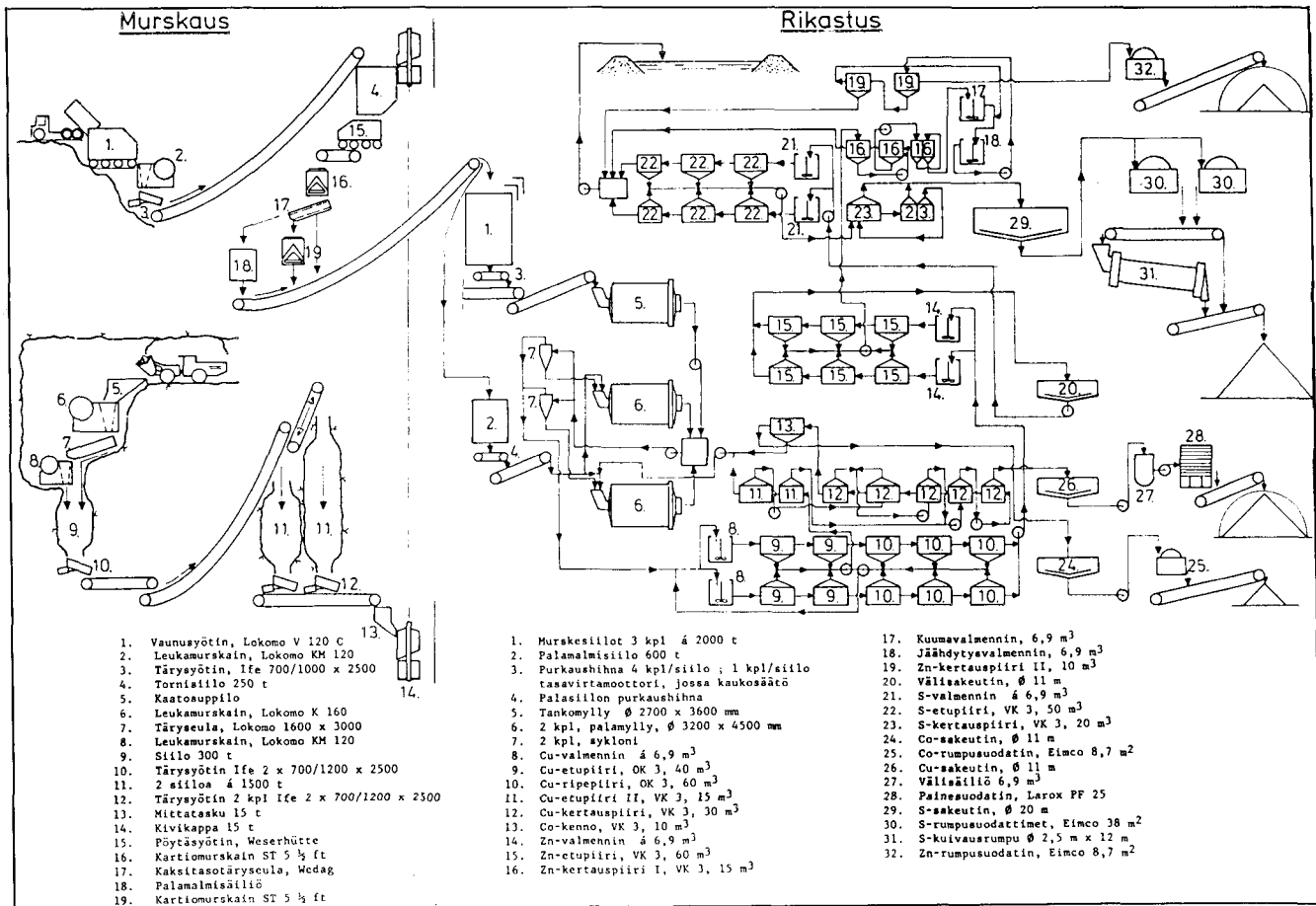
The Luikonlahti copper mine of Myllykoski Oy started production in 1968 and was mined out in August 1983. During 15 years total 6.85 million metric tonnes were mined.

The history of prospecting in the Luikonlahti area dates back to the beginning of the century. Extensive diamond drilling and mining exploration had to be done before the 3 separate orebodies were ready for production from two open pits and three underground mines having 2 shafts down to a depth of 525m.

Open pit mining started in early 1968 and the flotation plant started producing copper concentrate. As Kemira's sulphuric acid plant came on stream in the following summer pyrrhotite concentrates could be delivered. Also production of cobalt-nickel concentrate commenced in 1969. Zinc concentrates were produced from 1974 on, which also made the pyrrhotite cinders marketable to the iron industry (Rautaruukki Oy). All the nonferrous metal concentrates from Luikonlahti were sold in Finland to Outokumpu Oy's smelters at Harjavalta and Kokkola.

The Luikonlahti mine employed about 220 persons. Today Myllykoski Oy, Luikonlahti employs about 100 people in talc production, prospecting activities and in a contracting unit providing exploration and diamond drilling service as well as raise drifting and long hole drilling mainly to Finnish customers.

Talc is being mined at Sola, Polvijärvi and concentrated and refined at Luikonlahti to provide 100000 tonnes of talc products for several branches of industry



**Kuva 5.** Luikonlahden kiisumalmin prosessikaavio, 1982.  
**Fig. 5.** Process flowsheet of Luikonlahti sulphide ore, 1982.

# Syötteen raekoon vaikutus vaahdotustuloksiin

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

## JOHDANTO

Syötteen raekoon vaikutusta vaahdotustuloksiin on tutkittu niin kauan kuin itse vaahdotustakin. Yleensä nämä tutkimukset on tehty yksittäisiä rakeita käyttäen tätä varten kehitetyillä erikoislaitteilla. Tässä työssä käytettiin tavallista laboratoriovaahdotuskonetta ja 500 g:n syötämääriä, jotta olosuhteet olisivat lähempänä todellisia oloja kuin tavallisesti on ollut laita vastaavissa tutkimuksissa.

Gaudin pitää /1/ raekokoa yhdessä pintojen kemiallisen koostumuksen kanssa tärkeämpänä vaahdotuksen kannalta kuin rakeiden muotoja ja niiden ominaispainoa. Trahar puolestaan on todennut /2/ keskikarkeiden rakeiden vaahdotuvan helpommin kuin karkeiden tai hienojen. Raekoon tullessa hienommaksi on saannin todettu laskevan tasaisesti ilman erikoista kriittistä raekokoa /3/.

Tässä tutkimuksessa on käytetty hienojen, keskikarkeiden ja karkeiden rakeiden rajoina seuraavia jossakin määrin suurpiirteisiä raekokoalueita:

— hienot rakeet, yläraja	5...10	µm,
— keskikarkeat	10...70—100	µm,
— karkeat yli	100	µm.

Työn tarkoituksena oli tutkia eri tekijöiden vaikutusta yhdessä raekoon kanssa vaahdotustuloksiin.

Koemateriaalina käytettiin Rautuvaaran rikastetun magneitiitin ja Nilsin kvartsiin seosta suhteen ollessa 1:1. Toisessa koejakossa oli syötteenä Virtasalmen kuparimalmi, mutta tämän osan tuloksia ei ole sisällytetty tämän selostuksen piiriin.

Ensimmäinen koejakso haluttiin tehdä ”synteettisellä” syötteellä, jotta malmin luonnolliset vaihtelut eivät vaikuttaisi tuloksiin. Analysoinnin helppous oli lähin syy magneitiitin valintaan koemateriaaliksi ja kvartsin katsottiin sopivan hyvin jätemateriaaliksi.

## VAAHDOTUSKOKEET

Rikastettu magneitiitti oli suhteellisen hienoa eli alle 200 µm. Kvartsi oli hieman karkeampaa. Raekoko saatiin hienommaksi jauhamalla syöteseosta laboratoriossa kuulamylyssä eripituisia aikoja.

Magneitiitin kokoojana käytettiin Ensol- mäntyrasvahapon ja polttoöljyn seosta suhteessa 1:2. Vaahdotetta ei tarvittu. Lietteiden pH säädettiin Ca(OH)<sub>2</sub>:lla, NaOH:lla tai H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:llä.

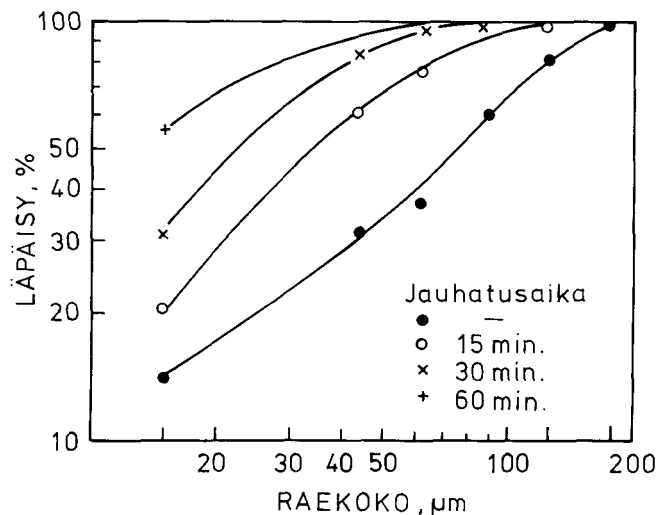
Vaahdotuskoneena käytettiin Denverin 1,5 l:n laboratorio-konetta. Lietetiheys oli varsinaisen vaahdotuksen aikana 30 %. Liette valmistettiin potkurisekoittimella, paitsi sekoituksen voimakkuuden vaikutusta tutkittaessa, jolloin lietettä valmistettiin myös vaahdotuskoneessa. Kun magneitiitti oli magneettisesti flokkuloitunutta, se oli demagnetisoitava ennen vaahdotuskokeita. Magneitiitti analysoitiin Salmagan-laitteella.

Tutkimuksissa pidettiin raekoon ohella muuttujina valmistusaikaa, valmistuksen lietetiheyttä, kokoojamäärää, lietteen pH:ta ja sekoituksen voimakkuutta valmistuksessa.

## Valmennusajan ja lietetiheyden vaikutus

Näissä kokeissa käytettiin syötteenä jauhamattomaa seosta. Sen samoin kuin jauhattujenkin syötteen raekoon jakautumat on esitetty kuvassa 1. Jauhamattoman seoksen kuvaajan lievä epäohjohdonmukaisuus osoittaa, että seoksen komponentit on jauhettu eri tavoilla ja sekoitus on ollut epähomogeeninen.

Valmennusajat olivat 5, 30, 60 ja 120 minuuttia, lietetiheys oli toisessa koesarjassa 32 % ja toisessa 65 %. Kokoojamäärä oli 1000 g/t sekä lietteen pH 6. Käytännön oloihin nähden ylipitkien, tunnin ja kahden tunnin valmistusaikojen tarkoituksena oli saada ”totuus esille”.



Kuva 1. Syötteen raekoon jakautuma, läpäisy-%, eri jauhatusaikoilla.

Fig 1. Particle size distribution of the feed, cumulative finer, percent, with different grinding times.

Kuvassa 2 esitetyistä vaahdotustuloksista ilmenee, että 32 %:n lietetiheydessä valmennettaessa saanti on pysynyt korkeana valmennusajasta riippumatta. Sen sijaan 65 %:n lietetiheydessä saanti on ollut viiden minuutin valmennusaikaa lukuunottamatta edellistä alhaisempi. 60 minuutin valmennusajan jälkeen saanti on pudonnut huomattavasti. Kummassakin tapauksessa rikasteen pitoisuus on parantunut valmennusajan jatkuessa.

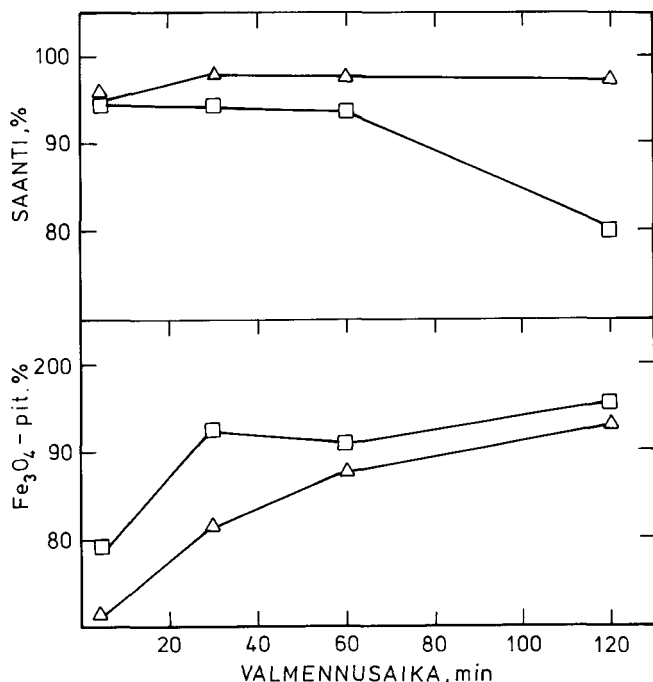
Korkeassa lietetiheydessä tapahtuneen valmennuksen jälkeen saadut rikasteet ja jätteet seulottiin, ja magnetiitin saanti sekä rikastussuhde laskettiin raeluokittain. (Rikastussuhteena on tässä yhteydessä pidetty rikasteen pitoisuuden ja syötteen pitoisuuden suhdetta.) Tutkitut raeluokat olivat -44, 44...87, 87...125 ja 125...177  $\mu\text{m}$ . Vaahdotuksen selektiivisyys on esitetty rikastussuhteena, sillä syötteen eri raefraktioiden magnetiittipitoisuus vaihteli.

Raeluokittain saadut rikastussuhteet ja saannit on esitetty kuvassa 3.

Pitkä valmennus pudottaa eniten karkeita rakeita, mutta vaikuttaa vähiten hienojen rakeiden saantiin. Karkeat rakeet ovat vaahdotuneet selektiivisemmin kuin hienot, mutta saannin kustannuksella. Valmennusajan pituus ei ole sanottavasti vaikuttanut karkeiden rakeiden selektiivisyyteen.

### Kokoojamäärän vaikutus

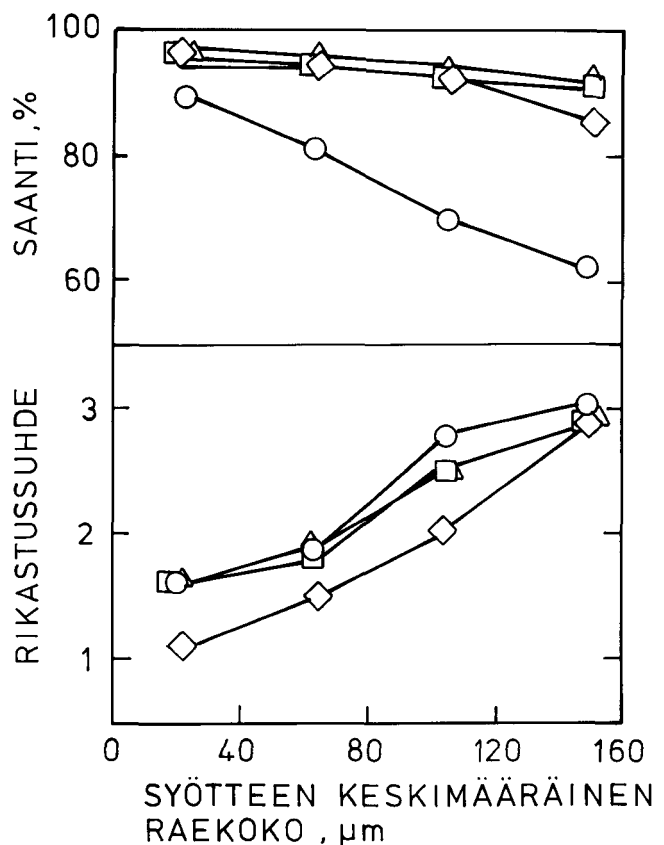
Kokoojamäärän vaikutusta tutkittiin neljään eri hienouteen jauhetuilla syötteillä, joiden raekoon jakautumat ovat nähtävissä kuvassa 1. Jauhhamattoman syötteen lisäksi tutkittiin 15,



**Kuva 2.** Valmennusajan vaikutus magneetti-kvartsiseoksen vaahdotuksessa valmennuksen lietetiheyksillä 32 % ja 65 %; kokooja 1000 g/t; pH 6.

**Fig. 2.** The influence of conditioning time on the flotation of magnetite-quartz mixture; pulp density in conditioning 32 % and 65 %; collector amount 1000 g/t; pH 6.

- △ lietetiheys, pulp density 32 %
- lietetiheys, pulp density 65 %



**Kuva 3.** Syötteen raekoon vaikutus magnetiitin vaahdotuksessa eri valmennusajoilla; valmennuksen lietetiheys 65 %; kokooja 1000 g/t; valmennuksen pH 6.

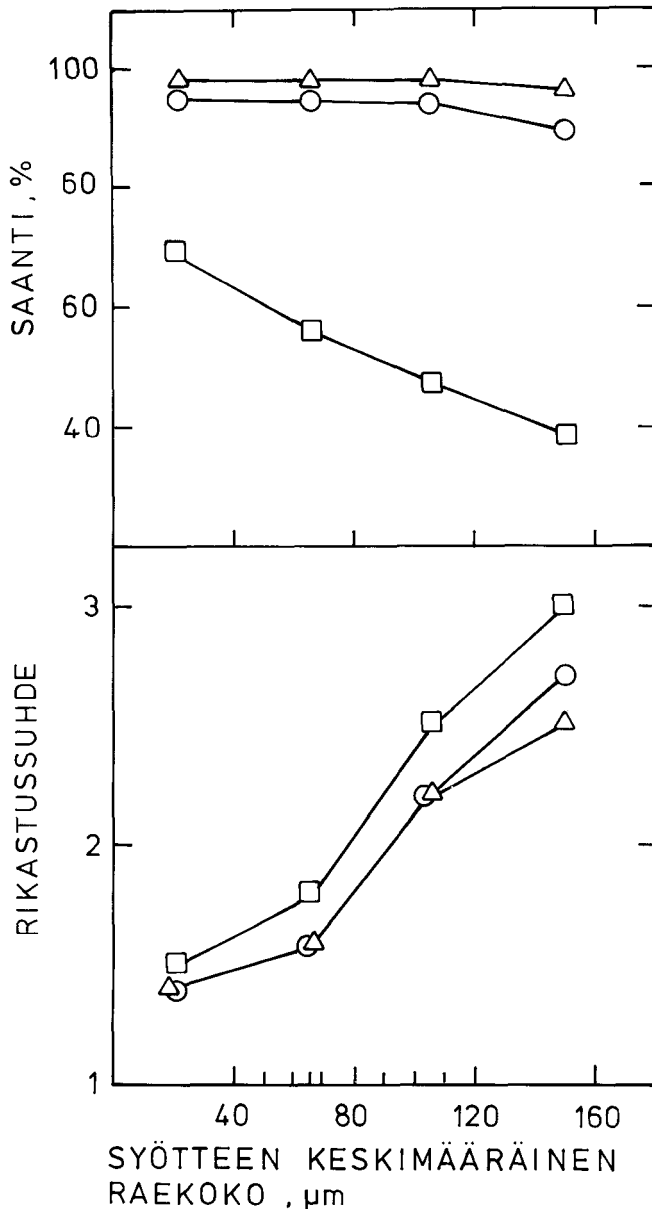
**Fig. 3.** The influence of the feed particle size on the flotation of magnetite with different conditioning times; pulp density in conditioning 65 %; collector 1000 g/t; pH 6.

- ◇ valmennus, conditioning 5 min
- △ " " " 30 "
- " " " 60 "
- " " " 120 "

30 ja 60 minuuttia jauhettujen näytteiden vaahdotusta pH:ssa 6, valmennuksen lietetiheyden ollessa 32 %. Käytetyt kokoojamäärät olivat 250, 500, 750 ja 1000 g/t. Valmennusaika oli 30 min, joka oli edellisissä kokeissa todettu riittäväksi.

Jauhamatonta syötettä vaahdotettaessa osoittautui, ettei magnetiitti vaahdotunut kokoojamäärällä 250 g/t, ja kaksinkertaisellakin määrällä saanti jäi alle 60 %:n. Kun käytettiin 750...1000 g/t kokoojaa, saannit olivat 93,6 ja 97,8 %, vastavien Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-pitoisuuksien ollessa 83,9 ja 81,3 %.

Kolmella suurimmalla kokoojamäärällä tehtyjen kokeiden rikasteet ja jätteet seulottiin edellä mainittuihin raeluokkiin ja laskettiin magnetiitin saannit sekä rikastussuhteet raeluokittain. Pienin kokoojamäärä on ollut selvästi riittämätön kaikille raeluokille, mutta vaikutus on ollut voimakkainta karkeisiin rakeisiin. Kun kokoojaa on käytetty riittävästi, ei eri raeluokien välillä ole eroja, kuten kuva 4 osoittaa. Käytettäessä kokoojaa 500 g/t oli saanti hienoimmassa raeluokassa eli -44  $\mu\text{m}$  69,5 % ja laski tasaisesti ollen 125...177  $\mu\text{m}$ :n raeluokassa vain 38,3 %. Pienin käytetty kokoojamäärä antoi parhaat rikastussuhteet kaikissa raeluokissa, mutta raekoon karkeneminen vaikutti selektiivisyyteen huomattavasti voimakkaammin kuin kokoojamäärän muutos.



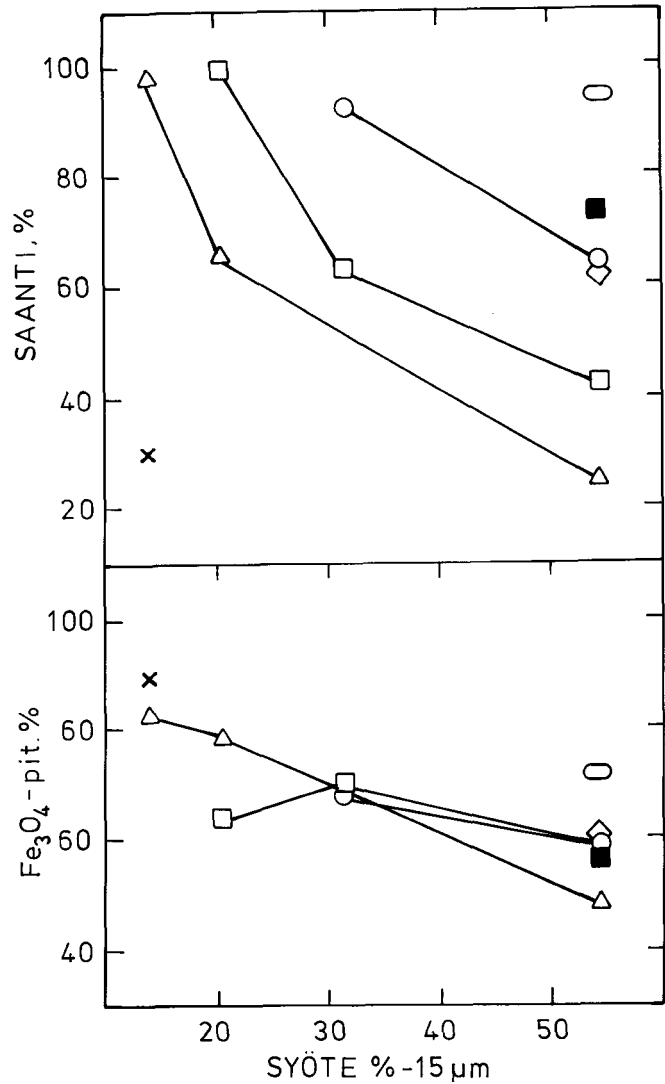
**Kuva 4.** Syötteen raeeseen vaikutus magnetiitti-kvartseoksen vaahdotuksessa eri kokoojamäärillä; valmennuksen pH 6; lietiheys 32 %; valmennusaika 30 min.

**Fig. 4.** The influence of the feed particle size on the magnetite-quartz flotation using different collector amounts; pulp density in conditioning 32 %; pH 6; conditioning time 30 min.

□	kokooja,	collector	500 g/t
○	—	—	750 "
△	—	—	1000 "

Vaahdotettaessa eri hienouksiin jauhettuja syötteitä käytettiin laajaa kokoojamäärän hajontaa eli määriä 500, 1000, 2000, 3000, 4000 ja 5000 g/t. Valmennuksen lietiheys oli 32 % ja valmennusaika 30 minuuttia, pH oli valmennuksessa 6,1...7,3.

Tuloksia esitettäessä on syötteen hienoutta kuvattu sen sisältämän -15 µm:n jakeen määrällä prosentteissa syötteestä. Tulokset ovat kuvassa 5. Kokoojamäärä 500 g/t osoittautui liian pieneksi, mutta 1000 g/t antoi jauhamattomalle syötteelle lähes täydellisen saannin ja 82,4 %:n pitoisuuden. Hienoin



**Kuva 5.** Syötteen hienouden vaikutus magnetiitin vaahdotuksessa eri kokoojamäärillä; valmennuksen pH 6,1-7,3; lietiheys 32 %; valmennusaika 30 min.

**Fig. 5.** The influence of the feed fineness on the magnetite flotation using different collector amounts; pulp density in conditioning 32 %; pH 6,1-7,3; conditioning time 30 min.

×	kokooja,	collector	500 g/t
△	—	—	1000 "
□	—	—	2000 "
○	—	—	3000 "
◇	—	—	4000 "
—	—	—	5000 "
■	kokooja 2000 g/t jauhatukseen,	collector 2000 g/t in grinding	

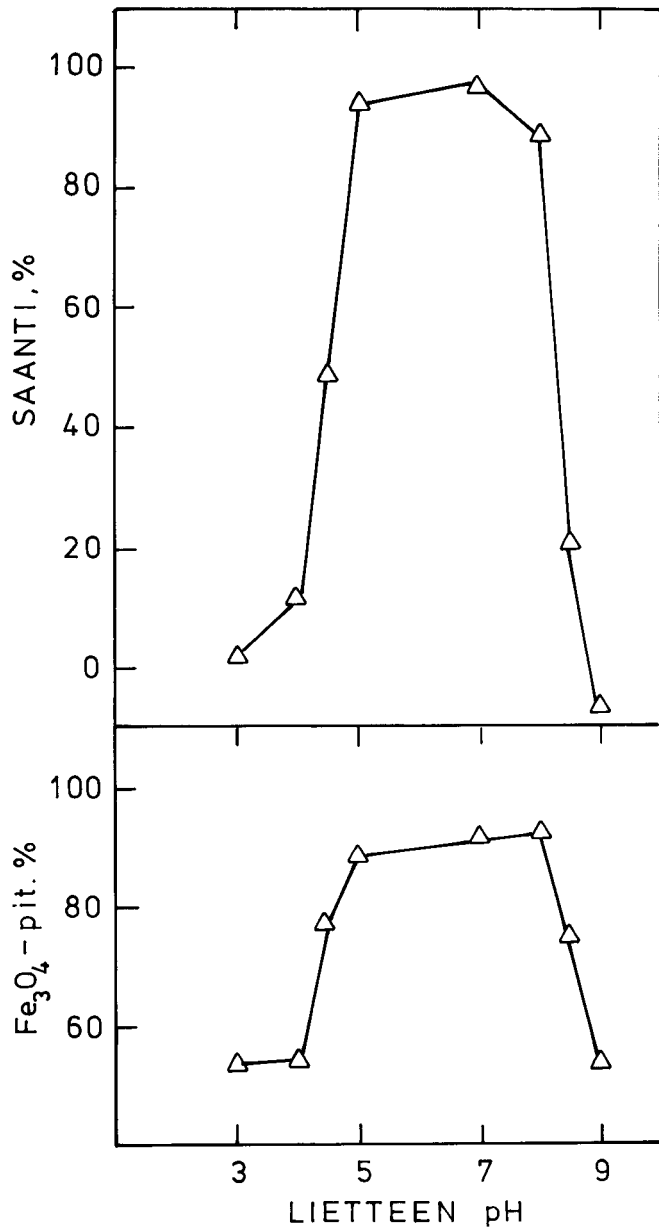
syöte ei rikastunut tälläkään kokoojamäärällä. Vasta ylisuuralla kokoojan annostuksella, 5000 g/t saatiin hyvä saanti, mutta rikaste jäi heikoksi. Kun hienoimmalla jauhatuksella kokoojaa lisättiin jo myllyyn 2000 g/t, saatiin saanti nousemaan 72,7 %:in eli n. 30 % yksikköä korkeammaksi kuin samalla kokoojamäärällä vasta valmennukseen lisättynä. Rikasteen pitoisuus oli heikko, n. 58 %, lisättiinpä kokooja myllyyn tai valmentimeen. Yhteenvetona on todettava, että syötteen hienotessa sekä saanti että rikasteen pitoisuus heikkenivät.

### Valmennuksen pH:n vaikutus

pH:n vaikutuksesta vaahdotustuloksiin voidaan kuvan 6 mukaisesti todeta lyhyesti, että optimalue on 5...8. Tämän alueen ala- ja yläpuolella sekä saanti että pitoisuus laskivat jyrkästi. Analysoitaessa raeluokittain pH:n arvoilla 4,5; 8 ja 8,5 saatuja tuloksia todettiin, että jokaisessa kokeessa saanti laski raekoon kasvaessa (kuva 7). Siirryttäessä optimalueen ulkopuolelle saanti putosi voimakkaasti ja eniten karkeiden rakeiden osalta. Pitoisuuden voidaan todeta nousevan raekoon mukana, kun toimitaan optimi pH-alueella. Sen alapuolella pitoisuus kasvaa loivasti raekoon kasvaessa, mutta yläpuolella selektiivisyys on olematon koko raekokoalueella.

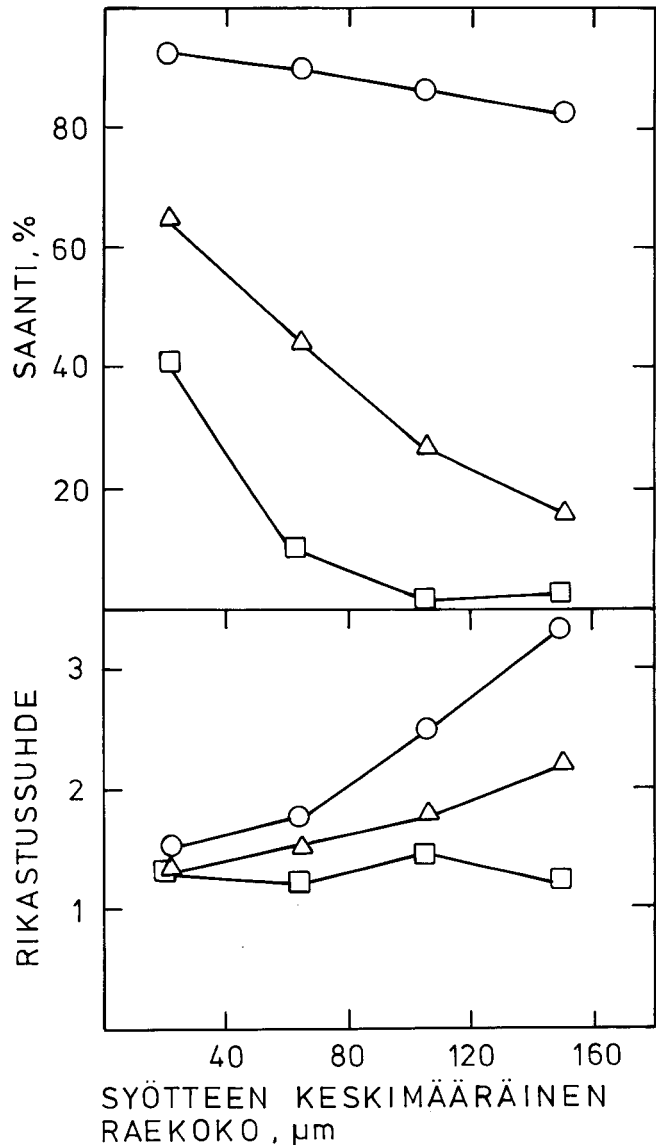
### Valmennuksen sekoituksen vaikutus

Valmennuksen sekoituksen voimakkuuden vaikutuksen tutki-



**Kuva 6.** Valmennuksen pH:n vaikutus magnetiitin vaahdotuksessa; kokooja 1000 g/t; valmennuksen lietetiheys 65 %; valmennusaika 30 min.

**Fig. 6.** The influence of pH in conditioning on the magnetite flotation; collector 1000 g/t; pulp density in conditioning 65 %; conditioning time 30 min.



**Kuva 7.** Syötteen raekoon vaikutus magnetiitin vaahdotuksessa valmennuksen eri pH-arvoilla; kokooja 1000 g/t; valmennuksen lietetiheys 65 %; valmennusaika 30 min.

**Fig 7.** The influence of the feed particle size on the magnetite flotation with different pH-values in conditioning; collector 1000 g/t; conditioning pulp density 65 %; conditioning time 30 min.

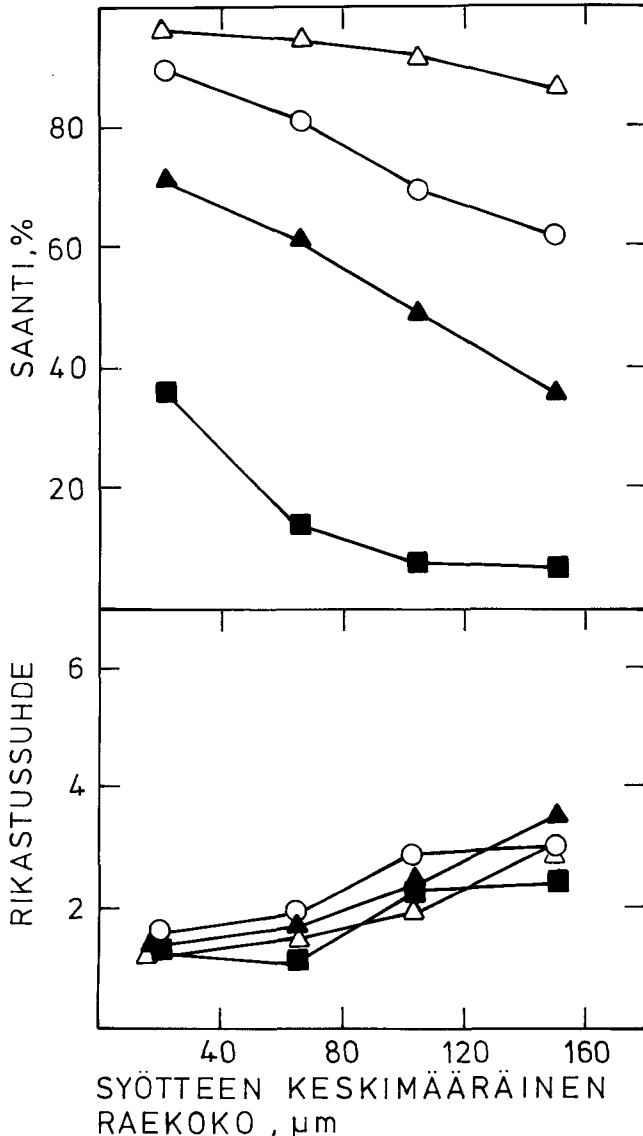
- △ pH 4,5
- pH 8
- pH 8,5

mista varten lietettä valmennettiin vaahdotuskoneessa, jolloin sekoitus oli tehokkaampaa kuin muuten käytetyssä potkurisekoittimessa. Valmennusajat olivat 5, 10 ja 30 minuuttia. Valmennuksen lietetiheys oli 65 % ja pH 6. Kokoojaa käytettiin 1000 g/t. Kokeissa käytettiin ns. jauhamatonta syötettä.

Tulokset osoittivat, että jo viiden minuutin tehovalmennuksen jälkeen saanti oli vain 63 % ja 30 minuutin jälkeen 2,8 %. Potkurisekoitinta käytettäessä kummallakin valmennusajalla saatiin yli 94 %:n saanti. Tehovalmennuksessa myös rikasteen pitoisuus laski käytettyjen valmennusaikojen mukaisesti: 93,1; 77,6 ja 51,0 % Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Sen sijaan vertailukokeissa vaikutus oli päinvastainen pitoisuuksien ollessa välillä 78,1... 92,4 % Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Kuvassa 8 on esitetty tulosten raeluokittainen tarkastelu, joka osoittaa, että

- potkurisekoitinta käytettäessä saanti on kaikissa raeluokissa ollut n. 20 % parempi vielä 2 tunnin valmistuksen jälkeen kuin tehokkaalla valmistuksella 5 minuutin kuluttua,
- kaikissa tapauksissa saannin kuvaaja laskee raekoon kasvaessa,



**Kuva 8.** Syötteen raekoon ja valmistuksen sekoituksen voimakkuuden vaikutus magnetiitin vaahdotuksessa eri valmistusajoilla; kokooja 1000 g/t; valmistuksen lietiheys 65 %; pH 6.

**Fig. 8.** The influence of the feed particle size and of the strength of the mixing in conditioning on the magnetite flotation using different conditioning times; collector 1000 g/t; pulp density in conditioning 65 %; pH 6.

- |                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| △ valmistus potkurisekoitinnassa | 5 min   |
| light conditioning               | 5 "     |
| ○ kuten edellä                   | 120 min |
| light conditioning               | 120 "   |
| ▲ tehovalmennus                  | 5 "     |
| strong conditioning              | 5 "     |
| ■ tehovalmennus                  | 10 "    |
| strong conditioning              | 10 "    |

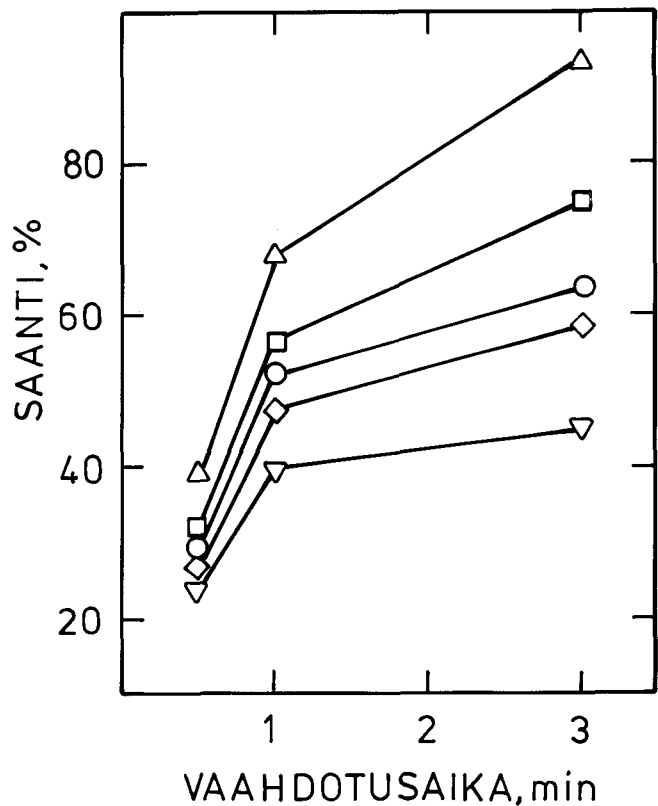
- rikasteen selektiivisyys paranee raekoon kasvaessa, mutta epä johdonmukaisesti,
- lyhyt ja tehokas valmistus on antanut parhaan rikasteen, mutta alle 40 %:n saannilla.

### Magneitiitin vaahdotumisnopeus syötteen raekoon muuttuessa

Syötteen eri raeluokkien vaahdotumisnopeuden selvittämiseksi rikaste erotettiin kolmessa peräkkäisessä jaksossa ja saatujen osarikasteiden raekokojakautumat määritettiin. Sekä ensimmäisen että toisen jakson vaahdotusaika oli 30 sekuntia ja kolmannen kaksi minuuttia. Magnetiitin saanti oli 70 %.

Vaahdotuskoe tehtiin puhtaalla magnetiitilla, joka oli seulottu raekokoon -180µm. Kokoojan määrä oli 1500 g/t. Syötettä valmistettiin 32 %:n lietiheydessä 30 minuuttia. pH pidettiin välillä 6,0...6,4.

Kuvassa 9 esitetyistä tuloksista nähdään, että rakeet vaahdotuvat hienouden mukaisessa järjestyksessä, hienoimmat ensiksi. Kun esimerkiksi minuutin vaahdotusajan jälkeen on rikasteeseen saatu 40 % karkeimmasta fraktiosta, on hienoimman saanti ollut jo 68 %. Kolmen minuutin vaahdotusajan kuluttua vastaavat saantiluvut ovat 45 ja 93 %.



**Kuva 9.** Syötteen raekoon vaikutus magnetiitin vaahdotumisnopeuteen; kokooja 1500 g/t; valmistusaika 30 minuuttia; valmistuksen lietiheys 32 %; lietteen pH valmistuksessa 6,0-6,4.

**Fig. 9.** The influence of the feed particle size on the speed of magnetite flotation; collector 1500 g/t; conditioning time 30 min; pulp density in conditioning 32 %; pH 6,0-6,4 in conditioning.

- |               |
|---------------|
| △ -15 µm      |
| □ -15-44 µm   |
| ○ -44-87 µm   |
| ◇ -87-125 µm  |
| ▽ -125-177 µm |

## Tulosten tarkastelu

Tutkittaessa valmennusajan ja lietetiheyden yhteisvaikutusta todettiin saannin olevan sakeassa lietteessä huonomman kuin laimeassa lietteessä. Tämä ilmiö esiintyi erikoisen selvänä karkeiden rakeiden kohdalla, kun valmennusaika oli pitkä. Mineraalirakeiden välinen hierto on sakeassa lietteessä voimakkaampaa kuin laimeassa, kuten on todettu /4,5/. Riittävän pitkän ajan kuluessa kokoojapeitteet irtoavat mineraalipinnoilta. Tämä prosessi tehostuu karkeiden rakeiden kohdalla niiden hienoihin rakeisiin verrattuna pienemmän ominaispinta-alan vuoksi. Voimakkaan hierron vaikutus tuli selvästi esille ns. tehovalmennusta tutkittaessa, (kuva 8).

Norjalaisten tutkimuksissa on todettu /6/ voimakkaan hierron tehostavan mäntyrasvahapon emulgoitumista. Tämä ilmiö voi ainakin osittain olla auttamassa sekä sakeassa lietteessä että tehovalmennuksen jälkeen saatua karkeiden rakeiden hyvää selektiivisyyttä. Tällöin voi olettaa olevan kyseessä hyvin emulgoituneen kokoojan ja puhtaaksi hierrettyjen mineraalipintojen yhteisvaikutuksen.

Kokoojamäärän vaikutusta tutkittaessa todettiin (kuva 5) että, jos lietetiheys on sopiva, kokoojaa on riittävästi, mutta ei liikaa, saadaan pH:n optimialueella karkeakin magnetiitti vaahdottumaan tehokkaasti. Sen sijaan raekoon hienotessa tulokset huononevat vääjäämättömästi, eivätkä suuretkaan kokoojaväkevyydet anna ratkaisevaa apua. Tämä pätee sekä saannin että pitoisuuden osalta. Suuresta hienojen raeluokkien määrästä on aivan hienoin fraktio liejumaista sivukiviainesta, joka peittää helposti karkeiden rakeiden pinnat ja siten estää niiden vaahdottumisen. Lisäksi pinta-aktiivinen lieju tulee helposti mekaanisesti rikasteeseen ja huonontaa sitä.

On sanottu, että karkeat rakeet vaativat vaahdottuakseen korkean hydrofobisuusasteen /4,5/, mikä tarkoittaa sitä, että niiden pinnoilla pitää olla suhteellisesti laajempi kokoojapeite kuin pienillä rakeilla. Tämä ilmenee lähes kaikissa tämän työn piirissä tehdyissä kokeissa siinä muodossa, että vaahdotusoloissa olleet häiriöt tai puutteet ovat ensiksi ja voimakkaimmin vaikuttaneet juuri karkeimpiin raeluokkiin. Karkeana tapahtuvaksi ajateltua vaahdotusprosessia suunniteltaessa tämä asia on hyvä pitää mielessä.

Puhtaalla magnetiitilla tehdyissä kokeissa todettiin (kuva 9) hienojen raeluokkien erottuvan tehokkaimmin. Tähän on saattanut olla syynä se, että ne ovat suuren ominaispinta-alansa ja siten suuren pinta-energiansa ansiosta kaapanneet nopeasti suurimman osan kokoojasta, jolloin karkeat rakeet ovat jääneet liian vähälle. Tähän on viitannut myös Trahar /2/. Hienojen raeluokkien, so. alle 15 tai mieluummin alle 10 µm:n kokoisten rakeiden vaahdotusominaisuuksien tutkimiseen olisi syytä kiinnittää huomiota.

Vaikka edellä selostettu tutkimus on tehty harvoin vaahdotettavalla magnetiitilla, voidaan tekijäin käsityksen mukaan saatuja tuloksia soveltaa yleisestikin.

— Tämä tutkimus on osa Outokumpu Oy:n Säätiön myöntämän apurahan turvin tehdystä työstä. Tekijät haluavat tässä yhteydessä esittää lämpimät kiitoksensa saamastaan tuesta. —

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Gaudin, A.M.*, Flotation, Second Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London, 1957. s. 393.
2. *Trahar, W. J.*, International Journal of Mineral Processing, 8, 1981, s. 289-327.
3. *Trahar, W. J., Warren, L.J.*, International Journal of Mineral Processing, 3, 1976, s. 103-131.
4. *Gutierrez, C.*, Transactions of AIME, Vol. 262/September 1977. s. 254-262.
5. *Lapidot, M., Mellgren, O.*, Transactions Vol. 77, The Institution of Mining and Metallurgy, s. C 149- C 165.
6. *Eidsmo, O., Mellgren, O.*, Proceedings of the 5th International Mineral Processing Congress, The Institution of Mining and Metallurgy, London 1960, Group IV: Paper 20.

## SUMMARY

### THE INFLUENCE OF THE FEED PARTICLE SIZE ON THE FLOTATION RESULTS

When the influence of the feed particle size on the flotation has been studied, single or few particles only have been used as test material. In this work, however, 500 grams of the magnetite-quartz mixture was floated in each test.

In addition to the feed fineness, collector amount, pulp pH, pulp density in the conditioning, conditioning time and the intensity of conditioning were the main variables.

It was observed that the magnetite recovery decreased together with the high pulp density and the long time conditioning and the coarse particles were more sensitive than fine ones for the disturbances in flotation. If the conditions are in optimum, coarse magnetite floats readily, but flotation results descend with finer particle sizes.

**VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n**

## VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 30.—31.3. 1984

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s**

## ÅRSMÖTE

hålles i Helsingfors den 30.—31.3. 1984.

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



# Raekokojakautuman esittäminen

DI Heikki Laapas, Teknillinen korkeakoulu, Mineraaliteknikan laboratorio, Espoo

## YLEISTÄ

Useat teollisuusprosessit käsittelevät tai tuottavat materiaaleja, jotka ovat rakeisessa muodossa. Tällaisia prosesseja ovat mm. mineraalien rikastus, sementin, pigmenttien, fillerien, keramiikan, lasin, lannoiteaineiden, paperin, elintarvikkeiden ja lääkkeiden valmistus sekä esim. kivihiilen poltto höyryvoimaloissa. Yhteistä näille kaikille on se, että materiaalin ominaisuuksien kannalta ehkä tärkein muuttuja on sen raekokojakautuma. Niinpä esim. aineen reaktiivisuus, sen valuvuus ja rikastusominaisuudet, pigmenttien peittokyky sekä lääkkeiden liukenemisnopeus elimistössä riippuvat voimakkaasti jauheen raekoosta.

Nykyisin käytettävissä olevilla raekokoanalysaattoreilla voidaan suhteellisen nopeasti ja toistettavasti mitata melkein minkä tahansa jauheen raekokojakautuma aina 0,01 µm:in saakka /1/. Tulosten käsittely ja saadun jakautuman esittäminen on kuitenkin jäänyt vähemmälle huomiolle kuin laitetekninen kehitys, ja siksi osa mittaustuloksen sisältämästä informaatiosta voi jäädä havaitsematta ja kokonaan käyttämättä. Lisäksi raekokoanalyysin esittämisessä esiintyvä kirjava käytäntö aiheuttaa vaikeuksia tulosten keskinäisessä vertailussa.

Seuraavassa on tarkasteltu lyhyesti eräitä mahdollisuuksia raekoon ja sen jakautuman esittämiseen ja vertailtu eri jakautumafunktioiden soveltuvuutta esimerkkinäytteen raekokojakautuman estimointiin.

## RAEKOKO JA SEN MITTAAMINEN

Sellaisten geometrinen kappaleiden kuten pallon tai kuution koko voidaan helposti määrittää yksinkertaisella lineaarisella mittauksella. Koska useimmat murskeet ja jauheet on tuotettu hienontamalla, on selvää, että syntyneet rakeet harvoin muodostavat mitään täsmällisiä geometrisia muotoja. Näin ollen on mahdotonta löytää näiden raekoon kuvaamiseen yksiselitteistä geometrisesti mitattavaa suuretta. Siksi raekoko määritetäänkin epäsuorasti mittaamalla jokin muu fysikaalinen suure, joka on funktio raekoosta. Tällainen suure voi olla esim. rakeen laskeutumisnopeus vedessä tai ilmassa, rakeen tilavuus ja rakeen aiheuttama siihen kohdistetun näkyvän valon vaimeneminen tai sironta. Raekoko ilmoitetaan ns. ekvivalenttisenä raekokona, joka saadaan laskemalla mitatusta suureesta.

Raekoon mittaukseen tavallisimmin käytetyt menetelmät ja niiden antamat ekvivalenttiset raekoot on annettu taulukossa 1. Pallomaisille rakeille ovat kaikki taulukon 1 mukaiset raekoot yhtä suuria, mutta muille muodoille kukin menetelmä antaa erilaisen arvon, kuten taulukon 2 esimerkistä selviää. Näin ollen raekokoa esitettäessä on aina ilmoitettava, millä menetelmällä mittaus on tehty, tai muuten tulosten keskinäinen tarkastelu ja vertailu on lähes mahdotonta.

## RAEKOKOJAKAUTUMA JA SEN ESITTÄMINEN

Hyvin harvat jauheet ovat monodispersejä – ts. kaikki rakeet ovat saman kokoisia – vaan raekoko on jatkuva suure, joka ulottuu usean dekaadin alueelle. Tällaisen materiaalin hienouden karakterisointi edellyttää luonnollisesti raekokojakautuman määrittämistä. Raekokoanalyysin tulos on hyvin usein diskreetti, ts. todellisesta jakautumasta saadaan mitattua tiettyjä äärellisin välein olevia arvoja (esim. seula-analyysi). Saatuja arvoja voidaan käyttää sinällään tai sitten niiden avulla pyritään estimoimaan jatkuvaa jakautumaa.

**Taulukko 1.** Eräitä raekoon mittaukseen käytettäviä menetelmiä, ja niitä vastaavat ekvivalenttiset raekoot.

**Table 1.** Some commonly used methods to measure the size distribution and the respective equivalent size-values.

Menetelmä	Laite	Ekvivalenttinen raekoko
Seulonta	Ro-Tap Alpine Ultraääniseulonta	Seula-aukon sivun pituus.
Sedimentaatio	Andreasenin pipetti SediGraph Pipettisentrifugi	Pallon halkaisija, jonka vajoamisnopeus = rakeen vajoamisnopeus.
Coulter -tekniikka	Coulter Counter	Pallon halkaisija, jonka tilavuus = rakeen tilavuus.
Valo-optiset menetelmät	Microtrac Cilas Malvern	Pallon halkaisija, jonka poikkipinta-ala = rakeen poikkipinta-ala.
Mikroskooppi		Ympyrän halkaisija, jonka poikkipinta-ala = rakeen poikkipinta-ala (esim.)

**Taulukko 2.** Eräiden raekokoanalyysien antamia raekokojä sarmiömäiselle kappaleelle, jonka mitat ovat 8 × 8 × 10 yksikköä.

**Table 2.** Equivalent sizes of a prismatical particle measuring 8 × 8 × 10 units given by various analysing techniques.

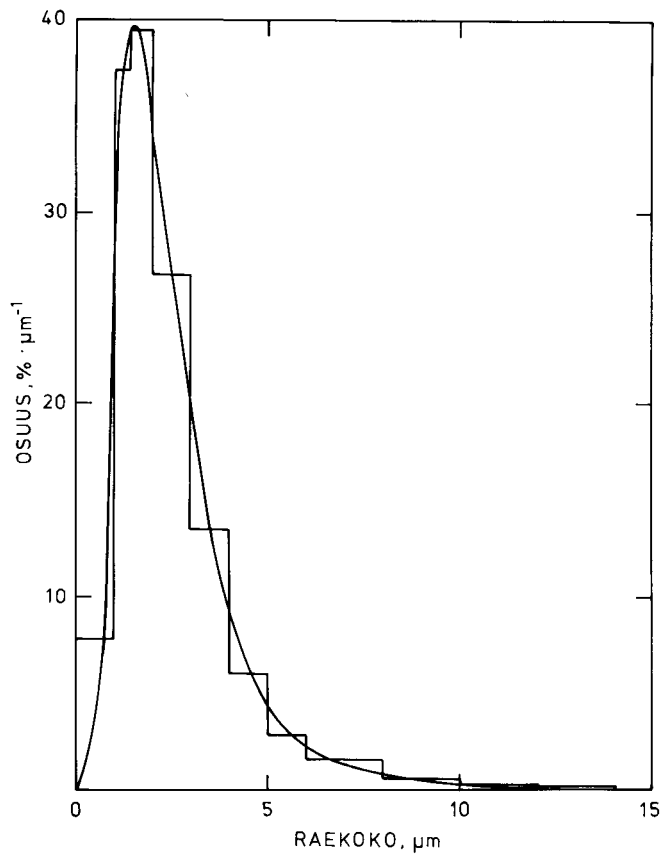
Menetelmä	Raekoko, yksikköä
Seulonta	8
Sedimentaatio	9,6
Coulter Counter	10,7
Valio-optinen tai mikroskooppi	9,6

Koska jauheen raepopulaatio on satunnaisjakautunut suure, voidaan sen kuvaamiseen käyttää tilastomatemattisia menetelmiä. Taulukossa 3 on esitetty erään luokitetun sementti-tuotteen raekokojakautuma Coulter Counterilla mitattuna /2/. Analyysin taulukointi tässä muodossa numeerisena ilmoittaa mittaustulosten tarkat arvot, mutta ei anna mitään kuvaa jakautuman kulusta. Joka tapauksessa raekokoanalyysin tulos tulisi aina pyrkiä antamaan myös taulukoituna, koska vain tämä menettely antaa myöhemmässä vaiheessa mahdollisuuden käyttää saatua informaatiota riittävällä tarkkuudella.

**Taulukko 3.** Erään sementin raekokojakautuma Coulter Counterilla mitattuna /2/.

**Table 3.** Size distribution of a cement sample measured with Coulter Counter /2/.

Raekoko, $\mu\text{m}$	Läpäisy, %	Raeluokan osuus $\% \cdot \mu\text{m}^{-1}$
14	99,9	0,1
12	99,7	0,2
10	99,3	0,5
8	98,4	1,5
6	95,5	2,8
5	92,7	6,0
4	86,7	13,5
3	73,2	26,8
2	46,4	39,5
1,4	22,7	37,3
1	7,8	



**Kuva 1.** Sementtinäytteen (taulukko 3) raekokojakautuman histogrammi ja frekvenssikuvaaja.

**Fig. 1.** Histogram and frequency plot of the size distribution of cement sample (Table 3).

Jos piirretään taulukon 3 esittämän materiaalin jakautuma eri raeluokkiin, saadaan ns. histogrammi, joka on esitetty kuvassa 1. Histogrammi on helppo laatia, ja se antaa karkean kuvan jakautumasta ja sen hajonnasta (= laajuudesta).

Histogrammista voidaan yksinkertaisella geometrisella tasoituksella /3/ hahmotella raekoon frekvenssijakautuma (kuva 1). Frekvenssijakautuma, kuten histogrammikin, osoittaa helposti, mitä raekokoa on eniten ja mikä on jakautuman hajonta. Lisäksi siitä nähdään, onko jakautuma yksi-, kaksi- tai useampihiippuinen.

Kumulatiivinen jakautuma on frekvenssijakautuman integraali, ja siksi siitä usein käytetäänkin nimitystä integraalikuvaaja. Se ilmoittaa tiettyä raekokoa kumulatiivisesti hienomman aineksen määrän eli ns. läpäisyn. Integraalikuvaajan graafiseen esitykseen voidaan käyttää seuraavia asteikkoja:

1. lineaarinen
2. puolilogaritminen
3. logaritminen
4. toinen akseli kaksoislogaritminen, toinen logaritminen
5. logaritminen todennäköisyyspaperi.

Kumulatiivisen jakautuman graafinen esitys mahdollistaa jakautumien vertailun keskenään "silmämääräisesti" ja on usein riittävä, kun vertaillaan esim. jonkin materiaalin hienontumista eri menetelmillä. Monasti tulee eteen kuitenkin tarve ratkaista kumulatiivisen jakautuman estimaatti matemaattisessa muodossa. Tällöin on mahdollista laskea jakautuman arvo minkä tahansa raekoon kohdalla sekä lisäksi esittää jakautuma muutamalla karakterisella parametrilla.

Seuraavassa on esitetty eräitä raekokojakautuman kuvaamiseen yleisesti käytettyjä funktioita ja tutkittu niiden soveltuvuutta taulukon 3 esimerkkijakautuman kuvaamiseen.

### GGG (Gates–Gaudin–Schuhmann)-jakautuma

GGG-yhtälö on meillä ehkä eniten käytetty raekokojakautumafunktio. Se on muotoa /4/

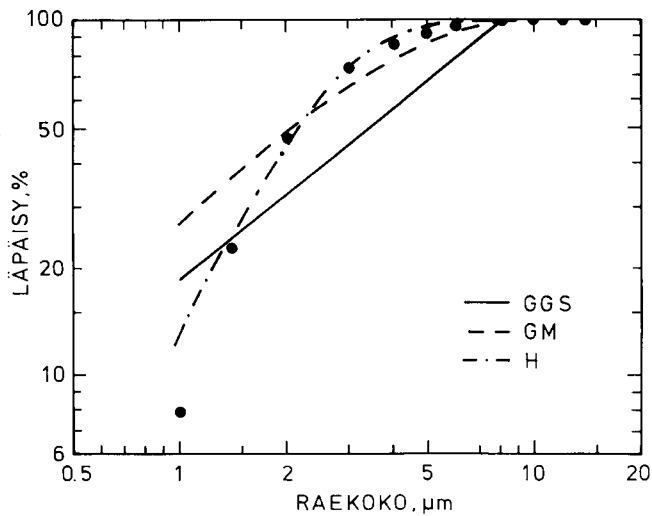
$$F(x) = \left(\frac{x}{x_0}\right)^k \quad (1)$$

Jos yhtälön (1) molemmista puolista otetaan logaritmit, saadaan

$$\lg F(x) = k \lg x - k \lg x_0 \quad (2)$$

Yhtälön (2) kuvaaja on suora logaritmisella asteikolla. Parametri  $k$  ilmoittaa suoran kulmakertoimen, joka kertoo jakautuman laajuuden, ja  $x_0$  on maksimiraekoko eli  $F(x_0)=1$ .

Kuvassa 2 on esitetty taulukon 3 sementtijauheen analyysipisteet logaritimpaperilla ja niiden avulla lineaarista regressiota käyttäen laskettu yhtälön (2) kuvaaja. Parametrien  $k$  ja  $x_0$  arvot on annettu taulukossa 4. GGS-funktion korrelaatio mitattuun jakautumaan nähden on kuvan 2 mukaisesti heikko, joten se pystyy estimoimaan jakautumaa vain kapealla alueella. Lisäksi GGS-jakautuman tarkkuus karkeiden raeluokkien osalta on suhteellisen rajoittunut.



**Kuva 2.** GGS-, GM- ja H-jakautumien vertailu sementtinäytteen (taulukko 3) raekokojakautumaan.  
**Fig. 2.** A comparison between the size distribution of cement sample (Table 3) and GGS, GM and H plots.

### GM (Gaudin-Meloy) ja H (Harris)-jakautuma

Lähtien GGS-yhtälöstä (yhtälö (1)) Gaudin ja Meloy /5/ kehittivät seuraavan jakautumafunktion

$$F(x) = 1 - \left(1 - \frac{x}{x_1}\right)^r, \quad (3)$$

jonka Harris kehitti edelleen muotoon /6/.

$$F(x) = 1 - \left[1 - \left(\frac{x}{x_2}\right)^s\right]^t, \quad (4)$$

joissa r, s ja t ovat kokeellisia parametrejä ja  $x_1$  ja  $x_2$  riippuvat jauheen maksimiraekoosta. Yhtälöitä (3) ja (4) ei voida linearisoida, joten niiden ratkaiseminen yksinkertaisella lineaarisella regressiolla on mahdotonta ja vaatii joko monimutkaista graafista menetelmää tai epälineaarisen sovittajan käyttöä.

Yhtälöiden (3) ja (4) ratkaisut taulukon 3 raekokojakautumalle tehtiin käyttäen DEC 20 tietokoneen IMSL-rutiinin epälineaarista sovittajaa ZXSSQ, joka etsii funktion parametrit pienimmän neliösumman menetelmällä käyttäen Levenberg-Marquardt -algoritmia. Saadut kuvaajat on esitetty kuvassa 2 ja niiden parametrit taulukossa 4. Korrelaatio on selvästi riippuvainen yhtälön parametrien lukumäärästä, mutta sekä GM- että H-jakautuma pystyvät suhteellisen huonosti esimoimaan jakautuman hienoa päätä.

**Taulukko 4.** Eri jakautumafunktioiden parametrit taulukon 3 sementtinäytteelle.

**Table 4.** The parameters of different distribution functions for the cement sample in Table 3.

Funktio	Parametrit	
GGS	$x_0 = 8,21$	$k = 0,80$
GM	$x_1 = 10,47$	$r = 3,10$
H	$x_2 = 49,14$	$s = 1,97$
RRSB	$x_b = 3,23$	$n = 1,55$
Lg-norm.	$x_{50} = 2,18$	$\sigma = 1,83$
		$t = 301,06$

### RRSB (Rosin-Rammler-Sperling-Bennett)-jakautuma

RRSB-funktio kehitettiin alunperin kuvaamaan kivihiilimurskeen raekokojakautumaa, mutta sitä on myöhemmin alettu soveltaa myös muille materiaaleille. RRSB-jakautuma on yleisessä käytössä varsinkin Saksassa, ja se on muotoa

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{x_b}\right)^n}, \quad (5)$$

mistä saadaan

$$\lg [1 - F(x)] = -\left(\frac{x}{x_b}\right)^n \cdot \lg e \quad (6)$$

ja edelleen

$$\lg \left[ \frac{1}{1 - F(x)} \right] = \left(\frac{x}{x_b}\right)^n \cdot \lg e. \quad (7)$$

Ottamalla yhtälöstä (7) logaritmit saadaan

$$\lg \lg \left[ \frac{1}{1 - F(x)} \right] = \lg x - \lg x_b + \lg \lg e, \quad (8)$$

mikä on yhtä kuin

$$\lg \left\{ \frac{\lg \left[ \frac{1}{1 - F(x)} \right]}{\lg e} \right\} = \lg x - \lg x_b. \quad (9)$$

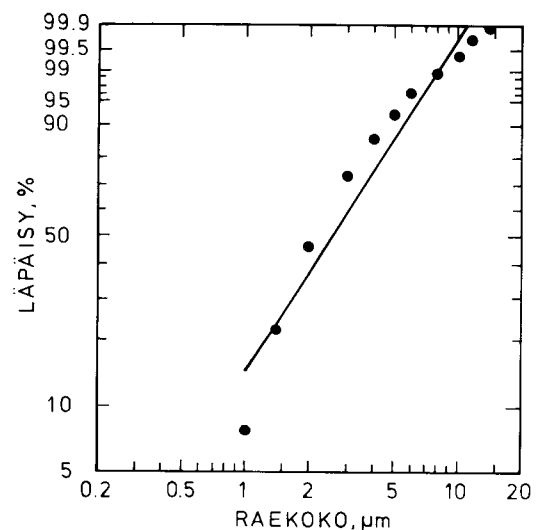
Yhtälön (9) kuvaaja on suora asteikolla, jossa raekoko on logaritminen ja sitä vastaava läpäisy kaksoislogaritminen. Suoran kulmakerto on n ja  $F(x_b) = 0,632$  sillä, kun  $x = x_b$

$$\frac{\lg \left[ \frac{1}{1 - F(x_b)} \right]}{\lg e} = 1$$

eli

$$F(x_b) = 1 - \frac{1}{e} = 0,632.$$

RRSB-jakautuman sovitus taulukon 3 analyysitulokseen lineaarisella regressiolla on esitetty kuvassa 3. Jakautuman pa-



**Kuva 3.** RRSB-jakautuman ja sementtinäytteen (taulukko 3) raekokojakautuman vertailu.

**Fig. 3.** A comparison between the size distribution of cement sample (Table 3) and RRSB plot.

parametrit on annettu taulukossa 4. Kuten kuvasta 3 ilmenee, on RRSB-jakautuman korrelaatio mittaustulokseen nähden huono, joskin se on parempi kuin GGS-jakautuman vastaava sovitus (kuva 2). Näin ollen on ilmeistä, että myös RRSB-funktio pystyy kuvaamaan raekokojakautumaa vain suhteellisen kapealla raekokoalueella ja soveltuu vain tietyn tyyppisten jakautumien esittämiseen.

### Logaritminen normaalijakautuma

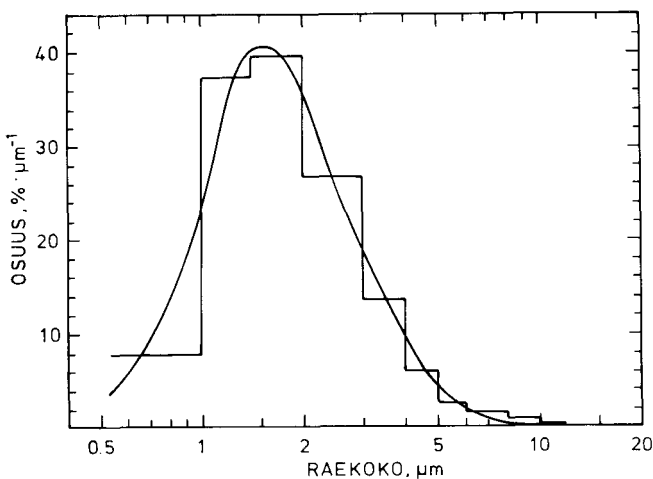
Edellä esitettyjen jakautumien heikkoutena on se, että ne kaikki ovat perusteiltaan enemmän tai vähemmän kokeellisia yhtälöitä. Näin ollen näiden jakautumien parametreilla ei ole mitään varsinaista tilastollista merkitystä, vaan ne ovat kyseiselle jakautumalle ominaisia arvoja, jotka vaihtelevat suuresti (vrt. taulukko 4). On kuitenkin oletettavissa, että jauheiden luonteen ja syntymekanismin huomioiden niiden raekoko noudattaisi jotain todellista tilastollista jakautumaa.

Normaalijakautuneen suureen summafunktio on

$$F(x) = \frac{1}{2} + \int_0^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-x_{50})^2}{2\sigma^2}} dx \quad (10)$$

Tällaisen jakautuman frekvenssikuvaaja on hyvin tunnettu Gaussin kellokäyrä. Raekokojakautuman frekvenssikuvaaja laskee kuitenkin hitaammin karkeita raeluokkia kohden kuin normaalijakautuma edellyttäisi (kt. kuva 1). Jos argumentista otetaan logaritmi, päädytään frekvenssijakautumaan, jonka kuvaaja on kellokäyrä (kt. kuva 4). Tällaista jakautumaa sanotaan logaritmisiksi normaalijakautumaksi ja sen summafunktio on

$$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2\pi} \ln \sigma} \int_0^x e^{-\frac{(\ln x - \ln x_{50})^2}{2 \ln^2 \sigma}} d(\ln x) \quad (11)$$



**Kuva 4.** Sementtinäytteen (taulukko 3) frekvenssijakautuma puolilogaritmisella asteikolla.

**Fig. 4.** Size frequency plot of cement sample (Table 3) in a semi-log. scale.

mikä on yhtä kuin

$$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[ \frac{\ln x - \ln x_{50}}{\sqrt{2} \ln \sigma} \right], \quad (12)$$

missä  $x_{50}$  on raekoon mediaani eli 50 %:n läpäisyä vastaava raekoko ja  $\sigma$  on jakautuman hajonta, joka on

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot \frac{x_{84}}{x_{16}} = \frac{x_{84}}{x_{50}} = \frac{x_{50}}{x_{16}}, \quad (13)$$

missä  $x_{84}$  ja  $x_{16}$  ovat 84%:n ja 16 %:n läpäisyä vastaavat raekoot.

Yhtälö (12) voidaan kirjoittaa myös

$$\ln x = \sqrt{2} \ln \sigma \cdot \operatorname{erf}^{-1} [2F(x) - 1] + \ln x_{50}, \quad (14)$$

josta  $\sigma$  ja  $x_{50}$  voidaan ratkaista lineaarisella regressiolla. Käänteisen virhefunktion  $\operatorname{erf}^{-1}(2F(x)-1)$  arvoa ei voida eksaktisti ratkaista, vaan se on laskettava Newtonin interpolaatiolla käyttämällä iteraation lähtöarvona kirjoittajan kehittämää 7/ likiarvoa

$$\operatorname{erf}^{-1} [2F(x) - 1] = \frac{2F(x) - 1}{(1 - |2F(x) - 1|) 0.127} \quad (15)$$

Logaritmiselle normaalijakautumalle voidaan lisäksi laskea moodi  $x_m$  (raeluokka, jota on eniten näytteessä) sekä keskiarvo  $x_a$  seuraavasti:

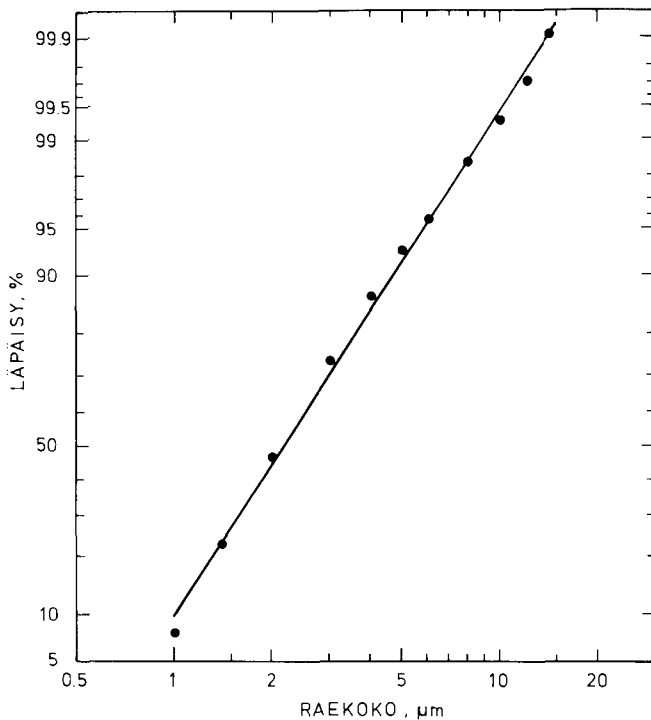
$$x_m = e^{(\ln x_{50} - \ln^2 \sigma)}, \quad (16)$$

$$x_a = e^{(\ln x_{50} + \frac{1}{2} \ln^2 \sigma)}. \quad (17)$$

Jakautuman frekvenssikuvaaja saadaan helposti yhtälöstä

$$f(x) = \frac{1}{x} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \ln \sigma} \cdot e^{-\frac{(\ln x - \ln x_{50})^2}{2 \ln^2 \sigma}} \quad (18)$$

Logaritmiselle normaalijakautuman sovitus taulukon 3 raekokoanalyysin lineaarisella regressiolla on esitetty kuvassa 5. Jakautuman parametrit on annettu taulukossa 4. Kuten kuva 5 osoittaa, on korrelaatio mittaustuloksiin hyvä kaikilla raekoon arvoilla, joten näytteen raekoko on logaritmisnormaalijakautunut.



Kuva 5. Sementinäytteen (taulukko 3) raekokojakautuman vertailu log-normaaliseen jakautumaan.

Fig. 5. A comparison between the size distribution of cement sample (Table 3) and log-normal distribution.

## YHTEENVETO

Mitattu raekoko on yleensä riippuvainen käytetystä analyysimenetelmästä. Jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia, pitäisi niitä ilmoitettaessa aina mainita, millä menetelmällä raekokoanalyysi on tehty eli mikä ns. ekvivalenttinen raekoko on kyseessä.

Raekokoanalyysin tulos pitäisi aina pyrkiä ilmoittamaan myös taulukoituna, koska vain numeeriset arvot ovat riittävän tarkkoja mahdollista myöhempää tarkastelua silmälläpitäen.

Tuloksen graafinen esitystapa tulisi valita käyttötarkoituksen mukaan eli ts. sen mukaan, mitä jakautumalla halutaan esittää. Histogrammi ja frekvenssijakautuma antavat hyvän kuvan siitä, mitä raeluokkaa on eniten jauheessa ja miten laaja jakautuma on. Lisäksi niistä nähdään, onko jakautuma yksi- tai useampihuippuinen, millä voidaan selvittää, onko monikomponenttisytemien eri osien raekokojakautuma erilainen. Kumulatiivinen kuvaaja taas antaa paremman lähtökohdan eri tuotteiden hienouden keskinäiseen vertailuun. Käyräpohjan valintaan tulisi myös kiinnittää huomiota. Esim. lineaarinen asteikko sopii ainoastaan raekooltaan kapeiden jakautumien esittämiseen. Jos pyritään tutkimaan kumulatiivisen jakautuman karkeata päätä, on logaritminen asteikko huono, koska sen tarkkuus yläpäässä on alhainen.

Sovittamalla mittaus tulokset jakautumafunktioon saadaan tulos matemaattiseen muotoon. Tällöin on mahdollista kuvata jakautuma muutamalla parametrilla ja laskea jakautuman arvo millä tahansa raekoon arvolla. Käyttökelpoiseksi vaihtoehdoksi raekokojakautuman kuvaamiseen on osoittautunut logaritminen normaalijakautuma. Koska se on luonteeltaan todellinen tilastollinen funktio, voidaan sen avulla määrittää jakautumalle erilaisia karakterisia suureita, kuten esim. keski-raekoko.

## KÄYTETYT MERKINNÄT

$f(x)$	raekoon frekvenssifunktio
$F(x)$	raekoon summafunktio eli raekokoa $x$ kumulatiivisesti hienompi aines
$k$	kulmakerroin (GGS)
$n$	kulmakerroin (RRSB)
$r$	parametri (GM)
$s$	parametri (H)
$t$	parametri (H)
$x$	raekoko
$x_0$	raekoko, kun $F(x) = 1$
$x_1, x_2$	parametreja, jotka riippuvat maksimiraekoosta (GM ja H)
$x_a$	keskimääräinen raekoko
$x_b$	raekoko, kun $F(x)=0,632$
$x_m$	raekoon moodi
$x_{16}$	raekoko, kun $F(x)=0,16$
$x_{50}$	raekoko, kun $F(x)=0,50$
$x_{84}$	raekoko, kun $F(x)=0,84$
$\sigma$	hajonta

## KIRJALLISUUS - REFERENCES

1. Allen, T., Particle Size Measurement, Chapman & Hall, London, 1975.
2. Lahtinen, U.-R., dipl.työ, TKK, Otaniemi, 1979.
3. Lokki, O., Tutkimustulosten tilastollinen hallinta ja käyttö, Insinööritieto Oy, Helsinki, 1980.
4. Hukki, R.T., Mineraalien hienonnus ja rikastus, Otava, Keuruu, 1964.
5. Perry, R.H. & Chilton, C.H., Chemical Engineers' Handbook, McGraw-Hill, New York, 1973.
6. Harris, C.C., Trans. AIME, 241 (1968), 343-358.
7. Laapas, H., Int. Symp. on Rec. Adv. on Part. Sci. and Tech., Indian Institute of Technology, Madras, 1982.

## SUMMARY

### CHARACTERIZATION OF SIZE DISTRIBUTION

Industrial applications for processing particulates are often characterized by the size analysis of the material. By using the modern analysing techniques it is possible to measure the size distribution even down to  $0.01 \mu\text{m}$  in a reasonable time. More attention should, however, be paid on the characterization of the actual measuring data.

The particle size has been found to be in relation to the analysing method. Therefore, the comparison of various results is possible only if the method, or the respective equivalent size, is given along with the data.

The analysis should always be given in numerical form as tables. This is the only way to restore the accurate data for further use.

When selecting the way to express the data graphically the purpose of the presentation should be kept in mind. For instance, histograms and frequency distributions help to find out the number of modes of the distribution. In addition, they give a rough idea about the most frequent size in the sample as well as about the deviation. On the other hand, cumulative distributions are better when comparing the fineness of various products.

By fitting the results into a distribution function it is possible to describe the total size distribution by two or three parameters and to calculate its value at any size. Log-normal distribution has been found to be a useful function for this purpose. Because it is a real statistical function, it gives also the possibility to estimate various statistical values of the distribution, like the mean size.

# Näkemyksiäni plasmametallurgian tulevaisuudesta

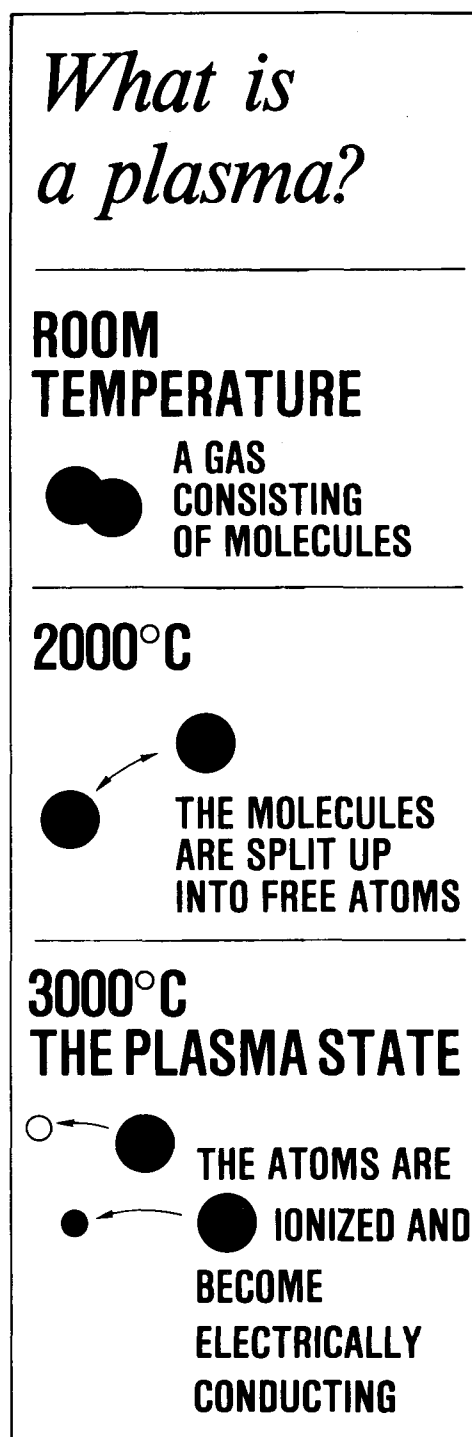
Professori M.H. Tikkanen, Teknillinen korkeakoulu, Prosessimetallurgian laitos, Otaniemi

Eräitä vuosia sitten olin esittämässä käsityksiäni uusien ruot-salaisten raudanvalmistusmenetelmien (Inred, Elred, Plasma-red) mahdollisuuksista meikäläisissä oloissa. Tässä yhteydessä suhtauduin vielä varauksellisesti plasmametallurgian käyttö-mahdollisuuksiin ylläesitettyyn tarkoitukseen, vaikka pidinkin sitä ehdottomasti lupaavimpana kahteen muuhun verrattuna. Parin viime vuoden aikana olen kuitenkin saanut tilaisuuden perehtyä plasmatekniikkaan siksi perusteellisesti eräiden lau-suntotehtävien yhteydessä, että olen muuttanut käsitystäni oleellisesti. Koska plasmametallurgia on useimmille metallur-geillemme vain epämääräinen käsite, katsoin aiheelliseksi se-lostaa nykyistä uutta näkemystäni.

## MITÄ ON PLASMA JA MIHIN SEN KÄYTÖLLÄ PYRITÄÄN?

Jokainen asianmukaisen peruskoulutuksen saanut kemisti tai metallurgi tietää, että pyrometallurgisten reaktioiden nopeus riippuu ennen kaikkea reaktiolämpötilasta. Erikoisen korkei-den lämpötilojen aikaansaaminen tavamukaisten kemiallis-ten reaktioiden avulla (esim. palamisreaktiot) on erittäin vai-keaa ja kallista ja usein jopa mahdotonta. Siten metallurgit ovat ottaneet useissa tapauksissa (esim. ferroseosten valmis-tus) käyttöön valokaariuunit, joilla päästään sellaisille lämpö-tila-alueille, joihin kemiallisilla reaktioilla ei päästä. Nämä sähköuunityyppit eivät kuitenkaan nykyisellään tarjoa täysin tyydyttävää ratkaisua eräiden oleellisten rajoitusten vuoksi. Eräänä tällaisena haittana haluan mainita sen tosiasian, että reagoivan materiaalin syöttäminen itse valokaareen on varsin rajoitettua, josta johtuen valokaariuunien käyttö tulee turhan kalliiksi. Tässä yhteydessä on paikallaan mainita, että osa va-lokaaren kaasusisällöstä on tosiasiallisesti plasmana, mikä sel-ittääkin sen, että valokaaren lämpötila saadaan varsin korke-aksi.

Plasman olemuksen ymmärtämiseksi on syytä palauttaa mieliin, mitä tapahtuu, kun kaasua kuumennetaan erikoisen korkealle. Ensimmäiseksi alkavat kaasumolekyylit dissosioi-tua atomeiksi, kuten termodynamiikka meille opettaa. Kun energian syöttämistä lisätään edelleen, alkavat kaasun vapaat atomit luovuttaa elektronejaan, jolloin niistä syntyy kaasujoneja (kuva 1). Tällaista kaasusysteemiä kutsumme plasmaksi. Tyypillistä sille on, että sen energiasisältö vain pieneksi osaksi on nk. fysikaalista lämpöä. Suurin osa energiasisällöstä muo-dostuu instabiilien ionien olemassaolosta. Kun tämän asian käsittää, on helppo ymmärtää, miksi ei tällaisiin energiasäl-töihin voida päästä kemiallisten reaktioiden avulla: tällöinhän reaktiot olisivat mahdottomia, koska reaktiossa syntyvät yh-disteeet hajoaisivat! Vain radioaktiivilla reaktioilla, joissa siis aineet hajoavat, on mahdollista tällaisten huippukorkeiden lämpötilojen aikaansaaminen.



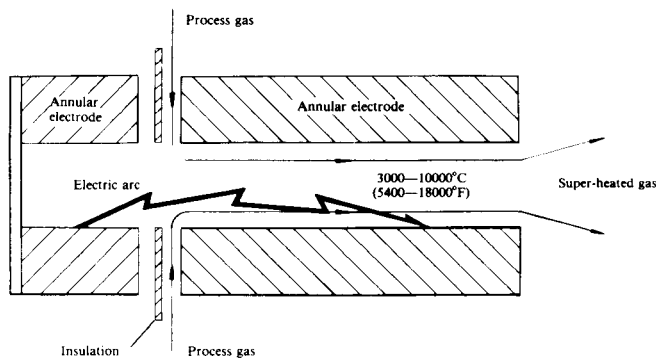
Kuva 1. Kaavio plasman muodostumisesta.  
Fig. 1. Scheme of plasma formation.

## MIKÄ ON OLEELLISINTA KÄYTÄNNÖN PLASMA-METALLURGIASSA?

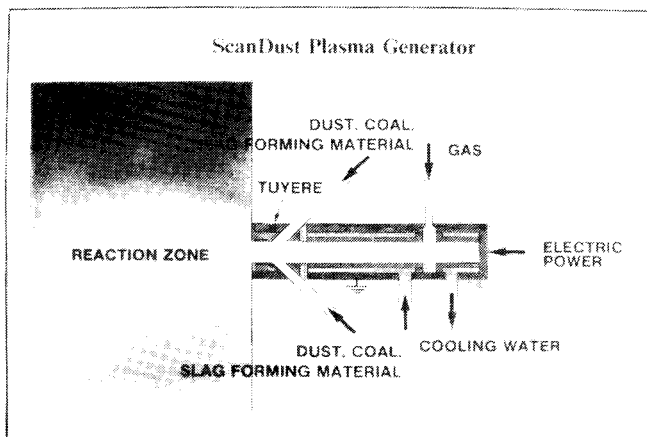
Käsitykseni mukaisesti ratkaiseva osuus plasmatekniikan kehityksessä on plasman synnyttämiseen tarvittava nk. generaattori. Aikaisemmat konstruktiot osoittivat mielestäni epäkäytännöllistä pyrkimystä eräänlaiseen "taiteiluun", jota tietä ei ollut mahdollista edetä suurtuotantoa edellyttävään tekniikkaan. Kuvassa 2 nähdään kaaviokuva SKF:n Hoforsin tehtaalla olevasta plasmageneraattorista, jonka olen nähnyt toiminnassa. Tässä muodossaan se edustaa käsitykseni mukaisesti erinomaisen yksinkertaista ja luotettavaa konstruktiota, jonka tehoa ilmeisesti voidaan nostaa ainakin 10 MW saakka. Koska elektrodit ovat kupariputkea, on niiden vaihto erittäin yksinkertaista (aikaisemmin katodi oli volframia). Virtalähteenä on ASEA:n tyristoriohjattu tasasuuntaaja, jonka jännite on 4500 V. Kuvassa 3 nähdään kaaviokuva plasmageneraattorin käytöstä tyypillisissä pelkistysprosesseissa.

Oleellimmat edut plasman käytössä ovat:

- Lämpötila ei riipu kaasun hapenpaineesta, koska sekä happettavia että pelkistäviä kaasuseoksia voidaan kuumentaa yhtä tehokkaasti.
- Generaattoriin syötettävän tehon kautta kaasufaasin lämpötilaa voidaan säätää hyvin laajoissa rajoissa. Erittäin korkeiden lämpötilojen aikaansaaminen (3000-10000°K) on mahdollista.



Kuva 2. Kaavio SKF:n plasmageneraattorista.  
Fig. 2. Scheme of the SKF plasma generator.



Kuva 3. Kaavio Landskronan tehtaan pelkistysprosessista.  
Fig. 3. Scheme of the ScanDust reduction process.

- Plasman hallinta ja kontrolli sekä reaktiomateriaalin syöttö plasmassa on helppoa.
- Korkean reaktiolämpötilan avulla voidaan reaktiotilaa pienentää erittäin tehokkaasti. Tällöin on mahdollista eliminoida keraamisen materiaalin suora yhteys reaktiotilaan, mikä merkitsee suurta säästöä vuorauksen osalta.

## TÄHÄNASTISET KÄYTÄNNÖN SOVELLUTUKSET POHJOISMAISSA

Tärkein sovellutus on Hoforsin tehtaalla sijaitseva rautasienilaitos, joka pysäytettiin vuonna 1976 kannattamattomana. Vuonna 1981 aloitettiin tässä laitoksessa 70.000 vuositonniin rautasienituotanto, joka merkitsi aikaisemman tuotannon kohoamista lähes kolminkertaiseksi. Tämä tuotantolisä johtui siitä, että karburaattoriosan valokaarikuumennuksen tilalle otettiin plasmakuumennus, joka lisäsi materiaalin syöttökapasiteettia näin tehokkaasti. Tärkeää on, että myöhemmissä koeajoissa osoitettiin, että pelkistysaineena voidaan käyttää kaikkia mahdollisia pelkistysaineita, kuten öljyä, turvetta, luonnonkaasua ja kivihiihtä. Viimeksi mainittu pelkistin onkin osoittautunut vesisuspensiossa ylivoimaisesti halvimmaksi käytännössä.

Norjaan on sovittu rakennettavaksi ilmeniittirikasteen esipelkistyslaitos, johon oli suunniteltu pelkistetyn tuotteen plasmamulutus teräkseksi ja titaanidioksidirikkaaksi kuonaksi. Jälkimmäinen vaihe tulee kuitenkin suoritettavaksi tehtaan valokaariuuneissa, joita ei haluttu hylätä. Tämän suunnitelman lopullinen läpivieminen on hidastunut lähinnä poliittisista syistä (kuva 4).

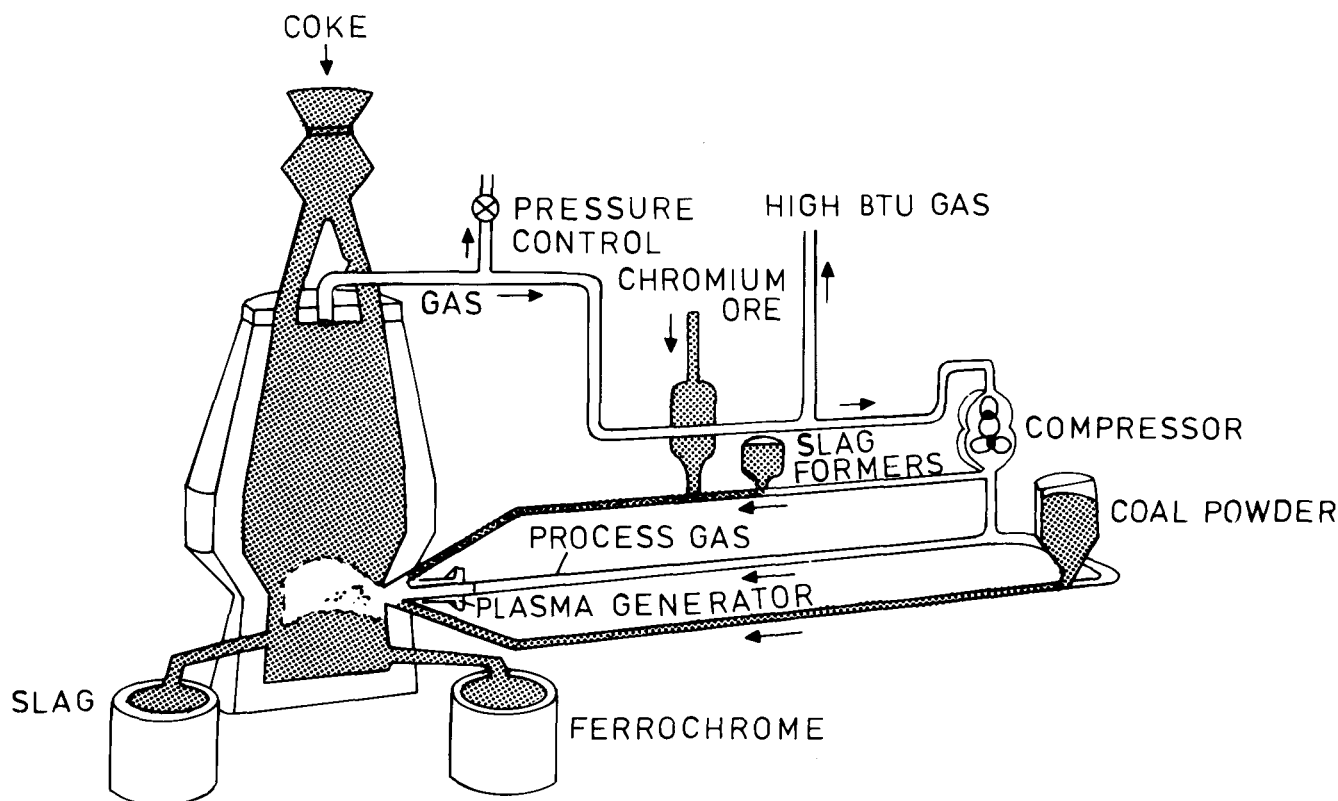
# SKF:n plasmateräs kaupan Norjaan

SKF:n plasmasulatukseen perustuva rautasienen valmistusmenetelmä on tekemässä kaupallista läpimurtoa.

Ensi kuussa yhtiö jättää tarjouksen Norjaan rakennettavasta tuotantolaitoksesta, jonka teho on satatuhatta tonnia rautasientä vuodessa.

Kuva 4. Otsake Insinööriutisissa 19.10.1982.

Fig. 4. Headline on 19.10.1982 from Insinööriutiset.



Kuva 5. Kaavio plasmaa käyttävästä ferrokromiprosessista.  
Fig. 5. Scheme of the plasma ferro-chromium process.

Toinen suurehko sovellutus on Landskronaan rakennettava ScanDust-laitos. Tässä on tarkoituksena pelkistää 70.000 vuositonnia erilaisia metallurgian teollisuuden jättepölyjä niiden rauta- ja arvometallisällön (Pb, Zn ym.) talteenottamiseksi. Tuotannon aloittaminen tapahtuu v. 1984 aikana.

Eräänä varsin mahdollisena projektina on erikoisteräksien valmistuksessa käytetyn teräsromun korvaaminen LKAB:n rikastepelleteistä valmistettavilla rautasienipelleteillä, jolloin pelkistys tapahtuisi plasmareaktorissa.

## MITÄ MAHDOLLISUUKSIA PLASMAMETALLURGIALLA OLISI SUOMESSA?

Selvää on, että plasmametallurgia on tullut jäädäkseen. Eri puolilla maailmaa harkitaan sen käyttöönottoa varsin vakavasti ja eräillä tahoilla onkin päädytty sen hyväksymiseen. Hyvällä syyllä voidaan kysyä, miten maamme metallurgian teollisuuden tulisi suhtautua tähän uuteen tulokkaaseen.

Käsitykseni mukaisesti ei tämän uuden tekniikan mahdollisuuksia tulisi aliarvioida. Meidän pienissä olosuhteissamme on pyrittävä seuraamaan kaikkea järkevältä tuntuvaa kehitystä, jos mielimme pysyä ajan tasalla. Ajatelkaamme vain, mikä olisi Outokumpu Oy:n tilanne, jos sen johto olisi valinnut Tornion jaloterästehtaaseen aikaisemmin yleisesti käytetyn valmistusprosessin silloin vielä uuden, jatkuvaa valua käyttävän AOD-prosessin asemasta.

Eräänä varsin mahdollisena kohteena näkisin maamme ferrokromin valmistusprosessin soveltamisen plasmaa käyttäväksi (kuva 5). Tunnettua on, että ainakin yksi suuri ferrokromin valmistaja on jo lähtenyt tälle tielle. Selvää on, että tällaiseen asiaan ei lähdetä päättää pahkaa, vaan perusteellisten selvitysten ja kokeilujen perusteella.

Toisena mahdollisena kohteena näkisin ilmeniitin pyrometallurgisen käsittelyn ennen titaanidioksidin valmistusta. Tällä tavoin vältettäisiin ne erittäin suuret ympäristöhaitat, jotka johtuvat ilmeniitin happoliuotuksesta ja jotka suuresti vaikeuttavat tuotannon laajentamista. Uskoisin, että nämä näkyvät olisivat piankin esillä, ellei Otanmäen ja Mustavaaran titaanipitoisia raaka-aineita tuottavat kaivoksemme tulisi suljettaviksi jo lähiaikoina.

Edellä esitetty on luonnollisesti vain varsin pintapuolinen esitys hyvin laajasta ja monitahoisesta aiheesta. Olen sillä ennen kaikkea halunnut tuoda esille muuttuneen näkemykseni tästä tekniikasta, koska katson sen aiheelliseksi. Aikaisempi julkisuudessa esille tuomani mielipide on jäänyt monen kuulijan mieleen liiankin hyvin!

— Esitän lopuksi kiitokseni SKF:n yli-ins. Sven Santénille, joka on erittäin avoimesti antanut pyytämiäni tietoja. —

## SUMMARY

### PERSONAL VIEWS ON THE FUTURE OF PLASMA METALLURGY

The author wants to present his changed opinion of the use of plasma in metallurgical processes. Several practical examples from the Swedish metallurgical industry are presented. Finally, two possible uses in Finland are shortly discussed.



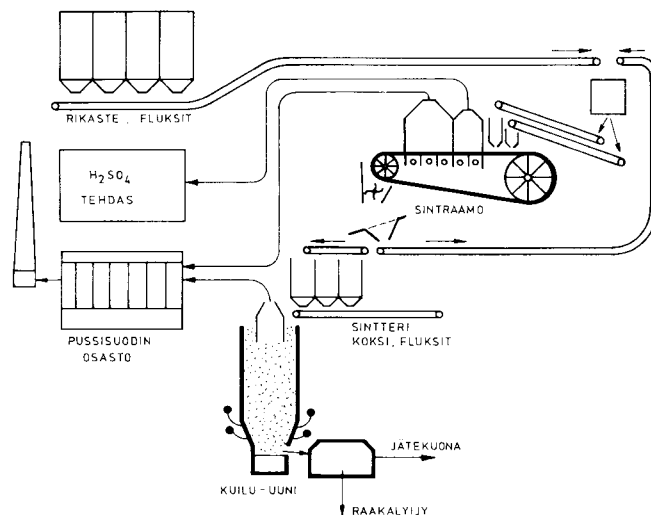
# Lyijyrikasteiden liekkisulatus

Dipl.ins. Timo Talonen, Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimuslaitos, Pori  
Dipl.ins. Esko Nermes, Outokumpu Oy, Keskushallinto, Helsinki

Maailman lyijyn tuotanto on viime vuosina ollut n. 5 miljoonaa tonnia, josta rikasteesta tuotettua primääriilyijyä n. 3,5 miljoonaa tonnia. Suurin osa primääriilyijystä tuotetaan edelleen vuosisadan alusta peräisin olevalla sintraus-pasutus-kuilu-uunipelkistysmenetelmällä.

Tässä prosessissa on kuitenkin lukuisia epäkohtia. Energian käyttö on tehotonta. Rikkaat lyijyrikasteet soveltuvat raaka-aineeksi ainoastaan laimennettuina. Kaksivaiheisena prosessi on työvoimavaltainen ja siinä kehittyy runsaasti puhdistettavia kaasuja. Suurimmat probleemat aiheutuvat kuitenkin prosessin ympäristöä ja työilmaa saastuttavista vaikutuksista. Erityisesti sintrausosastoilla työilman lyijypitoisuudet ovat yleisesti korkeammat kuin uudet tulossa olevat normit sallivat.

Edellämainitut tekniset ja hygieeniset syyt ovat jouduttaneet uusien prosessien kehittämistä.



Kuva 1. Sintraus-kuilu-uuniprosessin virtauskaavio.  
Fig. 1. Diagrammatic flowsheet of sinter roasting-blast furnace process.

## KONVENTIONAALINEN LYIJYN VALMISTUS

Lyijyn valmistaminen sulfidirikasteista sintraus-kuilu-uunimenetelmällä /1/ tapahtuu siten, että aluksi raaka-aine pasutetaan sintrauskoneessa yhdessä fluksien kanssa rikin eliminoimiseksi. Samalla tuote saatetaan kuilu-uunin vaatimaan kappalemuotoon. Kuilu-uunissa sintteri sulatetaan koksilla ja sen sisältämä lyijy ja muut arvometallit pelkistetään.

Sintrausprosessi toimii korkeassa, yli 1200°C:n, lämpötilassa ja korkeassa happipaineessa, jotta rikasteen sisältämä rikki voitaisiin poistaa mahdollisimman täydellisesti.

Rikasteen hapettuminen sintrauksessa on voimakkaasti eksoterminen reaktio. Lämpötilan rajoittamiseksi osa sintteristä tulee palauttaa jäädytettynä takaisin sintrauskoneen syötteeksi. Samoin osa rikkidioksidikaasusta palautetaan kaasun väkevöimiseksi rikkihappotehdasta varten. Kaasun kierrätyksestä huolimatta rikkidioksidipitoisuus sintrauskaasussa on vain n. 7 %. Vaahdotuskemikaalien vajavaisesta palamisesta johtuen siitä voidaan valmistaa vain ns. mustaa happoa. Pitkälle hapetettu sintteri sulatetaan kuilu-uunissa kaksin ja ilman avulla ja samalla lyijy ja muut arvometallit pelkistetään. Sinkki ja rauta jäävät oksideiksi ja muodostavat yhdessä fluksien ja rikasteen oksidien kanssa kuonan. Prosessin virtauskaavio on esitetty kuvassa 1.

Vajaa kymmenen prosenttia lyijystä tuotetaan Imperial Smelting prosessilla /2/, joka on lähinnä sinkin tuottamiseen tarkoitettu muunnos sintraus-kuilu-uuniprosessista. Kuilu-uunin olosuhteet säädetään sellaisiksi, että sinkki poistuu me-

tallihöyrynä prosessikaasun mukana. Tästä sinkki otetaan talteen kondensserissa sulan lyijyn avulla. Syötteen sisältämä lyijy otetaan talteen samoin kuin tavanomaisessa kuilu-uunissa.

## LYIJYN SUORAVALMISTUSMENETELMÄT

Lyijynvalmistuksen modernisointiin tähtäävä tutkimustyö on viime vuosina pääasiassa kohdistunut ns. suoravalmistuksen kehittämiseen. Suoravalmistuksen menetelmien kehittäminen. Suoravalmistuksen menetelmässä rikaste hapetetaan yhdessä vaiheessa raakalyijyksi, kuonaksi ja rikkidioksidikaasuksi. Hapetus- ja pelkistysvaiheiden yhdistämisestä seuraa, että rikasteen palamislämpö voidaan käyttää hyödyksi sulatuksessa. Samalla vältetään saastuttava sintrausvaihe.

Lyijyn suoravalmistus on ollut vallitseva menetelmä ennen nykyisen sintraus-kuilu-uuniprosessin käyttöönottoa. Alkeelliset laitteet ja teoreettisen tiedon puute olivat kuitenkin esteenä suoravalmistuksen prosessien kehittämiseksi.

Kuvassa 2 olevassa lyijyn, hapen ja rikin olotilapiirroksessa /3/ vaaka-akselilla on lämpötila ja pystyakselilla happipainetta edustava hiilidioksidin ja -monoksidin suhteen logaritmi. Metallinen lyijy on stabiili kiilamaisella alueella, johon on piirretty metallin rikkipitoisuuden tasa-arvokuvaajat. Olotilapiirroksen mukaan sulfidisen lyijyrakasteen hapettaminen suoraan raakalyijyksi yhden barin rikkidioksidipaineessa on mahdollista 900°C yläpuolella. Alhaisessa lämpötilassa lyijyn stabiilisuusalue on kuitenkin kapea ja rikkipitoisuus korkea. Vähän rikkiä sisältävän lyijyn tuottaminen edellyttää korkeampaa lämpötilaa.

Lyijyn suoravalmistuksessa on periaatteessa kaksi vaihtoehtoista suoritustapaa: joko toimia korkeahkossa happipaineessa lyijyn stabiilisuusalueen yläosassa, jolloin raakalyijyn rikkipitoisuus on alhainen, mutta kuonan lyijypitoisuus korkea, tai toimia stabiilisuusalueen alaosassa, jolloin kuonan lyijypitoisuus on alhainen, mutta raakalyijyn rikkipitoisuus korkea. Useimmat suoravalmistusprosessit Outokumpun nykyinen liekkisulatusprosessi mukaanluettuna toimivat edellisen vaihtoehdon mukaisesti.

Liekkisulatusprosessin lisäksi markkinoilla on kolme muuta suoravalmistustapaa. Ensimmäinen teollinen neuvostoliittolaista alkuperää oleva KIVCET-sulatto /4/ on rakenteilla ja pian käynnistysvalmiina Boliviassa. Ruotsalainen Boliden kehitti Kaldok-konvertertiin /5/ perustuvan lyijyprosessin oksidi- ja sulfaattipitoisten pölyjen käsittelemiseksi. Teollinen laitos rakennettiin vuonna 1976. Lisäksi Rönnskärin tehtaiden yhteydessä toimii Bolidenin kehittämä vanhempi sulatto, jossa lyijyrakaste hapetetaan sähköuunissa suoraan runsarikkiseksi metalliksi. Kaldokkonverterin soveltuvuutta lyijyrakasteiden sulattamiseen on myös kokeiltu. QSL-prosessi /6/ perustuu amerikkalaisten Queneau'n ja Schuhmannin pa-

tenttiin. Nimen L-kirjain viittaa Lurgiin, saksalaiseen tutkimuslaitokseen ja insinööritoimistoon, joka kehittää prosessia. Saksassa toimii puoliteollinen QSL-laitos.

## LIEKKISULATUS LYIJYRIKASTEILLE SOVELLETTUNA

Outokumpu Oy:n kehittämää liekkisulatusmenetelmää on aikaisemmin sovellettu kupari- ja nikkeli-rikasteiden käsittelyyn samoin kuin alkuainerikin valmistamiseen pyriittirikasteesta. Jo 1960-luvulla oli ajatuksena soveltaa liekkisulatus myös lyijyn tuottamiseen ja useita koeajoja suoritettiin tämän päämäärän saavuttamiseksi. Sittemmin tutkimus keskeytyi lähinnä siksi, että Outokumpu Oy:n omat malmivarat osoittautuivat pieniksi, eivätkä ne tukeneet oman lyijysulaton rakentamista.

1970-luvun lopussa lyijyn suoravalmistustapojen tutkimuksen aktivoiduttua tehtiin myös Outokumpu Oy:ssä päätös keskeytetyn kehitystyön jatkamisesta ja loppuun saattamisesta. Ensimmäiset koe-erät omia lyijyrakasteita sulatettiin koetehtaassa kesällä 1980 ja syksyllä 1981. Näiden koeajojen aikana kehitettiin laitteistoa ja mitattiin prosessin suoritusarvoja. Vuonna 1982 suoritettiin koeajot kolmelle ulkolaiselle lyijyn tuottajalle heidän rikasteitaan käyttäen. Kokeissa käsiteltyjen rikasteiden lyijypitoisuudet vaihtelivat 28-75 % Pb.

Lyijyn liekkisulatusprosessi sisältää rikasteen kuivauksen, liekkisulatuksen, kaasun ja pölyn käsittelyn sekä kuonan puhdistuksen. Kuivattu sulfidirikaste, fluksit ja kiertävä lentopöly suspentoidaan reaktiokuilussa happeen tai happirikastettuun ilmaan. Rikasteen palaminen ylläpitää 1300-1400°C:n lämpötilaa suspensiossa ja rikaste sulaa. Tällä tavoin erilliset pasutus ja sulatus-pelkistys on yhdistetty tapahtuviksi samanaikaisesti yhdessä laitteessa.

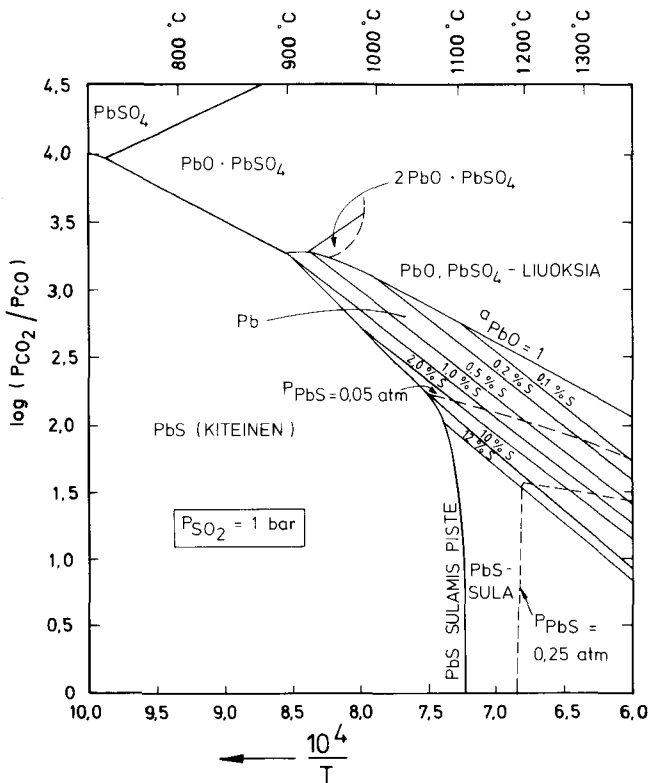
Lisäpolttoainetta ei tarvita, koska eksotermisissä hapettumisreaktioissa vapautuvaa lämpöä käytetään sekä sulattamiseen että lentopölyjen sisältämän sulfaatin hajoittamiseen. Sulat partikkelit erottuvat kaasusta liekkisulatusuunin aluunissa, johon muodostuvat lyijy- ja kuonakerrokset. Poistokaasun sisältämä pöly otetaan jäähtymisen jälkeen talteen sähkösuodattimessa ja palautetaan liekkisulatusuunin syötteeksi. Teknisestä hapestusta tai korkeasta happirikasteesta ja autogeenisestä poltosta johtuen prosessikaasun rikkidioksidipitoisuus on korkea ja kaasu soveltuu hyvin sekä puhtaan hapen että nestemäisen rikkidioksidin valmistamiseen (kuva 3).

Päätavoite liekkisulatuksessa on poistaa rikki mahdollisimman täydellisesti rikkidioksidina. Rikin poistuminen on hapetusasteen funktio, jota säädetään hapen ja rikasteen syöttöjen avulla. Hapetusasteen nostaminen laskee lyijyn rikkipitoisuutta, mutta samalla nostaa lyijyliukoisuutta kuonaan.

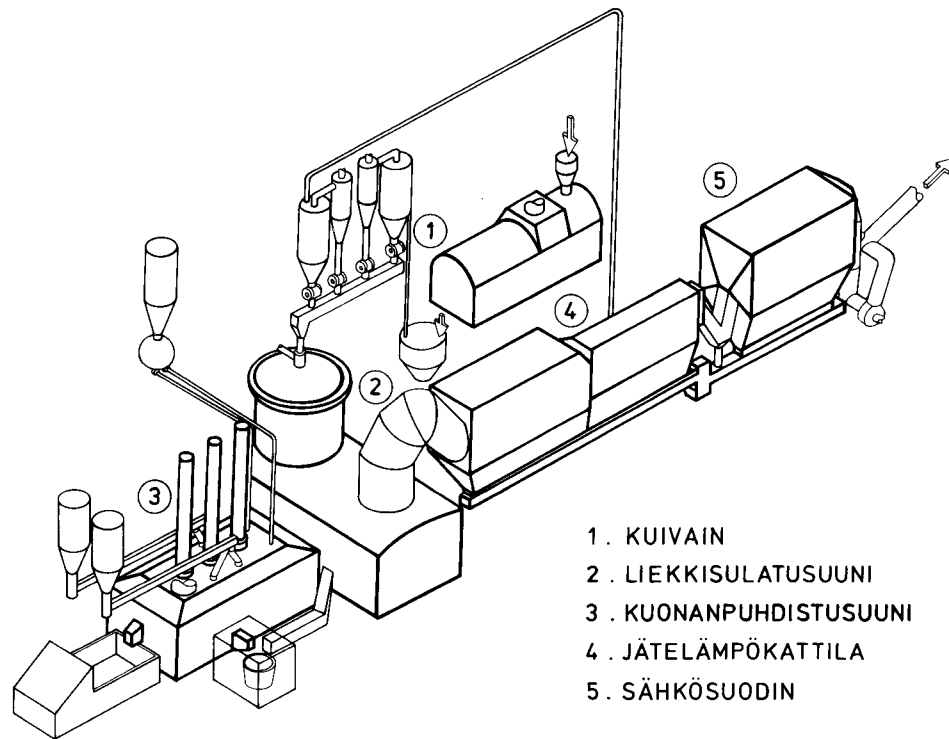
Liekkisulatusuunissa muodostunut lyijy lasketaan jatkuva-toimisesti yhdessä kuonan kanssa välittömässä läheisyydessä olevaan sähköuuniin, jossa kuonan lyijy ja muut arvometallit pelkistetään hiilipölyn avulla. Raakalyijy ja kuona lasketaan sähköuunista samoin jatkuva-toimisesti ja kuona rakeistetaan vedellä. Sähköuunin kaasu sisältää runsaasti hiilimonoksidia ja vetyä ja sitä voidaan käyttää polttoaineena prosessin muissa osissa.

### Lyijyn liekkisulatuksen erityispiirteet

Lyijyn saantia suoravalmistuvaiheessa alentaa lähinnä lyijyn liukoisuus kuonaan oksidina. Oksidiliukoisuutta kuvaa reaktioyhtälö:



**Kuva 2.** Lyijy-happi-rikkisysteemin olotilapiirros.  
**Fig. 2.** Equilibrium diagram for Pb-S-O system,  $P_{\text{SO}_2} = 1$  bar.



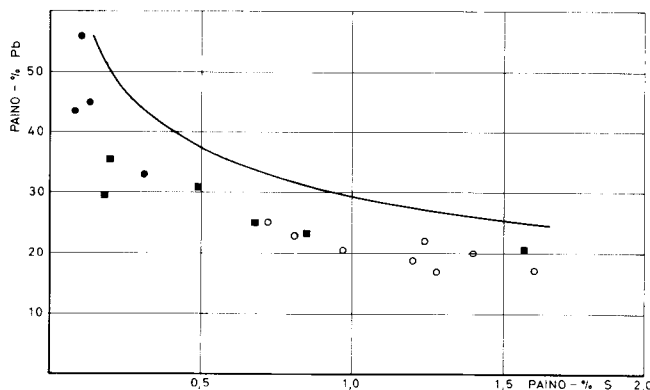
**Kuva 3.** Lyijyn liekkisulatuksen prosessikaavio.  
**Fig. 3.** Flowsheet of lead flash smelting process.

Vastaava tasapainoyhtälö on:

$$a_{\text{PbO}} = \sqrt{(a_{\text{Pb}})^3 \cdot P_{\text{SO}_2} / (K_p \cdot a_{\text{PbS}})} \quad (2)$$

Muuntamalla kaavassa esiintyvät aktiivisuudet painoprosenteiksi PbS:n ja PbO:n aktiivisuuskertoimien avulla saadaan kuvan 4 mukainen kuvaaja kuonan lyijypitoisuuden ja metallin rikkipitoisuuden välille.

Kuvaan merkityt havaintopisteet edustavat pilot plant — sulatuksen eri tasejaksoja. Tulokset osoittavat, että liekkisulatusprosessissa lyijyn saanti suoraan hapetusvaiheesta on korkea ja rikinpoistokyky hyvä. Metallin ylihapettumista ei tapahdu. Eräissä muissa suoravalmistusseissa kuonan



**Kuva 4.** Liekkiuunikuonan Pb-pitoisuuden termodynaamisesti laskettu riippuvuus raakalyijyn S-pitoisuudesta ja vastaavat pilot-koetulokset.

**Fig. 4.** Thermodynamic correlation between Pb-content of flash furnace slag and S-content of bullion and corresponding pilot test results.

lyijypitoisuus on tässä laskettua tasapainoarvoa korkeampi.

Tuotettaessa liekkisulatusmenetelmällä lyijyä hyvälaatuisesta lyijyrikasteesta (75 % Pb) metallin saanti on suoraan sulatusvaiheessa jopa yli 95 %. Erittäin köyhänkin rikasteen (28 % Pb) lyijystä suunnilleen puolet saadaan metalliksi suoraan sulatusvaiheessa ja lyijyn rikkipitoisuus on vielä hyväksyttävä.

Lyijykuonien vaikea pelkistettävyyys on ollut ongelma suoravalmistusseissa ja kehitettäessä. Pelkistäminen sähköuunissa tavanomaiseen tapaan kuonan pinnalle levitetyn kokisokeroksen avulla vaatii hyvin pitkän viipymäajan, jolloin sähköuunin tulee olla suuri [7].

Eräs tärkeimmistä tutkimuskohteista oli uuden kuonanpuhdistusmenetelmän kehittäminen. Pelkistysnopeutta saatiin huomattavasti kohotetuksi ottamalla käyttöön hiilipölyn injektointi kuonan sisään. Endotermisten pelkistysreaktioiden vaatima lämpö korvataan sähköenergialla. Liekkisulatusuunin kuona, joka sisältää 15-45 % lyijyä lasketaan jatkuvatoimisesti yhdessä liekkisulatusuunissa tuotetun lyijyn kanssa tai ilman sitä välittömässä läheisyydessä sijaitsevaan sähköuuniin. Hiilipöly injektoidaan kantokaasun avulla lanssien kautta. Hieno hiilipöly sekoitettuna kuonaan reagoi hyvin nopeasti, joten viipymäaikaa sähköuunissa on voitu alentaa. Pienentyneiden lämpöhäviöiden johdosta kuonanpuhdistuksen energian kulutus on tavanomaista pelkistystapaa alempi.

Lyijyoksidin ja ennen kaikkea lyijysulfidin sulatuslämpötiloissa korkeat höyrynpaineet aiheuttavat pölytapioita. Monissa suoravalmistusseissa useita kymmeniä prosentteja syötteen lyijysisällöstä haihtuu ja joudutaan palauttamaan kiertopölynä takaisin prosessin syötteeksi.

Rikkidioksidipitoista prosessikaasua jäähdytettäessä sen sisältämät lyijypitoiset höyryt tiivistyvät sulfidina, sulfaatteina ja oksisulfaatteina. Käytännön prosesseissa vallitsevissa happipaineissa tuloksena on pääasiassa lyijysulfaattia ja lyijyoksisulfaatteja. Sulatusvaiheessa sulfaatit taasen hajoavat, jolloin endotermiset reaktiot vaativat lämpöä ja lisäävät prosessin polttoaineen kulutusta.

Termodynaamiset laskelmat osoittavat, että rikkidioksidi-kaasuun haihtunut lyijy esiintyy korkeassa happipaineessa pääosin oksidina, matalassa happipaineessa sulfidina, joilla kummallakin on sulatuslämpötiloissa korkeat höyrynpaineet. Näiden välillä olevissa happipaineissa, lämpötilasta riippuen happipaineissa  $10^{-8}$  —  $10^{-6}$  bar, sulfidi ja oksidi reagoivat metalliksi. Koska metallin höyrynpaine on alempi kuin sulfidin ja oksidin, kaasusta kondensoituu metallista lyijyä. Kuvassa 5 on esitetty kaasumaisen lyijyn pitoisuus vakiossa lämpötilassa happipaineen funktiona.

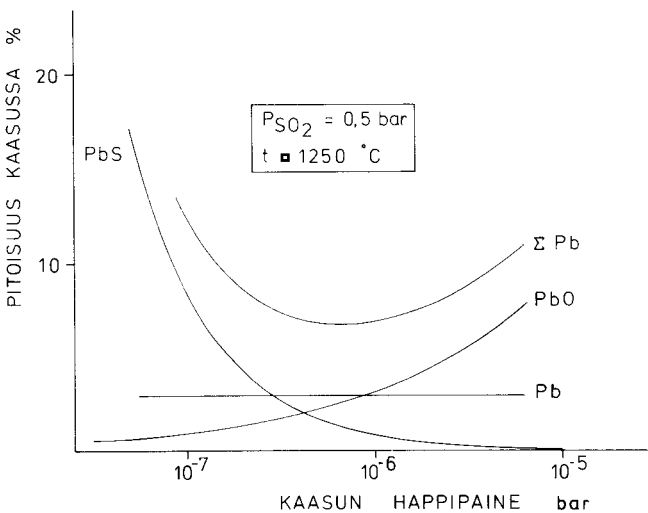
Hapetusreaktioiden aineensiirrollisten ja kineettisten hitauksien vuoksi käytännön sulatusprosesseissa kaasun happipaine on korkeampi kuin edellä kuvattu optimi lyijyn höyrystyshäviöitä ajatellen. Samaan suuntaan vaikuttaa myös pyrkimys alentaa rikkiliukoisuutta lyijyyn hapetusastetta nostamalla.

Liekkisulatusprosessin pölykierron rajoittamiseksi on otettu käyttöön happipaineen säätö reaktiokuituhapetuksen jälkeen. Alauunin loppupäähän injektoidaan pelkistimeksi hiilivetyä tai hiiltä. Syntyneen lyijysumun erottamiseksi nousukuilun alaosa on muotoiltu sykloniksi, joka palauttaa kaasusta erotetun metallisen lyijyn takaisin alauuniin ja sieltä edelleen prosessin tuotteeksi.

Pilot plant-koeajoissa kaasun happipaineen säätämiseen käytettiin butaanikaasua. Kuvassa 6 olevat käyrät esittävät optimaaliseen happipaineeseen säädetyn kaasun lyijy-yhdisteiden summaa lämpötilan funktiona. Käyrästäön merkityt pisteet edustavat havaintoarvoja pilot plant-kokeiden tasejaksojen ajalta. Avoimilla ympyröillä merkityt tulokset on saatu sulattamalla köyhää lyijyrakastetta, jolloin pölymäärää on todennäköisesti kontrolloinut haihtuminen hapetusvaiheessa.

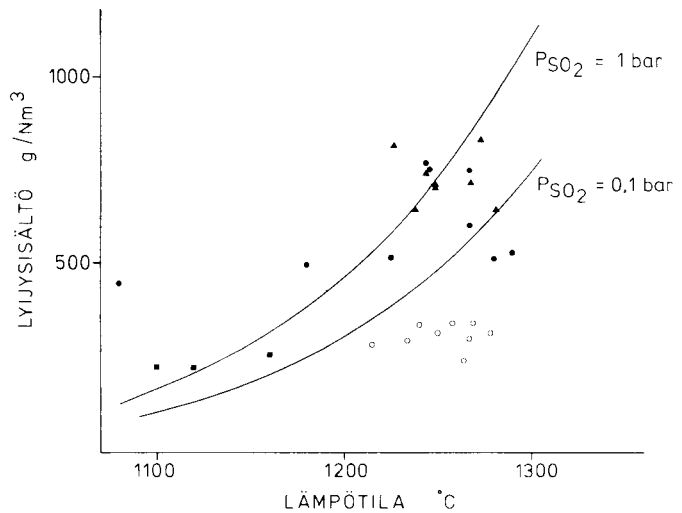
Lyijyn liekkisulatusmenetelmällä vältetään tavanomaisen sintraus-kuilu-uuniproessin pahimmat haitat. Suoravalmistuseriaatteesta johtuen rikasteen palamislämpö voidaan käyttää hyväksi sulatuksessa. Tiivistä laitteistosta ja pienestä kaasumäärästä johtuen lyijypitoisten huuруjen emissio ympäristöön ja työilmaan on vähäistä.

Lyijyoksidin liukoisuus primäärikuonaan on liekkisulatusmenetelmässä alempi ja lyijyn saanti autogeenisessä sulatus-



**Kuva 5.** Kaasun lyijysisällön riippuvuus happipaineesta tasapaino-olosuhteissa,  $P_{SO_2} = 0,5$  bar ja  $T = 1250^\circ C$ .

**Fig. 5.** Correlation between lead content of gas and oxygen partial pressure in thermodynamic equilibrium,  $P_{SO_2} = 0,5$  bar ja  $T = 1250^\circ C$ .



**Kuva 6.** Kaasun lyijysisällön riippuvuus lämpötilasta optimaalissa happipaineessa sekä vastaavat pilot-koetulokset.

**Fig. 6.** Dependence of lead content of gas on temperature at optimum oxygen partial pressure and corresponding results of pilot tests.

vaiheessa korkeampi kuin muissa suoravalmistuseriaatteissa. Ainoastaan pieni osa lyijystä tuotetaan kuonanpuhdistusprosessilla. Energian kulutus on alhainen. Ulkopuolista energiaa tarvitaan tavanomaisen sähkönkulutuksen lisäksi vain hapen valmistamiseen ja kuonan puhdistamiseen.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *E/MJ Staff*, Eng. Min. Jour. 177 (1976), pp. 87
2. Woods, S.E., Temple, D.A., Trans. Inst. Min. Met. (London), 74 (1964-1965), pp. 297-318
3. Schumann, R., Jr., Pei-Chen Chen, Palanisamy, P., Sarma, D.H.R., Met. Trans., (1976), vol. 7 B, pp. 95-101
4. Chaudhuri, K.B., Koch, M., Paschew, P., Patino, J.L., Erzmetall, Bd. 32 (1979) No. 718, pp. 330-331
5. Pettersson, S., Lindqvist, G., Erzmetall 35 (1982) pp 189-191
6. Fisher, P., Blum, W., Maczek, H., AIME Annual Meeting, February 1982, TMS Paper A 82-17
7. Fontainas, L., Maes, R., Lead-Zinc-Tin '80, The 109th Annual Meeting, February 1980, Nevada, pp. 375-393

## SUMMARY

### FLASH SMELTING OF LEAD CONCENTRATES

The flash smelting process developed by the Outokumpu Company has achieved during the last two decades a dominating position for smelting copper concentrates. The same technique has been successfully applied to the treatment of nickel and pyrite concentrates as well. A process application for producing lead has now been developed.

The lead flash smelting process is a direct smelting method, by which a high lead recovery can be reached already in the autogenous smelting stage performed by using tonnage oxygen or oxygen enriched air. Only a minor part of the lead contained in the feed is produced in the slag cleaning stage. For these reasons and also for the high efficiency of the slag reduction process developed, the energy consumption is low. Extraneous energy is needed only for the production of technical oxygen and for the slag reduction. Because of the small process gas volume and the tight equipment the new standards of environmental protection and industrial hygiene can easily be met.

# Lasikuitu ja sen ominaisuuksia

TkT Pentti Järvelä, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere

## LASIKUIDUN HISTORIAA

Ihmisen käyttämistä materiaaleista pääosa on alkujaan ollut komposiittimateriaaleja. Tähän on syynä ollut usein riittämättömän teknologia puhtaiden materiaalien valmistamiseksi. Tavallaan näin on käynyt myös lasin valmistuksen historiassa. Ensimmäiset ihmisen tuntemat lasikappaleet ovat olleet sulasta muodostuneita lasipisaroita. Näiden kohdalla ei voitane puhua varsinaisesti vielä teknisestä lasista, sillä pisaroiden käyttö rajoittui koristetarkoituksiin. Seuraavassa vaiheessa ihminen oppi vetämään lasipisarasta kuituja. Näistä kuiduista hän valmisti ensimmäiset lasiesineet kiertämällä kuituja hauraan savikeernan ympärille ja tämän jälkeen polttamalla esine lämmössä. Tämän polton vaikutuksesta lasikuidut sintraantuivat yhteen muodostaen yhtenäisen tiiviin lasiesineen hauraan keernan poiston jälkeen.

Tämän jälkeen lasikuidun historiassa tulee tuhansien vuosien kehityskatko, ennen kuin lasikuitua opittiin valmistamaan suoraan sulasta lasista. Vasta 1600-luvulla syntyivät seuraavat ajatukset lasikuidun teknisestä käytöstä. Ranskalainen Reaumur esitti lasikuidun käyttöä tekstiilien raaka-aineena. Ideana tämä oli täysin käyttökelpoinen, mutta törmäsi siihen tosiasiaan, että silloisella tekniikalla ei kyetty valmistamaan riittävän ohuita kuituja.

Seuraava askel lasikuidun kehityshistoriassa tapahtui 1890-luvulla, jolloin valmistettiin ensimmäiset kaupalliset lasikuidut. Kuitenkin lasikuidun todellinen kehitys alkoi 1930-luvulla Yhdysvalloissa, jossa syntyi yhtiö Owens-Corning Fiberglass Corporation. Ensimmäiset polyesteripohjaiset E-lasikuitukomposiitit tulivat markkinoille 1935. Tästä eteenpäin on kyseinen yhtiö hallinnut koko maailman lasikuituteknologian kehitystä lähes monopolina. Eurooppaan ensimmäiset lisensit ostettiin 1950-luvun alussa.

## LASIKUIDUN VALMISTUS JA OMINAISUUDET

### Valmistus

Normaalisti lasikuitu valmistetaan suoraan luonnon raaka-aineista sulattamalla ja vetämällä sulasta lasista. Lasin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa huomattavasti raaka-ainekoostumuksen välityksellä, jolloin valitaan lasin tyyppi (A, C, E, S-lasit).

Varsinaisessa valmistusprosessissa voidaan vaikuttaa lasikuidun ominaisuuksiin sulan lasimassan viskositeetin välityksellä. Samoin lasin tiheyteen ja viskositeettiin voidaan vaikuttaa lasimassan sulanaoloajan välityksellä. Kuidutukseen vaikuttaa myös kuidutukseen käytettävän suuttimen muotoilu. Saatavan kuidun ominaisuudet ovat tulos sulan lasin ominaisuuksista (tiheys, viskositeetti) ja itse kuidutuksesta (kuidun jäähtyminen). Tässä vaiheessa myös yleensä suoritetaan valmiin kuidun pinnoitus.

Periaatteessa lasikuitua valmistetaan jatkuvana ja katkokuituna. Jatkuvalle kuidulle on ominaista sen tasalaatuisuus, jonka takia sitä käytetään hyvin paljon muovien lujitteena. Toisaalta lasikuitua valmistetaan katkokuituna monilla eri menetelmillä. Tällöin kuitu on epähomogeenista ja sen pääasiallinen käyttö on eristemateriaalina.

### Ominaisuudet

Tässä tarkastellaan lasikuitujen lujuusominaisuuksia, joiden suhteen on todettava, että tulokset eri lasilaaduilla ovat hyvinkin erilaisia.

Voidaan jopa sanoa, että lasin tapauksessa on perustavaa laatua olevia ristiriitaisuuksia jo rakenteen mikrotasolla asti. Rakenteellisesti lasi on määritelty "kiteettömäksi kiinteäksi aineeksi", jonka pohjalta lasi kattaa hyvin suuren materiaali-ryhmän. Toisaalta voidaan väittää, että kaikki kiinteät aineet saadaan kiteettömiksi sopivalla jäähdytyksellä.

Lasin teoreettinen lujuus on alueella  $2 \dots 4 \cdot 10^4$  N/mm<sup>2</sup> sekä vedossa että puristuksessa, joissakin tapauksissa vielä tätäkin suurempi. Lasin pintavirheet alentavat tätä lujuutta käytännössä useita kertaluokkia ( $10^3 \dots$ ). Sisäisiä ns. Griffithin säröjä ei ole olemassa, vaan ne ovat pintavirheitä tai kontaminaatio-ilmioita pinnalla.

Lasissa saattaa olla sisäisiä virheitä (kaasuerkaumia jne.), joilla on todettu olevan vaikutusta lujuuksiin jo kokoalueella  $10 \dots 100$  Å. Lasin lujuuteen liittyy olennaisena osana ns. staattinen väsyminen, jolla tarkoitetaan kuormitetun lasin murtumista ajan funktiona. Tämän ilmiön on todettu olevan riippuvainen pinnan virherakenteesta ja ulkoisesta atmosfääristä. Ilmiön esitetään olevan ulkoisen kosteuden indusoimaa.

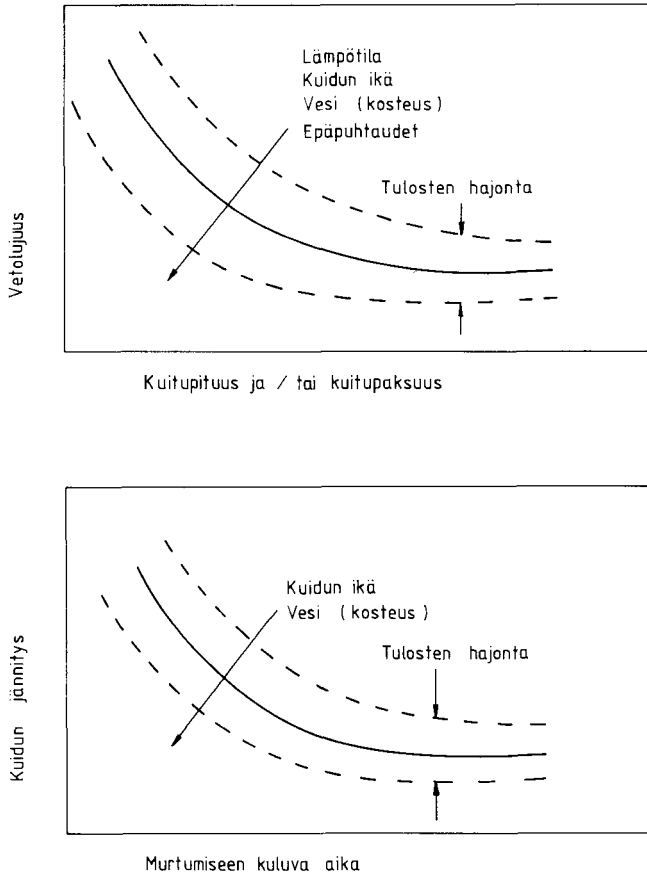
Lasilla (kuitu) on todettu olevan huomattavan suuren plastisen muodonmuutoksen esimerkiksi vedossa ja kuitenkin lasin murtuminen tapahtuu aina hauraasti. Tämä on yhä vielä eräs suurimmista selvittämättömistä ongelmista.

Lasin ja lasikuidun ominaisuuksille on ominaista mitattujen arvojen suuri hajonta. Normaalisti havaittu hajonta selitetään johtuvan lasin epähomogeenisuudesta, mutta osa virheestä johtuu myös koestusmenetelmistä. Tällaisia tekijöitä on esimerkiksi taivutuksen mukanaolo vetokokeessa ja kuidun vahingoittuminen pinnaltaan jossakin kokeen vaiheessa.

Pitkälti voidaan yleisesti todeta, että lasin ominaisuudet makroskooppisessa mittakaavassa ovat samat. Suurimmat eroavuudet aiheutuvat lähinnä erilaisista jähmettymisolosuhteista ja virherakenteista sekä kuidun suuremmasta yksikköpinta-alasta.

Käytön kannalta lasin pinta on tärkeä osa tutkittaessa lasin käyttöä muiden materiaalien kanssa. Puhdas lasipinta "reagoi" erittäin nopeasti ulkoisen atmosfäärin kanssa, josta syystä pinnalle syntyy vedestä ja muista epäpuhtauksista koostuva kerros. Tästä syystä jo valmistusvaiheessa lasikuidun pinta suojataan sopivalla seizing-aineella.

Kuvassa 1 on esitetty kaaviollisesti lasikuidun tärkeimmät lujuusominaisuudet ja niiden riippuvuus eri tekijöistä. Riippuvuudet voivat vaihdella runsaasti eri lasilaatujen välillä. Taulukossa I on esitetty joidenkin tärkeimpien lasien kemiallinen koostumus.



**Kuva 1.** Lasikuidun vetolujuuden ja staattisen väsymisen perusriippuvuudet. Riippuvuudet voimassa lasikuiduille käytännön olosuhteissa (optimaalisesti valmistetun lasikuidun vetolujuus riippumaton kuitupaksuudesta neitseellisessä tilassa välittömästi vedon jälkeen).

**Fig. 1.** The dependence of glass fibre tensile strength and static fatigue on other factors. The correlations are valued only in practice (tensile strength of a fresh drawn glass fibre nearly constant).

### Käyttö

Lasikuitua käytetään nykyisin hyvin moniin eri tarkoituksiin. Seuraavaan on koottu joukko lasikuidun käyttökohteita (ei määrä- eikä tärkeysjärjestystä):

- lujitteena muovikomposiiteissa,
- lasihuovan perusmateriaalina,
- kuituoptiikka,
- öljyntorjuntamateriaalina,
- palontorjuntamateriaalina,
- eristysmateriaalina,
- korvatulppina,
- seinien pintamateriaalina,

Näissä eri kohteissa lasikuidulta vaaditaan hyvin monia eri ominaisuuksia ja tämän vuoksi lasikuitua valmistetaan eri lasilaaduista. Tässä suhteessa hyvin monissa standardeissa mainitaan E-kuitu ainoaksi oikeaksi kuitumateriaaliksi. Kuitenkin monissa tarkoituksissa riittäisivät myös muut halvemmat kuitumateriaalit.

### LASIKUITUTUTKIMUS TAMPEREEN TEKNILLISESSÄ KORKEAKOULUSSA

Tutkimus TTKK:n Materiaaliopin laitoksella on lähinnä keskittynyt lasivilla-fenolihartsikomposiitin rakenteen ja ominaisuuksien määrittämiseen hyvin suurella tiheysalueella. Toisaalta on rinnalla kehitetty menetelmä kyseisten hartsien ja kuitujen välisen sidoksen lujuuden mittaamiseksi. Näiden töiden ohella on jonkin verran määritetty myös pelkkien kuitujen lujuusarvoja. Seuraavassa on hyvin lyhyt yhteenveto osasta tähänastisista tuloksista.

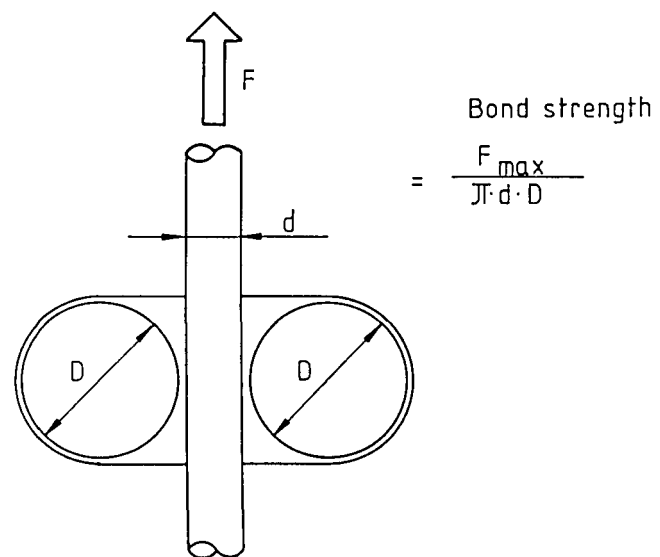
#### Lasikuidun lujuusarvot

Lasikuidun vetolujuuden ja puristuslujuuden on todettu olevan riippuvaisia esimerkiksi kuitupaksuudesta, kuitupituudesta, vetonopeudesta ja kuitumateriaalista. Lasikuidulla on todettu olevan samantyyppisiä staattisen väsymisen ilmiöitä kuin makroskooppisellakin lasilla.

Jännitysvenymäkäyrän mittaamiseksi lasikuiduilla on kehitetty laitteisto vetokokeen suorittamiseksi scanningelektronimikroskooppissa.

#### Kuitu-hartsin sidos

Sidoksen lujuutta on mitattu kuvassa 2 esitetyllä menetelmällä. Tällä menetelmällä on määritetty sidosloujuuksia monilla eri kuitu-hartsin kombinaatioilla ja saavutetut tulokset ovat olleet sopusoinnussa muilla menetelmillä ja valmiilla komposiiteilla määritettyjen arvojen kanssa.



**Kuva 2.** Menetelmä yksittäissidoksen lujuuden määrittämiseksi lasikuidun ja hartsin välillä.

**Fig 2.** A method to determine the bond strength between glass fiber and resin.

**Taulukko 1.** Eräiden tekstiililasikuitujen tyypillisiä koostumuksia ja ominaisuuksia.

**Table 1.** Typical compositions and properties of different kind of glass fibres.

	Lasityyppi							
	A	A	C	D	E	R	S	M
Pitoisuudet (p-%)								
SiO <sub>2</sub>	72.5	67.5	65.0	74.0	54.5	60.0	64.0	53.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	} 1.5	3.5	} 4.0		14.5	25.0	26.0	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.5		0.2	0.5	0.3	0.2	0.5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1.2	5.0	22.5	7.5			
CaO	9.0	6.5	14.0	0.5	17.0	9.0		13.0
MgO	3.5	4.5	3.0	0.2	4.5	6.0	10.0	9.0
BaO			1.0					
BeO								8.0
ZrO <sub>2</sub>								2.0
TiO <sub>2</sub>					0.1	0.2		8.0
CeO <sub>2</sub>								3.0
Li <sub>2</sub> O								3.0
K <sub>2</sub> O		3.5	8.0	1.5	} 0.8	0.1		
Na <sub>2</sub> O	13.0	13.5	0.5	1.3		0.4	0.3	
Tiheys (kg/m <sup>3</sup> )	2480	2500	2490	2160	2540	2500	2490	2890
Vetolujuus (N/mm <sup>2</sup> )	2450	3200	3400	2460	3500	4750	4900	3500
E-moduli (N/mm <sup>2</sup> )	70000	60000	70000	55000	77000	8600	8700	11700

Tämän menetelmän mukaisen sidoksen koestaminen on mahdollista scanningelektronimikroskoopiin rakennetun vetolaitteen avulla.

#### Kevyet komposiitit

Tässä on tutkittu lasivilla-hartsin komposiitteja tiheysalueella 10...40 kg/m<sup>3</sup> hartsipitoisuusalueella 1...13 p-%. Näillä komposiiteilla on tutkittu pitkälle rakenteen ja ominaisuuksien välisiä yhteyksiä.

Työssä on kehitetty menetelmä, jolla ainettarikkomattomalla menetelmällä on kyetty määrittämään ainettarikkovien menetelmien tuloksia. Periaatteessa käytettyä menetelmää voidaan käyttää tällaisten materiaalien valmistuksen ohjaamiseen suoraan linjalla.

#### KIRJALLISUUS — REFERENCES

- L.D. Pye, H.J. Stevens, and W.C. La Course, Introduction to Glass Science, Plenum Press, New York, 1972.  
 Robert H. Doremus, Glass Science, John Wiley & Sons, New York, 1973.  
 F.W. Andereg, Ind. Eng. Chem. **31**, 290 (1939).  
 W. Eitel und F. Oberlies, Glastechn. Ber. 15 Jahrg. Heft. 6, (1937).

#### SUMMARY

#### GLASS FIBER AND ITS PROPERTIES

Glass fiber is the most used fibre reinforcement in reinforced plastics based on its good qualities and low price. The use is especially wide in polyester based composites.

Glass fiber and, especially, glass has a very long history as a technical material, but still the correlations between the structure and properties of glass fiber are not completely known. In the case of composites there are a lot of unsolved questions and mainly they are concentrated on the boundary surface of the fibre-resin, and the bond.

The glass fibre research at Tampere University of Technology is strongly concentrated to study the dependencies between the structure and properties of glass wool based composites. Along with this objective, the properties of fibres and bonds were determined, and these enabled to solve the behaviour of the composites.

# Karl Forsström Ab — 100 vuotta

**Kotiseutuneuvos Boris Saarmaa, Förby**

Vanhin säilynyt asiakirja maamme muinaisista kalkkiesiintymistä on peräisin vuodelta 1329, jolloin muinaiset ”särkisaloiset” Olle Före Förbyn kylästä, Agmund Casse Karlsö’stä ja Håkan Saeksalasta lahjoittivat omistamansa Krakanesin kalkkivuoren Turun Pyhän Marian ja Pyhän Henrikin kirkolle ”omiensa ja vanhempiensa sielujen autuuden tähden”. Lahjoituksen vastaanottivat tuomiokirkon puolesta piispa Pentti (Benedictus) ja kaniikki Hemminki. Edelleen tiedetään, että Turun tuomiokirkon kivinen kastemalja on valmistettu Förbyn valkoisesta kalkkikivestä 1400-luvulla, ja 1550-luvulla on kemiöläinen kivenveistäjä Antonius veistellyt Turun linnan nunnakappelin koristepylväät Katariina Jagellonian pyynnöstä Förbyn valkoisesta kalkkikivestä. Förby ja sen häikäisevän valkoinen kalkkikivi ovat keskiajalta saakka olleet tunnettuja.

## MAAMME KALKKITEOLLISUUDEN KEHTO

Helmikuun 7. päivänä 1850 syntyi Förbyssä rusthollari Karl Enoch Forsström’ille poikalapsi, joka kastetilaisuudessa sai nimekseen Karl Theodor. Kukaan ei aavistanut, että tästä pojasta oli kehittyvä kotiseutunsa kalkkiesiintymien hyväksikäyttäjä aivan toisessa mittakaavassa kuin muinaiset piispa Hemminki 1300-luvulla ja kivenveistäjä Antonius 1500-luvulla (kuva 1). Jo poikavuosinaan paloi tämän lahjakkaan nuorukaisen mieli merille, elämän houkuttelevalle, suolaiselle virralle. Ennenpitkää muodostui nuorukaisen lempikirjaksi Ekelund & Ljunggrenin ”Lärbok i Navigations-Vetenskapen”, jota hän usein kuljetti mukanaan kulkiessaan kotiseutunsa laivaveistämöillä tutustumassa laivanrakennuksen salaisuuksiin. Siksi ei ole yllättävää, että Karl Forsström jo 21-vuotiaana suoritti senaattitutkinnon merenkulussa, joka oikeutti rusthollaripojan toimimaan kapteenina Itä- ja Pohjanmerellä kulkevissa kauppalaivaston purjealuksissa. Purjehdus ja tutustuminen vieraisiin maihin ja kansoihin on lyönyt leimansa ei vain aina auttamaan valmiiseen Karl Forsströmiin vaan myös saaren asukkaisiin, joille jatkuvastikin on ominaista yhteenkuuluvaisuuden tunne ja rakkaus kotiseutuun. Kun 1930-luvulla vaikeina kieliriidan vuosina kysyttiin paikkakuntalaiselta, mitä kieltä hän puhuu, oli vastauksena ylpeä: ”se on jemt se sama.” Kun tiedämme Förbyn kapteenin toimineen elämänsä aikana kahdenkymmenenviiden aluksen isäntänä ja usein myös kapteenina, voimme tänään vain ihmetellä, mikä sai hänet vuonna 1880 jättämään aktiivisen merenkulun. Tärkeimpänä syynä lienee ollut talonpaikaispurjehdukseen hiipi-

nyt kannattamattomuus verrattuna voimistuvaan höyrylaiva-liikenteeseen. Paikkakuntalaisten valtavasta pettymyksestä talonpoikaispurjehduksen romahtaessa kertoo laulu, jota alakuloisina laulettiin torpissa ja kartanoissa: ”Och briggen Carolina från Finby hon var, med stor sorg och saknad från henne jag far...” Talonpoikaispurjehduksen loppuessa syttyivät kalkkimilujen tulet saaren rannoilla. Tämän taidon olivat förbyläiset oppineet purjehdusmatkoillaan Gotlannissa, ja kalkkiesiintymistä-hän ei ollut puutetta.



**Kuva 1.** Karl Theodor Forsström.

**Fig. 1.** Karl Theodor Forsström, founder of the Karl Forsström Co.



## MAAMME KALKKITEOLLISUUDEN URANURTAJA

Elämänsä tässä vaiheessa osoitti Karl Forsström huomattavaa ennakkoluulottomuutta ja mielikuvituksen rikkautta. Talonpoikien kalkkimiilujen hehkussa lienee syntynyt ajatus kalkin merkityksen kasvusta ja ettei isien yksinkertainen kalkinkäsittely koskaan voisi tyydyttää jatkuvasti kasvavaa kalkin tarvetta. Kotikartanonsa Förbyn kartanon sekä maaostojen ja vuokrasopimusten turvin perusti Karl Forsström joulukuun 15. päivänä 1882 Förby Kalkbruksaktiebolag nimisen perheyhtiön, ryhtyen ensimmäisenä Suomessa polttamaan kalkkia teollisessa mittakaavassa (kuva 2). Förbyn Vähämaan rantaan rakennettiin kalkinpoltoa varten sylinteriuuni ja viereisessä kalkkisuonessa oppivat merimiehet uuden ammattin — kalkin louhinnan. Jo ensimmäisenä toimintavuotena saatiin 1000 tonnia poltettu kalkkia. Verrattuna kalkkimiilujen tuotantomääriin on tulos ollut huimaava. Tänä päivänä voimme vain arvata, mitä tämä ensimmäisen toimintavuoden tulos on merkinnyt mielikuvitusrikkaalle, tarmokkaalle ja optimistiselle Förbyn kapteenille. Kalkinpolton jatkuessa Vähämaankaulassa aloitti Forsström kalkkiesiintymiä sisältävien uusien maa-alueiden oston ja vuokraamisen todetessaan poltetun kalkin tarpeen jatkuvasti kasvavan.

Vuonna 1897 perusti Karl Forsström "filiaalini" Lohjalle, jossa hänen poikansa Petter suoritti elämäntyönsä Lohjan kalkkitehtaan toimitusjohtajana. 1890-luvulla vei Karl Forsströmin uskomaton toimintatarmo hänet Ruskealaan suorittamaan rakennus- ja käyttölaskelmia Oy Ruskealan Marmorian varten. Förbylle onneksi Forsström luopui hänelle Ruskealas-

sa tarjotusta isännöitsijän tehtävästä. Jo aikaisemmin 1880-luvulla oli Karl Forsström kiinnostunut sementin valmistuksesta Saviolla, jonne hän toimitti Förbystä sekä kalkkia että savea. Savion sementin kelpoisuudesta kertoo tänä päivänä Förbyn kartanon navetan seinään aikoinaan maalattu vuosiluku 1886. Koska Savio oli liian kaukana ja työtä tuntui olevan riittävästi Förbyssäkin, luopui Karl Forsström sementin valmistuksesta. Jo 1904 oli Vähämaankaulan sylinteriuuni vanhentunut ja Förbyn rantaan valmistui huippumoderni kuilu-uuni, jollaisen Forsström oli rakennuttanut käyttökuntoon Lohjalle jo v. 1897 ja jonka muuraustyössä "Kalkki-Petter" oli ollut mukana. Kuilu-uunin vuosikapasiteetti nousi jo 5000 tonniin.

Kauppa, merenkulku, teollisuus, maanviljelys ja metsänhoito, kaikilla näillä aloilla Forsström oli edelläkävijä kotipiitajässään. Lappo ja kirves loivat peltoa ja metsät antoivat tukkeja uusia myllyjä, krosseja ja asuinrakennuksia varten. Kalkki lisäsi pellon satoa ja kalkista kehitettiin muurilaastia rakennustyöhön. Vuonna 1914 kirjoitti kirjailija Ernst Lampén Karl Forsströmistä: "Hän oli kotiseutunsa synnynnäinen johtaja taloudellisissa, valtiollisissa ja sivistyksellisissä kysymyksissä. Uskonnollisesti herkkänä hän vaati nuhteetonta järjestystä sekä pitäjässään että kodissaan."

Karl Forsströmin puolisoa Oliviana (s. Eklund) kirjoitti prof. Henrik Renqvist HBL:ssä helmikuun 7. päivänä 1950: "Oliviana Eklundilla ei ollut aarteita morsiuskirstussaan. Hänellä oli jotakin arvokkaampaa: kirkas ymmärrys ja epätavallinen työkyky." Tähän olisi vielä lisättävä hyväntuulisuus, taloudellisuus ja syvä vastuuntunto. Aviopuolisot olivat luonteeltaan erilaisia. Yhteisenä piirteenä heissä molemmissa oli



**Kuva 2.** Kalkinpolttaja, taustalla Förbyn ensimmäinen kalkkiuuni.  
**Fig. 2.** Lime burner, in the background Förby's first lime kiln.

syvälinen huolenpito perheyhtiöstä, työntekijöistä ja eläkeläisistä. Kun se tapahtui aikana, jolloin sosiaaliseen huolenpitoon ei kiinnitetty huomiota, on se ollut sitä merkittävämpää.

Karl Theodor Forsström kuoli huhtikuun 27. päivänä 1912, jolloin koko pitävä oli saattamassa suurta poikaansa haudan lepoon. Förbyn marmorin kaiversivat vuorenlouhijat kiitoksensa: "Av arbetare på Förby".

Oikeutetusti on Karl Forsströmiä kutsuttu maamme kalkkiteollisuuden uranuurtajaksi. Hänen elämänsä uskollisin ystävä seurasi puolisoaan haudan lepoon 13 vuotta myöhemmin.

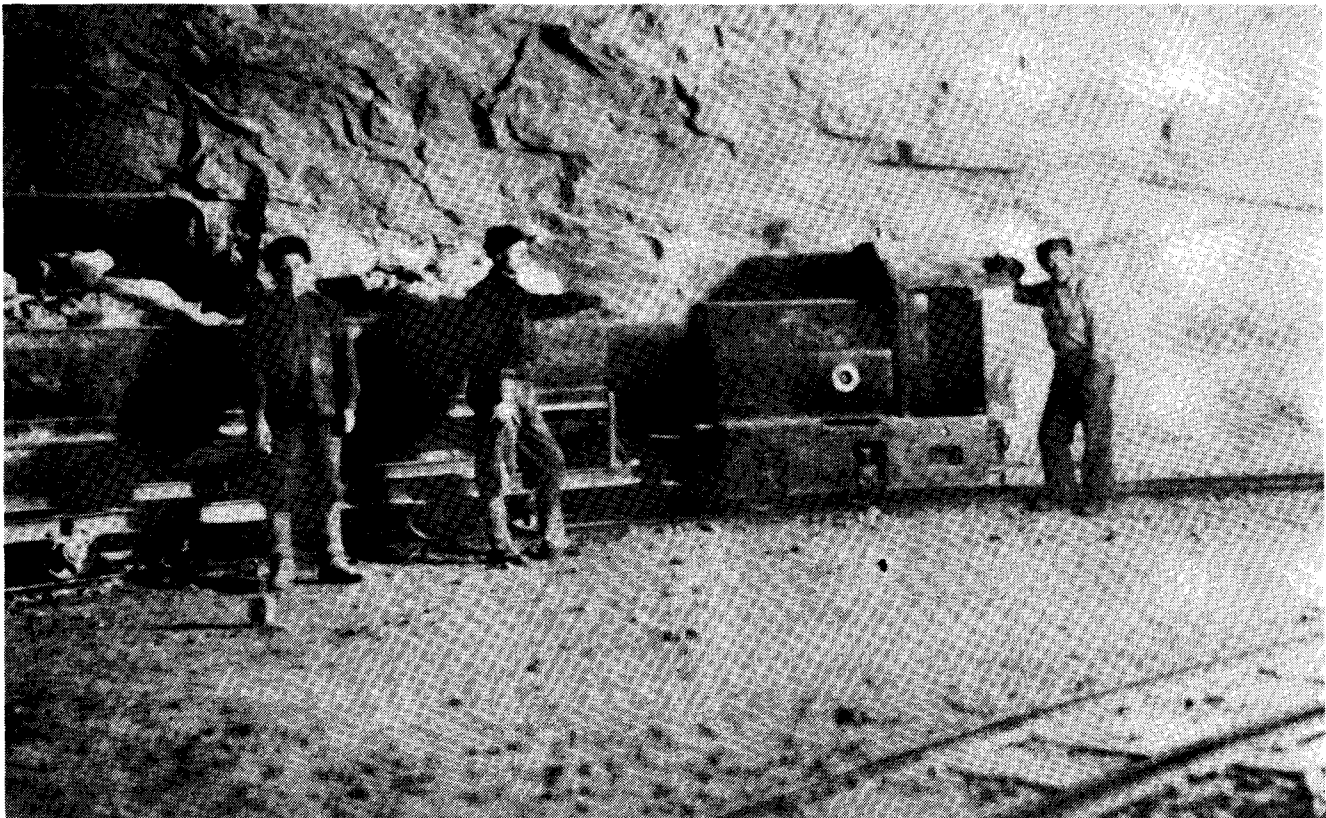
### **FÖRBYN RUUKIN KEHITYS VUOSINA 1912—1953**

Karl Forsströmin kuoleman jälkeen jatkui vireä kehitys Förbyssä. Perustajansa toivomuksen mukaisesti sai perheyhtiö 1915 nimekseen — Karl Forsström Aktiebolag. Samana vuonna nimitettiin DI Fredrik Forsström isänsä jälkeen perheyhtiön toimitusjohtajaksi. Förbyn ruukkikauden johtajina toimivat kolmenkymmenen seitsemän vuoden aikana edellämäintun lisäksi maisterit Filip Forsström (KF:n nuorin poika) ja Bertel Söderström (KF:n tyttären poika). Tänä aikana käytiin maassamme kolme sotaa, mikä oli omiaan hidastuttamaan kehitystä ja vaikeuttamaan kipeästi kaivattua rationalisointia. Kun vuosina 1939 — 45 suurin osa Särkisalo-Finbyn työkykyisten ikäluokkien miehistä oli kutsuttu rintamapalvelukseen, on pidettävä suorastaan ihmeenä, että tuotanto edes tydyttävästi voitiin pitää käynnissä.

Tämän sitkeän ja etevän johtajakolmikron ansioksi mainittakoon maatalouden- ja metsänhoidolliset kehittämistoimenpiteet sekä Förbyssä että Petussa, louhinnan ja kalkinpolton

aloittaminen Wästanfjärdissä, kuten myös kauppalaivaston laajentaminen. Fredrik Forsström oli isänsä poika, laajakatseinen ja rohkeiden suunnitelmien mies. Tällaiseksi suunnitelmaiksi muodostui Wästanfjärdissä kalkkiteollisuuden rakentaminen. Vuonna 1929 valmistui Wästanfjärdin Lammalan maamme suurin ja uudenaikaisin nk. kehäuuni joka toimi ikuisen tulen periaatteella. Lammalan louhoksilta rakennutti Fredrik Forsström 3 km pituisen köysiradan kalkkiuunille, joka aikoinaan sai mestarillisena työnä suurta huomiota ja kiitosta osakseen. Kun yllättäen Lammalan kalkkikivi muuttui syvemmälle mentäessä dolomiittipitoiseksi, oli louhinta lopetettava, koska dolomiitti ei soveltunut selluloosateollisuudelle tarkoitetun kalkin polttoon. Onneksi perheyhtiölle oli jo 1922 varmistettu vuokrasopimuksin louhintaoikeus Wästanfjärdin Illon kalkkiesiintymiin. Niinpä vuonna 1939 siirrettiin köysirata kulkemaan Illostä Lammalan kalkkiuunille. Illossa louhinta jatkui avolouhoksia koskevien määräysten sallimaan suurimpaan syvyyteen. Kun kalkkisuonien laatu huonontui, lopetettiin kalkinlouhinta ja -poltto Wästanfjärdissä 1949.

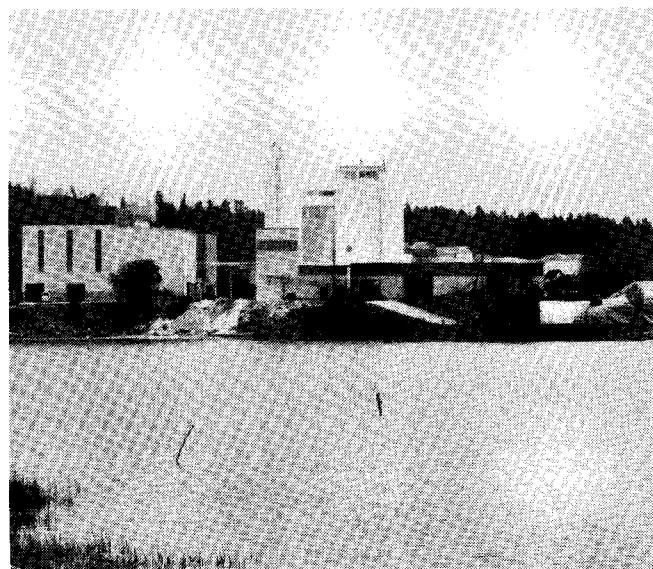
Filip Forsström oli perinyt isältään suuren kiinnostuksensa metsänhoitoon. Kiitos hänen ja silloisen metsäylioppilas Torsten Ranckenin käynnistettiin vähän ennen ensimmäistä maailmansotaa Förbyssä ja Petussa järkipäinen metsänhoito, joka tuli kauan olemaan esikuvana koko maakunnassa. Ulkomaisilla puulajeilla on harjoitettu laajaa ja menestyksellistä koetoimintaa. Vielä tänä päivänä pyrkivät monet retkikunnat ulkomaita myöten tutustumaan Förbyn ja Petun metsänhoidollisiin saavutuksiin. Viimeinen ruukinpatruuna tästä etevästä kolmikosta oli maisteri Bertel Söderström. Hänet nimitettiin perheyhtiön toimitusjohtajaksi 1937, muutamia vuosia ennen toisen maailmansodan syttymistä. Jo ennen häntä oli Fredrik Forsströmin aikana siirrytty Förbyssä maanalaiseen kaivostoimintaan, jota Bertel Söderströmin aikana jatkettiin (kuva 3).



**Kuva 3.** Kaivoksen kuljetuskalustoa n. 40 vuotta sitten.  
**Fig. 3.** Scene from limestone quarry some 40 years ago.

Kaivoksessa maan uumenissa rakennettiin laaja kiskoverkosto. Kalkkikivi lastattiin kippivaunuihin, joita veti dieselveturi kuljettaen kivellä lastatut vaunut kuilulle. Kalkkikivi nostettiin maan pinnalle rikottavaksi ja lajiteltavaksi sekä edelleen kuljetettavaksi kalkkiuunille ja eri tehtaisiin jalostettavaksi ja myytäväksi. Bertel Söderströmin aikana jatkettiin kalkinpolttoa Wästanfjärdissä kymmenisen vuotta. Sotavuosina työskenteli Lammalassa louhintatyössä 30 — 40 sotavankia. Näin tuotantoa voitiin ylläpitää tyydyttävällä tasolla. Bertel Söderströmin ansiota on mm. Förbyn kauppalaivaston laajentaminen. Siihen kuului jo 1939 2 hinaajaa ja 11 suurta rautaproomua. Nimetkin löytyivät oman perheen keskuudesta kuten "Karl", "Olivia", "Fredrik" ja "Sigvar".

Söderström kehitti aikanaan joukon huomattavia uusia kalkkituotteita, kuten ruokinta- ja kanakalkit sekä mosaiikkirouheet ja jatkoi myös maanparannuskalkin myyntiä. Kun otetaan huomioon, että hänen aikanaan oli käynnissä maassamme sekä Talvi- että Jatkosota, on pidettävä ihmeenä, että Förbyn ruukin tuotanto on voitu pitää käynnissä. Kun kehitys pysähtyy, astuvat vaikeudet esiin. Näin kävi myös Förbyssä.



Kuva 4. Tämänpäivän teollisuuslaitoksia.  
Fig. 4. Present-day production plants.

## FÖRBYN UUSI TULEMINEN

Vuonna 1953 nimitettiin perheyhtiön uudeksi toimitusjohtajaksi Fredrik Forsströmin poika Sigvar Forsström, jonka käsiin Petter Forsström uskoi uuden kalkkiteollisuuden rakentamisen ja rationalisoimisen. Tuekseen yhtiön johtokuntaan sen puheenjohtajaksi sai Sigvar Forsström veljensä vuorineuvos Börje Forsströmin. Ja näin olivat vihdoinkin edellytykset koossa Karl Forsström Ab:n historian huomattavimmalle kehitysvaiheelle, jolloin Förbyn ruukki lopullisesti muuttui uudenikäiseksi kalkkiteollisuudeksi.

Kaivoksessa siirryttiin uusin louhintamenetelmiin ja näin luotiin perusedellytykset taloudelliselle kilpailukyvyllle. Förbyn rantaan nousi teollisuuskeskus murskaimineen ja lajitte-lulaitoksineen. Kun lauttayhteys Särkisalon 500 m leveän salmen yli osoittautui kuljetuksiin nähden pullonkaulaksi, valmistui pengersilta vuonna 1963 salmen yli ja varmisti Förbyssä kehitettyjen uusien kalkkituotteiden häiriintymättömän kuljetuksen maamme teollisuudelle ja keskustukkuliikkeille.

Ja kuitenkin tämä kaikki oli vain alkua. Tuli aika, jolloin Förbyssä suunnattiin korkealaatuisen ja häikäisevän valkoisen kalkkikiven hyväksikäyttö kokonaan uusille alueille, mikrokalkin valmistukseen, johon Sigvar Forsström oli tutustunut Yhdysvalloissa. Eikä kehitys suinkaan pysähtynyt vain mikrokalkkitehtaan rakentamiseen ja käynnistämiseen. Vuonna 1976 valmistui vaahdotuslaitos, vuonna 1982 märkäjauhimo eli slurry-tehdas. Ja tänä vuonna on jo valmistunut uusi kalkkikiven nostolaitos, jolla kivi saadaan lähes 400 m syvyydestä maan pinnalle.

Vuonna 1981 perustettiin omistussuhteiden muutoksiin liittyen tytäryhtiö Oy Förby Ab, joka vastaa tuotannosta ja myynnistä, kun taas Karl Forsström Ab huolehtii kaivostoi-minnasta. Kiinteässä yhteistoiminnassa maailmanlaajuisen sveitsiläisen Plüss-Staufe AG:n kanssa on tämä perheyhtiö saavuttanut mikrokalkkisektorillaan tunnustetun aseman maamme kalkkiteollisuudessa (kuva 4).

Artikkeliin on sisällytetty vain murto-osia Förbyn historiallisesta kehityksestä ruukista nykyaikaiseksi kalkkiteollisuudeksi. Sigvar Forsströmin elämäntyö, varsinkin, kun se vielä on kesken, on kyllä tulevaisuudessa saava kirjoittajansa. Sal-littakoon kuitenkin lainaus Förbyn työläisten luottamusmiehen, kunnallisneuvos, peltiseppä Einar Hellströmin puheesta, jonka hän piti Förbyssä kesäkuun 14. päivänä 1972, jolloin tasavallan presidentti Urho Kekkonen oli myöntänyt Sigvar Forsströmille teollisuusneuvoksen nimen ja arvon: "Viime vuosisadan loppupuolella syntyneistä ruukeista romanttisine sädekehineen ja patruuna-johtajineen ovat useimmat joutuneet sulkemaan ovensa. Tältä kohtaloilta on Förbyn kalkkitehdas meidän kaikkien onneksemme säästynyt Sigvar Forsströmin tarttuessa 1953 kovin kourin asioiden kulkuun. Hänen toimitusjohtajakautenaan on Karl Forsström Osakeyhtiö läpi-käynyt toimintansa täydellimmän muodonmuutoksen. Pelkistetynä sanoisimme, että tässä valtavassa kehitysprosessissa lienee merkittävintä Förbyn kalkkiteollisuuden ohjaaminen kokonaan uusille urille. Vanhimmat työntekijät muistavat vielä liiankin hyvin niitä aikoja aina vuoteen 1955 saakka, jolloin kalkkikivi vielä rikottiin käsivoimin ja lekoin, kuten Karl Forsströmin aikana vuonna 1882 oli tapahtunut ja jolloin särkevät käsivarret yön aikana puudutettiin särkypulverilla kestämään seuraavan työpäivän raskaita ponnistuksia."

Teollisuusneuvos-anomuksen alullepanijat olivat Förbyn työläisten molemmat ammattiosastot sekä päluottamusmies. Aika harvinaista sekin.

## LÄHTEET:

Särkisalon historia (*Helge Granholm, Birger Häggholm*)  
Lojo Kalkverk 1897-1950 (*Victor Hoving*)  
Pargas Kalkbergs Ab 1898-1948 (*Peter Nyström*)  
Krakanesin arvoitus (*Boris Saarmaa*)  
Turun Ylioppilas IX (*Osmo Viitanen*)

## UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

### Kokouksessa 9.6.1983

**Forsström, Lars Erik**, FT, s. 22.11.1941. Oulun yliopisto, geologian laitos. Os: Kiitimentie 22 C 37, 90500 OULU 50. Jaosto 1.

**Friman, Esko** Kalervo, DI, s. 30.1.1946. Outokumpu Oy, Espoo. patentti-insinööri. Os: Jukolantie 14 U 108, 04200 KERAVA. Jaosto 3.

**Grönblom, Timo**, DI, s. 21.6.1955. Outokumpu Oy, Porin tehtaas. Os: Santakatu 6/1, 29200 HARJAVALTA. Jaosto 3.

**Isomaa, Jorma**, FK, s. 1.8.1949. GTL, Rovaniemi. Os: Jousimiehentie 5 A 20, 96200 ROVANIEMI 20. Jaosto 1.

**Kangas, Heikki** RJ, DI, s. 4.7.1946. Rautaruukki Oy, Raahe, kuljetusosaston päällikkö. Os: Simuliininkuja 6, 90460 OULUNSALO. Jaosto 3.

**Keinänen, Veikko** Juhani, FK, s. 20.5.1948. GTL, Rovaniemi. Os: Pihkaheikki A 14, 96800 ROVANIEMI 80. Jaosto 1.

**Kesola, Reino** FK, s. 1.11.1945. GTL, Rovaniemi. Os: Mäkiranta 8 A 8, 96400 ROVANIEMI 40. Jaosto 1.

**Kurkela, Matti** Yrjö Antero, DI, D.Dc., s. 17.10.1954. Outokumpu Oy, Terästeollisuus, Tornio, tutkimusinsinööri. Os: Pirkankatu 37, 95430 TORNIO 3. Jaosto 3.

**Kärkkäinen, Niilo**, FK, s. 13.10.1953. GTL, Rovaniemi. Os: Jousimiehentie 3, 96200 ROVANIEMI 20. Jaosto 1.

**Lystilä, Eino** Juhani, DI, s. 29.8.1946. Oy Airam Ab, Helsinki, tuulosyksikön johtaja. Os: Kuminatie 12 C, 01300 VANTAA 30. Jaosto 3.

**Makkonen, Hannu**, FK, s. 19.7.1955. GTL, Kuopio. Os: Tiiohottarentie 2 D 3, 70500 KUOPIO 50. Jaosto 1.

**Manninen, Tuomo**, FK, s. 30.8.1948. GTL, Rovaniemi. Os: Lai-naankatu 5 A 6, 96200 ROVANIEMI 20. Jaosto 1.

**Myrskog, Leif**, FM, f. 20.2.1939. Outokumpu Oy, Karleby, kemist. Adr: Runebergsgatan 45 C, 67100 KARLEBY 10. Sektion 3.

**Puhakka, Juha** Paaavo, Ins., s. 8.3.1949. Ovako Oy Ab, Imatra, valssamojen päällikkö. Os: Risuharank. 8, 55610 IMATRA 61. Jaosto 3.

**Puijola, Jouko** Leo Antti, DI, s. 1.6. 1943. Rauma-Repola Oy, Parkano, suunnittelupäällikkö. Os: KP 7, 39700 PARKANO. Jaosto 3.

**Pääkkönen, Kari** Antero, FK, s.9.2.1954. GTL, Rovaniemi. Os: Mäkiranta 8 A 1, 96400 ROVANIEMI 40. Jaosto 1.

**Roos, Seppo** Ilmari, FK, s. 10.1.1953. Lapin Malmi, Rovaniemi. Os: Mäkiranta 8 A 10, 96400 ROVANIEMI 40. Jaosto 1.

**Taipale, Kaarlo (Kalle)** Juhani, FK, s. 5.6.1948. Oulun yliopisto. Os: Tapiontie 9 B 32, 90570 OULU 57. Jaosto 1.

**Tiainen, Erkki** Ilmari, B.Sc. taloust.maist., 11.11.1946. Rautaruukki Oy, Oulu, teknillisen viennin vientipäällikkö. Os: Reslatie 6 C, 90650 OULU 65. Jaosto 3.

**Öhman, Rolf Erik**, Ing., f. 9.6.1939. Rauma-Repola Oy, Parkano, Avd. chef. Os: Kivimäenkatu, 39700 PARKANO. Jaosto 4.

### Kokouksessa 18.10.1983

**Blomfelt, Kirsti Johanna** Maria, DI, s. 4.3.1959. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, prosessimetallurgian laboratorio, tutkija. Os.: Jämeräntaival 1 C 465, 02150 ESPOO 15. Jaosto 3.

**Christersson, Jukka** Sven Akseli, DI, s. 10.7.1956. Os.: 32100 YPÄJÄ. Jaosto 2.

**Hausalo, Rauno**, DI, s. 15.7.1955. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, tutkija. Os.: Servin-Maijantie 6 A 10, 02150 ESPOO 15. Jaosto 3.

**Helelä, Kari**, DI, s. 1.3.1953. Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas, tutkimusinsinööri. Os.: Koulukuja 4 F 68, 92120 RAAHE 2. Jaosto 3.

**Kivistö, Tuomo** Veikko Juhani, ins., s.9.1.1943. Outokumpu Oy teknillinen vienti, Outokumpu, laitesuunnittelun esimies. Os.: Raivionmäentie 4 B, 83500 OUTOKUMPU. Jaosto 4.

**Koski-Lammi, Erkki** Tapani, DI, s. 25.7.1956. Kuusakoski Oy Heinolan alumiinitehdas, vuorotyönjohtaja. Os.: Kauppakatu 8 B 15, 18100 HEINOLA 10. Jaosto 3.

**Kurvinen, Esko**, DI, s.28.8.1953. Kone Oy Engineering Division, kaivosinsinööri. Os.: Hedelmätarhantie 13 A 10, 15860 KARTANO. Jaosto 2.

**Lehtinen, Ilkka Tuomo** Ilmari, DI, s. 7.6.1954. Ovako Oy Ab Dalsbruk, tutkimusinsinööri. Os.: B2, 25900 TAALINTEHDAS. Jaosto 3.

**Leppänen, Oili** Anneli, DI, s. 3.11.1957. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, tutkija. Os.: Hurmeenkujakuja 19, 08700 VIRKKALA. Jaosto 4.

**Nevalainen, Lauri** Juhani, DI, s. 4.8.1957. Oy AGA Ab, sovellutusinsinööri. Os.: Avaruuskatu 4 C 42, 02210 ESPOO 21. Jaosto 3.

**Parvento, Kari** Juhani, DI, s. 27.5.1953. Oy Tampella Ab Tampere. Trackdrills, tuotepäällikkö. Os: Mustalahdenkatu 26 A 8, 33210 Tampere 21. Jaosto 2.

**Pelkonen, Raimo** Juhani, FK, s. 16.12.1953. Lapin Malmi, geofyysikko. Os.: Lippokuja 1 C 13, 96440 ROVANIEMI 44. Jaosto 1.

**Sarkola, Matti** Kalervo, FM, s. 24.5.1949. Outokumpu Oy, ATK-osasto Espoo, ATK-suunnittelija. Os.: Visakoivunkuja 17 E 23, 02130 ESPOO 13. Jaosto 2.

**Siltanen, Ahti** Tapani, DI, FK, s. 7.12.1952. Outokumpu Oy, Pori kuparituoteteollisuus, ins.harjoittelija. Os.: Outokummuntie 61 D 32, 28330 PORI 33. Jaosto 3.

**Vauramo, Pekka** Juhani, DI, 16.5.1957. Outokumpu Oy, ins.harjoittelija. Os.: Rykmentinkatu 5 B 31, 15700 LAHTI 70. Jaosto 2.

**Viitala, Raimo** Lauri Olavi, DI, s. 8.5.1951. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, tutkija. Turkismiehentie 4 C 22, 00370 HELSINKI 37. Jaosto 2.

## UUTTA JÄSENIÄ — NYTT OM MEDLEMMARNA

TkL **Hans Allenius**. Adr.: Elsasgränden 2 F 59,02230 ESBO 23.

Tkt **Jussi Asteljoki** on nimitetty vanhemmaksi tutkijaksi Outokumpu Oy:n metallurgiseen tutkimuslaitokseen Poriin. Os.: Pellimaantie 18, 28400 ULVILA.

TkL **Eugen Autere** Os.: Arkadiankatu 18 A 17, 00100 HELSINKI 10.

DI **Ilmo Autere**. Os.: Suomalapurontie 8, 79100 LEPPÄVIRTA.

FL **Leif Bergman**. Os.: Ylännekatu 5 C, 20520 TURKU 52.

DI **Lars-Göran Björkqvist**. Adr.: Brovägen 1 b 8, 02400 KYRKS-LÄTT.

FL **Tommy Böök**. Os.: Paikkarinkatu 8 B 23, 08100 LOHJA 10.

DI **Minna Eerola**. Os.: Junttarinkatu 10, 95420 TORNIO 2.

Ins. **Gösta Engman** nimitetään 1.1.1984 alkaen Ovako Oy Ab:n betoni- ja kauppateräsröhmän johtajaksi.

DI **Klas-Göran Eriksson** nimitetään 1.1.1984 alkaen Ovako Oy Ab Dalsbrukin tehtaas johtajaksi. Hän toimii edelleen myös Äminneforsin tehtaas johtajana. Adr.: Rusthällsvägen 27, 10620 HÖGBACKA.

DI **Eelis Eskelinen** on nimitetty 1.5.1983 lähtien Myllykoski Oy:n Luikonlahden paikallispäälliköksi vastuualueenaan mm. talkkiteollisuus.

DI **Kaj Fagerholm** tulee toimimaan 1.1.1984 alkaen Ovako Oy Ab Äminneforsin tehtaas paikallispäällikkönä.

DI **Jorma Haapala** Os.: Kokkokallionrinne 6 B 1, 01380 VANTAA 38.

Tkt **Ilkka Haavisto**. Os.: Jaskantie, 14300 RENKO.

DI **Antero Hakapää** toimii Outokumpu Oy KTR:ssä projekti-insinöörinä. Os.: Haltijatontuntie 4 B 10, 02200 ESPOO 20.

DI **Esa Halin**. Os.: Suvantolaisentie 13, 28370 PORI 37.

DI **Matti Haltia** on nimitetty Rautaruukki Oy Hämeenlinnan tehtaalle jatkojalostusryhmän johtajaksi. Os.: Asemamiehentie 1, 13210 HÄMEENLINNA 21.

TkL **Simo-Pekka Hannula** toimii research associatena Cornellin yliopistossa USA:ssa. Os.: 306 E. Yates St. Ithaca, N.Y. 14850, USA.

DI **Yrjänä Heikinheimo**. Os.: Juhannustie 3 B, 02200 ESPOO 20.

Geol.ins. **Into Heikkilä**. Os.: Outokumpu Equip. LTDA, AV. BRIG.FARIA LIMA 1885 - 11. ANDAR, 01451 - SAO PAULO - SP - BRASIL.

Tkt **Veikko Heikkinen** toimii 1.5.1983 alkaen Rautaruukki Oy Raahen rautatehtaas laadunvalvontaosaston päällikkönä.

DI **Hannu Holopainen**. Os.: Tupakatu 1 - 5, 48900 SUNILA.

FK **Juha Huhta**. Os. 28/4 Foxwooddrive, Pleasandville, N.Y. 10570, USA.

FK **Pekka Huumo**. Os.: Metsolankatu 4 A 1, 95410 KIVIRANTA.

Teollisuusneuvos **Toivo Härkönen** on siirtynyt eläkkeelle. Os.: Lamminmäenkatu 4, 50100 MIKKELI 10.

DI **Kaj Höglund**. Adr.: Stapelbacken 3, 02780 ESBO 78.

DI **Pauli Jouhten** on siirtynyt Outokumpu Oy:n metallurgiseen tutkimuslaitokseen Poriin tutkimusinsinööriksi. Os.: Hakanpääntie 12 B 6, 28400 ULVILA.

DI **Ari Junttila** on nimitetty Lemminkäinen Oy:n tuotepäälliköksi. Os.: Teeritie 50 D 29, 01450 VANTAA 45.

DI **Juhani Juopperi**. Os.:Karikkok. 9, 53500 LAPPEENRANTA.

DI **Gustav Jäfs** toimii 18.4.1983 alkaen projektipäällikkönä Oy AGA Ab:n kaasuryhmän erikoiskaasujaostossa Espoossa. Os.: Kiskottajankuja 3 D 30, 02660 ESPOO 66.

DI **Ilpo Kaislaniemi** on nimitetty Oy Wärtsilä Ab:n 1.9.1983 perustetun Tokion edustuston päälliköksi. Os. Wärtsilä Representative Office, Rm. 1456, Tokyo Kaijo Bldg., 2-1 Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku, TOKYO, JAPAN.

DI **Markku Kajan** toimii Machinery Oy:n louhintaosaston osastopäällikkönä.

Ins. **Juha Kangas** on nimitetty Perusyhtymä Oy ARAn TORO-kaivoskuormaajien markkinoituspäälliköksi 1.8.1983 lähtien. Os.: Hemponkatu 6, 20600 TURKU 60.

DI **Kauno Kangas**. Os.: Lehdesniityntie 3 F 108, 00340 HELSINKI 34.

DI **Tuija Kaunisto**. Os.: Viertopolku 4, 01390 VANTAA 39.

DI **Kari M. Keskinen**. Os.: Vastamäentie, 13430 HÄMEENLINNA 43.

DI **Pekka Ketonen**. Os.: Teollisuustie, 37550 MOISIO.

DI **Erja Kilpinen** toimii 7.3.1983 alkaen Oy Lohja Ab:n Tytyrin kaivoksen suunnitteluinsinöörinä.

DI **Lauri Koivikko**. Os.: Eerikinkatu 3 B 10, 57130 SAVONLINNA 13.

DI **Arto Korpisalo** toimii Outokumpu Oy TEVIN tuotelinjapäällikkönä. Os.: Tontunmäentie 17-23 as 7, 02200 ESPOO 20.

DI **Erkki Kovalainen**. Os.: Maahisentie 6 C 12, 87700 PIKKUKETTU.

DI **Jorma Kovalainen** toimii Outokumpu Oy Tornion Terästehtaan myyntipäällikkönä. Os.: Kivirannantie 6 D 11, 95410 KIVIRANTA.

Ins. **Jukka Krekula**. Os.: Katarinankatu 5 D 32, 28100 PORI 10.

DI **Seppo Kreula**. Os.: Outokumpu Engineering Inc., 4795 Oakland Street, DENVER, COLORADO 80239, USA.

DI **Juhani ja Kaarina Käenniemi**. Os.: Øygaardveien 66, N-1340 BEKKESTUA, NORGE.

DI **Eero Lampio**. Os.: Jurvalantie 8 A 26, 04200 KERAVA.

DI **Arimo Lankila** on siirtynyt 1.9.1983 alkaen laadunvalvontainsinööriksi Rautaruukki Oy:n Hämeenlinnan tehtaalle. Os.: Ainola 2 A, 13100 HÄMEENLINNA 10.

TKT **Heikki Lantto** toimii rikastustekniikan dosenttina Oulun yliopistossa.

DI **Antti Lehtola**. Os.: Haltilantie 10 C 14, 02200 ESPOO 20.

DI **Juhani Luhtala** toimii Liikeluotsit Luhtala & Helin yrityskonsulttitoimiston konsulttina ja omistajana. Os.: Orkoniitynkatu 36, 53850 LAPPEENRANTA 85.

DI **Pekka Lähteenoja**. Os.: Vaskisepäntie 8 B, 00620 HELSINKI 62.

TkL **Raimo Makkonen** nimitetään 1.1.1984 alkaen Ovako Oy Ab Koverharin rauta- ja terästehtaan johtajaksi.

DI **Veikko Manninen**. Os.: Vaaralan talkootie 11 D, 01230 VANTAA 23.

FT **Erkki Marttila**. Os.: Samoilijantie 3 A 1, 70200 KUOPIO 20.

DI **Jussi Mattila**. Os.: Itätahti 4 A, 02240 ESPOO 24.

DI **Veijo Merikalla** on 1.5.1983 alkaen nimitetty laadunvarmistuspäälliköksi toimipaikkana Rautaruukki Oy Raahan rautatehdas.

TkL **Tapio Moisala** on nimitetty Oy Partek Ab:n eristysaineyksikön kehityspäälliköksi 1.3.1983 alkaen, toimipaikkana Parainen.

DI **Anders Moliis-Mellberg** nimitetään 1.1.1984 alkaen Ovako Oy Ab Tehdasraudoite-yksikön johtajaksi.

DI **Jukka Myllyniemi** on 1.5.1983 nimitetty Rautaruukki Oy Raahan rautatehtaalle prosessiautomaation kehityspäälliköksi. Os.: Ruskontie 6 B, 92120 RAAHE 2.

FT **Markku Mäkelä**, Os.: Välskärinkatu 11, 67100 KOKKOLA 10.

FK **Tuomo Mäkelä** Os.: Outokumpu Oy, Apartado Postal 105-211, 11560 MEXICO.

TKT **Juho Mäkinen** toimii 16.8.1983 lähtien Outokumpu Oy Harjavan tehtaitten metallurgina.

DI **Juha Mäkipere** toimii Oy W Rosenlew Ab Automaation Ulvilan tuoteryhmäpäällikkönä. Os.: Valtakuja 11, 28400 ULVILA.

DI **Timo Niitti**. Os.: Viittatie 33 B, 01640 VANTAA 64.

Ins. **Jouni Nummela**. Neles Oy Lokomon tehtaata, osastopäällikkö, Lokomo kulutus- ja varaosat. Os.: Reuharinkatu 19 C, 33410 TAMPERE 41.

DI **Raimo Nupponen**. Os.: Aamuyöntie 15 E, 02210 ESPOO 21.

FK **Vilho Ohenoja**. Os.: Suvantokuja 2, 85500 NIVALA.

DI **Heikki Oravainen**. Os.: Melkonkatu 19 B, 00210 HELSINKI 21.

DI **Lauri Pajari**. Os.: Outokumpu (U.K) Ltd, 10 Grosvenor Garden, LONDON SW1W 0DH, ENGLAND.

DI **Timo Pajunen** toimii Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitossa. Os.: Huovitie 1 B 38, 00400 HELSINKI 40.

DI **Marjatta Palmu** toimii Tampella-Tamrock (Drills) application-insinöörinä.

FK **Heikki Pankka**. Os.: PL 77, 96101 ROVANIEMI.

DI **Rauno Parkkinen**. Os.: Yökuja 4 A, 02210 ESPOO 21.

DI **Kari Parviainen** toimii Oy Hanke-Palsbo Ab Mitko-osaston johtajana.

DI **Jukka Pesonen** on nimitetty 1.5.1983 Outokumpu Oy:n Kokkolan sinkkitehtaan myyntipäälliköksi toimipaikkana Helsingin pääkonttori.

Ins. **Matti Pirttijärvi** Oy Wärtsilä Ab, Björkboda Bruk, chef för produktion tekniska avd. Adr.: 25860 BJÖRKBODA.

DI **Martti Pouru** Os.: Urpolankatu 11 B 9, 50100 MIKKELI 10.

DI **Pekka Purra** toimii tuotannosuunnitteluosaston päällikkönä Rautaruukki Oy Hämeenlinnan tehtaalla.

DI **Tomi Pöntynen**. Os.: Lokkitie, 73600 KAAVI.

DI **Pertti Rantala** toimii Larox Oy:ssä projekti-insinöörinä tehtävään painesuodattimien myynti. Os.: Seilimäki 5 B 4, 02180 ESPOO 18.

FK **Markku Rask**. Os.: P.O.Box 21531, NAIROBI, KENYA.

TKT **Jorma Rekola** on nimitetty 1.3.83 Kuusakoski Oy:n tekniseksi johtajaksi. Os.: Etelätie 10, 02710 ESPOO 71.

DI **Pekka Rikka**. OS.: Hannankatu 2 A 8, 03100 NUMMELA.

DI **Markku Rinne** toimii Neles Oy Helsingin tehtaalla. Os.: Vironkatu 4 C 17, 00170 HELSINKI 17.

DI **Jouko Rutanen**. Os.: Keskiyöntie 21 B, 02210 ESPOO 21.

DI **Kalervo Räisänen** on siirtynyt eläkkeelle 1.8.83. Os.: Kauniaistentie, 16300 ORIMATTILA.

DI **Jukka Saarela** toimii 15.6.1983 alkaen Neles Oy Lokomon terästehtaan sulaton osastoinsinöörinä. Os.: Pohtolankatu 71 F 40, 33400 TAMPERE 40.

DI **Kai-Markus Saurio**. Os.: Puuskaniementie 46, 00850 HELSINKI 85.

DI **Simo Seppänen** siirtyy 1.1.1984 Ovako Oy Ab keskushallintoon hoitamaan pitkän aikavälin teknisen kehityksen alaan kuuluvia asioita.

DI **Erkki Siirama** on siirtynyt eläkkeelle 1.9.1983. Os.: Tapaninahde 6, 31600 JOKIOINEN.

DI **Timo Soikkeli**. Adr.: Björkplan 5 C, S-98142 KIRUNA, SVERIGE.

TKT **Herman Stigzelius**. Os.: Niittykummuntie 5 C 20, 02200 ESPOO 20.

TKL **Heikki Sundquist** toimii Lohja Oy, näyttötekniikan osastopäällikkönä. Os.: Iltaruskontie 4 B 7, 02120 ESPOO 12.

DI **Ismo Suominen**. Os.: Kuulankatu 4 C 37, 30100 FORSSA 10.

Ins. **Pekka Syrjänen**. Os.: Vuosikuja 4 as 4, 02200 ESPOO 20.

DI **Timo Syväjärvi** toimii projektipäällikkönä Ylö-tehtaat Oy:ssä. Os.: Elämänlähteentie 7, 33430 VUORENTAUSTA.

TKT **Pekka Taskinen** toimii Outokumpu Consulting Engineers tutkimusinsinöörinä 1.9.1983 lähtien. Os.: Kotitontuntie 36 C, 02200 ESPOO 20.

TKT **Markus Turunen** Os.:Laurinniityntie 5 B 12, 00440 HELSINKI 44.

DI **Kari Vaihia**. Os.: 05120 KORPI.

FK **Olavi Walden**. Os.: Vilpunkatu 2 C 17, 02230 ESPOO 23.

Ins. **Lasse Vanhala**. Os. Vilpunkatu 2 A 3, 02230 ESPOO 23.

DI **Asmo Vartiainen** on palannut TU Berlin:istä ja toimii Teknillisen korkeakoulun Vuoriteollisuusosastolla metallurgian vt. apulaisprofessorina 1.9.1983 alkaen. Os.: Porintie 3 E 41, 00350 HELSINKI 35.

DI **Heikki Welling**. Os.: Ahvenkuja 3 D, 02170 ESPOO 17.

TkL **Kaj Österlund**. Oy ESAB. Adr.: Lispundsvägen 1 C 29, 00440 HELSINGFORS 44.

## SUORITETTUJA TUTKINTOJA — AVLAGDA EXAMINA

### HELSINGIN YLIOPISTO

#### Geologian laitos

Filosofian tohtori:

Tammikuun 22. päivänä 1983 tarkastettiin julkisesti FL **Ragnar Törnroosin** väitöskirja "Sphalerite geobarometry of some metamorphosed sulphide ore deposits in Finland". Vastaväittäjänä toimi apul.prof. Jaakko Siivola ja kustoksena prof. Ilmari Haapala. Väitöskirja on julkaistu sarjassa Geological Survey of Finland, Bulletin 323, 1982, 42 s.

Filosofian lisensiaatit:

**Tontti, Mikko**: "Kotalahden ja Vihannin malmivyöhykkeiden geometaattisia tutkimuksia".

Tutkielmaan kuuluvat seuraavat erilliset julkaisut:

1. M. Tontti, E. Koistinen ja M.K.A. Lehtonen (1979): Kotalahden nikkelivyöhykkeen monimuuttuja-analyysi. Geologinen tutkimuslaitos, Tutkimusraportti n:o 36. 34 s.
2. Mikko Tontti (1981): Comments on the relationship between the cluster-ridge pattern of mantled gneiss domes in eastern Finland and the Ni-Cu deposit clusters of the Kotalahti nickel belt. Earth and Planet. Sci. Lett. 53, 275-278.
3. M. Tontti, E. Koistinen ja H. Seppänen (1981): Vihannin Zn-Cu-malmivyöhykkeen geometaattinen arviointi. Geologinen tutkimuslaitos, Tutkimusraportti n:o 54. 58 s.



**Lestinen, Pekka:** "Peurasuvannon karttalehtialueen geokemiallisen kartoituksen tulokset."

Tutkielma on julkaistu sarjassa Geologinen tutkimuslaitos, Geokemiallisten karttojen selitykset, Lehti 3723, 1980, 97 s.

**Perttunen, Vesa:** "Peräpohjan eteläosan geologia."

Geologinen tutkimuslaitos aloitti Peräpohjan alueen 1:100 000-kaavaisen kallioperäkartoituksen vuonna 1963. Vuoteen 1975 mennessä oli tutkittu ja julkaistu neljä karttalehteä: Kemi (2541), Karunki (2542+2524), Simo (2543) ja Runkaus (2544). Tutkielma käsittelee näiden neljän lehden muodostamaa aluetta ja perustuu 20 maastotyö-kauden aikana tehtyihin havaintoihin.

Filosofian kandidaatit:

**Ahonen, Lasse:** "Skapoliitin koostumus ja kidekemiat."

Työssä on määritetty 15 skapoliittinäytteen infrapuna-absorptiospektrit, hilamitat ja taitekertoimet. 14 näytteestä on lisäksi tehty kemiallinen analyysi mikroanalysaattorilla. Näiden tulosten ja kirjallisuuden perusteella on tutkittu skapoliitin stoikiometriaa ja kemiallisen koostumuksen vaikutusta fysikaalisiin ominaisuuksiin. Kirjallisuuden perusteella on tarkasteltu skapoliitin kiderakennetta ja-kemialla.

Skapoliittisarjan päätejäsenet ovat marialliitti  $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}$  ja meioniitti,  $\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{CO}_3$ . Skapoliitin Al/Si -suhde ja Cl/CO<sub>3</sub> -suhde eivät kuitenkaan muutu täysin lineaarisesti päätejäsenen välillä. Cl/CO<sub>3</sub> -suhde lähestyy nolaa jo koostumuksella  $\text{Me}_{75}$  ja samalla Al/Si -suhde lähestyy arvoa 5:7. Koostumusvaihtelu voidaan tarkemmin esittää kolmen eri stoikiometrisen yhdisteen avulla ( $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}$  -  $\text{NaCa}_3\text{Al}_5\text{Si}_7\text{O}_{24}\text{CO}_3$  -  $\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{CO}_3$ ), joiden välillä koostumuksen muuttuminen on lineaarista.

Skapoliitin Al/Si -järjestysaste vaihtelee meioniittikomponentin määrän funktiona. Järjestysaste on maksimissa koostumuksella  $\text{Me}_{35}$ . Kun meioniittikomponentin määrä on suurempi, syntyy hilaan Al-O-Al -sidoksia ja samalla järjestysaste pienenee. Koostumus  $\text{Me}_{35}$  näkyy IR-spektreissä taivekohdina eräiden bandien siirtymissä koostumuksen funktiona, samoin hilamittojen muutoksessa koostumuksen funktiona. Anioniryhmät (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ja SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) ovat skapoliittihilassa epäjärjestyneet asentonsa suhteen. Näiden anionien määräsuhteella on myös vaikutusta skapoliitin hilamittoihin ja taitekertoimiin, mikä täytyy ottaa huomioon määrittäessä skapoliitin koostumusta röntgenografisesti tai taitekertoimien perusteella. Meioniittirikkaan skapoliitin korkeahkon kahtaistaiton pääasialliseksi aiheuttajaksi esitetään CO<sub>3</sub> -ryhmä.

**Aro, Kristiina:** "Hämeenkyrön batoliitin sekä Ylöjärven ja Oriveden metavulkaniittien Rb-Sr-menetelmään perustuva kokokivi-äänämääritys."

Hämeenkyrön vyöhykkeisen granodioriittibatoliitin Rb-Sr-menetelmällä saatu ikä on  $1780 \pm 50$  Ma ja batoliitin porfyryristen reunafaasien  $1740 \pm 80$  Ma. Ylöjärven ylempi ja Oriveden alempi vulkaaninen vyöhyke ovat osa Tampereen liuskejaksaa. Ylöjärven metalvulkaniittien Rb-Sr-ikä on  $1960 \pm 40$  Ma ja Oriveden metavulkaniittien  $1800 \pm 70$  Ma. Batoliitin Sr-initiaalisuhde on 0.7030, reunafaasien 0.7033, Ylöjärven metavulkaniittien 0.7024 ja Oriveden 0.7027. Samankaltaiset iät ja itiaalisuhteet tukevat käsitystä Hämeenkyrön batoliitin sekä Ylöjärven ja Oriveden vulkaanisten vyöhykkeiden kogeneettisyydestä.

Batoliitin alhaisesta itiaalisuhteesta voidaan päätellä, että se on syntynyt svekokarjalaisesta mantteliperäisestä materiaalista, johon ei ole olennaisesti sekoittunut vanhan kuoren ainesta. Alhainen itiaalisuhde vahvistaa käsitystä Hämeenkyrön batoliitin kuulumisesta I-tyyppisiin granitoideihin.

Hämeenkyrön granitoidi-intruusion U-Pb-ikä on  $1982 \pm 12$  Ma. Alempi Rb-Sr-ikä johtuu oletettavasti myöhemmän retrograadisen muuttumisen aiheuttamasta Rb-Sr-isotooppien migraatiosta tai batoliitin hitaasta jäähtymisestä, josta olisi ollut seurauksena merkittävä ero U-Pb- ja Rb-Sr-systeemien sulkeutumisaikakohdissa. Ylöjärven ylempillä ja Oriveden alemmilla vulkaanisilla vyöhykkeillä ei ole Rb-Sr-mittausten perusteella selvää ikäeroa. Lisäksi alemman vulkaanisen vyöhykkeen U-Pb-ikä on Ylöjärvellä 1899 Ma ja Orivedellä 1904 Ma. U-Pb- ja Rb-Sr-menetelmät ajoittavat todennäköisesti samaa geologista prosessia, svekofennistä vulkanismia. Myöhempi shear-deformaatio on saattanut alentaa Ylöjärven metavulkaniittien Rb-Sr-ikää.

**Hangala, Shilimwati Leake:** "The plutonic rocks and the associated ore mineralizations at Palokka, Jyväskylä, Central Finland."

Four distinct plutonic rock groups have been recognized in the study area on the basis of their mineralogical and geochemical differences. Given in order of decreasing age as deduced from the cross-cutting relations they are: diorite - quartz diorite, porphyritic granite, microcline granite and biotite granite. They fall on the calc-alkaline

field but geochemical evidences suggest that all the plutonic rock groups are not co-magmatic and therefore do not form a single differentiation series.

The ore mineralizations are formed at different temperature and pressure conditions by uprising metasomatic fluids. The mineralizations, fracture fillings in character, are mostly confined to the contact zones of the quartz diorite and the porphyritic granite. The ore minerals occur mostly as disseminated grains in highly silicified shear zones. On the basis of their chemical composition, the ore mineralizations have been divided into the following three associations: 1) Fe-As-Cu association with loellingite, pyrrhotite, arsenopyrite and chalcopyrite as the principal ore minerals and cubanite, ilmenite, marcasite, sphalerite and rutile as minor ore minerals; 2) Pb-Zn association having galena and sphalerite as major and chalcopyrite, pyrite and cassiterite as minor ore minerals; 3) Fe-Cu association with pyrrhotite and chalcopyrite as the principal and sphalerite, marcasite, arsenopyrite and molybdenite as minor ore minerals. The metasomatic alteration zones in the wall-rocks are characterized by the mineral assemblage quartz-potassium feldspar-muscovite-almandine-gahnite.

**Ikävalko, Ossi:** "Makkolan-Kokonkylän suprakrustinen vyöhyke."

Makkolan-Kokonkylän suprakrustinen vyöhyke Kangasniemellä muodostaa n. 8 km leveän alueen Keski-Suomen granitoidikompleksin sisässä. Pohjoisosastaan se rajoittuu terävästi granitoidialueeseen ja vaihettuu eteläosastaan migmatiittien kautta grano- ja kvartsidioriitteihin. Alueen suprakrustiset kivet jaetaan Makkolan-Kokonkylän liuskeisiin ja Synsiän gneisseihin. Makkolan-Kokonkylän liuskeet koostuvat ekstrusiivisista plagioklaasi- ja uraliittiporfyriiteista sekä happamista maasälpäporfyriiteista, jotka esiintyvät erilaisten vulkaanilastisten kivien seassa. Puhtaat sedimenttisyntyiset kivet ovat vähemmistönä. Synsiän gneissit ovat voimakkaasti migmatiittitunteita, alkuaan flysch-fasieksen gravakkasedimenteitä, vulkaanista alkupe- rää olevat kivet ovat vähemmistönä. Makkolan-Kokonkylän liuskeet ovat metamorfoituneet almandiini-andalusiitti-keskiasteen, Synsiän gneissit korkean metamorfoosiasteen olosuhteissa.

Tutkimusalueella havaitaan kolme deformaatiövaihetta. Ensimmäistä edustaa liuskeiden poimuttuminen pitkiksi antiformi- ja synformirakenteiksi, joiden kulkusuunta on NE. Suprakrustinen vyöhyke edustaa kokonaisuudessaan suurta antiformia, jonka sisään jäävät Synsiän gneissit ja jonka reunalla ovat Makkolan ja Kokonkylän liuskeet. Toista deformaatiövaihetta edustaa akselitasoltaan E-W-suuntainen chevronpoimutus, joka on voimakkaaimmin Synsiän migmatiiteissa. Kolmatta deformaatiövaihetta luonnehtii loiva avoin poimutus, jonka akselitaso suunta on n. N-S.

Kemiallisen koostumuksen perusteella Makkolan ja Kokonkylän ekstrusiivit voidaan jakaa tholeiittisiin ja kalkkialkalisiiin, osa basalti- sista näytteistä sijoittuu alkaliseen tai transitaalisena basalttiin. Malmigeneettisesti pidetään saarikaariympäristöille tyypillisten sulfidimalmien esiintymistä mahdollisena Makkolan ja Kokonkylän alueilla. Porfyryityypinen kuparimineraalisaatio on mahdollinen tutkimusalueen N-osan heterogeenisellä, osittain puolipinnallisella granitoidialueella.

**Kokko (os. Kauranne), Leena-Marja:** "Ylistaron Vittingin kvartsi- kivi-amfiboliittijakso ja siihen liittyvät mangaanimineraalit."

Vittingin E-W-suuntainen kvartsikivi-amfiboliittijakso sijaitsee Pohjanmaan liuskevyöhykkeessä Ylistaron ja Ilmajoen kuntien alueella. Kvartsikivi ja amfiboliitti ovat konformeja toisiinsa ja ympäröiviin liuskeisiin nähden. Jakso on leveimmillään n. 800 m ja kapeimmillaan n. 2000 m. Pituutta sillä on useita kymmeniä kilometrejä, tutkimuksessa käsitellään n. 13 km pituista osaa sen itäpäässä. Vallitsevana kivilajityypinä on usein miltei monomineraalinen lasimainen kvartsikivi, jossa magnetiitti ja grafiitti ovat tyypillisiä akessorisia mineraaleja. Rodoniittia, pyroksemangitiittiä, spessartiinia, tefroiittia, rodoksiittia ja neotokiittia esiintyy Vittingin mäellä. Kiusupitoinen kvartsiliuske on ohuina välikerroksina lasimaisessa kvartsikivessä. Liuskeelle tyypillinen malmimineraali on magneettikiisu, myös rikki- kiisua ja merkkejä kuparikiisusta ja sinkkivälkeistä on tavattu. Kvartsikivi on alunperin ilmeisesti kemiallinen sedimentti. Amfiboliittit ovat todennäköisesti vulkaniitteja (tuffiitteja ja osin laavoja) ja killegneissit normaaleja rapautumisedimenteitä (mahdollisesti osin tuffiitteja). Alueen kivet ovat metamorfoituneet vähintään keskias- teen, osa biotiitti-plagioklaasigneisseistä korkean asteen metamorfoo- sissa.

Alueella vallitsee voimakas E-W-suuntainen, jokseenkin pysty akselitasoliuskeisuus. Muutamin paikoin on havaittu tätä vanhempi ja nuorempi liuskeisuusuunta. Kerroksellisuus noudattaa yleensä vallitsevan liuskeisuuden suuntaa. Korkeat mangaanipitoisuudet alueella ovat satunnaisia ja liittyvät joko lasimaiseen kvartsikiveen tai kvartsi- liuskeeseen. Mangaanimineraaleja ei havaittu muualla kuin Vittingin mäen tunnetulla rodoniittiesiintymällä.

**Pirhonen, Veijo:** "Moreenin geokemiaa Seinäjoen Pajuluoman tinapegmatiittialueella."

Ensimmäinen kassiteriitti sisältävä pegmatiittijuoni löydettiin Seinäjoen Pajuluomalta 1979. Myöhemmissä systemaattisissa tinamalmintunnissa havaittiin useita kassiteriittisiä sisältäviä pegmatiittijuonia. Etsintämenetelmänä käytettiin lohkar-etsintää, kallioperäkartoitusta alueellista ja kohteellista moreenigeokemiaa. Alueelle soveltuvat parhaiten moreenigeokemialliset malmietsintämenetelmät. Pääasiassa iskuporakalustolla syksyllä 1980 otetut moreeninäytteet ilmentävät pegmatiitteja selvimmin silloin, kun ne on otettu alle puolen metrin etäisyydellä kallion pinnasta. Alkuaineiden pitoisuuksien havaittiin vaihtelevan eri raekokoluokissa, joten analysoitava fraktio tulee valita esiotoksen avulla tutkimuskohtaisesti. Alueellisessa tutkimuksessa tinan ja litiumin huippuarvot esiintyivät usein yhdessä keskittyen juonien päälle tai välittömästi niiden eteläpuolelle. Yksinäiset litiumanomaliat saattavat ilmentää tinaköyhää graniittepegmatiittia.

Tilastollisessa käsitellyssä huomattiin litiumpitoisuuksien kasvavan merkittävästi siirryttäessä tausta-alueelta kassiteriittisiä sisältävän pegmatiittijuonen yli mannerjärjän kulkusuunnassa. Myös alkuaineiden P, Sn, Mg, Fe, K ja Mn pitoisuudet kohosivat hieman. Merkittävää on Pajuluoman pegmatiitteihin kuulumattomaksi katsottujen Fe:n, Mg:n ja Mn:n pitoisuuksien lievä kohoaminen juonien eteläpuolelle tultaessa. Voimakasta tilastollista korrelaatiota osoittavat Li, Mg, Fe, K ja Mn toimivat myös pegmatiittia indikoivana alkuaineryhmänä, ja ne asettuvat faktorianalysissä saman, kivilajifaktoriksi kutsutun faktori-verkon suuntaan. Näytteiden lajitteluun soveltuivat ryhmittelyanalyysi ja Mg/Li versus Li-diagrammi. Ryhmittelyanalyysi jakoi näytteet kohtuullisen homogeenisiksi näyteluokiksi. Suurelle näytejoukolle kyseinen ryhmittelyanalyysi on nopea esitarkastusmenetelmä, joka antaa karkean kuvan keskenään samankaltaisten näytteiden esiintymisestä näytteenottoalueella.

**Venäläinen, Jorma:** "Puolangan kaoliinin mineralogiasta."

Työssä käsitellään Puolangan kaoliiniesiintymiä, tutkimuskohteina Latva, Poskimäki ja Honkavaara. Kustakin tutkimuskohteesta valittiin kaksi kaoliininäytettä, joista selvitettiin raekokojakauma (fraktiointi) ja Sedigraph-partikkelianalysaattori), mineraloginen koostumus (XRD, TGA, DTA, mikroanalysaattori ja SEM-tutkimus) sekä kemiallinen koostumus (AAS-analysit).

Määrittäytulosten perusteella arvioitiin näytteiden sopivuutta kaoliinin rikastuskokeisiin. Arviointikriteereinä käytettiin raekokojakaumaa, kaoliinipitoisuutta, kvartsin esiintymistä eri fraktioissa sekä näytteiden rauta- ja titaanipitoisuuksia. Rikastuskelpoista kaoliinia on Latvan ja Poskimäen tutkimuskohteissa, sekä mahdollisesti myös Honkavaaran tutkimuskohteessa.

## OULUN YLIOPISTO

### Prosessiteknikan osasto

Diplomi-insinöörit:

**Heikkilä, Tapio:** "Konvertterilta tulevan teräksen jäähtymismalli".

Tutkimuksessa tarkastellaan teräksen lämpötilakehitystä ja siihen vaikuttavia tekijöitä konvertterin ja jatkuvavalun välillä sekä teorian että käytännön kannalta. Teräksen lämpötilakehitykseen vaikuttavat pääasiassa säteilyhäviöt ympäristöön, johtumishäviöt senkkavuoraukseen ja seosainemäärät.

Rautaruukki Oy:n Raahen rautatehtaan terässulatolle esitetään puhalluksen jälkeiselle teräkselle ohjelämpötilan ennustava malli, jonka perustana käytetään teräksen lämpötilakehitystä kuvaamaan muodostettua regressioyhtälöä. Keskeisinä tekijöinä mallissa ovat kaatosuihkon säteilyhäviöt ja seosainiden vaikutukset.

**Serola, Esa:** Siporex-kaasubetonin autoklaavikäsittely".

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään syitä, jotka saattavat aiheuttaa joidenkin kaasubetonielementtien halkeamisen karkaisun aikana. Teoriaosaan haettiin kirjallisuudesta tietoa siitä, kuinka kiderakenne kehittyy  $\text{SiO}_2$ - $\text{CaO}$ - $\text{H}_2\text{O}$ -systeemissä. Sekä kosteuden ja lämmön siirtymisestä huokoisessa kolmifaasisysteemissä.

Kokeellisessa osassa tutkittiin karkaisua edeltävän odotusajan sekä alipainekäsittelyn vaikutusta lämpötilan nousuun elementissä, kun se karkaistetaan. Venymäliuukoilla pyrittiin selvittämään, mikä karkaisuvaihe aiheuttaa suurimmat muodonmuutokset elementeissä. Tulokset antavat lisätietoa kaasubetonin valmistusvaiheiden vaikutuksesta tuotteen laatuun, mutta eivät selitä, miksi jotkin elementit halkeavat karkaisun aikana.

**Swanljung, Jukka:** "Massavuoratun valusangon kuivaus".

Tässä työssä tarkasteltiin Rautaruukki Oy:n Raahen terästehtaalla käytössä olevien 80-tonnin linkovuorattujen valusankojen kuivausta, kun polttoaineena oli kevyt polttoöljy.

Huokaisen materiaalin kuivaukseen liittyviä aineen- ja lämmönsiirron perusteita tarkasteltiin teoreettisesti.

Tutkimuksen kokeellinen osa painottui lämpöenergian jakaantumisen tutkimiseen kuivaamisen aikana. Lähinnä tutkittiin polton aineta- ja lämpöenergian jakaantumista hyödyllisen työn ja lämpöhäviöiden kesken. Suoritettujen kokeiden perusteella määrättiin nykyisen kuivauslaitteiston hyötysuhde ja etsittiin suurimmat häviötekijät. Vuorausmassan kuivausta tutkittiin myös mallikokeiden avulla. Lopuksi määritettiin alkukuivaukseen tarkoitettujen koelaitteen hyötysuhde.

Suoritettujen kokeiden perusteella saatiin kuivaamisen hyötysuhteeksi 6.17 % - 6.85 % ja lämmityksen hyötysuhteeksi 28.71 % - 31.03 %. Nykyisen kuivausmenetelmän suurimmaksi heikkoudeksi osoittautui suuresta polttoilmamylimäärästä johtuva polton huono hyötysuhde.

**Torvi, Hannu:** "Valupulverin sulamiskäyttäytyminen".

Tutkimustyön kirjallisuusosassa on tarkasteltu valupulverin ominaisuuksia ja sen käyttäytymistä jatkuvavaluprosessissa. Kokeellisessa osassa on suoritettu valupulverin sulamisnopeuksien määrittämiseksi rakennetun laitteiston toistettavuuden testaus. Lisäksi on tutkittu valupulverin kemiallisen ja mineralogisen koostumuksen vaikutusta sulamiskäyttäytymiseen.

Koelaitteistolla saatujen tulosten toistettavuus osoittautui hyväksi. Valupulverin sulamisnopeudet olivat välillä 0 - 0,135 kg/m<sup>2</sup>s. Valupulverin hiilipitoisuuden kasvu alensi huomattavasti sulamisnopeutta. Hienojakoisempi hiililaatu alensi sulamisnopeutta tehokkaammin kuin karkeampi hiililaatu. Valupulverin sulamisnopeuden ja viskositeetin avulla lasketun optimivalunopeuden perusteella voidaan arvioida pulverin sopivuutta jatkuvavaluun.

**Tuomaala, Kari:** "Säädettävien iskupanssarien käyttö masuunin panostuksessa".

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Rautaruukki Oy Raahen tehtaan masuunien yläpään 1:10 olevalla pienoismallilla säädettävien iskupanssarien käytön vaikutuksia sintteri-koksi-pelletinpanoksien jakautumiseen masuunin kuilussa. Lisäksi työssä kartoitettiin ja etsittiin iskupanssarien asentojen ääriarvot ja näiden mahdolliset vaihteluvälit eri panosmateriaaleille sekä pyrittiin löytämään optimaaliset panostusohjelmat.

Työn teoriaosassa tarkasteltiin laajemmin masuuniprosesseissa tapahtuvia ilmiöitä ja materiaalien käyttäytymistä panostuksessa sekä masuunin kuilussa. Lisäksi käsiteltiin Ergunin yhtälön soveltuvuutta teoreettisen painehäviön laskemiseksi panostatjassa sekä soveltuvuutta määrättäessä masuunin puhallusilman matemaattisia virtausmalleja eri panoskerroksissa. Teoriaosan lopussa tarkasteltiin vielä pienoismallien soveltuvuutta masuunitutkimuksiin.

Kun iskupanssarit otettiin käyttöön, jouduttiin yhdistetyn panostuksen käytöstä siirtymään malmintuojien ja kaksin erillispanostukseen. Iskupanssarien sijainnista ja rakenteesta johtuen pienoismallikokeissa oli panostuskorkeutta laskettava. Säädettävillä iskupanssareilla oli kaikkiaan kahdeksan eri asentoa. Parhaat materiaali- sekä teoreettisen painehäviön jakaumat koksi-sintteri-panostusten yhteydessä saatiin panostusohjelmilla  $3x(\text{SS}_0\text{KK}_2)$  ja  $3x(\text{SS}_1\text{KK}_4)$ . Korvatessa sintteristä 25% pelleteillä parhaat koetulokset saatiin panostusohjelmalla  $3x(\text{SSp}_1\text{KK}_4)$ .

## TAMPEREEN TEKNILLINEN KORKEAKOULU

### Konetekniikan osasto

Tekniikan lisensiaatti:

**Mäki, Jyrki:** "Niukkaseosteisten terästen hitsausongelmia".

Diplomi-insinöörit:

**Haapaniemi, Jukka:** "Monotonisen ja syklien muodonmuutoksen dislokaatioryhmittymät monirakeisessa kuparissa".

Työn teoreettisessa osassa tarkastellaan monotonisen ja syklien muodonmuutoksen aikaansaamia dislokaatioryhmittymiä suurirakeisessa kuparissa.

Työn kokeellisessa osassa tutkittiin sekä monotonisesti eri muokauslujittumisen vaiheisiin muokattujen että erisuurilla vakiomyötmäämpliteudeilla väsytettyjen suurirakeisten kuparimonitekiden dislokaatioryhmittymiä läpivalaisuelektronimikroskooppia käyttäen.

Yllä mainittuja muodonmuutoslajeja vastaavat dislokaatioryhmittymät todettiin erilaisiksi samankin näytteen eri rakeissa; lisäksi dislokaatioryhmittymät vaihtelivat eri koesauvoista otetuissa näytteissä, vaikka kappaleisiin kohdistunut keskimääräinen muodonmuutos oli likipitään sama. Syynä tähän on se, että yksittäisen rakeen orientaatio vetoakseliin nähden voi vaihdella hyvin paljon (orientaatiotekijän M

vaihtelumahdollisuus on välillä 2.0–3.67). Rakeen yksilöllinen orientaatio yhdessä naapurirakeiden vaikutuksen kanssa synnyttää jokaiseen rakeeseen oman jännitystilansa ja ko. jännitystilaa aiheuttamaa muodonmuutosta vastaavan dislokaatioryhmityksen. Tiettyä kappaaleeseen kohdistuvaa makroskooppista muodonmuutosta vastaa siten monirakeisen metallin eri rakeissa dislokaatioryhmitysten jakauma, eikä mitään tiettyä makroskooppista muodonmuutosta vastaavaa yleistä dislokaatioryhmitystä voida osoittaa.

**Järvinen, Reijo:** "Oksidi- ja metallipinnoitteiden muodostaminen sputteroimalla".

**Laurikainen, Heikki:** "Kahden kallioporan varsimateriaalin väsymislujuus".

Työssä tarkastellaan kahden kallioporan varsimateriaalin väsymislujuuksia erilaisilla pinnanlaaduilla. Väsytykskoeksissa katkenneista sauvoista tutkitaan murtopintoja. Lisäksi tutkitaan osaväsytyksen synnyttämiä mikromurtumia eri materiaalien valssauspinnoilla.

Varsimateriaalien väsymislujuudet on määritetty vakiojännitysmenetelmällä sinimuotoisissa veto-puristuskokeissa huoneenlämpötilassa.

Murtopintatutkimuksissa havaittiin murtumien ydintyneen erilaisiin pinnan loviin. Vain harvoissa tapauksissa ydintyminen on tapahtunut erkaumiin. Murtopinnoilta löytyi pieniä MnS- ja Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-erkaumia.

Väsymisrajan läheisyydessä tapahtuva 20 %:n tai 80 %:n väsytyksen väsymisistä synnyttää jossain tapauksissa pintaan vaarallisia mikromurtumia.

**Sarlin, Juha:** "Röntgenmikroanalysoinnin tilavuuserotuskyvyistä". Työssä tarkastellaan lyhyesti röntgenspektriä ja röntgenmikroanalysointia. Olennaisin osa tarkastelusta käsittelee kuitenkin näytetilavuuden muodostamista röntgenmikroanalysoinnissa. Näytetilavuuden muodostuminen johtuu ensisijaisesti näytteen ja sitä pommittavan elektronivuon välisistä vuorovaikutuksista. Vuorovaikutuksia tarkastellaan aluksi yhden elektronin kannalta, josta käsittely laajennetaan elektronivuota totaalisesti käsitteleväksi. Tällöin selittyvät monet näytetilavuudesta johtuvat ilmiöt, kuten ohuiden pinnoitteiden karakteristisen säteilyn intensiteetti ja lateraalinen erotuskyky.

Kokeellisessa osassa tarkastellaan aluksi ohuiden pinnoitteiden intensiteettiä pinnoitepaksuuden funktiona. Pinnoitteet ovat TiC, Ti ja Ni. Alustana on ensimmäisessä W, muissa Cu. Tulokset ovat sopu-soinnussa teoreettisen tarkastelun kanssa. Tuloksia voidaan soveltaa ohuiden pinnoitteiden paksuuden mittauksiin. Kokeellisen työn toisessa osassa tutkittiin energiadisersiivisen spektrometrin käyttöä viiva-analysissa, erityisesti lateraalisen erotuskyvyn osalta. Menetelmällä on tulosten perusteella saavutettavissa erinomainen lateraalinen erotuskyky, joskin tällöin on tingittävä havaittavuudesta.

**Silenius, Markku:** "Huokoisuus alumiinivaluissa.

Kaatolämpötilan ja kiertoromun määrän vaikutus tutkittiin seuranta-kokein normaalituotannon aikana. Huokoisuuden havaittiin kasvavan lisääessä kiertoromun osuutta panoksessa. valulämpötilalle etsittiin optimiarvo, jolla huokoisuuden määrä oli minimissään.

Eri kaasujen, kaasuseosten ja vakuumikäsitteilyn tehokkuutta tutkittiin kappaleiden tiiveyttä silmälläpitäen. Parhaimman tuloksen antoi vakuumikäsitteily. Työn tuloksena selvitettiin huokoisuuden syyt ja valuprosessin heikot kohdat. Lopuksi esitetään parannusehdotuksia nykyiselle valuprosessille ja vaihtoehtoja uusiksi valu- ja kaasunpoistomenetelmiksi.

**Viitamäki, Sakari:** "Alumiinioksidipinnoitteen muodostaminen kemiallisella kaasufaasipinnoittamisella".

## TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

### Vuoriteollisuusosasto

Diplomi-insinöörit:

**Blomfelt, Johanna:** "Typen liukeneminen niukkahiiliseen rakenne-teräkseen CaSi- ja kuonainjektioinneissa".

Työn tarkoituksena oli tutkia typen liukenemista teräkseen CaSi-injektioinneissa. Vertailun vuoksi tehtiin kuonainjektioiteja (kalkki+fluspaatti).

Kirjallisuusosassa tarkasteltiin typen liukenemisen termodynamiikkaa ja kinetiikkaa rautasulijn ja kuoniin. Erityisesti kiinnitettiin huomiota seosaineiden ja pinta-aktiivisten aineiden vaikutukseen typen liukenemisessä. Samoin esiteltiin lyhyesti typen liukenemisen tutki-

musmenetelmiä. Senkkakäsittelyn vaikutusta typen liukenemiseen tarkasteltiin lähinnä Rautaruukki Oy:n omien tutkimusten perusteella. Lopuksi esiteltiin lyhyesti typen käyttäytymistä teräksen jäähmettyessä.

Kokeellinen osa käsitti 11 sulatusta, jotka tehtiin prosessimetallurgian laboratorion pilot-planthallissa olevalla induktiouunilla. Sulaan teräkseen injektioitiin sekä CaSi:ä että kuonaa erilaisissa typpi-atmosfääreissä ( $5 \leq P_{N_2} \leq 92$ ). Injektointien aikana otettiin kaasunäytteitä sulan yläpuolella olevasta atmosfääristä.

Typpipitoisuus laski (6–40 ppm) CaSi-injektoiduissa ja nousi (25–70 ppm) kuonainjektoiduissa sulatuksissa. Mitä suurempi typpipitoisuus oli ennen injektioita, sitä suurempi oli typpipitoisuuden lasku injektioinnin aikana. Tämän vuoksi laskettiin injektioimateriaalin kanta-jakaasun argonin huuhteluvaikutus (argonia puhallettiin 400 l/min t terästä). Teoriassa argonin huuhteluvaikutuksen olisi pitänyt olla huomattavasti suurempi, joten injektioita itse asiassa nosti typpipitoisuutta. Kuonainjektioinnit kestivät noin kaksi kertaa kauemmin kuin CaSi-injektioinnit. Tämän perusteella oletettiin, että argonin huuhteluvaikutus oli voimakkainta injektioinnin alkuvaiheessa.

Typhen kyllästyspitoisuus laskettiin sekä Sievertsin lain perusteella että ottamalla huomioon seosaineiden vaikutus typen liukenemiseen. Tällä tavalla käytetylle teräkselle saatiin hieman pienemmät typen liukoisuudet seosaineiden vaikutuksesta. Eniten liukoisuuteen vaikuttaa typen osapaine atmosfäärisä.

**Brusila, Jukka Veli:** "Kemin kromiittiäsiintymän geostatistinen analyysi".

Geostatistiikan avulla voidaan malmiesiintymän pitoisuusrakennetta kuvata matemaattisesti variogrammfunktiolla. Sen hyväksikäyttö edellyttää esiintymän geologisen rakenteen tuntemista ja soveltamista variogrammin laskentaan. Lopputuloksena saatava malmiarvio on synteisi geostatistisesti arvioituista pitoisuuksista ja geologisesti määrittäistä malmin rajoista.

Työssä on suoritettu Kemin kromiittiäsiintymän geostatistinen struktuurianalyysi. Sen merkitystä, menetelmiä ja työhön käytännössä vaikuttavia tekijöitä on käsitelty vaihe vaiheelta erikseen.

Geostatistiikan käytännön sovellutuksena on esitetty tutkimustapa, jolla malmilohkojen sisäistä pitoisuusvaihtelua ja jakaumaa tarkastellaan voidaan kvantitatiivisesti arvioida eri menetelmien sopivuutta niiden louhintaan. Täten vertailtiin Viian malmioiden louhinnassa käytettävillä eri porauskalustoilla, keskipitoisuudeltaan erilaisista lohkoista, eri cut off-arvoilla saatavia malmimääriä ja pitoisuuksia.

Yksi työn päätarkoituksista oli selvittää geostatistiikan menetelmien sopivuutta Suomen kaivoksille ja malmitutkimuksiin. Saadun kokemuksen perusteella variogrammin estimoinnin näytteen ottomenetelmille ja näyttemateriaalille asettamat korkeat vaatimukset ovat suurin este geostatistiikan käytölle. Kemin kaivoksen Elijärven ja Viian malmioiden soijaporausnäyttemateriaali on erittäin sopivaa geostatistiseen tarkasteluun. Timanttikairauksella sen sijaan ei nykyisellään saada variogrammin estimointiin täysin riittävää näyttemateriaalia. Tilanteen korjaamiseksi on tehty muutamia yksinkertaisia parannusehdotuksia. Elijärven malmion pitoisuusrakenne ei täytä geostatistiikan soveltamisen edellytyksenä olevia matemaattisia stationaarisuusehtoja. Viian malmiot puolestaan todettiin menetelmälle sopiviksi.

**Erävalo, Esa:** "Appropriateness of five charcoal ironmaking processes for less developed countries-literature review".

Kirjallisuustutkimuksena tarkasteltiin viiden puuhiiltä polttoainena ja/tai pelkistysaineena käyttävän raudan valmistusprosessin soveltuvuutta vähiten kehittyneisiin maihin.

Soveltuvaa teknologiaa (appropriate technology) käsittelevästä kirjallisuudesta voitiin löytää 18 kriteeriä raudanvalmistusprosessin soveltuvuudelle vähiten kehittyneisiin maihin. Tällaisia kriteerejä ovat mm. pienet investointi- ja tuotantokustannukset, helppo huollettavuus, paikallisten raaka-aineiden käyttö, luonto- ja ihmisystävällisyys.

Vertailtavina olivat: perinteinen puuhiilimasuuni, erittäin pieni puuhiilimasuuni eli "takapihamasuuni", Kinglor-Metor-prosessin ja valokaariuunin yhdistelmä, plasmalulutusprosessi sekä plasmalulutusprosessin ja puuhiilimasuunin yhdistelmä.

Puuhiili on monelle kehitysmaalle edullisin polttoaine. Puuhiilen pientä rikkipitoisuutta hyödynnetään hyvin, kun valmistetaan pallografiittivalurautaa. Sitä saatetaan kyetä valmistamaan modernisoidulla takapihamasuunillakin. Asetettujen kriteerien mukaan erittäin pieni puuhiilimasuuni olisi vähiten kehittyneisiin maihin paras raudanvalmistusmenetelmä. Huonoin ratkaisu olisi Kinglor-Metor-prosessin ja valokaariuunin yhdistelmä. Plasmalulutusprosessin yhdistäminen jo toimivaan puuhiilimasuuniin toisi useita etuja.

**Fabritius, Joakim:** "Elektrokemiska testmetoder för korrosions-skyddsfärger".

I detta arbete genomgås kritiskt användbarheten för olika elektrokemiska testmetoder, med vilka man kan bestämma en färgfilms kor-



rosionsbeständighet i fuktigt miljö. Särkild vikt läggs vid de så kallade växelströmmätningarna, med vilka man i princip kan följa med de aggressiva jonernas penetring genom en intakt färgfilm samt följa med korrosionsförloppet under färgbeläggningen.

Med hjälp av en automatisk AC-mätbrygga uppmättes förändringarna i kapacitansen och impedansen vid olika frekvenser för olika tjocka epoxi- och klorokautschukbeläggningar, vilka är neddoppade i DIN 50900 havsvatten. Impedansmätningarna utfördes inom frekvensområdet 20 Hz – 20 kHz (amplitud 10 mV). Med denna mätmetod testas en elektrokemisk model, som beskriver färgskiktets nedbrytning som funktion av tiden. Därtill undersöks korrosionsförloppet vid ett konstgjort hål i filmen.

För de ledande färgerna (zinkpulver färger) utprovas polarisationsmetoder vid sidan av kapacitans-, resistans- och vilopotentialmätningar. Med dessa metoder kan man följa med hur färgskiktets aktivitet försämras med tiden.

**Hausalo, Rauno:** "Epämetallisten sulkeumien modifiointi ja sen vaikutus teräksen lastuttavuuteen".

Työn tarkoituksena oli tutkia kalsiumin, magnesiumin ja zirkoniumin vaikutusta epämetallisiin sulkeumiin ja erityisesti sulfidien morfologiaan, koostumukseen ja muokkautuvuuteen. Toisena päämääränä oli pienentää lastuttavuutta heikentävien kovien alumiinioksidien määrää sekä modifioida ne pehmeämmiksi sekaoksiksi.

Työn kirjallisuusosa käsittelee ensin konventionaalisen teräksen sulkeumarakennetta, jonka jälkeen syvennytään lähemmin sulkeumien modifiointiin ja eri sulkeumien vaikutukseen teräksen lastuttavuuteen ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Kokeellisessa osassa tutkittiin kalsiumin, magnesiumin ja zirkoniumin vaikutusta sulkeumien morfologiaan ja koostumukseen.

Kokeissa suoritettiin kolmesta sulatusta käyttäen 50 kg:n induktiouunia ja KTH:n kehittämää injektioalaitteistoa. Valmistettujen terästen sulkeumarakennetta tutkittiin sekä valo- että pyyhkäiselektronimikroskoopilla. Valsatuille ja nuorutetuille teräksille suoritettiin pikateräslastuamiskokeet.

Ca- ja Mg-käsittelyissä  $Al_2O_3$ -rykelmät ovat korvautuneet käsitte-lystä riippuen joko kalsium- tai magnesiumalumiinaateilla. Oksidit eivät kuitenkaan ole puhtaita, vaan niillä esiintyy Ca-käsittelyjen yhteydessä MnS-, (Mn, Ca) S-, (Ca, Mn) S- tai CaS-kuori ja Mg-käsittelyissä ne ovat yhdistyneenä Mn- tai (Mn, Ca)-sulfidista muodostuneen faasin kanssa. Zr-käsittelyissä zirkoniumoksidit ovat korvanneet suurimman osan alumiinioksidiesta. (Mn, Mg)- tai (Mn, Zr)-sulfideja ei syntynyt, mutta tyyppilisten II-tyyppin Mn-sulfidien määrä on pienentynyt tai ne ovat kadonneet kokonaan.

Koeterästen pikateräslastuttavuus on yleisesti ottaen parempi kuin vertailuteräksen MoC 410 M; varsinkin vaikutus terien kuoppakulu- vuuteen on pienempi.

**Jaakonmäki, Ari:** "Tunnelin louhintasuunnitelman tekevä atk-ohjelma".

Työn tavoitteena oli kartoittaa tärkeimmät tunnelin louhintasuunnitteluun liittyvät muuttujat ja laatia tältä pohjalta varsinaisen laske- misen suorittava ATK-ohjelma. Työssä on rajoitettu poraamalla ja räjäyttämällä tapahtuvaan louhintaan.

Panostusta ja lastausta koskevat osat perustuvat lähinnä kirjallisu- teen. Porauksen osalta työ perustuu pääosin porauslaittevalmistajan koetuloksiin. Työssä on kiinnitetty erityistä huomiota räjäytystekniik- kaan ja mekanisoiutuun poraukseen.

Tietokoneohjelma mahdollistaa eri porauslaitteivaihtoehtojen no- pean vertailun ja optimoinnin. Ohjelma tekee tunnelin louhintasuun- nitelman, johon sisältyvät: poraus-, panostus- ja lastaustaskelmat, yh- den katkon ja koko tunnelin louhinta-aikataulut, porauksen ja panos- tuksen kustannuslaskelmat sekä suositeltu porauskaavio. Käytössä ohjelma on todettu hyvin toimivaksi, tulokset vastaavat käsin lasket- tuja ja suunnitelmien teko on nopeutunut merkittävästi.

**Linnankylä, Timo:** Sähkömagneettisia pienoismallikokeita pallo- maisilla näytteillä".

Tässä työssä oli tehtävänä koota ja testata pienoismallimitauslait- teisto ilmassa ja johtavassa liuoksessa sijaitsevien metallipallojen taa- juusvastemittauksiin.

Työn alkuosassa on johdettu sähkömagneettisen kentän analyytin ratkaisu johtavalle pallolle radiaalisen magneettisen dipolin olles- sa lähteenä. Pallon vasteita laskettiin mallin ja ympäristön eri johta- vuus- ja magneettisilla permeabiliteettikontrasteilla.

Tietokoneeseen yhdistetty taaajuusvasteanalysaattori teki mahdolli- seksi mittaustulosten automaattisen ja nopean käsittelyn. Pienoismal- leina käytettiin kupari-, rauta- ja messinkipalloja sekä kuparikiekkö- ja. Pienoismallialtaassa NaCl-liuos edusti johtavaa puoliavaruutta.

Ilmassa sijaitsevien metallipallojen vasteet olivat käytetyillä taa- juuksilla jatkuvia ja vastasivat muodoltaan teoreettisia laskelmia. Johtavan ympäristön vaikutus metallipallojen taaajuusvasteisiin oli vä- liaineen ja johdekappaleiden suuren johtavuuskontrastin vuoksi vä- häinen. Johtavan suolaliuoksen vaikutus havaittiin selvimmän taaajuus-

vasteiden imaginääriosissa, jotka kääntyivät suurilla taajuuksilla pie- noiseen nousevuun.

Suurimman ongelman sähkömagneettisissa pienoismalliallaskokeis- sa aiheuttivat ulkoapain tulevat häiriöt, jotka vaikeuttivat mittauksia varsinkin pienillä taajuuksilla.

**Nummelin, Börje Mikael:** "Ferritiskt rostfritt ståls lösningsmekanism".

Vid anodisk upplösning av ferritiskt rostfritt stål vid potentialer positivare än Flade-potentialen avviker polarisationskurvan från Tafel- linjen. Lösningen av huvudkomponenterna Fe och Cr går via ett antal steg där det viktigaste är övergången till adsorberade hydroxidkom- plex. Vid potentialer över Flade-potentialen börjar ett nytt steg i lös- ningsmekanismen ske, och det är uppkomsten av oxider. Det uppstår även en pulveraktigt adsorberad hydroxidkomplex-fas på ytan, och i denna fas likväl som i fasen strax under denna sker en anse- nlig anrikning av Cr.

Man utgår från att den hastighetsbestämmande reaktionen vid pas- siveringen är hydroxidets övergång till syre- respektive vätejoner. Detta resulterar i uppkomsten av både järn- och kromoxider i den ad- sorberande fasen, men då krom som oädlare metall har en större sy- reaffinitet än järn, stjäls kromatomerna merparten av de tillgängliga sy- rejonerna, vilket leder till uppkomsten av inert kromoxid med en an- rikning av krom i ytfaserna som följd.

I den adsorberande ytfasen anrikas alla ädlare metaller än Fe och Cr, och dessa tillsammans med kromoxiden bildar ett upplösnings- bromsande skikt på anodytan. Den adsorberade ytfasen fungerar så- ledes både som leverantör av syrejoner och som upplösningsbroms.

**Renkonen, Asko:** "Lämpökäsittelyn vaikutus kahden lujan hitsatta- van valuteräksen mikrorakenteisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin".

Työn tarkoituksena oli tutkia lämpökäsittelyissä tapahtuvia raken- nemuutoksia ja lämpökäsittelyiden jälkeisiä mekaanisia ominaisuuks- ia. Työssä tutkittiin myös koemateriaalien juoksevuutta.

Kirjallisuusosassa on painotettu niukkahilisissä teräksissä tapahtu- via rakennemuutoksia sekä rakenteiden vaikutusta mekaanisiin omin- aisuuksiin. Lisäksi on käsitelty valettavuutta ja jäähdyttymistä.

Koemateriaalina oli mikroseostettu teräs (0,03 % C – 2 % Mn – 0,5 % Mo – 0,07 % V – 0,06 % Nb) ja runsaammin seostettu teräs (0,07 % C – 1,7 % Mn – 0,7 % Cr – 2,6 % Ni – 0,5 % Mo). Lämpökä- sittelyissä oli muuttujina austenitointilämpötila, sammutusnopeus sekä päästöaika ja -lämpötila. Rakenteet tutkittiin valomikroskoopilla ja läpivalaisuelektronimikroskoopilla. Juoksevuudet mitattiin spiraal- likokeella. Koemateriaalien juoksevuuksia verrattiin standardivalute- räksen G-25CrMo4 juoksevuuteen.

Teräksillä oli hyvät lujuudet päästön jälkeen sekä neste- että ilma- sammutettuna. Rakennetutkimusten perusteella terästen korkeat lu- juudet perustuivat päästössä hitaasti karkeutuviin seosainekarbidei- hin ja sammutuksessa muodostuneisiin hienosäleisiin rakenteisiin. Charpy-V-iskukokeissa molemmilla teräksillä martensiittinen raken- ne osoittautui sitkeämmäksi. Mikroseostetulla teräksellä iskutkeys oli odotettua huonompi, mikä johtui ilmeisesti materiaalissa olleesta epäedullisesta kuonarakenteesta. Runsaammin seostetulla teräksellä iskutkeysarvot olivat lupaavia. Juoksevuuskokeissa mikroseostettu teräs oli vertailuterästä huonompi ja runsaammin seostettu parempi.

Koetulosten perusteella on ilmeistä, että voidaan valmistaa valute- räksiä, jotka ovat samantyyppisiä kuin lujat rakenneteräksset. Termomekaaninen käsittely voidaan korvata karkaisulla ja päästöllä.

**Rusk, Ulf Christer:** "Kylkurvor och härdning av stål".

I arbetet har beskrivits den teori som berör härdning och bestäm- ning av kylmedels kylförmåga. Dessutom har olika samband mellan dessa behandlats.

I den tillämpade delen har reproducerbarheten för den provnings- utrustning för kylmedel som byggts på Statens tekniska forskningsans- talt/Metallurgiska laboratoriet klarlagts. Reproducerbarheten visade sig vara mycket god.

Dessutom gjordes prover med ny och gammal olja för att få bevis på om man med provningsutrustningen kan skilja mellan dessa. Här visade sig resultatet vara tvärt emot de uppgifter som finns i litteratu- ren.

Slutligen gjordes 26 stycken härdningsprov med ett provstål som valts speciellt för det här ändamålet. I arbetet har kyl- och derivatav- kurvor vid härdningen framtagits. Dessutom har på basis av de upp- mätta härdheterna samt kyl- och derivatavkurvorna samband mellan dessa upprättats. Något alldeles lineärt samband mellan dessa kan inte upptäckas, men i skiljandet mellan olika kylmedel fäs goda resultat.

**Saksa, Pauli:** "Sähkömagneettisista lähdekentistä ja niiden sovelta- misesta audiomagnetotelluuriseen menetelmään".

Työssä tutkittu audiomagnetotelluurinen eli AMT-menetelmä käyttää hyväksi sähkömagneettista lähdekenttää. Luonnossa esiinty- vä sähkömagneettinen kenttä on taajuuksilla 3–30000 Hz pääosin sa-

lamoiden voimakkaiden varauspurkausten aiheuttama. Salamälähteet säteilevät energiaa voimakkaimmin taajuuksilla 5–10 kHz. Edetessä lähdeistä havaintopisteeseen maan kuoren ja ionosfäärin alempien kerrosten välissä tapahtuu sähkömagneettisessa spektrissä voimakasta karakteristista vaimenemista taajuuksilla 1–3 kHz. Luonnon lähteiden kenttää on lukuunottamatta lähellä olevia (alle 100 km) salamälähteitä tarkasteltava teorian mukaisesti oletetulla tasoallon kentällä.

Keinotekoisista lähteistä ovat käyttökelpoisimpia AMT-mittaukseen maadoitettu virtajohdin ja virtasilmutukka. Keinotekoisilla lähteillä ei edellytys tasoallostalla ole aina saavutettavissa käytännön mittauksissa. Saadut tulokset ovat kuitenkin kvantitatiivisesti tulkittavissa työssä esitetyillä erilaisilla lähteen vaikutuksen huomioivilla tulkintamenetelmillä.

Kun edellytys tasoallostalla on voimassa, suoritetaan AMT-tulosten tulkinta yleensä kerrostuneen maan rakennemallilla. Kaksidimensionaalinen tulkinta on kerrosmallitulkintaan verrattuna huomattavasti hitaampaa ja vaikeampaa. Työssä luotiin kaksidimensionaalisen johdemallin rakenteelle erikoispisteisiin perustuva tulkintamenetelmä, joka on esitetty tulkintanomogrammiston muodossa. Kerrosmallitulkinna havaittiin sopivan hyvin tällaisen rakennemallin tapauksessa osaksi kaksidimensionaalista tulkintaprosessia.

Sovellutusesimerkki Polvijärven kunnan Miihkalista kuvastaa varsinkin tulkinnan alueella keinotekoisella lähteellä suoritettuihin AMT-mittauksiin liittyviä vaikeuksia. Kompleksisessa geologisessa ympäristössä voidaan silti huolellisella tulostulkinnalla saada luotettavia tuloksia. Tulkintaesimerkissä on sovellettu nomogrammitulkintaa.



Vuorimiesyhdistyksen kaivosjaosto järjestää avolouhintaa käsittelevän täydennyskoulutustilaisuuden.

## NYKYAIKAINEN AVOLOUHINTA

Aika: 18.-19.1.1984  
Paikka: Hotelli Rauhalampi, Kuopio  
Ohjelma:

Keskiviikko 18.1.1984

Kannattava avolouhintaa  
Geologian vaikutus louhin-  
taan ja suunnitteluun

Urho Valtakari  
Heikki Kauppinen,  
Kemira Oy

Avolouhoksen optimointi

Esko Orivuori,  
Outokumpu Oy  
Christer Söderholm,  
Outokumpu Oy  
Antti Öhberg,  
Saanio & Laine Oy

Rakennegeologia ja seinä-  
mästabiliteetti

Seinämiä stabilointi ja ve-  
denpoisto

Pekka Lappalainen,  
Outokumpu Oy  
Kauno Kangas

Kaivos- ja siirtymämittausta  
Puheenvuoro:

Juhani Okulow,  
Kemira Oy  
Matti Heiniö,  
Elovuori Oy

Tietokonepohjainen kai-  
vosmittaus  
Kilpailukykyinen avolouhin-  
taurakointi

Avolouhintakalusto ja avo-  
louhinnan reikäkoot

Oy Tampella Ab Tamrock/  
Machinery Oy

Ajankohtaista avolouhinnas-  
ta

Oy Julius Tallberg Ab/Atlas  
Copco

Puheenvuorot:  
Panostus eri räjähdysai-  
neilla reikäkoon mukaan

Heikki Kuula,  
Kemira Oy

Porausurakointi

Juhani Viinanen,  
Louhintayhtymä P & T Ny-  
känen

Avolouhinnassa käytetty  
porauskalusto

Kari Peltonen,  
Machinery Oy/Airam Kome-  
ta

Porakaluston merkitys

Kalevi Tähkäoja,  
Outokumpu Oy

Poraustalous kalkkikives-  
sä

Kimmo Kekki,  
Oy Partek Ab Lappeenranta

Kiertoporaus

Väinö Rinne,  
Rautaruukki Oy

Ympäristön huomioiminen  
räjäytyksessä

Raimo Vuolio,  
Finnrock Oy Ab

Uudistuva lainsäädäntö

Raimo Vuolio,  
Finnrock Oy Ab

Kemiitti

Pekka Heino,  
Kemira Oy  
Erkki Wiinämäki,  
Oy Forcit Ab

Avolouhosten räjähdysai-  
neet ja silolouhintaa

Torstai 19.1.1984

Urakoitsijan lastaus- ja kul-  
jetuskaluston operointi ja  
kustannusrakenne

Liisa Vepsä-Hirvonen,  
Vepsä Oy

Lastaus- ja kuljetusketjun si-  
mulointi

Seppo Rinta,  
Oy Volvo-Auto Ab

Lastaus- ja kuljetuskaluston  
taloudellinen ikä ja huoltoso-  
pimukset

Kari Hauhio,  
Wihuri Oy Witraktor

Puheenvuoro:

Lastaus- ja kuljetusura-  
kointi

Kari Tiikkaja,  
Maanrakennus E Hartikai-  
nen Ky

Partekin avolouhosten las-  
taus ja kuljetus

Nils-Åke Astermo,  
Oy Partek Ab

Avolouhinnan toiminnan ohjaus  
ja seuranta

Puheenvuorot:

Outokumpu Oy Kemi  
Oy Partek Ab  
Rautaruukki Oy Mustavaara  
Kemira Oy Siilinjärvi  
Antti Mikkonen, Olavi Paat-  
sola, Kemira Oy

Kemira Oy:n Siilinjärven  
kaivos

Kaivoskäynti Siilinjärven kaivoksella  
Tilaisuutta on valmistellut työryhmä:

K. Parvento, P. Ikonen, R. Matikainen, O. Paatsola, P. Särk-  
kä, K. Tähkäoja, S. Viitanen.

### ILMOITTAUTUMINEN JA LISÄTIETOJA:

Simo Viitanen  
Teknillinen Korkeakoulu  
Vuoriteollisuusosasto, Louhintatekniikan laboratorio  
Vuorimiehentie 2, 02150 Espoo 15,  
p. 90-4554122/205, telex 125161  
Osallistumismaksu 500 mk, sitovat ilmoittautumiset  
31.12.1983 mennessä.  
Postisiirtotili: OU 7157-6.  
Maksunsaaja: Vuorimiesyhdistys-Bergsmanna-  
föreningen r.y., PL 217/Sundquist, 90101 Oulu 10.  
Tiedonanto: AVOLOUHINTA-84.

## 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SMALL MINE ECONOMICS AND EXPANSION

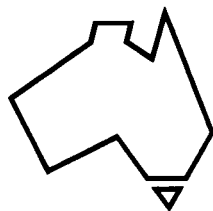
World Mining ja World Coal lehtien järjestämä toinen kansainvälinen pienten kaivosten ekonomiaa ja laajennuksia käsittelevä symposium pidettiin Otaniemessä 12.-16. kesäkuuta. Edellinen kokous pidettiin vuonna 1981 Meksikossa. Osanottajia oli tällä kertaa yli 200 eri maasta. Päivänpolttavia aiheita olivat: malminetsintämenetelmät pienten ja keskikoisten esiintymien paikallistamiseen, pienimittakaavaisen toiminnan rahoittaminen, siirrettävät rikastamot ja keskusrikastamot, rikasteiden markkinointistrategiat sekä tehokkaat louhintamenetelmät.

Kolmen päivän aikana kuultiin 26 esitelmää, joista 9 esitteli alan suomalaisia kokemuksia ja saavutuksia. Symposiumin yhtenä osana oli tutustuminen Outokumpu Oy:n Keretin ja Vuonoksen kaivoksiin. Kaikki joskus ekskursion osallistuneet voivat kuvitella, että moinen suoritus oli kerrassaan ennätysmäinen. Muistoksi käynnistään osanottajat saivat kansallisen tietoa Outokumpu Oy:stä ja suomalaisista laitteista. Sää suosi järjestäjiä, koska ainakin Etelä-Suomen kesä oli parhaimmillaan koko symposiumin ajan. Symposiumin kolmannen päivän päätöksenä oli Finnminersin sponsoroima laivaristeily Helsingin ja Espoon rantamaisemissa, mistä myös kuvamme.

Kokouksen anti osanottajilleen oli varmasti myönteistä ja hyödyllistä, sen osoittivat ne lukuisat kysymykset, joihin päivien esitelmöitsijät saivat vastata alustustensa pohjalta. Ehkä vielä enemmän tietoa välittyi osanottajien keskinäisissä tapauksissa, koska vilkasta keskustelua käytiin koko ajan istuntojen väliajoilla ja iltaisin. Tilaisuuden päätti VMY:n puheenjohtaja Olli Hermonen luovuttamalla symposiumin pääjärjestäjille Bob Wyliele ja Donald Pazourille VMY:n viirin ja solmion.



"Small Mine Symposium" in laivaristeily.



## 13th BIENNIAL CONGRESS OF THE IDDRG

International Deep Drawing Research Group'in (IDDRG) järjestyksessä 13. bienniaali pidetään Melbourneassa, Australiassa, helmikuun 20.-28. p:nä 1984. Pitopaikka on Melbourne University ja National Science Centre 20.-24.2.1984; työryhmäkokoukset järjestetään 26.-28.2.1984 Eildonissa, 120 km Melbournesta. Kongressin aihealueet ovat:

- työkalusuunnittelu
- materiaalit ja voiteluaineet
- testausmenetelmät
- levynmuovauksen tehokkuus suurissa ja pienissä laitoksissa.

Kongressin sihteeri on Dr. R.M. Hobbs, Private Bag 1, Hastings, Victoria, 3195, Australia. Tietoja antaa myös DI V-M. Wäänänen, MEK, Eteläranta 10, 00130 Helsinki 13.



Adolf Martens  
1850 - 1914  
Berlin

## 4. INTERNATIONAL CONGRESS ON HEAT TREATMENT OF MATERIALS

IFHT:n (International Federation for the Heat Treatment of Materials) 4. kongressi pidetään Länsi-Berliinissä 3.-7. kesäkuuta 1985, järjestäjänä Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik (AWT). Pitopaikkana on kansainvälinen kongressikeskus (International Congress Centre). Kongressin aihealueet ovat:

- martensiitti, bainiitti, jäännösausteniitti
- jäännösjännitykset
- pintalämpökäsittelyt
- pinnoitus ja pintaseostus
- energia

Esitysten lyhennelmät lähetettävä ennen 1.6.1984. Kongressin järjestäjien osoite: IFHT-Congress 1985, Institut für Werkstofftechnik, Technische Universität Berlin, Strasse des 17. Juni 135, D-1000 Berlin (West) 12.

Tietoja antaa myös DI V-M. Wäänänen, MEK, Eteläranta 10, 00130 Helsinki 13.

# Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen ry:n tutkimusselostet, kirjat ja julkaisut

## Tutkimusselostet: sarja A

	hinta
A 1 "Kulutusta kestävä materiaali"	loppunut
A 2 "Malmiteknillinen näyttö"	"
A 3 "Jatkotankoporaus"	"
A 4 "Öljypolttimet"	"
A 5 "Maakairaus ja pliktaus"	"
A 6 "Putket ja rännit"	20,—
A 7 "Jatkotankoporaussovellus louhintaan"	20,—
A 8 "Jäännösanomalia- ja gradienttikarttojen käytöstä malminetsinnässä"	20,—
A 9 "Rikastamoiden jätealueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,—
A 10 "Kuilurakentee"	20,—
A 10b "Kuilunajoa käsittelevää kirjallisuutta"	loppunut
A 11 "Raakkulaimennus"	20,—
A 12 "Maamme vuoriteollisuuden uusimpien teollisuus-rakennusten katto- ja ulkoseinä-rakentee"	56,—
A12b "Puurustusliite n:o 12:een"	loppunut
A 13 "Vedenpoisto kaivoksesta"	"
A 14 "Suunnan ja kaltevuuden mittaus syvä-kaivauksessa" (uusi kopio)	30,—
A 15 "Näytteenotto geokemiallisessa malminetsinnässä"	20,—
A 15b "Kvaliteetti n:o 15:een"	loppunut
A 16 "Jauheiden kuivatus"	20,—
A 17 "Pölyn talteenotto"	20,—
A 18 "Geokemiallisten näytteiden käsittely ja tulosten tulkinta"	50,—
A 19 "Kulutusta kestävä materiaali" — n:o 1:n täydennys	20,—
A 20 "Rikastamoiden instrumentointi"	20,—
A 21 "Räjähdyksineet ja räjäytysvälineet"	loppunut
A 22 "Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—
A 24 "Kaivosten ja avoulohosten 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 29 "Lämmön talteenotto metallurgisessa teollisuudessa"	50,—
A 31 "Pakokaasujen käsittely maanalaisissa tiloissa: Selvitys normi- ja toimenpide-ehdotuksineen"	loppunut
A 32 "Seulonta"	40,—
A 33 "Louhintaurakkasopimuksen laatimissuhteet"	20,—
"Louhintaurakkasopimuskäytävä"	2,—
A 34 "Geologisten joukkonäytteiden analysointi"	50,—
A 36 "Pakokaasukomitea — selvitys tutkimustyön jatkamisedellytyksistä"	20,—
A 36b "Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,—
A 39 "ATK-menetelmien käyttö kallioperäkartoituksissa"	25,—
A 40 "Kaivosten jätealueet ja ympäristönsuojelu"	45,—
A 42 "Kaivosten työympäristö"	50,—
A 44 "Geologinen näyttö"	50,—
A 47 "Murskeen varastointi talviolosuhteissa"	40,—
A 48 "Kaivosten jätealueiden saattaminen uudelleen kasvullisuuden peittämiseksi"	50,—
A 50 "Kaukokartoitus malminetsinnässä"	100,—
A 52 "Suunnattu kairaus"	50,—
A 53 "Kivilajien kairattavuusluokitus"	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 määrittäminen 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 elementtiohjelmistoista"	30,—
A 63 "Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi"	50,—
A 64 "Suomessa tehdyt kallion jännitystilainmittaukset"	50,—
A 65 "Kiintoaineen ja veden erotus"	50,—
A 66 "Pohjavesikysymys kalliotiloissa"	50,—
A 67 "Crosshole seismic investigation"	70,—
A 68 "Automation of a drying process"	70,—

## Koulutus- ja seminaarimonistee, kalliomekaniikan päivien esitelmämonistee sekä muut julkaisut: sarja B

	hinta
B 1 "Kalliomekaniikan päivät 1967"	35,—
B 2 "Kalliomekaniikan päivät 1969"	40,—
B 3 "Kalliomekaniikan päivät 1969"	40,—
B 4 "Kalliomekaniikan päivät 1970"	40,—
B 5 "Kalliomekaniikan päivät 1971"	40,—
B 6 "Kalliomekaniikan päivät 1972"	45,—
B 7 "Kalliomekaniikan päivät 1973"	50,—
B 8 "Kalliomekaniikan päivät 1974"	50,—
B 9 "Kalliomekaniikan päivät 1976"	50,—
B 10 "Kalliomekaniikan päivät 1977"	50,—
B 11 "Kalliomekaniikan päivät 1978"	50,—
B 12 "Kalliomekaniikan sanasto"	10,—
B 14 "Kaivossanasto"	8,—
B 15 "Rajäytysopas 1978"	8,—
B 16 "INSKO 106—73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"	45,—
B 17 "INSKO 49—74 "Skänkmetallurgi-Senikka-metalluriga"	45,—
B 18 "INSKO 90—74 "Investoinnit ja käyttö-laskenta 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 anostelumenetelmät"	30,—
B 22 "Kulutusta kestävä materiaali"	40,—
B 23 "Laatokan-Perämeren malmivöyhyke"	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 "Pientunnelisymposium"	70,—
B 27 "Uraaniraaka-ainesymposium"	50,—
B 28 "Tuuletussymposium"	50,—
B 29 "Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"	90,—
B 30 "Teollisuusmineraalisenäinäri"	50,—
B 31 "Kaivosten työsuojelu"	50,—
B 32 "Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisseminaari"	50,—
B 33 "Pulituspäivät 1983"	70,—
B 34 "Kalliomekaniikan päivät 1983"	60,—
Vuorimieskillan laulukirja "Taskumatti"	10,—
VMY:n solmio, värit: sininen ja viinipunainen	40,—
Vuoriteollisuus — Bergshanteringen lehti vuosikerta Suomessa	55,—
vuosikerta ulkomailta	70,—
Eero Mäkinen -mitali	200,—

Vuoriteollisuus — Bergshanteringen-lehden vanhempi numeroita myytävänä vuosikertojen täydennykseksi jäsenille hintaan 2,50/numero.

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta DI Pekka Sundquistilta mieluummin kirjallisesti osoitteella:

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.  
Rautaruukki Oy  
PL 217  
90101 Oulu 10  
tai puh. 981-327 711

## ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- Oy AIRAM Ab, KOMETA
- Oy ALGOL Ab
- EKONO Oy
- ENSO-GUTZEIT Oy, Konepajaryhmä
- Oy FORCIT Ab
- Oy FÖRBY Ab
- HELAKE Oy
- KEMIRA Oy, Suojainyksikkö, Vaasan tehtaat
- KEMIRA Oy, Vihtavuoren tehtaat
- LAROX Oy
- LEVANTO Oy
- MACHINERY Oy
- MYLLYKOSKI Oy, Luikonlahden kaivos
- NELES Oy, Lokomon tehtaat
- Oy NOKIA Ab, Tekninen kumi
- OUTOKUMPU Oy, Automaatioryhmä
- OVAKO Oy-Ab
- PERUSYHTYMÄ Oy ARA
- RAUTARUUKKI Oy
- ROTATOR-YHTIÖT
- Oy SKEGA Ab
- SUOMEN KULUTUSOSA Oy
- Oy JULIUS TALLBERG Ab, Oy ATLAS COPCO Ab
- Oy JULIUS TALLBERG Ab, Vuorikoneet
- Oy TAMPELLA Ab, TAMROCK
- Oy VOLVO-AUTO Ab, VOLVO BM
- 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 kirjallisuusviitteenä** 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 arkille. Kuvien olisi mahdollista yhden palstan leveydelle (**85 mm**), mutta ne on piirrettävä vähintään kaksinkertaiseen kokoon ottaen viivapaksuuksia ja kirjainkokoja valittaessa huomioon pienennyksen vaikutus. Kuvia ei varusteta kehysviivoin. Kuvien paikat on merkittävä käsikirjoitukseen.

**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.

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

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

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

Palauttaa **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**.

## TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN TIEDOTUKSIA

Ruotsista ja Norjasta on saatu tänä vuonna seuraavat tutkimusraportit:

### Svenska Gruvföreningen:

- B 260; 145/1971 "Användning av mineralberedningens restprodukter"
- B 262; 145/1971 "Utvinning av industrimineral ur svenska fyndigheter"
- B263; 217/1979 "Brand- och katastrofförebyggande åtgärder i gruvor" (1 kpl)
- Arbetskadestatistik vid svenska malmgruvor år 1982 (1 kpl)
- B 264; 156/1972 "Festmetoder för ballastmaterial" (1 kpl)
- Meddelande nr 160, volym 11: Svenska Gruvföreningens årsmöte den 25 november 1982 (1 kpl)

### BeFo – Stiftelsen Bergteknisk Forskning:

- Openings and Slopes in Weak Rock (1 kpl)
- Kai Palmqvist: "Tätning av Bergtunnlar", Injekteringsutförande och resultat (1 kpl)
- Activitties 1981 – 83 (1 kpl)

### MinFo – Stiftelsen Mineralteknisk Forskning:

- Meddelanden från MinFo Nr 4 1982 "Starkmagnetiska anrikningsmetoder" (muutama kpl)
- Meddelanden från MinFo Nr 5 1983 "Utvinning av industrimineral" (muutama kpl)

### Sveriges Geologiska Undersökning:

- Rapporter och meddelanden nr 34 "Berggrundsgeokemi som prospekteringsmetod i Sveriges urberg" (1 kpl)

### BVLI – Bergverkenes Landssammenslutnings Industri-gruppe:

- TR 52/2 Prosjekt "Nyere metoder for planbygging og styring av gruve- og dagbruddsarbeider" Delrapport "Jasså – har du tenkt å kjøpe data maskin?"
- TR 58/1 Prosjekt "Gråbergsinnblanding" Delrapport I "Gråbergsinnblanding – problemer og kostnader i oppredningen"
- TR 36/4 Prosjekt "Støybekjempelse ved Bergverk" Delrapport IV "Støylorskriftene og Bergverkene"
- TR 47/4 Prosjekt "Rensing av gruvevann ved hjelp av oppredningsavgang" Delrapport IV "Undersøkelse av rensing av gruvevann ved bleikvassli gruber"

Tutkimusraportteja voi lainata VMY:n tutkimusvaltuuskunnan sihteeriltä. Mikäli raportteja on ollut riittävästi, on ne toimitettu TV:n jäsenyrityksille.

Anneli Salonen



## IFAC SYMPOSIUM ON AUTOMATION FOR MINERAL RESOURCE DEVELOPMENT

IFACin kansainvälinen symposium otsikolla Automation for Mineral Resource Development pidetään **Brisbanessa Australiassa 9.–11.7.1985**. Symposiumin aiheita ovat:

### Automatisoidut louhintamenetelmät

- Merenalainen louhinta
- Luoksepääsemättömät alueet
- Vaaralliset ympäristöt
- Kallion liikkeiden seuranta ja louhinnan suunnittelu
- Kovien ja pehmeiden kivien menetelmät
- Valvonta ja tiedon siirto
- Malmin kuljetus
- Käytännön esimerkkejä

### Automatisoidut mineraalien hyödyntämismenetelmät

- In-situ tekniikat kaasutus mukaanluettuna
- Mineraalien rikastus ja erottelu
- Käytännön esimerkkejä
- Yleistä
- Tutkimusmenetelmät (remote sensing) ja kuvakäsittely
- Robotiikka ja työskentely-ympäristö
- Simulaattorit systeemis suunnittelussa ja henkilöstön koulutuksessa
- Automatisoidun louhinnan opetus

Symposiumiin tarkoitetut abstraktit tulee olla järjestäjillä 1.4.1984 mennessä. Lisätietoja ja ilmoittautumiskaavakkeita saa osoitteesta:

THE CHIEF EXECUTIVE OFFICER  
THE AUSTRALASIAN INSTITUTE OF MINING  
AND METALLURGY  
P.O. BOX 310  
CARLTON SOUTH  
VICTORIA, AUSTRALIA 3053  
Puh: (03) 347 3166  
Telex: AUSIM AA33552

VANKKAA TIETOA, TAITOA JA TUOTEKE-  
HITYSTYÖTÄ RÄJÄHDYSAINEALALLA  
VUODESTA 1893 ALKAEN

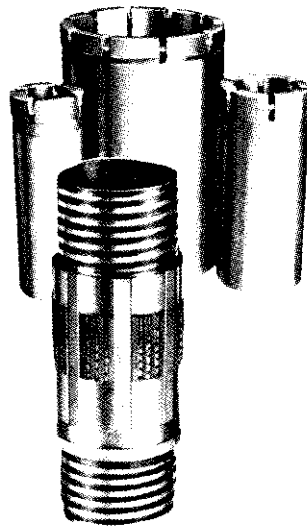
# OY FORCIT AB

HANKO

☎ 911-86581



## LEVANTO TIMANTTIKAIRAUSTERÄT



Suomalaisia timanttiteriä suomalai-  
siin kiviin jo vuodesta 1937.

Valmistus ja myynti:



**LEVANTO OY**

Teollisuustie 5  
02700 KAUNIAINEN  
Puh. 90-5052 044  
Telex 123407



VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN

*toivottaa kaikille  
lukijoilleen ja  
ilmoittajilleen  
Rauhallista Joulua  
ja  
Hyvää Untta Vuotta*

VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN

*tillönskar alla sina  
läsare och  
annonsörer  
En Fridfull Jul  
och  
Ett Gott Nytt År*



## EKONO CONSULTING ENGINEERS MINING AND METALLURGY

<b>Ferrous and non-ferrous metals</b>	Feasibility studies
<b>Cement</b>	Project management
<b>Coal</b>	Planning and design
<b>Industrial minerals</b>	Contract administration
	Detailed process studies
	Energy economic services
	Operation management
	Financing arrangements

Founded in 1911 Staff 700



**EKONO**

EKONO Oy P.O.Box 27, SF-00131 Helsinki 13, Finland  
Tel.: 358-0-46911 Telex: 124822 ekono sf.  
Subsidiaries and affiliations: USA, Canada, Austria,  
Spain, Switzerland, Republic of Korea



# Ongelmana rullat ja kuljetinhihnavahingot? SKEGA Low-Fric

SKEGA Low-Fric iskusuojalla on laaja käyttöalue mm. erilaisia syöttöpaikoissa, kuljetinränneissä jne. Pinnalla vähäkitkainen polyeteeni, alla SKEGA kulutuskumi iskunvaimentimena.

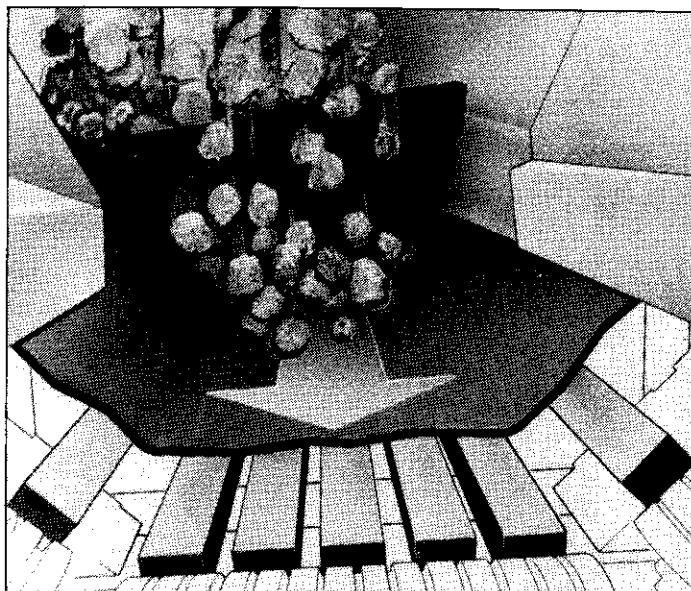
SKEGA Low-Fric tuotteita on saatavana palkkeina ja levyinä.

Helppo asentaa. Kiinnitys liimaamalla tai ruuveilla. Helppo leikata. Estää tukkeutumisen ja kiinnitarttumisen. Materiaalin alhainen kitka alentaa melutasoa ja parantaa näin työympäristöä.

Uusi osoite ja puh.nro 1.1.1984 alkaen:

## OY SKEGA AB

Tehdas ja Myynti  
PL 20 (Teräskatu 2)  
70151 KUOPIO 15  
puh. 971-312 022



## OY SKEGA AB

Tulliportinkatu 25 70100 KUOPIO 10  
971-123111, telex 42-157 skega sf

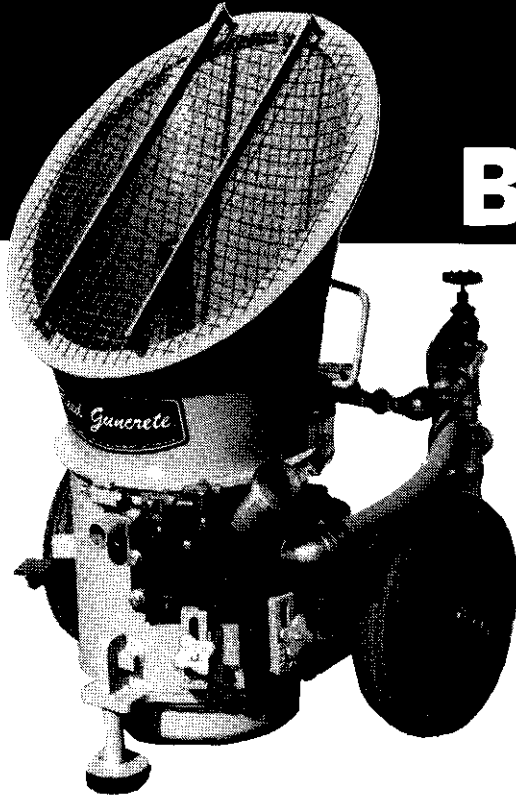
# KOMETA MF™ KIINTOHOLKKI JATKOTANKO



- Turvallisempi ja helpompi käsitellä
- Tehokkaampi käytössä
- Nykyaikaisempi
- Valmistetaan R32, R38, K38, K51 kierteillä.

OY AIRAM AB KOMETA  
PL 6  
00751 HELSINKI 75  
PUH. 90-36921  
TELEX 124298

# REED BETONIRUISKU



**REED - MARKKINOIDEN  
MONIPUOLISIN RUISKU**

**Reed-ruisku tarjoaa kahdeksan  
kovaa etua:**

- luotettava kokonaisuus
- pienikokoinen, kevyt, helposti siirrettävä
- paineilma- tai sähkökäyttöinen
- sopii ruiskubetonimassan kuiva- ja märkä-ruiskutukseen sekä kuitumaisten aineiden ruiskutukseen
- tasainen, jatkuva materiaalivirta
- pienet pääomakustannukset
- matalat käyttökustannukset
- soveltuu mitä erilaisimpiin työkohteisiin

**Yhä useampi on valinnut Reed-  
ruiskun tuottavaan työhön.**



PL 158, 33101 Tampere 10, puh. 931-653 311

**Palveluksessanne**



— Finnish Wear Parts —



**SKOY TOIMITTAA**

	MURSKAINTEN LEUAT		HARJATERÄKSET, HARJAPUOLIKKAAT
	VAIPAT, KARTIOT		LEIKKU- JA KULMATERÄT CAT-KONEISIIN
	B-LUKKOKYNNET		PUSKUKONEIDEN TELASTONOSAT
	KARAKYNNET, KORJAUSPALAT		KAIVUKONEIDEN TELASTONOSAT
	SEULAVERKOT		CATERPILLAREIHIN SOPIVAT SUODATTIMET
	HUULILEVYT, V-KARJET		PURIFINER SÄHKÖISET ÖLJYN-SUODATTIMET
	CATERPILLAREIHIN YM. SOPIVIA VARAOSIA		TELASTONNE KORJAAMME BIG NOZZI BC 180:lla
	OX-KULUTUSLEVYT		

Muista! Edullinen rytmikuorma säästää rahaa. Soita!

**SUOMEN KULUTUSOSA OY** Marjamäki 37550 MOISIO ☎ **931-676333**

**PIIRIEDUSTAJAT:**

**Hämeenlinna:** Eero Fasta 917 - 23 064  
**Kuopio:** Kosti Eskelinen 971 - 421 785  
**Oulu:** Teuvo Hiltula 981 - 392 955  
**Seinäjäki:** Pekka Kohtala 964 - 23 145



**Syväkairaus-, iskuporaus-, moreenin- ja  
maanäytteenottotarvikkeita v:sta 1936**

**HELAKE OY**

Juvan teollisuuskatu 18  
02920 Espoo 92  
Puh. 90-840 044

# karbonaatti- viiden edun pigmentti!

## FINNCARB

karbonaattijauhe

## HYDROCARB

karbonaattilite

## OY FÖRBY AB

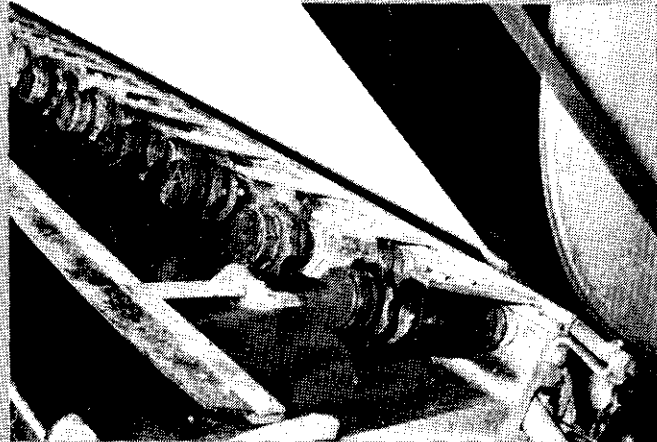
Tehdas:

25640 FÖRBY  
Puh. 924-824481  
Telex 6813 KFAB

Myyntikonttori:

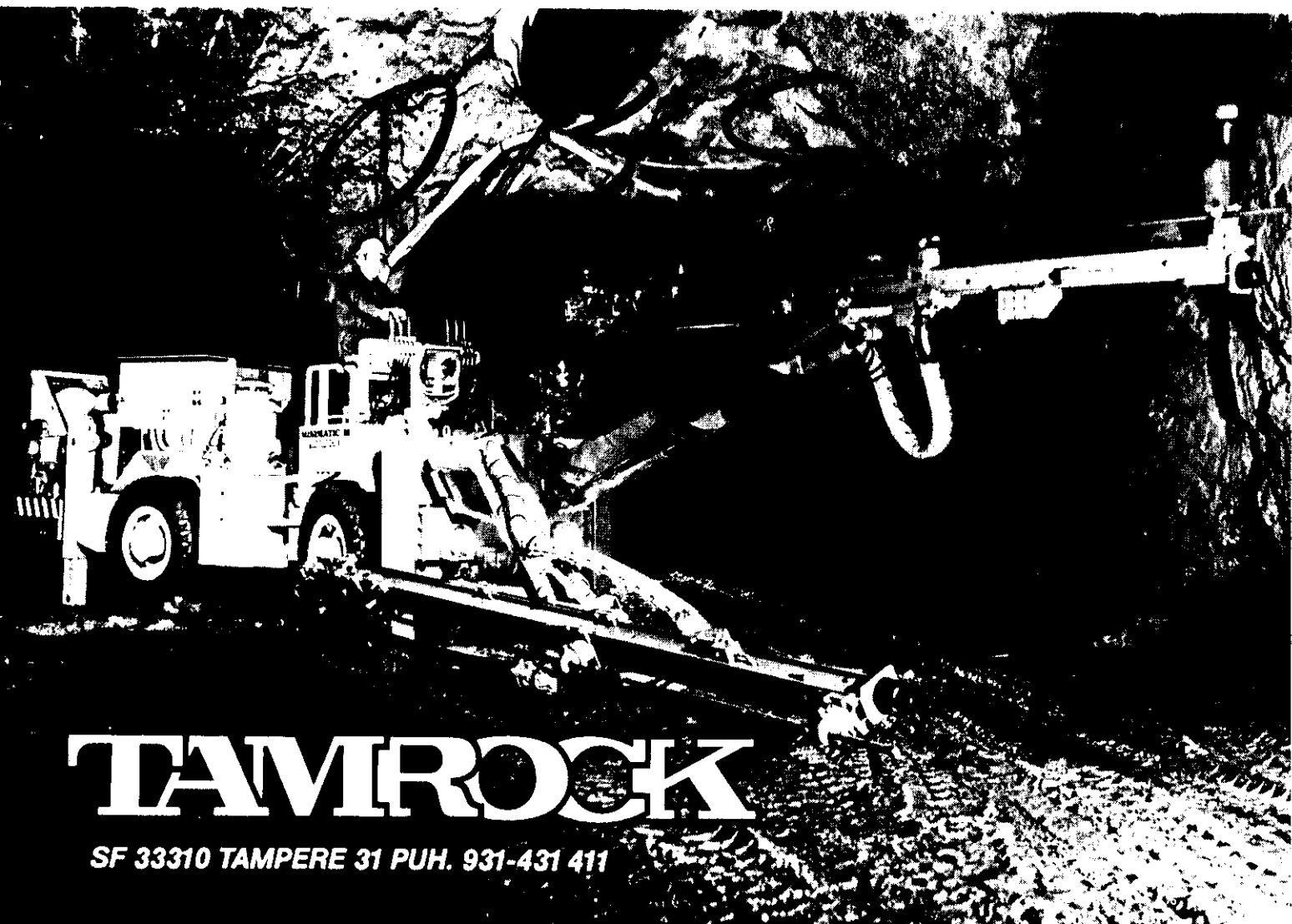
P. Hesperiankatu 7  
00260 HELSINKI 26  
Puh. 90-441778,  
telex 125271 FÖRBY

1. kotimainen
2. taloudellinen
3. valkoisuusaste 95
4. paremmat painatusominaisuudet
5. parempi opasiteetti



# TAMIROCK

SF 33310 TAMPERE 31 PUH. 931-431 411



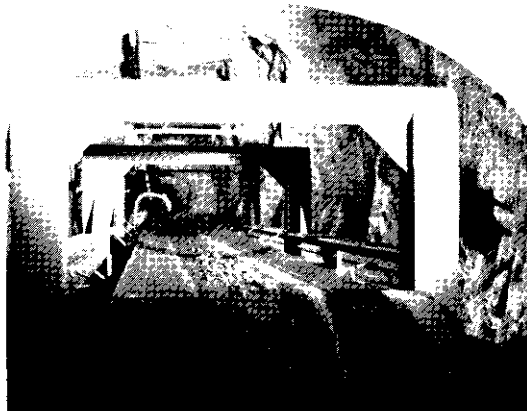
# Vuoriteollisuuden suurhankkija

## 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 prosessiteknikan alueille. Miellässanne 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, prosessiteknikka. Tuotteissa on valinnanvaraa:

- kaivoshissit
- hihnakuljettimet
- nosturit
- koneistot pasutukseen
- koneistot malmien sintraukseen
- koneistot sintterin jäädyttämiseen
- tyhjiökuivausrummut
- uraanimalmin kasittelykoneistot
- tulenkestävät keraamiset aineet uunien vuoraukseen
- sähkösuodattimet

# Tutkimuspalvelua ja erikoislouhintaa asiantuntemuksella

- syväkairausta ja iskuporausta
- geofysiikan mittauksia
- geologista konsultointia
- alimak- ja pitkäreikänousuja
- louhintaporausta

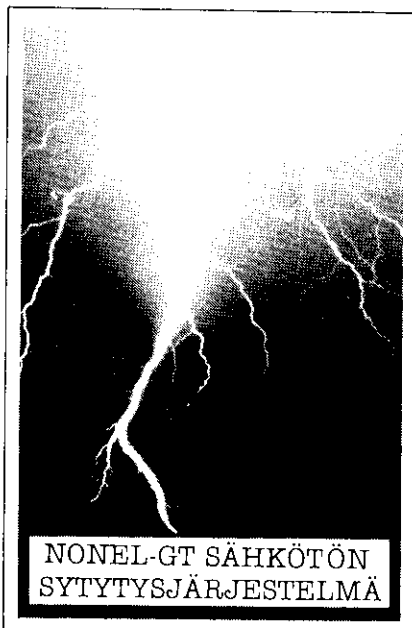


**MYLLYKOSKI OY**

Tutkimuspalvelu ja erikoislouhintaa  
73670 LUIKONLAHTI  
puh. (971) 671 701  
telex 42-169 mylui sf

# Rajaa riskit ennen kuin räjähtää!

Muun kuin sähköisen sytytysjärjestelmän käyttö räjäytyksissä on usein suotavaa. NONEL-GT on sähkötön sytytysjärjestelmä, joka eliminoi räjäytyskentällä syntyvät sähköiset vaaratekijät. NONEL-GT:tä voidaan käyttää radio/telemastojen ja voimajohtojen läheisyydessä, ukonilmalla ja ilman turvaetäisyyksiä. NONEL-GT menetelmä on yksinkertainen ja helppo käyttää. Toimintavarmuus on sama kuin sähkösytytystä käytettäessä.

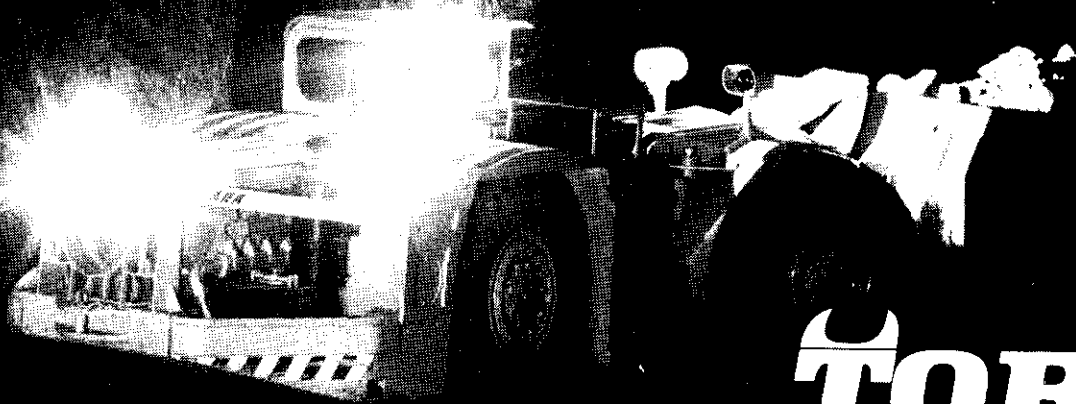


Kysy NONEL-GT:tä kauppialtasi tai suoraan tehtaaltamme Vihtavuoresta. Vihtavuori on maamme monipuolisin räjähdysaineita tuottava laitos. Valmistamme itse sekä tuomme maahan tuotteita, joiden teho ja varmuus on huippuluokkaa.

KEMIRA OY  
Vihtavuoren tehtaat  
41330 Vihtavuori,  
puh 941-771122  
telex 28226 kevih

 **KEMIRA**

***Varma konsti päästä  
kiven sisään.  
Rehellisesti. Ansaitsemaan.***



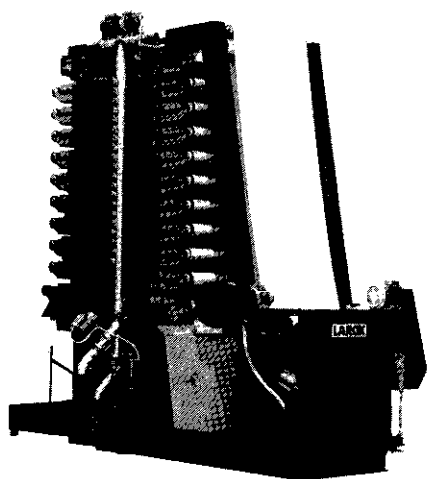
**TORO**

Perusyhtymä Oy ARA  
PL 434, 20101 Turku 10  
Puh. 921-383 111  
Telex 62305 ara sf

# AUTOMAATTISET LAROX<sup>®</sup> PAINESUODATTIMET SÄÄSTÄVÄT ENERGIAA.

Larox painesuodattimilla saavutettava alhainen kakun jäännös-kosteus yhdistyneenä suureen kapasiteettiin ja pieneen tilan tarpeeseen takaavat optimituloksen vaihtelevissa olosuhteissa. Laroxin kokemus ja siirrettävät koesuodinasemat varmistavat parhaan laitteiston valinnan jokaiseen käyttökohteeseen.

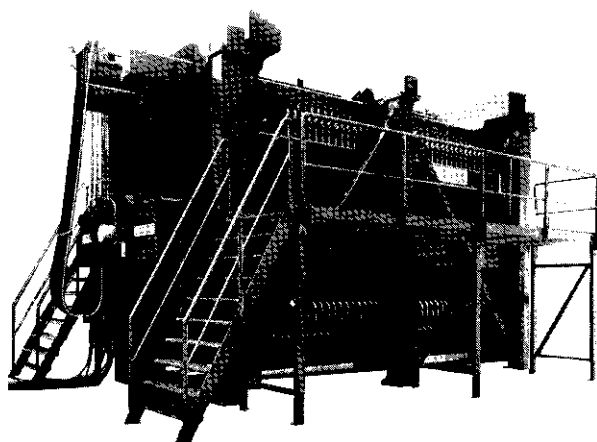
LAROX PF



LAROX PF  
PAINESUODATIN

11 vakiokokoa, suodatus-pinta-ala 0,8-32 m<sup>2</sup>. Tehokas suodatus- ja pesu-ohjelma, joka suodattaa, kalvo-puristaa, tarvittaessa pesee ja kalvopuristaa uudelleen, ja lopuksi kuivaa kakun paine-ilmalla.

LAROX CF



LAROX CF  
KAMMIOSUODATIN

11 vakiokokoa, suodatus-pinta-ala 35-200 m<sup>2</sup>. Suodatusjaksossa samat vaiheet kuin LAROX PF suodattimessa. Erikoisesti suurten, alhaisen kiintoainepitoisuuden omaavien lietemassojen käsittelyyn.

# LAROX

—classification—concentration—  
—filtration—

Larox Oy, PL 29, 53101 LAPPEENRANTA 10  
Puh. (953) 11760, telex 58233 larox sf

Larox tuotteita ovat mm. paine-, kammio- ja imusuodattimet, sakeuttimet, selkeyttimet, ruuvipumput, ruuvikuljettimet, kartioluokittimet, hydro-syklonit, pneumaattiset luokittimet, letkuventtiilit ja sulkusyöttimet.

Kun laskelmasi tähtäävät kokonaiskannattavuuteen on kotimainen putkipalkki kaavan luotettavin tekijä.

Korkealaatuisen teräksen ansiosta voidaan kotimaiset putkipalkit valmistaa nykyaikaisesti kylmämuovaamalla. Näin päästään parempaan laatuun ja tiukempiin toleransseihin – vaativa D-teräslaatuluokkakin on meillä vakiotuote. Ei siis ihme, että suomalainen putkipalkki tunnetaan maailmallakin.

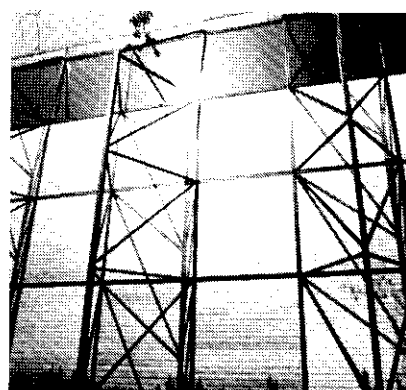
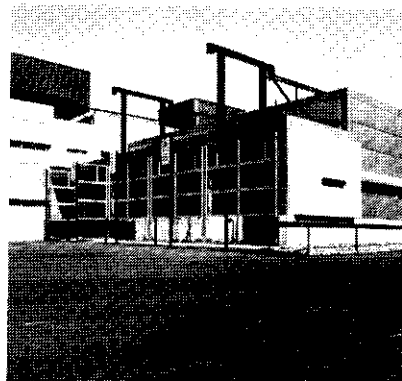
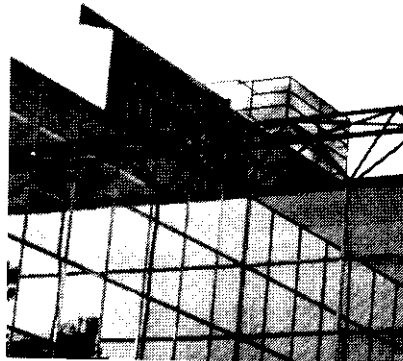
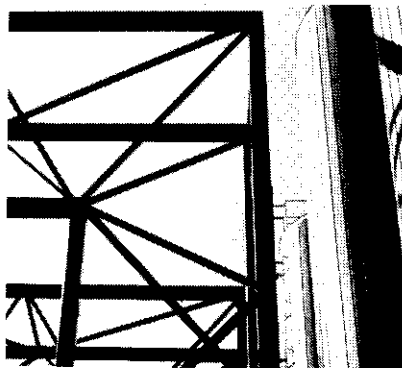
Mittavalikoimaltaan kotimaiset putkipalkit kattavat teräsrakentamisen ja konepajateollisuuden vaativimmat tarpeet.

#### Putkipalkkien mittavalikoima

pyöreä	ø 26,9 - 323,9 mm
neliö	25 x 25 - 260 x 260 mm
suorakaide	40 x 20 - 320 x 200 mm
seinämä	2,0...3,2 - 4,0...12,5 mm

Kun siis tähtäät kokonaiskannattavuuteen, käytä kotimaisia putkipalkkeja. Kotimaisena asiakkaana olet meille aina ykkönen.

Se näkyy toimitusten varmuudessa ja palvelun joustavuudessa.



# Kylmiä tosiasioita kotimaisista putkipalkeista.

Tekninen neuvonta:

 **RAUTARUUKKI OY**

Rautaruukki Oy/putkiryhmä,  
Kiilakiventie 1, 90250 OULU 25,  
p. 981-327711, telex 32109 steel sf.

Jälleenmyyjät:

Aspo Oy  
Kesko Oy  
Oy Kontino Ab  
Oy Renlund Ab

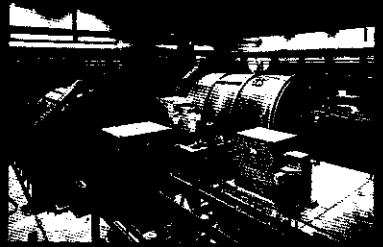
SOK  
Oy Julius Tallberg Ab  
Valtameri Oy  
Omminen Oy

# Pidä jauhatuskustannukset kurissa. Valitse markkinoiden luotettavin kiinnitysjärjestelmä.

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

Siksi valitset 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 kumiosien täydellisen hyväksikäytön.

**TRELLEBORG** 



**TALLBERG**  
vuorikoneet

Karapellontie 11, 02610 Espoo 61  
puh. 90-594 011