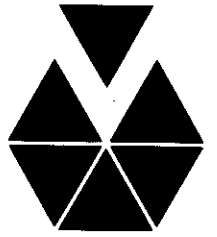
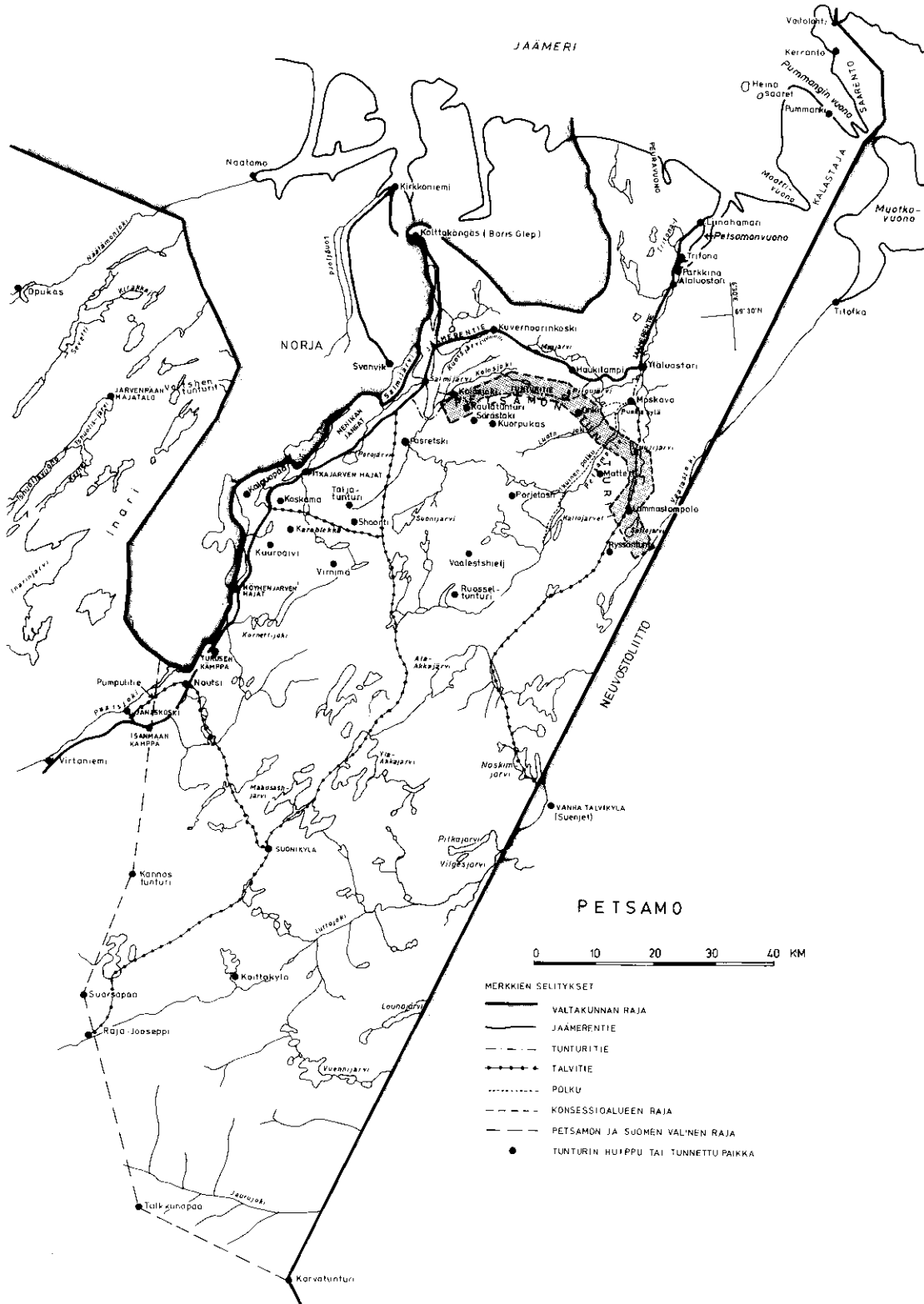


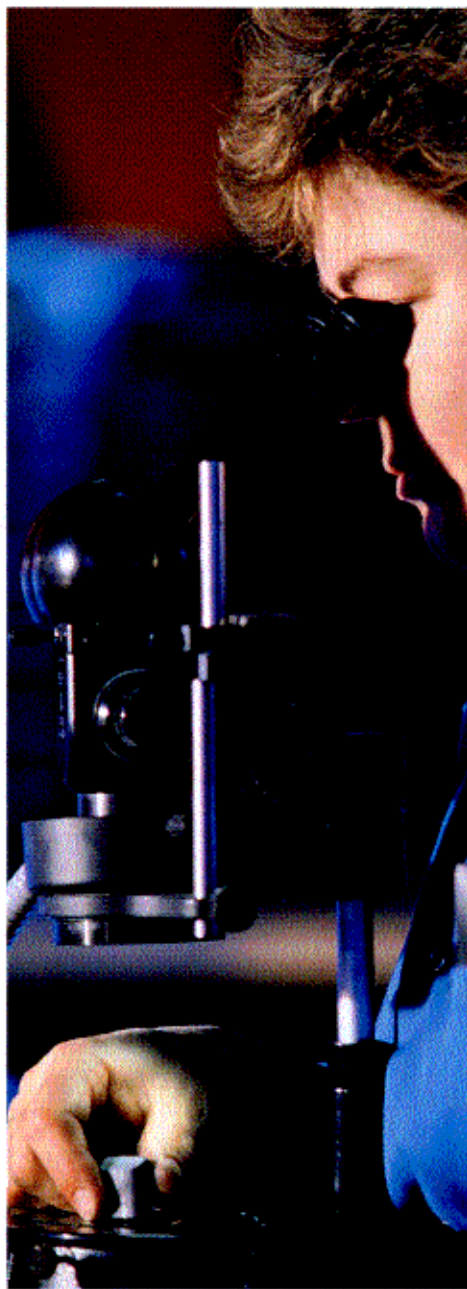
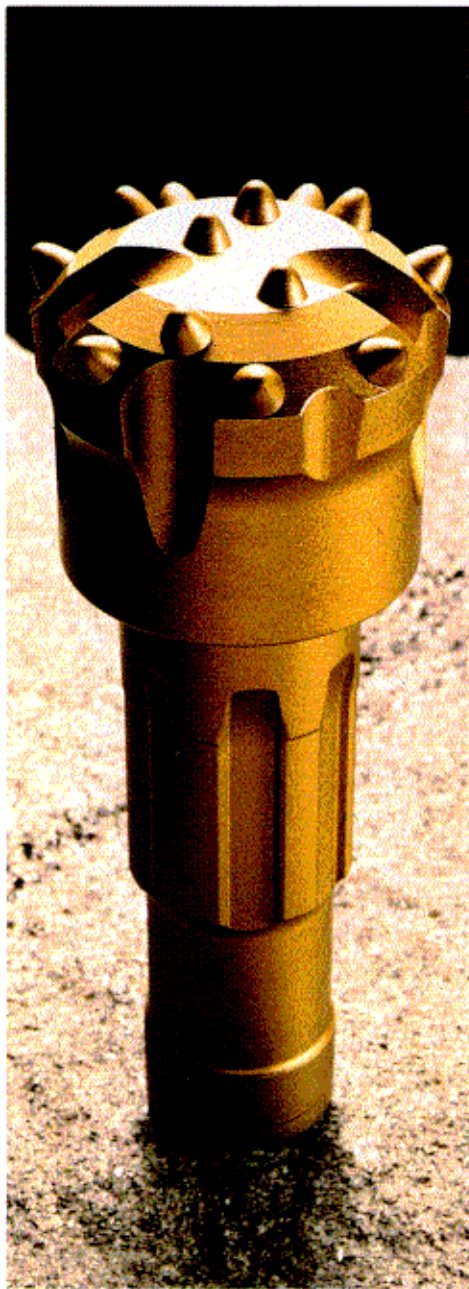
# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1989  
47. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.





## SUUNNITeltu JA TESTATTU TYÖSKENTELEMÄÄN SINULLE

Tiukka laadunvalvonta suunnittelusta valmistukseen takaa ATLAS COPCO ROCK TOOLS -tuotteiden korkean ja tasaisen laadun. ATLAS COPCO ROCK TOOLS -kallioporakalusto työskentelee kanssasi tehokkaasti ja pitkään. Se on varma ja taloudellinen valinta!

Laatutakuamme parantaa myös tuottavuutta. Erinomainen suunnittelu ja kestävä rakenne lisäävät kilpailukykyäsi kaivos- ja louhintaurakoissa, olivatpa vaatimukset kuinka suuret tahansa.

Atlas Copcon tieto ja kokemus takaavat ainutlaatuisen lähtökohdan louhinta-alan tuotekehitykselle.

Se on perusta, josta uudet tuotteemme ja Atlas Copco -laatu syntyvät. Me kutsumme sitä KALLIOPORAKOKONAISTEKNIIKKAKSI.

ATLAS COPCO ROCK TOOLS -kallioporatuotteita valmistetaan viidessätoista tehtaassa viidessä eri maanosassa.

Asiakkaitamme palvelee noin 2000 insinööriä ja teknikoita ympäri maailman. Suomessa palveluksesi on 23 ammattitaitoista myynti- ja huoltohenkilöä Oy Atlas Copco Ab:n Louhinta- ja rakennustekniikka -osastolla.



**KALLIOPORAKOKONAISTEKNIIKKA**

Oy Atlas Copco Ab, PL 25, 02431 Masala





MAX. 1 m.

**MONIKÄYTTÖINEN  
OVAKO EL 400  
ON NYT MYÖS  
MARKKINOIDEN  
LEVEIN LATTA.**

**MONIKÄYTTÖISYYS  
EDELLYTTÄÄ LAAJAA  
MITTA-ALUETTA.**

OVAKO EL 400 -lattateräksen mitta-alue on nyt tosi leveä. Teräksen käyttäjä voi nyt valita latan leveyden tarpeensa mukaan - aina 1000 mm saakka. Tämä merkitsee järkeviä mitoitusmahdollisuuksia paitsi konepajateollisuudelle myös hitsattujen palkkien tekijöille. Nyt

syntyy laippa kuin laippa latasta. OVAKO EL 400:n ratkaisevat ominaisuudet ovat tunnetusti taattuja - ja pituuttakin on tarpeeksi, tarvittaessa vaikka 20 m.

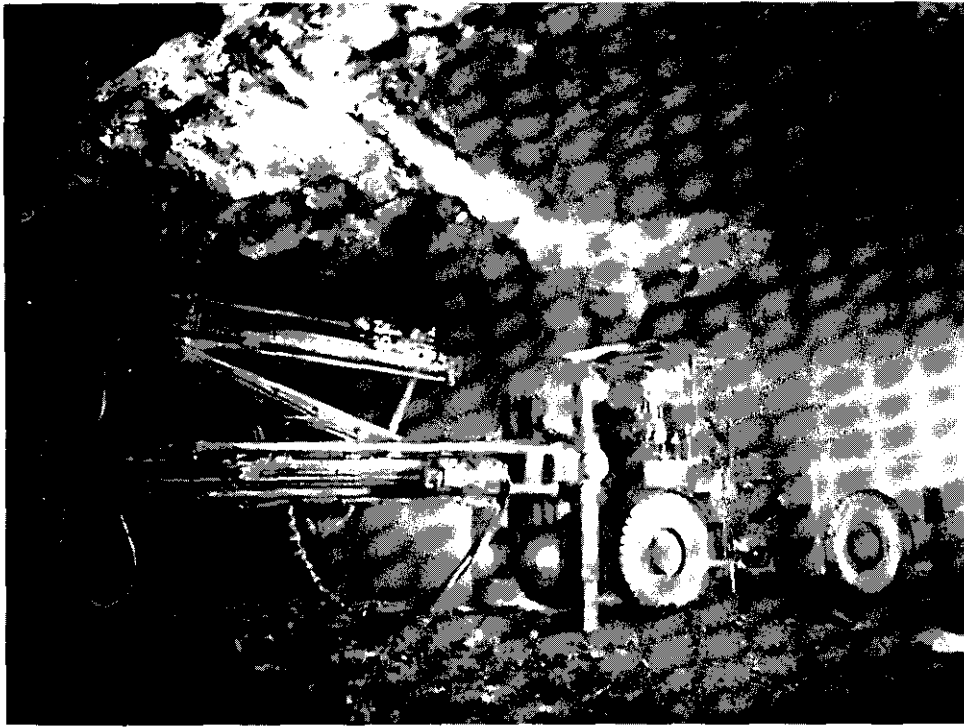
**MONIKÄYTTÖISYYS  
PERUSTUU  
OMINAISUUKSIIN.**

OVAKO EL 400 -lattateräksessä yhdistyvät käytännön

tuotantotoiminnassa tarvittavat ominaisuudet: lujuus, sitkeys, kylmäsärmättävyys ja hyvä hitsattavuus. Mistään ominaisuudesta ei ole tingitty toisen kustannuksella. Siksi OVAKO EL 400 korvaa kaikki vanhat rakenneteräslatat kuten Fe 37 B, Fe 52 C ja Fe 52 D. Voit riskittä mitoittaa teräsvaivastosi uudelleen - kierto nopeaksi ja lajien lukumäärä mahdollisimman pieneksi.

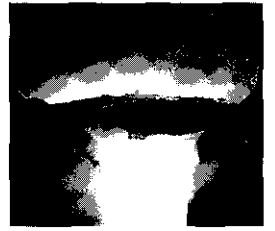
**OVAKO STEEL**

OVAKO TERÄSMARKKINOINTI OY  
ja valtuutetut jälleenmyyjät  
KESKOMETALLI • KONTINÖ • STARKJOHANN-TELKO



**Kohti yhä  
tebokkaampaa  
ja puhtaampaa  
teknologiaa.**

Porissa meneillään oleva koe on luonnollisesti vain pieni osa koko sitä kaivosteknistä ja metallurgista kehitystyötä, jota Outokummussa suoritetaan.



OUTOKUMPU ON MONEN METALLIN TAITAJA: KUPARIN, SINKIN, NIKKELIN, KROMIN, KOBOLTTIN, KULLIAN.

Tämän työn yleisenä tarkoituksena on kehittää prosesseja, joilla voidaan taloudellisesti ja kannattavasti mutta samalla myös painokkaasti ympäristönsuojelulliset näkökohdat huomioiden hyödyntää yhä köyhemmiksi ja heikkoalaistemiksi muuttuvia metallipitoisia raaka-aineita.



Vaikka teknologiaamme alunperin kehitetty etupäässä omiin tarpeisiimme kaivoksilla, sulatoilla ja metallien muokkauksessa, on samaa osaamista hyödynnetty myös muilla aloilla.

Sovelluksia prosessiteknologiastamme on kehitetty esimerkiksi energialaitosten savukaasujen puhdistukseen. Suomalaisille tutuin esimerkki on Riihimäen ongelmajätelaitos, joka on Outokummun suunnittelema.

Varsinaisella perinteisellä pääliiketoiminta-alueellamme, kaivos- ja metallurgisessa teollisuudessa, kehitämme teknologiaa pidetään nykyaikaisimpana ja ympäristöystävällisimpänä koko maailmassa.

Myös kilpailijamme ovat osoittaneet oman mielipiteensä tästä osaamisesta.



OUTOKUMMUN KEHITÄMÄN JÄTTEENKÄSITTELYÖSÄÄMÄN MALLIESIMERKKI SUOMESSA ON RIIHIMÄEN ONGELMAJÄTTEENKÄSITTELYLAITOS EKOKEM.

Ostamalla sitä.

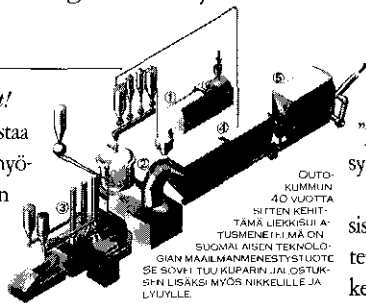
# TÄSSÄ METSÄSTETÄÄN 12 KG KUPARIA, 5 G HOPEAA JA 1 G KULTAA TONNISTA KIVEÄ.

Se, onko alhaisia metallipitoisuuksia sisältävässä esiintymässä kyse vain arvottomasta kivistä vai kannattavasti hyödynnettävissä olevasta malmista, riippuu osaamisesta.

Täitävän kaivostekniikan ja metallurgian kehittäjän käsissä muuttuu eilinen kivikin ehkä jo huomenna malmiksi.

**Pienet harmaat kivensyöjät tulevat!**  
Teknologian kehittyminen mahdollistaa yhä köyhempien malmiesiintymien hyödyntämisen. Kun vielä viime vuosisadan loppupuolella kannatti hyödyntää vain sellaisia malmioita, joiden kuparipitoisuus vaihteli 10–20 %:iin, on luku laskenut nyt jo alle yhden. Mitä se on vuonna 2000, sen ratkaisee tämän päivän tutkimustoiminta.

Outokumpu Oy:n Tutkimuskeskuksessa Porissa on esimerkiksi käynnissä biotekninen koe, joka ensi vuosituohannella voi mullistaa kehityksen ja koko kaivostoiminnan käsitteenkin. Siinä käytetään hyväksi luonnossa esiintyvää bakteeria, jota



OUTOKUMMUN 40 VUOTTA SITTEN KEHITÄMÄ LIEKISSIJÄTUMENEFIIJÄ ON SUOMALAINEN TEKNOLOGIAN MAAILMANMENESTYSTUOTE SE SOVELTUU KUPARIN, JALOSTUKSIEN LISÄKSI MYÖS NIKKELILLE JA LYLYLLE.

Tutkimuskeskus kutsuu "pieneksi harmaaksi kivensyöjäksi".

Menetelmässä malmin sisältävää kalliota räjäytetään paikoilleen. Murskeeseen lasketaan vesiliuos, joka sisältää Thiobasillus Ferro-oxidans -bakteeria.

Tämän bakteerin erikoispiirre on kyky syödä valikoivasti tiettyjä metalleja suoraan kallioperästä. Määrätyn ajan jälkeen bakteeriliuos imetään murskeesta pois ja haluttu metalli erotetaan siitä talteen. Bakteeri vapautuu uutta käyttöä varten.

Näin kyettäisiin hyödyntämään jopa erittäin köyhät malmiot, joihin perinteistä kaivostoimintaa ei kannata tai ei voida käyttää.

Outokumpu-konsernin neljä pääasiallista liiketoiminta-alueetta ovat Metallien perustuotanto eli kaivos- ja metallurginen teollisuus, kupari- ja kuparisospuolituotteita valmistava Kuparituoteteollisuus, ferrokromia ja jalote- rästuuotteita valmistava Terästeollisuus sekä Teknologia, joka markkinoi koneita, laitteita ja tietotaitoa. Näiden lisäksi yhtiö on mukana tradingtoiminnassa, kivi-teollisuudessa sekä uusien materiaalien kehitystyössä.

Konsernin liikevaihto on yli 10 miljardia markkaa, josta 90 % muodostuu kansainvälisiltä markkinoilta. Konsernissa työskentelee 16 000 henkeä yli 20 maassa.

Lähetätkää lisätietoa Outokumpu-konsernista.

Nimi

Arvo tai ammatti

Postiosoite

Postitoimipaikka

Postita kuponki osoitteella:  
OUTOKUMPU OY, Konserninjohto/Tiedotus  
PL 280, 00101 HELSINKI

VT



KAIKIEN METALLIN PERUSOSAAMISENSA ANSIOSTA OUTOKUMPUKYKENEEN JATKOJALOSTAMAIN KUPARIA MITÄ MONINAISIMKIN TUOTTEIKSI



# Menestyvä eurooppalainen teräksentekijä.



Vahvalla ja kehittyvällä alalla toimiva Rautaruukki on menestyvä ja kansainvälisesti kilpailukykyinen teräskonserni, jonka tuloskehitys on ollut hyvä.

Rautaruukin kilpailukyvyyn peruselementit ovat teknisesti korkeatasoinen teräksen tuotanto, sille rakentuva monipuolinen jatkojalostus sekä asiakasläheinen, joustava toimintatapa koti- ja vientimarkkinoilla.

Terästuotteiden ja asiakaspalvelun laadun takaa alan perusteellisesti osaava henkilöstö, joka tekee oman työnsä hyvin.

Euroopan yhdentymiskehitys avaa Rautaruukille uusia mahdollisuuksia, sillä konserni toimii jo tänään tehokkaasti ja joustavasti pohjoismaisten kotimarkkinoidensa lisäksi myös muualla Euroopassa.

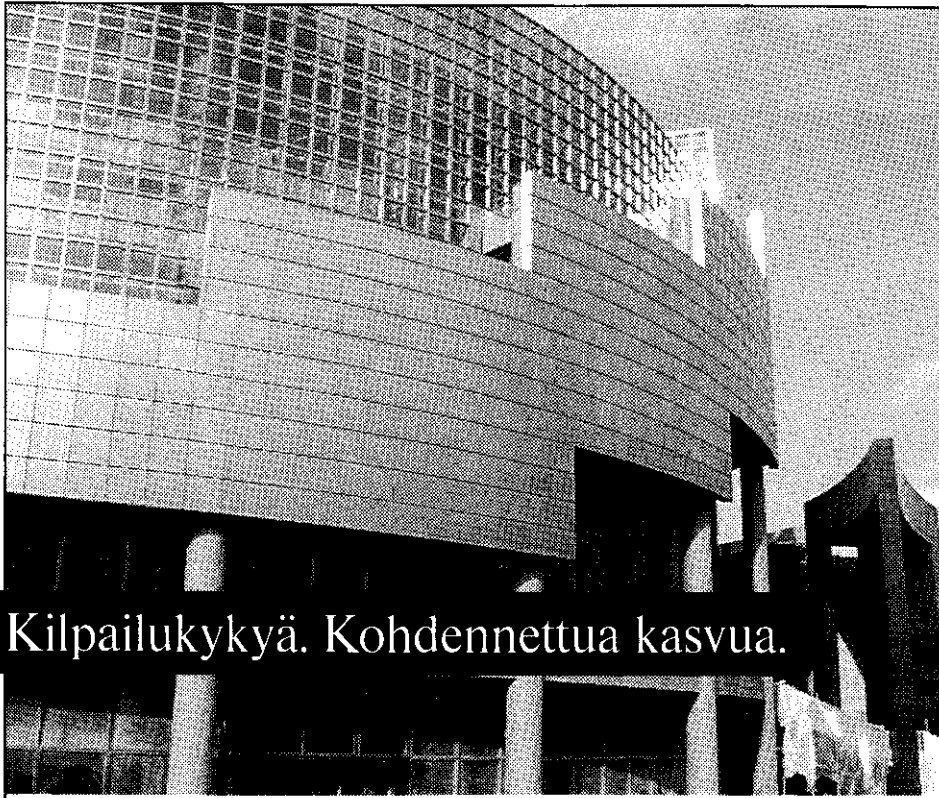
#### AVAINTIEDOT 1989

Liikevaihto	6200 milj. markkaa
Viennin ja ulkomaan-toimintojen osuus liikevaihdosta	yli 50%
Terästuotanto	2,5 milj. tonnia
Henkilöstö	9000



**RAUTARUUKKI**

TERÄS RAKENTAA TULEVAISUUTTA



## Kilpailukykyä. Kohdennettua kasvua.

Bastillen Ooppera, Pariisi. Pylväitä ja julkisivumateriaaleja, IB Morin/Partek.



Tiedekeskus Heureka, Vantaa.  
Palazzo-ohutbetonilevyt,  
Partek.

Kauneus, tehokkuus,  
korkea laatu. Siitä syntyy  
kansainvälinen kilpailukyky.  
Partek tytäryrityksineen  
palvelee arkkitehtejä, raken-  
tajia ja kuljetuksen amat-  
tilaisia eri puolilla maail-  
maa.

Luotettava amat-  
tilainen kohdentaa kas-  
vunsa vahvoille osaamis-  
alueilleen.



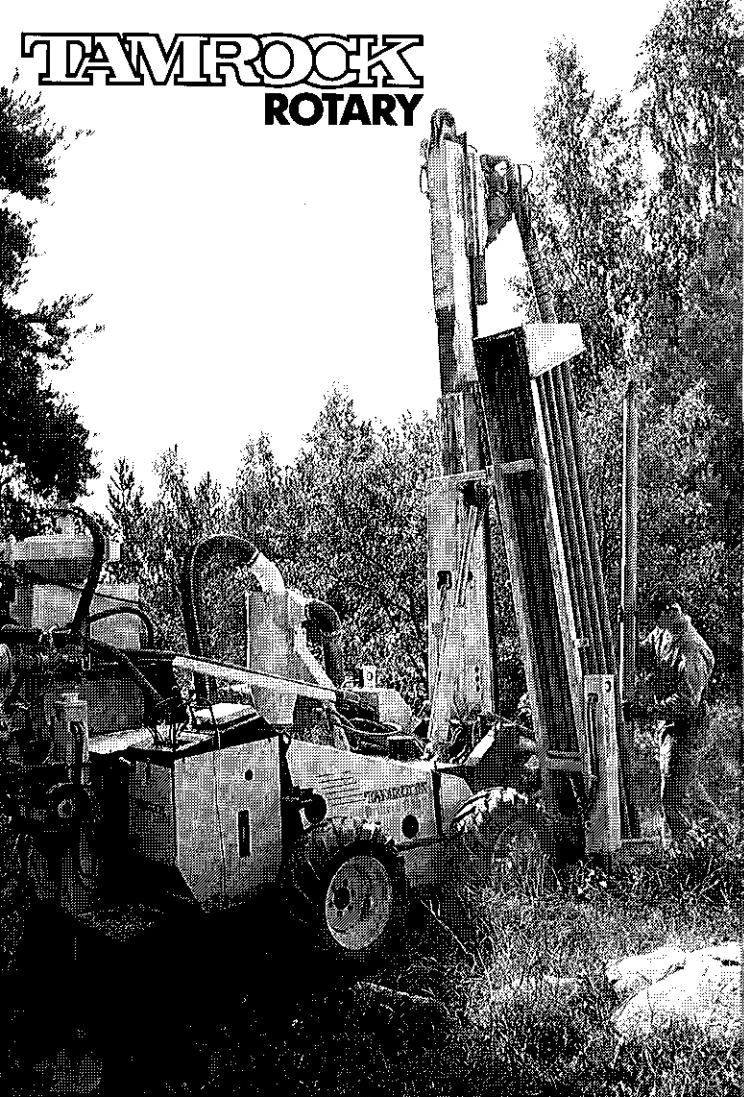
Hiab -nosturit,  
Hiab-Foco/Partek.

 **partek**

Mineraalit, rakennusaineet, rakennuselementit ja -koneet, nosto- ja kuljetuslaitteet, ympäristöhuoltotekniikka.  
Liikevaihto lähes 7 mrd mk, 13 000 ihmistä, toimintaa yli 20 maassa.



**TAMIROCK  
ROTARY**



**TAMIROCK  
SURFACE**



**TAMIROCK  
UNDERGROUND**



**TAMIROCK  
LOADERS**



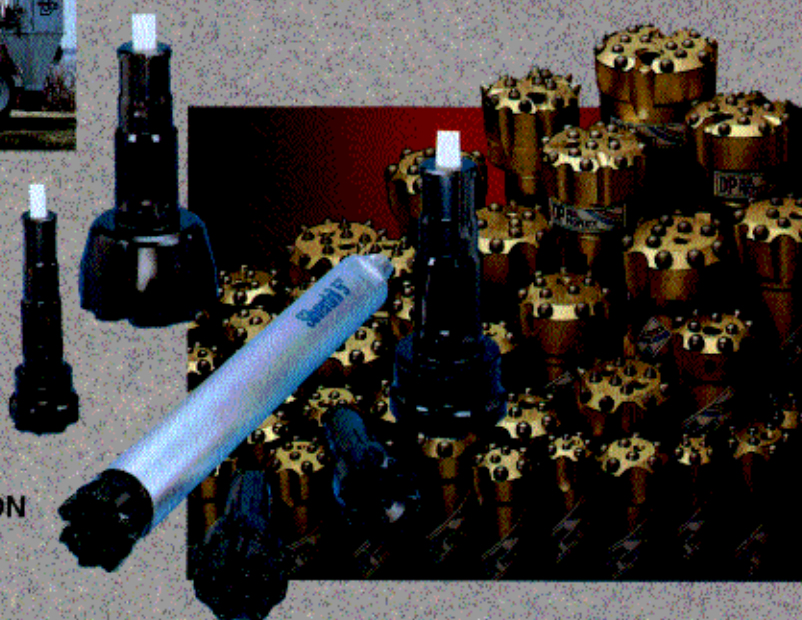
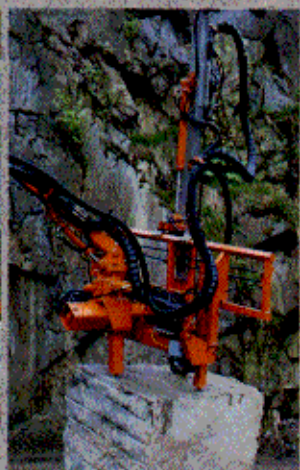
# TUOTTAVIA RAHAREIKIÄ

Näillä niitä tehdään. Merkkituotteilla, jotka kertovat laadusta ja luotettavuudesta. Tuottavasta työstä. Tehosta. Huipputasoinen huolto ja varaosapalvelusta. Tässä niitä tehdään. Merkeillä, jotka saavat täyden palvelun louhintatalosta. Machinerystä.



**TAMROCK**

- avolouhintaan
- maanporaukseen
- kaivonporaukseen
- rakennuskivilouhintaan



**SANDVIK COROMANT**  
- maailman tunnetuin  
ja täydellisin pora-  
kalustovalikoima

**SANDVIK MISSION**  
- uppoterät  
- uppovasarat

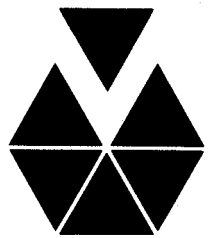


**MACHINERY OY**  
LOUHINTA

Ansatie 5, 01740 Vantaa PL 56, 00511 HELSINKI Puh. 90-890 522



# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1989  
47. vuosikerta

Julkaisija, utgivare:  
**VUORIMIESTYHDISTYS —  
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.**

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

**VUORITEOLLISUUS — BERGSHANTERINGEN:**

Päätoimittaja — Editor-in-Chief:

Prof. Martti Sulonen 90-4511  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaali- ja kallioteknikan laitos  
02150 Espoo

Toimittaja — Editor:

Dos. Heikki Laapas 90-4511  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaali- ja kallioteknikan laitos  
02150 Espoo

Toimitussihtööri ja ilmoituspäällikkö —  
Managing Editor and Advertising Sales  
Director:

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

Toimitusneuvosto — Editorial Board:

DI Matti Palperi, pj. 90-6162 415  
Ovako Steel Oy Ab  
Bulevardi 7  
00120 Helsinki

TkT Jorma Rekola 90-46 971  
Mecrastor Oy  
Kimmeltie 1  
02110 Espoo

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

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387  
Geologian tutkimuskeskus  
02150 Espoo

DI Olli Korhonen 90-4 211  
Outokumpu Oy, Engineering  
PL 86  
02201 Espoo

**Ilmoitushinnat vuodelle 1990**

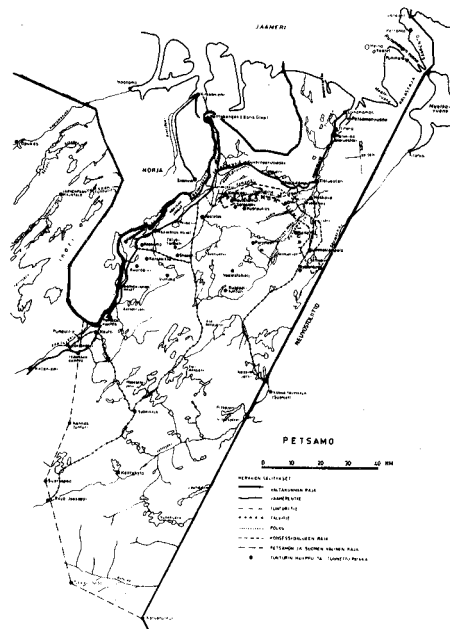
II ja III kansi = 4.510,- 1/2-sivu = 2.580,-  
takakansi = 5.210,- 1/4-sivu = 1.530,-  
1/1-sivu = 3.820,- Lisäväri/kpl = 1.400,-

{ Ammattihakemisto-ilmoitus 1/1 vsk = 580,-  
{ Koko: leveys = 85 mm ◊ korkeus = 25 mm

Vuosikerta = 90,- ◊ ulkomaille = 120,-  
Irttonumero = 55,- ◊ ulkomaille = 65,-

## SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

<b>Olavi Urvas, Pekka Hynynen:</b> Outokumpu-konsernin Neuvostoliiton kaupan näkymiä	81
World Mining Congress, Krupinski Scholarships	85
<b>Bjarne Ekberg:</b> Vedenpoisto keraamisella kapillaarisuotimella	86
<b>Risto Lindsberg, Seppo Lähteenmäki, Harri Natunen, Asko Vesanto:</b> Uutta kertausvaahdotukseen — HG-vaahdotuskone	89
<b>Juha Saarelainen, Ilkka Vanttaja:</b> Kuumavalssatun teräslevyn takaisinjousto särmäyksessä	93
<b>Kari Heiskanen, Heikki Laurila, Pertti Ovaskainen:</b> Rikastamon mallitusohjelmien käyttökokeuksia	97
<b>Bengt Nilsson:</b> NordKalk AB Skandinaviens största kalkproducent	102
<b>Reijo Anttonen, Tuomo Korkalo, Heikki Oravainen:</b> Lapin kultaa Saattoporan kaivoksesta	104
<b>Jyri Liimatainen:</b> Kaivosprojektien kannattavuuden arviointi	109
<b>Yrjö Kähkönen:</b> Symposio "Precambrian Granitoids, Petrogenesis, Geochemistry and Metallogeny"	113
<b>Milton Deaner:</b> Steel: Facing and Meeting Challenges	114
<b>Eugen Autere:</b> PETSAMON NIKKELI—Taistelu metallista	116
In Memoriam	118
Uusia jäseniä—Nya medlemmar	121
Uutta jäsenistä—Nytt om medlemmarna	121
Suoritettuja tutkintoja—Avlagda examina	122
VMY—BMF r.y. — Jäsenrekisterin henkilötietojen tarkastus	123
14th World Mining Congress and Exhibition, 14.5.—18.5.1990, Beijing, China	123



**Kansikuva:** Petsamon kartta.  
**Cover:** The map of the Petsamo area.

**VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS**  
**17.3.1989**

DI, KTK Pertti Voutilainen 90-4031  
 puheenjohtaja  
 Outokumpu Oy  
 PL 280  
 00101 HELSINKI

Pääjohtaja Markku Mannerkoski 90-4561  
 varapuheenjohtaja  
 Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT  
 Vuorimiehentie 5  
 02150 ESPOO

Joht. Nuutti Vartiainen 953-5881  
 Larox Oy  
 PI 29  
 53101 LAPPEENRANTA

TKT Erkki Räsänen 982-302470  
 Rautaruukki Oy  
 Raahen rautatehdas  
 PL 93  
 92101 RAAHE

Toimistopääll. Esko Ulvelin 90-61671  
 Teknillinen tarkastuskeskus  
 Kaivostoimisto  
 Lönnrotinkatu 37  
 00180 HELSINKI

Prof. Heikki Papunen 921-945488  
 Turun Yliopisto  
 Geologian laitos  
 20500 TURKU

Johtaja Raimo Rantanen 939-358111  
 Outokumpu Oy  
 Harjavallan tehtaas  
 29200 HARJAVALTA

Johtaja Jan Owren 912-4511  
 Oy Lohja Ab  
 08700 VIRKKALA

DI Lauri Siirama 971-400111  
 Kemira Oy  
 Siilinjärven kaivos  
 71800 SIILINJÄRVI

DI Rolf Söderström 921-742111  
 Oy Partek Ab  
 21600 PARAINEN

DI Ismo Suominen 923-27161  
 Ovako Steel Oy Ab  
 Kettinkitehdas  
 Hirvikoskentie 76  
 32200 LOIMAA

**Yhdistyksen sihteerit:**  
 I DI Erkki Pimiä 90-4211  
 Outokumpu Oy  
 Metallurginen teollisuus  
 PL 87  
 02201 ESPOO

II DI Martti Järvenpää 917-1502528  
 Rautaruukki Oy  
 Ohutlevyryhmä  
 PL 1  
 13301 HÄMEENLINNA

**Yhdistyksen rahastonhoitaja:**  
 LuK. Marjatta Parkkinen 90-4031  
 Outokumpu Oy  
 PL 280  
 00101 HELSINKI

**Geologijasto**  
 DI Pekka Mikkola, pj. 90-8532422  
 Suomen Malmi Oy  
 Juvan teollisuuskatu 16  
 02920 ESPOO

FK Sirkku Halonen, siht. 90-46931  
 Geologian tutkimuskeskus  
 02150 ESPOO

**Kaivosjasto**  
 DI Arto Hakola, pj. 9698-69220  
 Outokumpu Oy  
 Kemin kaivos  
 PL 8  
 94101 KEMI

DI Ari Väisänen, siht. 9698-69244  
 Outokumpu Oy  
 Kemin kaivos  
 PL 8  
 94101 KEMI

**Metallurgijasto**  
 DI Matti Ketolainen, pj. 982-302434  
 Rautaruukki Oy  
 Raahen rautatehdas  
 PL 93  
 92101 RAAHE

Ins. Eero Parviainen, siht. 982-302355  
 Rautaruukki Oy  
 Raahen rautatehdas  
 PL 93  
 92101 RAAHE

**Rikastus- ja prosessiteknikan jasto**  
 Prof. Kari Heiskanen, pj. 90-4512789  
 Teknillinen korkeakoulu  
 Mineraali- ja partikkeliteknikan laboratorio  
 Vuorimiehentie 2 A  
 02150 ESPOO

DI Pertti Paulin, siht. 912-4511  
 Oy Lohja Ab  
 08700 VIRKKALA

**Tutkimusjohtokunta**  
 Johtaja Tom Bröckl, pj. 921-742111  
 Oy Partek Ab  
 21600 PARAINEN

Geologinen toimikunta:  
 Prof. Heikki Niini, pj. 90-4511  
 Teknillinen korkeakoulu  
 Materiaali- ja kallioteknikan laitos  
 02150 ESPOO

Kaivosteknillinen toimikunta:  
 DI Pekka Lappalainen, pj. 990-46-980-71000  
 Outokumpu Oy  
 Viscaria AB  
 S-98186 KIRUNA  
 Sverige

Rikastusteknillinen toimikunta:  
 DI Paavo Eerola, pj. 973-561  
 Outokumpu Oy  
 KTT  
 83500 OUTOKUMPU

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien  
 sihteeri:  
 FT Jyrki Parkkinen 90-46931  
 Geologian tutkimuskeskus  
 Kivimiehentie 1  
 02150 ESPOO



# Outokumpu-konsernin Neuvostoliiton kaupan näkymiä

**Fil. tri Olavi Urvas, Outokumpu Oy, Neuvostoliiton kauppa**  
**Dilp. ins. Pekka Hynynen, Outokumpu Oy, Engineering**

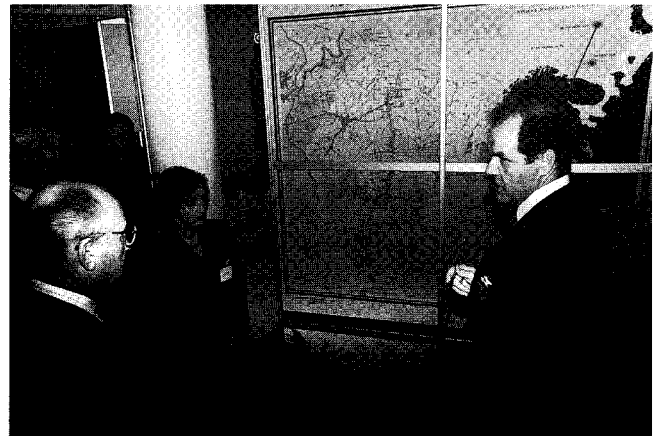
Toisen maailmansodan jälkeen Outokumpu Oy:n kauppa Neuvostoliiton kanssa oli vähäistä. 1970-luvulla alkoi tässä kehityksessä näkyä muutoksia. Tehtiin kauppa Norilskin kupari- ja nikkelisulattojen rakentamisesta (kuva 1). Tällä kaupalla Outokumpu nousi myös yleisemmin tietoisuuteen merkittävänä tekijänä Neuvostoliiton kaupassa, vaikka laajempaa etabloitumista ei vielä ollutkaan tapahtunut. Vasta 1980-luku on tuonut mukanaan Outokumpu-konsernin laajempipohjaisen pelinavauksen kauppaan ja taloudelliseen yhteistyöhön Neuvostoliiton suunnitelmatalouden kanssa. Tämän artikkelin tarkoituksena on käydä läpi nimenomaan viimeaikaisista kehitystä ja niitä tulevaisuuden kehityssuuntia, joihin konsernissa tällä hetkellä neuvostoliittoyhteistyössä panostetaan.

## METALLIKAUPPA

Metalleilla ja metallituotteilla käytävä kauppa on jo vuosikymmeniä muodostanut Outokumpu-konsernin liiketoiminnan ydinalueen. Neuvostoliiton kanssa tämä kauppa lähti varsinaisesti liikkeelle 1980-luvun alkupuolella ruostumattoman teräksen vientiä. Oltuaan aluksi vain muutamia tuhansia tonneja vuodessa, on teräskauppaa viime vuosina käyty tasolla 13.000–17.000 t/a. Ruostumattomat ja haponkestävät teräkset ovat samalla kohooneet konsernin merkittävimmäksi yksittäiseksi vientiartikkeliksi Neuvostoliittoon (kuva 2).

Teräksen ohella Neuvostoliitto on ostanut vuosittain jonkin verran sinkkiä ja vähäisiä määriä kadmiumia. Maksut ovat jo useamman vuoden ajan tapahtuneet valtaosaltaan vapaasti vaihdettavilla valuutoilla.

Metallien viennin rinnalle on merkittäväksi osa-alueeksi nousmassa metallien osto Neuvostoliitosta. Oltuaan vuosikymmenen

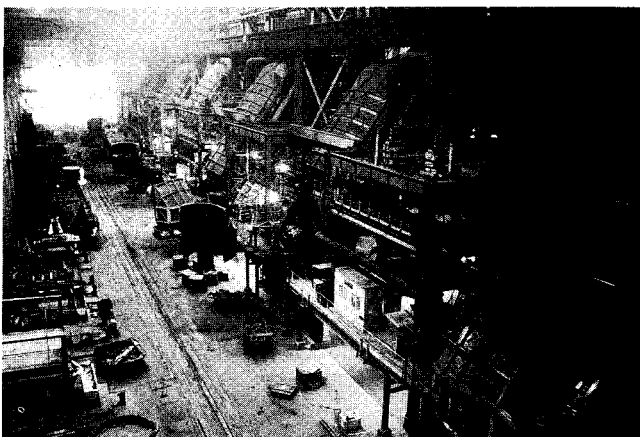


Toimitusjohtaja Pertti Voutilainen esittelee Outokumpu Oy:n Kuolan niemimaan projektia Neuvostoliiton presidentti Mihail Gorbatshoville 26.10.1989 Kalastajatorpalla.

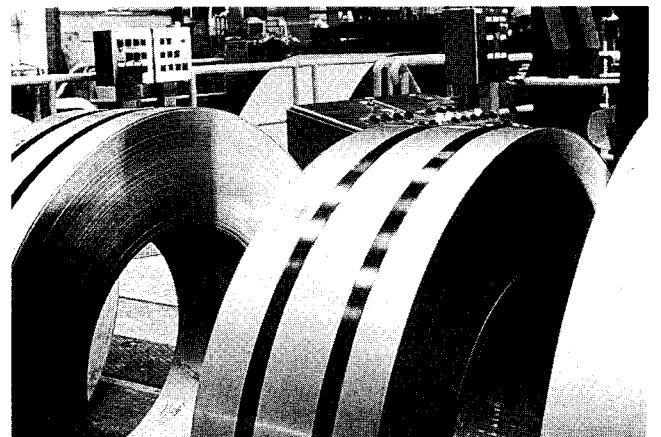
The managing director of Outokumpu Oy, Mr. Pertti Voutilainen is representing the projects of his company in the peninsula of Kuola to the president of the USSR, Mr. Mihail Gorbatschov, in Kalastajatorppa October 26.1989.

Photo: Sakari Kulhia.

alkupuolella vielä satunnaisia ja vähäisiä ovat sekä kupari- että nikkeliostot viime vuosina vakiintuneet, ja samalla nimenomaan kupariostojen volyymi on voimakkaasti kasvanut. Kuluvana vuonna



**Kuva 1.** Norilsk-kombinaatin kupari- ja nikkelisulatot.  
**Fig. 1.** Kombinat Norilsk copper and nickel smelters.



**Kuva 2.** "Polarit"-jaloteräs.  
**Fig. 2.** "Polarit" stainless steel.

tullaan Neuvostoliitosta ostamaan Outokumpu Copperin Suomessa, Ruotsissa ja Hollannissa sijaitseville tuotantolaitoksille kuparikatodeja yhteensä jo yli 20.000 t. Suomeen tuleva määrä, noin 2/3, ostetaan maiden välisen clearing-järjestelmän puitteissa ja muihin maihin tulevat toimitukset puolestaan vapaasti vaihdettavilla valuutoilla.

Huomattava potentiaali piilee myös nikkeli-kaupassa, jossa Outokumpun Terästeollisuus-toimiala on nikkelin suurkuluttaja. Tätä potentiaalia ei kuitenkaan ole läheskään täysimääräisesti onnistuttu valjastamaan käyttöön vuotuisten nikkeliostojen polkiessa tasolla 500-700 t/a. Eräänä keskeisenä syynä tilanteen pysähtyneisyyteen nähdään neuvostoliittolaisten nikkeli-kauppojen haluttomuus käydä kauppaa clearing-järjestelmän puitteissa. Suomeen toimitettava nikkeli-määrä on ollut vain luokkaa 1 % Neuvostoliiton nikkelin kokonaisu-myynnistä ulkomaille eikä tällaisen määrän vuoksi kaikes-ta päätellen olla kiinnostuneita näkemään sitä ylimääräistä vaivaa, joka clearing-kauppaan kaikkine hyväksymis- ja lupamenettelyi-neen sisältyy.

Outokumpu-konsernin metallikauppa Neuvostoliiton kanssa on muutamassa vuodessa noussut tasolta 100-150 Mmk/a. tänä vuon-na saavutettavalle yli 400 Mmk vuositasolle. Läheskään kaikkia mahdollisuuksia ei vielä ole käytetty ja on vain ajan kysymys, mil-loin puolen miljardin markan arvo vaihdossa ylittyy.

Neuvostoliiton ja Suomen välisessä kaupassa käytössä oleva clearing-järjestelmä kytkee markkinatalouden ja suunnitelmatalou-den toimivaan yhteistyösuhteeseen. Kuluneet vuosikymmenet ovat osoittaneet, että clearing-järjestelmä kokonaisuutena on hyvin lu-nastanut siihen kiinnitetty toiveet. Suomen ja Neuvostoliiton väli-nen kauppa on kehittynyt molempia osapuolia hyödyttävällä taval-la ja on ottanut huomioon osapuolten erityistarpeet.

Metallien hinnanmäärityksessä maailmankeskus on perinteisesti ollut Lontoo, jonka metallipörssin, LME:n ympärillä kauppa pyö-rii. Tällä kaupalla on oma terminologiansa, omat hinnanmuodos-tuseriaatteensa ja muut mekanisminsa, joita kaikki siihen osallis-tuvat, mukaanluettuna metallikauppaa käyvät suunnitelmatalous-maat, noudattavat. Perustan kaupalle muodostaa vaihdettavien va-luuttojen käyttö. Neuvostoliitto suurena metallien tuottajana ja metallikauppiaana tuntee tämän kaupan säännöt ja menettelytavat erinomaisesti. LME-hinnoilla se, kuten Outokumpu-konsernikin, myös myy ja ostaa valtaosan niistä metalleista, joilla se kaupaa käy.

Keskinäisessä metallikaupassaan Outokumpu Oy ja Neuvostoliitto ovat joutuneet opettelemaan jo osaamansa kansainvälisen "LME-kielen" lisäksi vielä Suomen ja Neuvostoliiton välisen "clearing-kielen" lukemattomine hyppyineen ja piruetteineen. Koska kumpi-kin tahollaan on jo vuosikymmeniä käyttänyt markkinoinnissaan ja myynnissään pääasiassa "LME-kieltä", on "clearing-kielellä" ta-pahtuva seurustelu koettu osin väkimmäiseksi, eikä siihen ole jakset-tu erityisemmin panostaa.

Tulokset ovat olleet sen mukaisia. Perustellusti voidaan esittää arvio että siirtyminen, kaupankäynnissä vaihdettavien valuuttojen käyttöön Outokumpu-konsernin Suomessa sijaitsevien tuotantoyk-siköiden ja Neuvostoliiton välillä, tulisi merkittävästi parantamaan mahdollisuuksia ei ainoastaan konsernin metallikaupan, vaan myös konsernille tärkeiden raaka-aine- ja puolituoteostojen kasvattami-seen Neuvostoliitosta.

## TEKNOLOGIAMYYNTI

### Norilskin sulattoprojekti Jenisein suulla Siperiassa

Kuten jo todettiin, oli Norilskin projekti monessa mielessä pään-avaaja ja pioneiriprojekti. Siinä Outokumpu oli jäsenenä konsor-tiossa, jonka muut vastuunottajat olivat Ahlström ja Rauma-Repo-la. Sopimus, joka solmittiin vuosina 1974 ja 1975 useammassa vaiheessa, käsitti kupari- ja nikkelisulatat sekä niihin kuuluvat konvertointiosastot, anodivalimot ja rikkitehtaat kaikkine laittei-neen. Suomalaiset yhtiöt toimittivat suunnittelun, teknologiset lait-

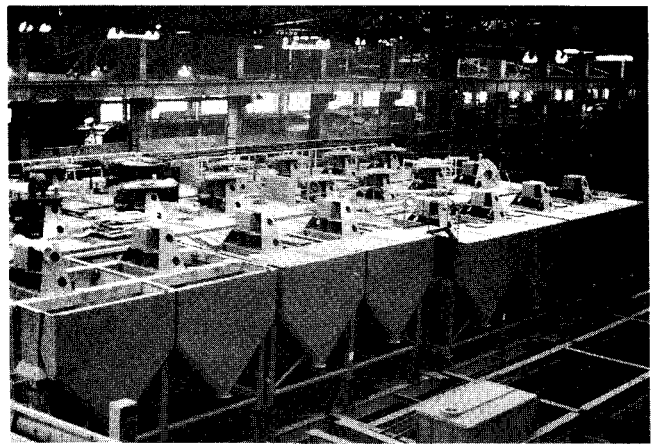
teet, asennusvalvonnan, käynnistysavun sekä asiakkaan henkilö-kunnan koulutuksen.

Jättiläisprojektin arvo toteutusajan rahassa mitaten oli lähes kah-den miljardin markan luokkaa. Työ kesti kaikkineen lähes kymme-nen vuotta ja enimmillään projekti vei Norilskiin samanaikaisesti melkein kolmesataa suomalaista. Olosuhteet olivat varsin eksootti-set pakkasen paukkuessa parhaimmillaan 50-60°C:n lukemissa.

### Petsamon projekti

1980-luvun alkupuolella aloitettiin neuvottelut Petsamo-projektis-ta. Kyseessä on Petschenganikkelkombinaatin Zapoljarnyin kaupun-gissa sijaitsevan nikkeli-rikastamon rekonstruointi. 1960-luvulla valmistunut suurrikastamo oli käynyt vanhanaikaiseksi ja se päätet-tiin uusia. Suuria laiteyksiköitä ja pitkälle vietyä automaatiota hyödyntäen tähdättiin erityisesti työn tuottavuuden nostamiseen ja tätä kautta toiminnan kannattavuuden parantamiseen.

Rekonstruoinnin ytimenä on vaiheittain tehtävä vaahdottamon ja jauhimon uusiminen. Vanhentuneesta vaahdottamosta puretaan yli 800 kpl 5-6 m<sup>3</sup> vaahdotuskoneita. Ne korvataan 136 Outokum-mun OK-38 vaahdotuskoneistolla (kuva 3). Niinkään jauhatu-prosessi uudistetaan perinpohjaisesti. Jauhatu-osaston 14 myllyä kor-vataan kahdella kehämootorikäyttöisellä kuulamylyllä, joiden halkaisija on 6,5 m ja pituus 9,65 m. Valmistusaikanaan ne ovat lajissaan maailman suurimpia (kuva 4). Rikastamoa uusittaessa myös reagenssien käsittelyosasto rakennetaan kokonaan uudestaan.



**Kuva 3.** Petschenganikkelkombinaatin OK-38 vaahdotuskennot.  
**Fig. 3.** OK-38 flotation cells in the Petchenga Nickel Concentrator.



**Kuva 4.** Kuulamylyt toimitettiin maantiekuljetuksena Porista Rovaniemi-Ivalon kautta Zapoljarnyyn lähelle Murmanskia neuvostoliittolaisella erikoiskalustolla.  
**Fig. 4.** Ball mills were transported by special Soviet vehicles from Pori via Rovaniemi-Ivalo to Zapoljarnyi near Murmansk.

Petsamo-projekti on sikäli tyypillinen suurprojekti, että kesti lähes viisi vuotta, ennen kuin kaupallinen sopimus toukokuussa 1987 saatiin solmituksi. Kehittelyn aikana käytiin tilaajaosapuolen kanssa perusteellisesti läpi tekniset vaihtoehdot ja niistä valittiin lopuksi teknis-taloudellisesti parhaaksi katsottu.

Neuvottelut johtivat noin 300 miljoonan markan suuruiseen sopimukseen, jonka mukaan Outokumpu Norilskin projektin tapaan vastaa suunnittelusta, laitteiden toimittamisesta, asennusvalvonnasta, käynnistysavusta ja asiakkaan henkilökunnan kouluttamisesta. Asiakas osallistuu suunnitteluun ja vastaa kohteen rakennus- ja asennustöistä.

Neuvostoliitossa nyt käynnissä olevat hallinnolliset ja taloudelliset uudistukset ovat antaneet hankkeen toteutukselle oman värinsä. Tarjousvaiheessa oli osto-organisaation toimeksiantajana Neuvostoliiton värimetallurgian ministeriö. Se on tänä vuonna yhdistetty mustan metallurgian ministeriöön SNTL:n metallurgian ministeriöksi. Jo ennen tätä muutosta oli projektin kaupallinen tilaaja Metallurgimport liitetty osaksi Tjazpromexportia. Niinpä tilaajaosapuoli oli juridisena henkilönä kokonaan vaihtunut projektin toteutusvaiheessa.

Sopimuksen toteutuksesta vastaa Outokummun Engineering-toimiala. Perinteiseen tapaan suunnittelu on pidetty omissa käsissä. Suunnitelmat on käsitelty ja hyväksytetty Leningradissa suunnitteluinstituutti Mehanobrissa, ja varsinainen laitevalmistus alihankittu pääasiassa Suomesta. Kyseessä on maiden välisen clearing-järjestelmän piiriin kuuluva kauppa, jota velvoittaa vientilisenssin ehtona oleva korkean kotimaisuusasteen vaatimus.

### Ongelmia

Kun Suomen ja Neuvostoliiton välinen kauppa joutui vuosina 1987–89 öljyn hinnan huomattavan alenemisen takia suuriin tasapainovaikeuksiin, aiheutui sekä viejille että vientiprojekteillemelkoisia ongelmia. Niin oudolta kuin se kuulostaakin, projektitoimi-

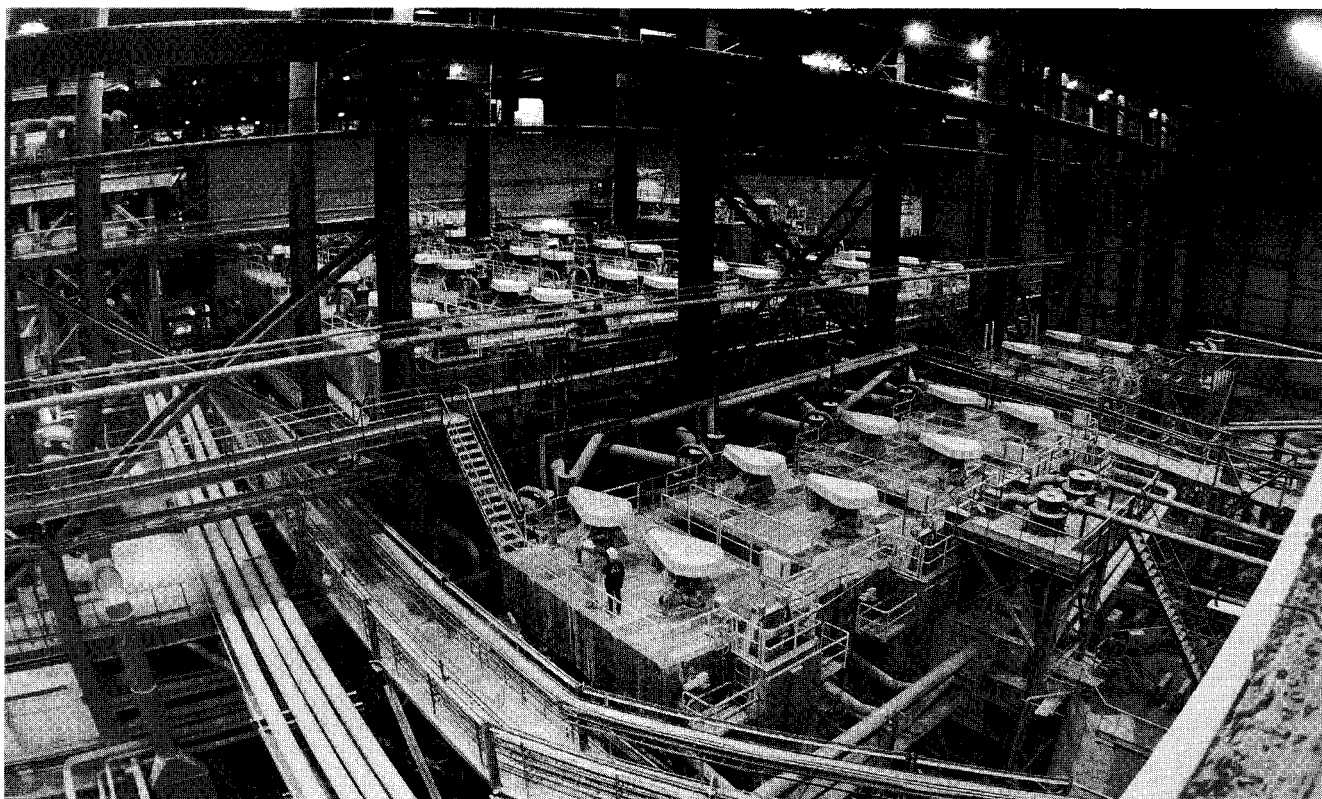
tukselle ei saatu yhtä kokonaislisenssiä, joka olisi kattanut kolmen vuoden ajalle ajoittuvat toimitukset. Sensijaan vientilisenssejä jouduttiin jatkuvasti anomaan projektin osatoimituksille vuosittain — jopa kuukausittain, eikä niitä aina saatu silloin, kun projektiaikataulu olisi edellyttänyt toimituksen tapahtuvaksi. Tästä seurasi myös uhka koko projektin taloudelle. Noin sadaksi alihankintasopimukseksi pilkottu projekti on erittäin monimutkainen ja vaativa projektihallinnollinen tehtävä silloinkin, kun maksut ja toimitukset juoksevat normaalisti.

Syksyllä 1988 ja keväällä 1989 tehdyt ratkaisut, jotka toivat luotuksen uudeksi työkaluksi clearing-kauppaan, päästivät myös Petsamo-projektin pinteestä. Ilman niitä olisi projektin toimitukset pitäneet pysäyttää. Pieniä toimitusaikataulun muutoksia ei enää voinut välttää, mutta järjestely voitiin tehdä alkuperäisen kokonaisaikataulun puitteissa. Kokonaisuutena katsoen, projektin tähänastista kulkua on pidettävä kutakuinkin onnistuneena, varsinkin kun otetaan huomioon, että toteutusvaiheen aikana mm. ostajan juridinen henkilö on vaihtunut ja projektin laite-toimitusten ja maksujen kulkua ovat säädelleet sopimusosapuolten vaikutusvallan ulkopuolella olevat tahot.

Projekti on tällä hetkellä asennus- ja käynnistysvaiheessa. Työ etenee vaiheittain ja koko uusitun laitoksen on määrä olla tuotannossa vuoden 1990 loppuun mennessä.

### Anof III -projekti

Kuolan niemimaalla sijaitsevat Neuvostoliiton suurimmat hyödyn-tämisen kohteena olevat apatiittivarat. Kirovskin kaupunki on tämän kaivostoiminnan keskus. Sen läheisyydessä rakennetaan parhaillaan alueen kolmatta suurrikastamoaa, joka on nimeltään Anof III. Tähän rikastamoon Outokumpu toimittaa vaahdottamon ja prosessiautomaation. Toimituksen suurin komponentti on 144 kpl OK-38 vaahdotuskoneistoja (kuva 5). Sopimus noin 150 miljoonan markan arvoisesta laite-toimituksesta tehtiin marraskuussa 1986.



**Kuva 5.** Apatiittivaahdottamon ANOF III:n 1. osasto käynnistyi v. 1988; 2. ja 3. osasto käyttöön 1989/90.

**Fig. 5.** The first section of the ANOF III apatite flotation plant was started up in 1988; the second and third sections will become operational in 1989–90.



Outokummun ja Techmashimportin välillä.

Anof III on jo osittain käynnistetty tuotantomittakaavassa ja osittain ovat asennukset vielä käynnissä. Koko investoinnin on määrä olla tuotannossa ensi vuoden aikana.

Ne projektinhoidon ongelmat, joita edellä kuvattiin Petsamon yhteydessä, koskettivat jonkin verran myös Anof III-projektia. Tämä mittakaavaltaan pienempi ja hiukan Petsamoa aikaisemmin aloitettu projekti ehti kuitenkin ikäänkuin alta pois, ennen kuin NL-kaupan vaikeudet alkoivat kasaantua.

### Muu teknologiamyynti

Edellä kuvatut projektit ovat teknologiamyyntiin näyttävimpiä esimerkkejä. Suurprojektien ohella on samanaikaisesti toteutettu monia tärkeitä hankkeita ilman suuria otsikoita ja julkisuutta.

Projektikauppojen rinnalla ja myötä myös Outokumpu Elektrooniikka ja Outokumpu Unimec -toimialojen kone- ja laitemyynti on ottamassa ensi askeleitaan Neuvostoliiton markkinoilla. Lähivuosi- na saattaakin nimenomaan näiden toimialojen kauppa vahvistua, kun mahdollisuudet suuriin projektikauppoihin ovat silminnähden vähenemässä.

Keskeinen syy tällaiseen kehitykseen on Neuvostoliitossa me- neillään oleva talousuudistus. Se hajauttaa päätösvaltaa ja tähtää mm. keskitetyksi myönnettävillä varoilla toteutettavien investoin- tien vähentämiseen. Uusissa oloissaan yksittäiset yritykset ja tuot- tantolaitokset joutuvat itse ansaitsemaan omalla viennillään ne ra- hat, joilla ulkomaiset hankinnat rahoitetaan. Tällöin on luonnollis- ta, että kiinnostus ainakin ensi vaiheessa siirtyy pienempiin ja hal- vempiin kohteisiin, kuin kokonaisten tehtaiden rakentamiseen tai uusimiseen.

### METALLITUOTANNON RAAKA-AINEOSTOT

Outokumpu on rakentanut Suomeen varsin mittavan metallin pe- rusteellisuuden, jonka tuotanto käytännöllisesti katsoen jokaisella sektorilla reippaasti ylittää valtakunnan omat tarpeet. Riittävän vo- lyymin aikaansaaminen on nykyään markkinoilla pysymisen elin- ehto. Tällaisen volyymin ylläpitäminen on toisaalta johtanut syve- nevään ristiriitaan metallin tekijöiden raaka-ainetarpeiden ja koti- maisen kaivosteollisuuden mahdollisuuksien välillä. Tästä on ollut seurauksena se, että Outokumpu-konserniin kuuluvat metallitehtaat ostavat kasvavan määrän tarvitsemistaan raaka-aineista ulkomailta.

Verrattuna moniin muihin Suomessa toimiviin valtioenemis- töisiin yhtiöihin Outokummun raaka-aineostot Neuvostoliitosta ovat olleet varsin vaatimattomalla tasolla. Liikkeelle on sentään päästy. Terästeollisuus on jo pitkään ostanut koksia ja eräitä ferro- seoksia, samoin kuin nestekaasua Neuvostoliitosta. Ostot on suori- tettu yhteistyössä muiden vastaavien tuotteiden hankkijoiden kans- sa.

Pyrkimykset erilaisten värillisiä metalleja sisältävien rikasteiden tai esimerkiksi ferronikkelin ostamiseksi eivät sensijaan toistaiseksi ole tuottaneet tuloksia. Samanaikaisesti kun konsernin metallurgi- set tehtaat Pohjanlahden rannikolla rahtaavat kasvavia määriä ra- ka-aineita jopa kaukaa valtamerien takaa, ei tällaisia toimituksia ole saatu liikkeelle naapurimaasta Neuvostoliitosta, jolla kuitenkin tiedetään olevan runsaastikin tällaisten raaka-aineiden lähteitä hal- lussaan. Outokummun toivomus on edelleen, että Neuvostoliitto ottaisi askeleen rikasteiden maailmanmarkkinakauppaan. Ovathan näillä markkinoilla monet pitkälle kehittyneet teollisuusmaat, ku- ten esimerkiksi Ruotsi, Norja, Kanada ja Yhdysvallat. Sitäpaitsi erityisesti metallien hintojen ollessa korkealla on rikasteen myyjä se, joka hyötyy suhdanteesta eniten, kun sulatus- ja raffinointipalk- kiot pysyvät vakioisuusluokassa.

Neuvostoliiton talousuudistus tulee lisäämään myös metallurgis- ten ja vuoriteollisten tuotantolaitosten itsenäisyyttä ja samalla se synnyttää niille uusia valuuttatarpeita. Keinoksi valuuttojen hank- kimiseen on osoitettu omien tuotteiden myynti. Tämän seuraukse-

na voivat myös Outokumpu-konsernin mahdollisuudet rikasteostoi- hin Neuvostoliitosta lähivuosi-ina parantua.

### INTEGRAATIOKEHITYS

Outokumpu-konserni on kuluvalla vuosikymmenellä voimakkaasti kansainvälistynyt. Kansainvälistyminen on kuitenkin ensi sijassa tapahtunut sellaisten maiden suuntaan, joissa on samanlainen ta- lousjärjestelmä kuin Suomessa, t.s. markkinatalous. Suunnitelma- talouden eli sosialistisen leirin maiden suuntaan integroituminen on ollut toistaiseksi lähes olematonta. Tilanne on tältä osin muuttu- massa. Yhteisyritykset, joint-venturet, ovat nousseet kuumiksi pu- heenaiheiksi jo lähes kaikissa sosialistisissa maissa ja kolme vuotta sitten yhteisyrityksen perustaminen tuli mahdolliseksi myös Neu- vostoliitossa.

Outokumpu-konserni on yhteisyritysrintamalla ollut varsin aktii- vinen. Tällä hetkellä yhteisyritysten ”ensimmäinen aalto” on jo aloittelemassa toimintaansa Leningradissa.

Kun Neuvostoliiton talousuudistus käynnistyi, oli yhtenä oleelli- sena tavoitteena avata maan taloutta aiempaa monipuolisemmalle talousyhteistyölle. Tähän pyritään mm. delemoimalla päätöksente- kovaltaa hierarkiassa alaspäin ja erilaisilla tuotannollisen yhteis- työn muodoilla. Mainittu ”ensimmäinen aalto” tarkoittaa kumman- kin osapuolen jo olemassa olevien tuotannon tekijöiden ja tiedon yhdistämistä. Näin muodostuvasta kombinaatiosta toivotaan synty- vän kilpailukykyä ja lisäarvoa, joka olisi myyntikelpoista. Outo- kummun piirissä on käyty läpi lukuisia ideoita tällä pohjalla toimi- vasta yhteisyrityksestä Neuvostoliiton organisaatioiden kanssa. Kahdessa tapauksessa nämä keskustelut ovat jo johtaneet yhteisyrity- ksen perustamiseen.



**Kuva 6.** MNTK Mehanobrin äskettäin edesmennyt johtaja V.I. Revnitsev ja Outokumpu Oy:n toimitusjohtaja P. Voutilainen vahvistavat kädenpuristuksin Moskovassa juuri allekirjoitetun yhteisyrityksen perustamisasiakirjan. Taustalla Suomen suurlähettiläs Talvitie.

**Fig. 6.** The handshake of the late President of MNTK Mehanobr, Mr V.I. Revnitsev and the President of Outokumpu Oy, Mr P. Voutilainen confirms the Memorandum of Association of the Engineering Joint Venture in Moscow. The Ambassador of Finland, Mr. Talvitie in the background.

Leningradissa aloitti tämän vuoden alussa toimintansa EEE-niminen yritys. Nimi on lyhennys sanoista Energy, Ecology ja Engineering. Yritykseen ovat panostaneet Outokummun lisäksi Saksan Liittotasavallasta L. & C. Steinmüller GmbH ja viisi neuvostoliittolaista osapuolta. Kolme näistä on kattilanvalmistajia, yksi suunnitteluinstituutti ja yksi ulkomaankauppaorganisaatio. Yritys on saanut ensimmäiset tilauksensa Neuvostoliitosta. Valuutalla toimitettavien komponenttien maksu tapahtuu osittain käteisellä, osittain tilaajan tehtaalta tulevilla kompensatioluonteisilla tavara-toimituksilla. Kompensoitava osuus on lainoitettu.

Toinen alkava yhteisyrityksemme toimii niinkään Leningradissa. Mineral Processing Engineers (MPE) on Outokummun ja Me-

hanobr-instituutin perustama. Nimensä mukaisesti se tähtää lähinnä rikastamoiden suunnitteluun ja toteuttamiseen (kuva 6).

Viime aikoina on myös päästy käsittelemään kysymystä kaivos-toiminnan käynnistämisestä Neuvostoliitossa yhteisyrityspohjalla. Outokumpu-konsernin Kaivosteollisuus-toimiala on parhaillaan aloittamassa ensimmäisiä neuvotteluja yhteisten kaivosten rakentamiseksi neuvostoliittolaisia esiintymiä hyödyntämään. Mikäli hankkeet etenevät suunnitelmien mukaisesti, voitaneen lähivuosina odottaa myös yhteisyritysten "toisen aallon", kaivosrikastamoiden esiinmarssia. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että nykyinen poliittinen kehitys Neuvostoliitossa jatkuu.

## SUMMARY

### TRENDS IN THE SOVIET TRADE OF OUTOKUMPU GROUP

The development of trade and economic cooperation between Outokumpu group and Soviet organizations is shortly outlined.

Attention is paid to trading with metals, mutual planning and

construction of industrial projects as well as to setting up joint ventures. Benefits and disadvantages of bilateral trading practices are also mentioned.



**WORLD  
MINING  
CONGRESS**

## KRUPINSKI SCHOLARSHIPS

**Founded to promote international co-operation in mining science and technology, to support mining training and to commemorate the late Professor Krupinski who was founder and, for many years, Chairman of the World Mining Congress.**

The World Mining Congress is arranging a second series of scholarships for young graduates or similarly qualified mining engineers. Under the Krupinski Scholarship programme this would provide brief periods of practical experience and training in other countries. The programme lasts for a period of between 6 and 12 weeks, during which time the host country will provide an opportunity for practical mining experience and a general programme of visits to mines, mining machinery facilities and design/research institutions.

All expenses during this period will be met by the host country; the candidate's sponsor/employer will be responsible for the cost of travel to and from the host country. The candidate should be in the age range 25-30 years and have a good knowledge of one of the Congress languages (English, French, German, Russian, Spanish) or the language of one of the host countries.

The countries sponsoring the Krupinski Scholarship programme are: Austria, Belgium, Czechoslovakia, Federal Republic of Germany, German Democratic Republic, Great Britain, Hungary, India, Poland, Spain and Sweden.

The Scholarships will be available in 1990/1 and will be awarded by the International Organising Committee of the World Mining Congress. Scholars will be allocated to particular countries reflecting language ability and mining experience. All enquiries must be made in the first place by the candidate's sponsor, which will normally be the candidate's employing organisation. These enquiries should be addressed to the Secretary at the address below:

Prof. Raimo Matikainen  
Helsinki University of Technology  
Vuorimiehentie 2 A  
02150 ESPOO

# Vedenpoisto keraamisella kapillaarisuotimella

DI Bjarne Ekberg, Valmet Paper Machinery, Pansion tehtaat, Prosessisuotimet, Turku

## JOHDANTO

Vuonna 1980 havaitsivat Valmet Oy:n Pansion laboratorion tutkijat /1/, että määrän paperin vesipitoisuus laskee huomattavan alhaiselle tasolle, kun se saatetaan yhteyteen vedellä kyllästetyn mikrohuokaisen materiaalin kanssa, jossa vallitsee suuri alipaine. Kyseessä on ns. kapillaari-ilmiön hyväksikäyttö. Hydrofiilisen suodatimateriaalin huokosissa syntyy niin voimakas kapillaarivoima, ettei ilma pysty läpäisemään huokosta suuresta paine-erosta huolimatta. Tämän kapillaari-ilmiön perusteet on esitetty karkeasti kuvassa 1 ja sen teoriaa on käsitelty muissa artikkeleissa /3/.

Tästä heräsi kysymys, olisiko mahdollista soveltaa tätä periaatetta paperikoneen märkäässä paperirainan mekaaniseen vedenpoistoon ja saavuttaa näin alhaisempi vesipitoisuus kuin puristamalla. Pilotmittakaavan paperikuivatuskokeissa imutelatyyppisellä laitteella todettiin, että menetelmä toimii hyvin pienissä paperirainan nopeuksissa, mutta ei enää niissä nopeuksissa, joissa tämän päivän paperikonetekniikassa liikutaan — vedenpoisto aika jää aivan liian lyhyeksi.

Tämän jälkeen menetelmää pyrittiin soveltamaan turpeen mekaaniseen vedenpoistoon, mutta turpeen käsittelyyn liittyy suuria teknisiä ongelmia, joihin on keksittävä ratkaisu ennenkuin menetelmästä tulee taloudellinen. Kehitystyö jatkuu yhä, /2/.

Lukuisten laboratoriokokeiden kautta huomattiin vähitellen, että tämän uuden vedenpoistomenetelmän suurin käyttöpotentiaali onkin mineraalirikasteiden ja kemian teollisuuden tuotteiden ja jätteiden suodatuksessa. Vuonna 1985 toimitettiin ensimmäinen tuotantomittakaavan suodatin Kemira Oy:n Vihtavuoren tehtaalle. Tämän jälkeen Valmet Paperikoneet Oy on toimittanut 15 suodatinyksikköä kaivos- ja kemianteollisuudelle.

## SUODATTIMEN TOIMINTATAPA

Kapillaarisuodattimen toimintatapa ja ulkonäkö muistuttavat perinteistä kiekkosuodatinta. Suurimmat erot ovat suodatinmateriaali ja tämän regenerointiin liittyvät puhdistuslaitteet. Suodattimen toimintatapa on esitetty kuvassa 2. Suodatinkakun muodostus tapahtuu normaalilla tavalla suodattimen altaassa, jossa lietepinnan korkeus on säädettävissä ja näin ollen myös kakun muodostumisajan ja kuivausajan suhde. "Keinutyyppinen" sekoittaja pitää lietteen homogeenisena.

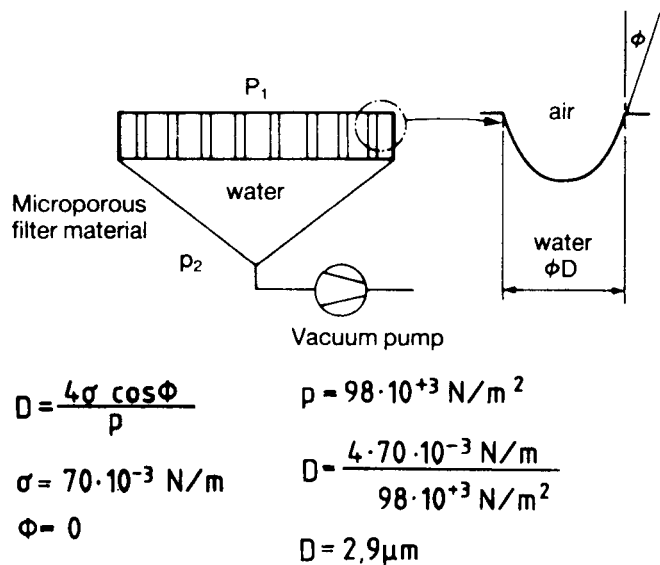
Suodatinkakku, jonka paksuus on normaalisti 4–8 mm, kaivataan pois suodatinlaatoista kulutuksenkestävästä materiaalista valmistetuilla kaavareilla. Kakunpoisto paineilmalla ei ole mahdollista kapillaaripaineen takia koska tähän tarvittaisiin usean barin paine.

Kaavausvaiheen jälkeen keraamiset suodatinlaatat pestään käänteishuuhdella ts. osa suodosvedestä pumpataan takaisin suodatinlaattoihin, jolloin pintahuokosiin tarttuneet pienet hiukkaset poistetaan. Tarvittaessa voidaan käänteishuuhdeltuveteen lisätä laimeata typpihappoliuosta pienen kemikaalipumpun avulla. Tällä tavalla poistetaan tehokkaasti mm. suodatinlaattojen pintaan muodostuneet karbonaattiyhdisteet, jotka tukkivat pintahuokokset. Haponliisäyksen tiheys ja kesto voidaan ohjelmoida suodattimen logiikka-



Valmet Oy:n toimitusjohtaja Matti Kankaanpää selostaa Neuvostoliiton presidentti Mihail Gorbatschoville 26.10.1989 Kalastajatorpalla yhtiönsä viimeisiä saavutuksia. Tasavaltamme oma presidentti Mauno Koivisto kuuntelee tarkkaavaisena selostusta. The managing director of Valmet Oy, Mr. Matti Kankaanpää is explaining the latest achievements of his company to the president of the USSR, Mr. Mihail Gorbatschov, in Kalastajatorppa October 26.1989. Our own president, Mr. Mauno Koivisto is listening carefully to the elucidation.

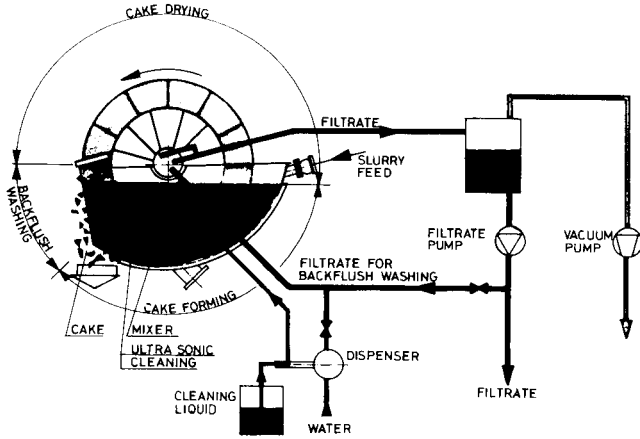
Photo: Sakari Kulhia



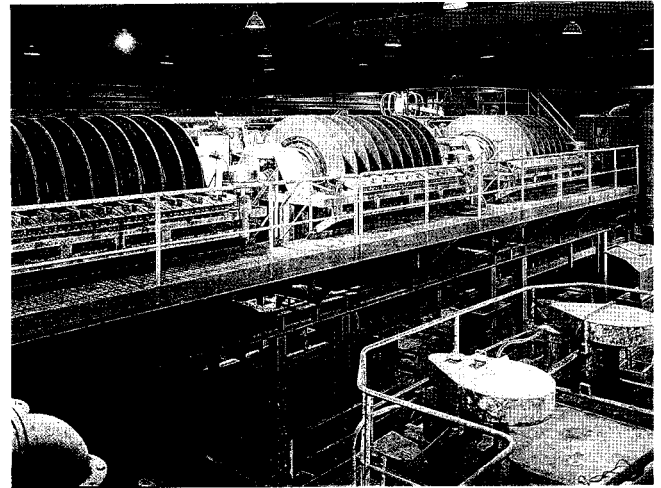
**Kuva 1.** Kapillaaripaineen riippuvuus kapillaarin halkaisijasta, nesteen pintajännityksestä ja kapillaariseinämän ja nesteen välisestä kosketuskulmasta.

**Fig. 1.** The relationship between capillary pressure and diameter of capillary, surface tension of liquid and contact angle between capillary wall and liquid.





**Kuva 2.** Kapillaarisuodimen toimintatapa.  
**Fig. 2.** The principle of operation of the capillary filter.



**Kuva 3.** Kolme keraamista kapillaarisuodinta Pyhäsalmen kaivoksen rikastamossa.  
**Fig. 3.** Three ceramic capillary filters in Pyhäsalmi concentrator.

yksikköön, jonka jälkeen toimenpiteet hoituvat automaattisesti. Aina noin viikon käytön jälkeen suodatinlaatat pestään ultraäänellä. Suodattimen altaassa oleva vesi kavitoi voimakkaasti ultraäänestä ja suodatinlaattojen pintaan kohdistuu voimakas mekaaninen "harjaus", joka puhdistaa tehokkaasti tukkeutuneita huokosia. Tämäkin puhdistustoimenpide tapahtuu automaattisesti vastaavalla tavalla kuin happopesu.

### KAPILLAARI-ILMIÖN TUOMAT EDUT

Silmiinpistävä piirre kapillaarisuodimessa on alipainepumpun pienuus. Tämä johtuu siitä, että pumppaustehoa tarvitaan ainoastaan nesteen pumppaukseen ja tarvittava pumppausteho on näin ollen murto-osa perinteiseen tyhjösuodattimeen verrattuna. 30 m<sup>2</sup> suodatin vaatii ainoastaan 3 kW:n pumpun.

Suurin etu on kuitenkin alhainen suodatetun materiaalin loppukosteus, joka säästää energiaa loppukuivausvaiheessa tai tekee loppukuivauksen täysin tarpeettomaksi. Ero suodatinkakun loppukosteudessa verrattuna perinteiseen tyhjösuodattimeen vaihtelee muutamasta prosenttiyksiköstä jopa kymmeneen prosenttiyksikköön, riippuen suodatettavan materiaalin ominaisuuksista.

Suodosveden puhtaus on seuraus erittäin pienestä — n. 1.5 mikrometrin — huokoskoosta.

Mainittujen etujen lisäksi pieni määrä liikkuvia osia ja pitkälle viety automatisointi takaa korkean käytettävyyssasteen.

### KÄYTÄNNÖN KOKEMUKSIA

Kokeneelle suodatinkäyttäjälle herää poikkeuksetta aina kaksi kysymystä kun hän tutustuu keraamiseen kapillaarissuodattimeen:

1. Eivätkö suodatinlaatat ajan kuluessa mene tukkoon?
2. Miten usein suodatinlaatat on vaihdettava?

Paras tapa vastata näihin kysymyksiin lienee tarkastella, miten vuosia käytössä olleet laitteet ovat tehtävästään selviytyneet. Tässä muutama esimerkki:

### KEMIRA OY, VIHTAVUOREN TEHTAAT

Vuonna 1985 toimitettiin 20 m<sup>2</sup> suodatuspinta-alalla varustettu suodatin jäteylijykasan suodatukseen. Suodatettavan lietteen hiukaskoko on keskimäärin 7 µm. Koska suodatinkakun paksuus on ainoastaan pari mm, on kakunpoiston tapahduttava ns. kontaktikaavauksella, joka kuluttaa suodatinlaattoja jonkin verran enem-

män. Normaalisti kaavarin ja suodatinlaatan välillä kuuluu olla vajaan millimetrin rako. Noin 4 vuoden käytön jälkeen vaihdettiin suodatinlaatat kulumisen takia. Kapasiteetti on n. 30 kg/m<sup>2</sup>h ja suodatetun materiaalin kosteus 30 %. Suodosveden kiintoainepitoisuus on alle 10 ppm.

### BOLIDEN MINERAL

Vuonna 1987 toimitettiin Saxbergetin rikastamoon 5 m<sup>2</sup> suodatin kuparirikasteen suodatukseen. Vuosi sitten suodatin siirrettiin Enäsenin rikastamoon. Suodatin on ollut käytössä 2.5 vuotta ja vain pieni osa suodatinlaatoista on vaihdettu rikkoutumisen takia.

Kyseisessä suodattimessa suoritetaan ultraäänipesu manuaalisesti kerran viikossa.

Allaolevassa taulukossa muutama mittaustulos:

Pvm	Lietetiheys %	Kapasiteetti kg/h	Jäännöskosteus %	Tuotteen hienous
3.9.87	68.0	1080	7.6	
10.9.87	72.5	1062	8.3	86.4 % -0.045
16.9.87	70.0	834	8.4	93.1 % -0.045

### OUTOKUMPU OY, PYHÄSALMI

Pyhäsalmissa asennettiin elokuussa 1988 kolme ES-30 B suodatinta, joiden yhteenlaskettu suodatuspinta-ala on 90 m<sup>2</sup> (kts. kuva 3). Oheisessa taulukossa on esitetty tyypillisiä mittaustuloksia.

Pvm	Jäännöskosteus %	Syötteen sakeus kg/l	Kapasiteetti kg/m <sup>2</sup> h
3.10.88	6.8	2.20	409
4.10.88	8.1	2.39	468
5.10.88	7.6	2.28	541
6.10.88	7.7	2.35	512
7.10.88	7.6	2.40	667
12.10.88	7.1	2.18	573
15.10.88	6.9	2.23	474
16.10.88	6.7	2.31	596
27.10.88	8.3	2.07	336
16.11.88	6.8	2.20	409
Keskiarvo	7.36	2.26	499

Mikrohuokaisen suodatinmateriaalin takia suodattimen hydraulinen kapasiteetti on rajallinen. Lämpäisykyky puhtaalle vedelle on 700 l/m<sup>2</sup>h yhden barin paine-erolla — tämä aiheuttaa sen, että kapasiteetti riippuu voimakkaasti syötteen sakeudesta.

Kapasiteetti voi olla niinkin alhainen kuin 200 kg/m<sup>2</sup>h sakeudessa 1,4 kg/l tai niinkin korkea kuin 1000 kg/m<sup>2</sup>h sakeudessa 2,4 kg/l (kts. kuva 4).

Kapasiteetti laskee viikon käytön aikana tasolle 80 %, mutta ultraäänikäsittely palauttaa sen tasolle 100 %. Mitään pysyvää suodatinlaattojen tukkeutumista ei ole havaittu.

Yksittäisiä laattoja on vaihdettu silloin tällöin rikkoutumisen takia. Syy rikkoutumiseen on todennäköisesti laattojen ylikuormittuminen johtuen hetkellisestä ylisuuresta kapasiteetista. Tämäntyyppisiä rikkoutumisia tapahtuu nykyään yhä harvemmin ja saatujen kokemusten perusteella voidaan sanoa että suodatinlaattojen käyttöikä on yli kaksi vuotta.

## LOPPULAUSE

Kun ajatus mikropillaarien hyväksikäytöstä kiinteiden aineiden ja nesteen erotuksesta esiteltiin suodatinikäyttäjille, siihen suhtauduttiin varauksellisesti.

Usean vuoden käyttökokemukset referenssitoimituksista ovat kuitenkin saaneet käyttäjäkunnan vakuuttumaan sekä menetelmän teknisestä toimivuudesta että sen taloudellisista eduista ja kapillaarisuotimelle on varmasti löytymässä oma sovellutusalueensa, jossa se on ylivoimainen.

Tässä artikkelissa käsitellyn suodatustekniikan ”sydän” on oikeastaan itse suodatinmateriaali, jonka ominaisuudet ratkaisevasti vaikuttavat koko suodattimen toimivuuteen ja sen suoritusarvoihin. Tuotekehitys keskittyykin jatkuvasti keraamisen suodatinmateriaalin ominaisuuksien parantamiseen. Esim. materiaalin läpäisevyys tulee lähiaikoina kasvamaan tasolle, joka sekä vähentää suodatti-

## YHTEENVETO

Valmet Paperikoneet Oy lanseerasi suodatinmarkkinoille vuonna 1985 kapillaarireaktioon perustuvan uuden suodatusmenetelmän — tyhjösuodatus ilman kaasuläpäisyä — joka on usean vuoden kestävä tuotekehityksen tulos, jossa alunperin yritettiin soveltaa menetelmää paperirainan vedenpoistossa. Tähän mennessä on toimitettu 15 suodatinyksikköä kaivos- ja kemianteollisuuden sovellutuksiin.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

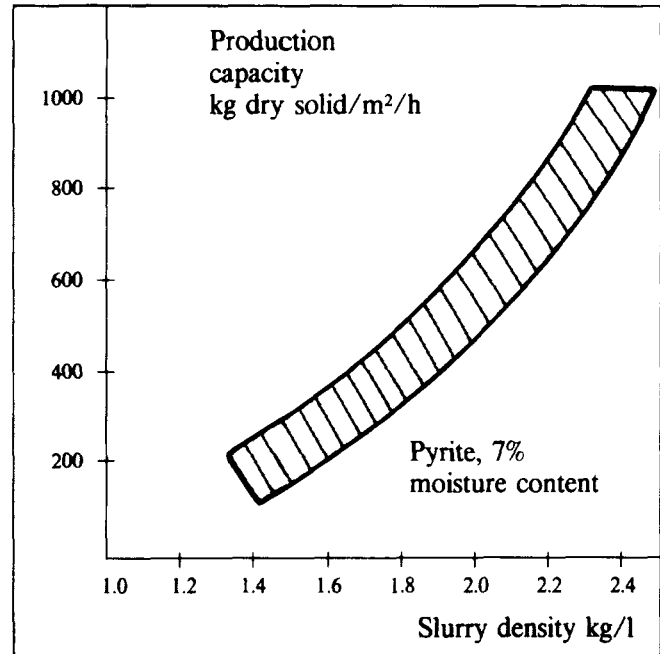
1. Patenti FI pat 61739
2. Filtech Conference 1989, 12–14 September Karlsruhe  
— M. Aho, T. Tuori, P. Pirkkonen; Effects of some important parameters on dewatering properties of peat.  
— P. Pirkkonen, K. Penttinen, D. Asplund; Dewatering of fractioned peat slurry by ceramic microfilter and by filter press.

## SUMMARY

### DEWATERING WITH CERAMIC CAPILLARY FILTER

Vacuum Filtration without gas throughput based on capillary reaction was introduced to the filter market by Valmet Paper Machinery Inc. in 1985 after a long period of R&D efforts including attempts to use the method for dewatering of paper web.

Up to now 15 filter units have been delivered to applications within mining and chemical industry. The experience from instal-



Kuva 4. Kapasiteetin riippuvuus syötteen sakeudesta.  
Fig. 4. The relationship between capacity and feed solid concentration.

men herkkyyttä lietteen sakeudelle että laajentaa suodattimen soveltuvuusalueetta.

Mielenkiintoinen alue tuotteelle on ympäristösuojelumielessä hankalat prosessit, joissa käsitellään myrkyllisiä ja/tai arvokkaita pieniä hiukkasia.

Käyttökokemukset ovat olleet positiivisia osoittaen menetelmän olevan sekä teknisesti että taloudellisesti erinomainen ratkaisu kapealla soveltuvuusalueella. Jatkuva tuotekehitystyö tavoitteena entistä parempi suodatinmateriaali tulee lähitulevaisuudessa kuitenkin laajentamaan soveltuvuusalueetta ja parantamaan suoritusarvoja entistään.

3. B. Ekberg, S. Woitkowitz; Cake forming wet filtration without gas throughput with the new Ceramic Ecosuc Disk Filter. *Aufbereitungs-technik* Nr. 4/1988 s. 193–196
4. B. Ekberg; Paper solution, *Chemical processing technology international* 1980–90, Cornhill Publications Ltd, s. 41–47.

lations has been positive and it shows that the method is technically and economically excellent solution to special applications. However, the continuous R&D efforts aiming at even better ceramic filter materials will in a near future broaden the application field and further improve the performance.



# Uutta kertausvaahdotukseen — HG-vaahdotuskone

DI Risto Lindsberg, Outomec Oy, Espoo  
DI Seppo Lähteenmäki, DI Harri Natunen, Outokumpu Oy, Pyhäsalmen kaivos  
DI Asko Vesanto, Teknillinen korkeakoulu, Otaniemi

## HISTORIA

Noin kolme vuotta sitten Outokummun piirissä heräsi kysymys voitaisiinko kertausvaahdotusta yksinkertaistaa ja tehostaa. Myös riipevaahdotus ja vaikeat erotusvaahdotukset asettavat korkeat vaatimukset käytettäville vaahdotuskoneille.

Tähän asti nämä mainitut vaahdotusvaiheet:

- kertaus/puhdistusvaahdotus,
- riipevaahdotus,
- vaikeat erotusprosessit

on hoitettu perinteisillä (usein pienikokoisilla) pneumomekaanisilla koneilla tai joissakin tapauksissa vaahdotuskolonneilla yhdessä "perinteisten varmistuskonnojen" kanssa /1/.

Tavoitteena oli tehdä:

- puhtaita rikasteita tuottava,
- korkean saannin omaava,
- kohtuullisen kokoinen (vrt. vaahdotuskolonnit),
- korkeaan rikastussuhteeseen pystyvä vaahdotuskone.

Kehitystyössä mukana oli alusta alkaen:

- Outokumpu Oy:n Mining Services-tulosityksikkö alustavan suunnittelun tekijänä,
- Pyhäsalmen kaivos kokeilujen ja kehitystyön paikkana,
- Outomec Oy Outokummun vaahdotusteknologian ja -laitteiden kehittäjänä, valmistajana ja markkinoijana,
- Asko Vesanto/TKK prosessikokeiden tekijänä osan aikaa.

Näin ollen työssä tuli huomioitua useita näkökantoja, Outokummun oman kaivosteollisuuden ja maailman laajuusestikin (Outomecin markkinointikanavien kautta) rikastamoiden tarpeet. Myös suunnittelu, valmistus ja myöhemmin markkinointi oli kuvassa mukana jo alusta lähtien. Vaahdotuskonevalmistajana Outomec antoi oman panoksensa uuden kennon kehittelyyn.

## TEOREETTINEN TARKASTELU JA SUUNNITTELU PROTOTYYPPIKONEEN VALMISTAMISEKSI

Markkinoilla on joitakin vaahdotuskoneita, joita voidaan kutsua "kertauskonnoiksi". Niissä on ollut kuitenkin puutteita, joita käyttäjät eivät helposti hyväksy:

- kohtuuttoman suuri koko (esim. vaahdotuskolonnin korkeus) tai liian pieni yksikkötilavuus, jolloin koneiden lukumäärä on liian suuri,
- alhainen saanti rikasteen pitoisuuden kustannuksella aiheuttaen suuria kiertokuormia kertauspiiriin,
- useita kertausvaiheita, jotka vaikeuttavat tai monimutkaistavat piirin säätöä,
- tarpeettoman monimutkainen vaahdotuskoneen säätöjärjestelmä, joka on omiaan nostamaan koko laitteiston hinnan kohtuuttoman korkealle.

Periaatteessa ja käytännössä kertauskonnoissa (kuten muissakin) saanti tehdään kennon alaosassa, missä aktivoidut partikkelit saadaan kosketuksiin ilmakuplien kanssa lietteen turbulenssin ansiosta. Selektiivisyyden (ja saannin) parantamiseksi mekaaninen sekoitus rikkoo tehokkaasti flokit, joita hienorakeisessa kertausvaahdotuksessa usein on läsnä. Oli luonnollista ottaa OK-vaahdotuskoneen alaosa esikuvaksi uudelle kennolle.

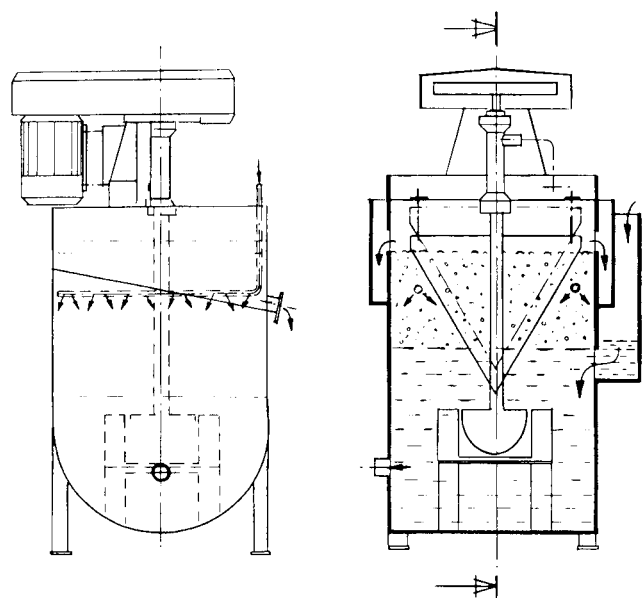
Epäpuhtauksien joutuminen rikasteeseen vaahdotuksessa johtuneen seuraavista seikoista:

- lietetilassa rikastelieju päällystää arvottoman rakeen,
- nouseva kupla "vetää" mukanaan liejumaista ainesta sisäisten turbulentiusten virtausten avulla,
- vaahtokerroksessa toisiinsa liittyvien kuplien välissä arvottomat mineraalipartikkelit kulkeutuvat rikasteeseen, nämä usein karkeatkin rakeet putoavat helposti vaahdotusta,
- myös kuplan pintakerroksissa liejumainen aines pysyy mukana lähinnä veden kuljettamana.

Ratkaisumalleja em. hankaluuksiin on olemassa:

- nouseva kupla ja/tai vähän ilmaa (ts. antaa aikaa erottumiselle) /2/,
- alhainen lietetiheys, jonka vaikeutena on suuri tarvittava vesimäärä,
- tehokas vesipesu vaahdolle. Tällöin ilmakuplissa ja kuplien välissä nouseva vesi osittain vaihdetaan puhtaaseen veteen. Näin voidaan estää ei-rikastettavien, hienojen raeluokkien kulkeutuminen rikasteeseen. Hienojen raeluokkien kulkeutumismekanismissa vaahdotuksessa on tutkittu ja sillä on havaittu olevan huomattava merkitys rikasteen pitoisuuteen /3/.

Näillä peruseriaatteilla High Grade (HG) -työnimellä kulkenut vaahdotuskone suunniteltiin ja prototyyppi rakennettiin vuoden 1988 lopulla (kuva 1).



Kuva 1. Periaatepiirros HG-koneesta.  
Fig. 1. Schematic drawing of the HG-machine.

## KOKEILUT JA KEHITYSTYÖ

Ensimmäinen HG-3-2U kone asennettiin Outokummun Pyhäsalmen kaivoksen kuparipiiriin kertaukseen. Tarkoituksena oli määrittellä HG-koneen tärkeimpien muuttujien ja säätöparametrien arvot sekä niiden vaikutukset kennon toimintaan.

HG-koneen kaikki kokeet tehtiin kuparipiirissä, missä kennon syötteenä oli Cu-esirikaste. Esirikasteen Cu-pitoisuus vaihteli 5–15 % ja Zn-pitoisuus 3–7 %.

Koska HG-koneen syötteen pitoisuus (Cu-esirikaste) vaihteli laajoissa rajoissa, on seuraavassa muuttujille pyritty löytämään vain optimi eikä parasta mahdollista kokonaistulosta.

Vaahdotuskokeita tehtiin yhteensä 73 kpl, jolloin testattiin seuraavien muuttujien vaikutukset:

- vaahdon pesulaitteet ja niiden sijainti sekä pesuveuden määrä,
- vaahdotajan paksuus,
- vaahdon ohjauslevyt,
- vaahdotusilman määrä.

Lisäksi seurattiin kennon pohjan hiekkaantumista.

Kokeet aloitettiin selvittämällä yksittäisten muuttujien vaikutukset ja mahdollinen optimialue, myöhemmin pyrittiin kaikkien muuttujien avulla optimoimaan koko kennon toiminta ko. prosessissa.

### Vaahdon pesu

Kuten edellä mainittiin vaahdon pesu on eräs rikasteen puhdistusmenetelmä ja ehkä tehokkain. Periaatteessa seuraavat vaatimukset olisi kyettävä täyttämään:

- yhtenäinen ja varovainen pesuveuden jako vaahdon nousualueella, välttämällä ylimääräisen veden käyttöä ja täten veden kanavoitumista,
- pesuvesilaitteiston on oltava mahdollisimman käyttövarma ja helppo huoltaa, se ei myöskään saa olla esteenä normaalille kunnossapitotyölle.

Vaahdon pesussa on tarkoitus puhdistaa rikaste harmemineraaleista. Näin ollen vaahdon pesulta edellytetään, että riittävä määrä puhdasta vettä saadaan johdettua ilmakuplaa ympäröivään nesteeseen, rikkomatta itse kuplaa.

Kokeissa käytettiin aluksi rei'itettyjä putkia, joissa oli 1 mm:n reikiä 40 mm:n välein neljässä eri rivissä. Tällöin kuitenkin suurin osa vaahtopinnasta jäi ilman pesuvettä. Jotta pesualue olisi saatu kattavammaksi, hankittiin pesusuuttimia, jotka kiinnitettiin koko vaahtoalueen yli menevään vesiputkeen. Suuttimet muodostavat vaahdon sisällä alaspäin avautuvan kartion, jossa vesisuihku on myös kartion sisällä.

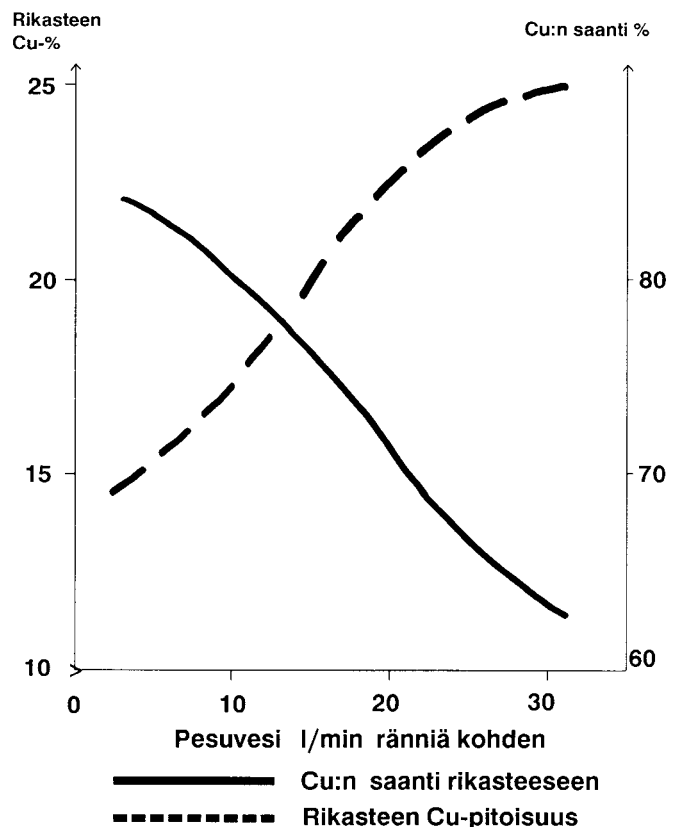
Suuttimia kokeiltiin vesiputkeen pareittain ja tasavälein sijoitettuna. Parhaat tulokset saatiin kahdeksalla tasavälein sijoitetulla suuttimella yhtä vaahdotkanavaa kohden. Kokeissa, joissa oli 16 suutinta yhdessä kanavassa, ei saatu oleellisesti parempia tuloksia.

Suuttimia kokeiltiin kahta eri kokoista: 2,0 ja 2,4 mm. Paremmat tulokset saatiin pienemmillä suuttimilla. Ero suutinten välillä oli hyvin pieni ja tukkeutumisen varalta olisi parempi käyttää suurempia suuttimia.

Suutinputkien syvyyttä vaahdossa testattiin välillä 70–270 mm vaahtopinnasta. Parhaaksi syvyydeksi saatiin 120–170 mm. Mikäli putket ovat lähempänä kuin 120 mm vaahtopinnasta, laskee pesun tehokkuus nopeasti. Syynä tähän on ilmeisesti se, että tällöin osa pesuveudesta nousee vaahdon mukana rikasteeseen, koska tällöin rikasteen liettäisyys laskee huomattavasti. Yli 170 mm:n syvyydet eivät parantaneet tulosta.

Suutinten huonona puolena on pesuveuden suuri nopeus aivan suutinaukon tuntumassa. Kokeissa oli selvästi havaittavissa vaahdon rikkoutuminen suuttimen kohdalla ja isojen kuplien syntyminen. Vaikka kokeissa ei nähty selvää etua suutinten määrän lisäämisellä, tulisi suuttimia olla niin paljon, että vaahdon rikkoutuminen suutinten läheisyydessä olisi vähäistä. Mikäli vakio vesimäärä

johdetaan vaahtoon 16:sta suuttimesta 8:n sijaan, on virtausnopeus suutinaukolla vain 50 %:a siitä, mitä se olisi pienemmällä suutinmäärällä. Virtausnopeuden pienentämisen seurauksena on, että matka, jonka vesipisara kulkee vaahdon läpi, lyhenee. Tällöin suutinten määrää on lisättävä, jotta pesu kattaa täydellisesti koko vaahdon nousualueen. Pesuveuden määrä on testeissä vaihdellut 0–50 l/min vaahdotkanavaa kohden eli suurimmillaan 12 m<sup>3</sup>/h kaksiakselista kennoa kohden. Tulosten perusteella rikasteen pitoisuus kasvaa pesuveuden määrän kasvaessa, mutta samalla kennon saanti laskee. Pesuveuden määrän vaikutuksen rikasteeseen ja saantiin havaittiin olevan samankaltainen kuin kolonnikennossa, joissa käytetään samankaltaista vaahdon vesipesua (kuva 2) /2/, /4/.



Kuva 2. Pesuveuden määrän vaikutus tuloksiin.  
Fig. 2. Effect of wash water amount on the results.

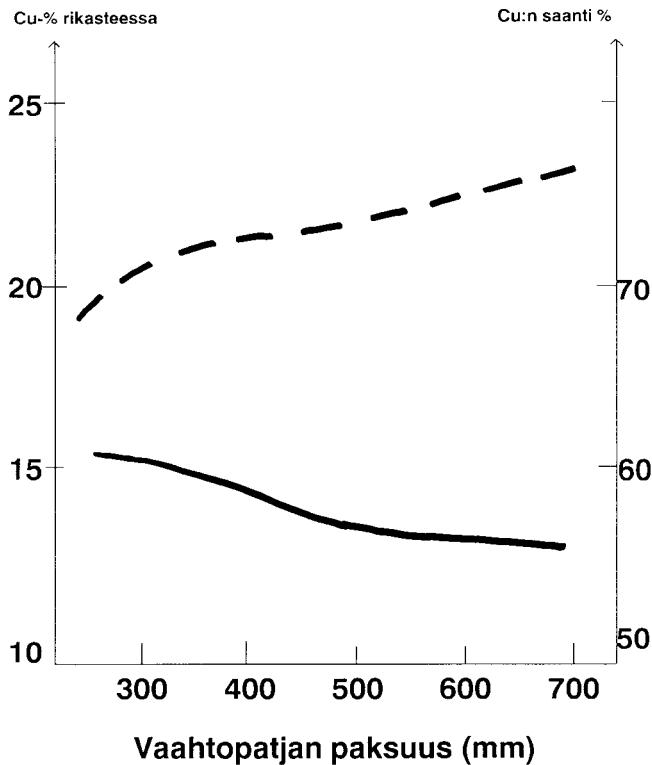
### Vaahdotajan paksuus

Vaahdotajan paksuuden vaikutusta kennon toimintaan, rikasteen pitoisuuteen ja saantiin tutkittiin vaahdon korkeuksilla 200–670 mm. Vaahdon korkeuden vaikutus on samankaltainen kuin pesuveuden määrän; korkeuden kasvaessa rikasteen pitoisuus nousee, mutta samalla rikasteen saanti laskee. Optimointi on tässäkin tilannekohtaista.

Testausta tulisi jatkaa vieläkin suuremmilla vaahdon korkeuksilla, mikäli tuloksia verrataan kolonnikennoihin, joissa vaahdotajan minimin väitetään olevan noin 1,0 metriä (kuva 3) /5/.

### Vaahdon ohjauslevyt

Ohjauslevyjen asennolla ei sinänsä ole vaikutusta vaahdotustulokseen, mutta mainittu kulma edustaa kahta muuttujaa, nimittäin:



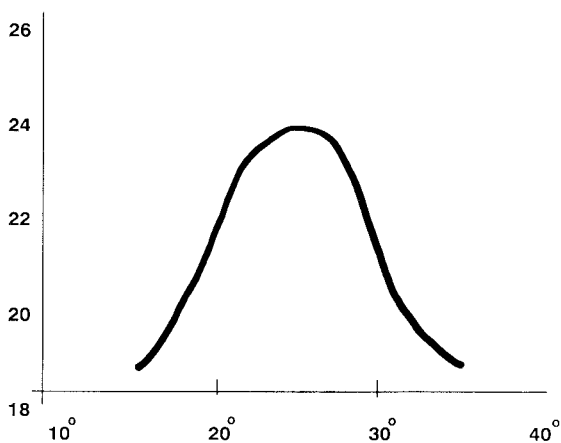
**Kuva 3.** Vaahtopatjan paksuuden vaikutus.  
**Fig. 3.** Effect of froth thickness.

- pesuvyöhykkeen poikkipinta-alaa,
- vaahton nousunopeutta.

Näillä taas on tietty vaikutus vaahtotulokseen.

Ohjauslevyjen kaltevuutta muutettiin 18°–36°, mitattuna levyn ja roottorin akselin välisenä kulmana. Parhaat tulokset saatiin kulman ollessa noin 30°. Mittaamalla vain kaltevuutta sidotaan täten yhteen muuttujaan kaksi todellista muuttujaa niin, ettei niiden yksittäisiä vaikutuksia tiedetä. Levyjen kaltevuuden optimikohta on kuitenkin ilmeinen ko. kokoisella kennolla (kuva 4).

Cu-% rikasteessa



### Levyn ja roottorin akselin välinen kulma

**Kuva 4.** Vaahton ohjauslevyjen kaltevuuden vaikutus rikasteen pitoisuuteen.

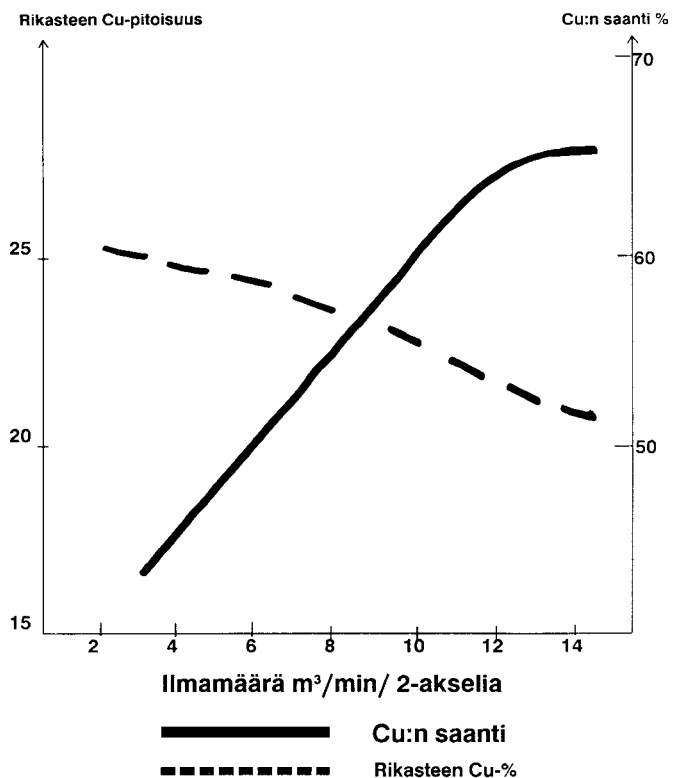
**Kuva 4.** Effect of plate slope on concentrate grade.

### Vaahdotusilman määrä ja vaahdotuskoneen kapasiteetti

Vaahdotusilmamäärät vaihtelivat kokeissa 1–7 m<sup>3</sup>/min akselia kohden. Ilmamäärän vaikutus on samankaltainen kuin normaalissa vaahtotuskennossa. HG-koneessa käytettävä ilmamäärä on kuitenkin suurempi kuin vastaavankokoisessa OK-koneessa. Normaalisti OK-3 kone kertauksessa käyttää vaahtotusilmaa noin 1 m<sup>3</sup>/min akselia kohden. Jopa 7 m<sup>3</sup>/min/akseli ilmamäärällä saavutettiin kohtuullinen rikasteen pitoisuus. Pesun tehokkuus laskee kuitenkin jos vaahton nousunopeus on niin suuri, että pesuvettä nousee rikasteeseen. Parhaat tulokset saatiin ilmamäärillä 2–3 m<sup>3</sup>/min akselia kohden. Tällöin myös rikasteen saanti oli kohtuullinen.

HG-koneen kapasiteetti on jonkin verran suurempi kuin vastaavan lietetilavuuden omaavan OK-koneen. Lietesyöttö kennoon oli kokeissa 40–50 m<sup>3</sup>/h, eräitä kokeita tehtiin jopa 120 m<sup>3</sup>/h syötöllä, mutta rikasteen saanti oli tällöin huono.

Kuitenkin näytti siltä, että HG-koneen kapasiteetti on suurempi perinteiseen OK-3:een verrattuna, mikä selittynee em. järjestelyillä, jotka sallivat suuren ilman käytön, jopa yli 2 m<sup>3</sup>/min/kenno-m<sup>3</sup> (kuva 5).



**Kuva 5.** Vaahdotusilmamäärän vaikutus tuloksiin.  
**Fig. 5.** Effect of flotation air flow on the results.

### PROSESSIKOKEET TUOTANNOSSA

Alkuvuodesta 1989 HG-kone oli jatkuvassa käytössä ja seuraavat tulokset perustuvat tilanteeseen, jossa vain yksi neljästä pesuputkesta oli optimissaan.

Koneen hiekkautumista seurattiin koesarjojen aikana. Kuitenkaan oleellista hiekkautumista ei havaittu missään kokeissa. Altaan pohjalla hiekkaa oli 2–3 cm ja kulmissa hieman enemmän, noin 5 cm.

HG-koneen rikasteiden (vaahton) lietetiheys on korkea 45–50 p-% johtuen pesusta ja korkeasta vaahtopatjasta. Tämä edellyttää, että vaahtorännit ja rikasteputki suunnitellaan riittävän kalteviksi.



Kokeiden aikana itse kone on toiminut tasaisesti erilaisilla säätö-arvoilla.

Pesuveden määrän vaikutus selviää kuvasta 2. Pyhäsalmen Cu-piirin tapauksessa optimialue on noin 20 l/min vettä ränniä kohden eli yhteensä alle 100 l/min, kun halutaan saada 20–25 % Cu-rikaste noin 70 % saannilla yhdessä vaiheessa.

Vaahdotuspaksuus vaikuttaa rikastustuloksiin kuvan 3 mukaisesti. Kullekin tapaukselle on olemassa raja ja tässä se on noin 0,4–0,6 m.

Vaahdonohjauslevyille löydettiin Pyhäsalmen Cu-piirissä optimaalinen alue, joka on 25–30° kuten kuvasta 4. näkyy. On muistettava, että tässä tapauksessa vaikutetaan myös muihin parametreihin, kuten aiemmin mainittiin.

Ilmankäyttö osoittautui HG-kemossa erittäin tehokkaaksi. Optimaalinen Pyhäsalmen tapauksessa on 2–8 m<sup>3</sup>/min/akseli, jotta lopullinen rikaste pysyy rajoissa 20–25 % Cu. Tällöin Cu-saanti on 45–64 %.

Edellä esitetyissä kuvissa ja tekstissä mainitut saanti- ja pitoisuuslukemat vaihtelevat siitä syystä, että malmin ja esirikasteen pitoisuus vaihteli. Optimointikokeet on tehty erilaisissa olosuhteissa.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Lindsberg R.*, Column Flotation at Various Process Stages, Proc. Int. Symp. on Column Flotation, SME Annual Meeting, Arizona, 1988.
2. *Ynchausti R. A., McKay S. D., Foot D. G. Jr.*, Column Flotation Parameters — Their Effects, Proc. Int. Symp. on Column Flotation, SME Annual Meeting, Arizona, 1988.
3. *Kirjavainen V. M., Laapas H. R.*, A Study of Entrainment Mechanism in Flotation, XVI IMPC, Stockholm, 1988.

## SUMMARY

### THE NEW HG FLOTATION MACHINE IMPROVES

Outomec Oy, a subsidiary of Outokumpu Oy, has developed a new flotation machine for cleaning and for other flotation stages that requiring high selectivity.

Outokumpu Oy's Pyhäsalmi Mine and Mining Services have been of invaluable assistance in this development work. Some test work was also purchased from the Helsinki University of Technology.

Purpose-designed cleaner-flotation machines have so far not been available, except small conventional machines and flotation columns whose performance has been limited.

## YHTEENVETO

On selvästi nähtävissä, että vaahdotustekniikan parissa on vielä paljon kehittämistä. Uusi kertauskennö, HG-kone, joka tuottaa nimensä mukaisesti korkeapitoista, puhdasta rikastetta on taas yksi lisäys Outokumpun vaahdotuskonevalikoimaan (OK-koneet, Skim-Air, OK-Minipilot jne).

Kun HG-kone toimi normaalisti, seuraavat tulokset voitiin rekisteröidä:

	Syöte (=esirikaste)	Rikaste	Jäte	Saanti
<b>Cu</b>	9 %	24 %	3 %	76 %
<b>Zn</b>	7 %	4 %	8 %	

Nämä sekä seuraavat luvut ovat pitemmän ajan keskiarvoja kun muuttujat olivat lähes optimialueellaan.

Ja kun pesuvesi ei ollut käytössä, tulokset olivat huomattavasti huonommat:

	Syöte	Rikaste	Jäte	Saanti
<b>Cu</b>	9 %	17 %	4 %	73 %
<b>Zn</b>	7 %	6 %	8 %	

4. *Kosick G. A., Kuehn L. A., Frerberg M.*, Column Flotation of Galena at the Polaris Concentrator, CIM Bulletin, DEC. 1988.
5. *Yianatos J. B., Finch J. A., Laplante A. R.*, Selectivity in Column Flotation Froths, Int. J. Min. Proc., 23, 1988.
6. *Muammer Kaya, Andre R. Laplante*, Froth Washing in Mechanical Flotation Cells, 21st Canadian Mineral Processors Annual Conference, Ottawa, January 17–19, 1989.

### CLEANING PERFORMANCE

The new HG (high grade) flotation machine was tested in the copper circuit at the Pyhäsalmi concentrator in 1988–1989.

The design of the lower part of the HG-machine is based on the OK flotation machine to guarantee high recovery. The upper part has been modified, applying the latest knowledge of froth behaviour and froth washing in order to maximize selectivity.

The results from Pyhäsalmi are presented here, including the effects of different variables. They show that after one stage of HG cleaning the rougher concentrate is of final grade.

**EAPKY — 20 vuotta**  
**Suvena Kössölässä**

# Kuumavalssatun teräslevyn takaisinjousto särmäyksessä

Dipl. ins. Juha Saarelainen, Rautaruukki Oy, Raahе  
Tekn. yo. Ilkka Vanttaja, Oulun yliopisto, Oulu

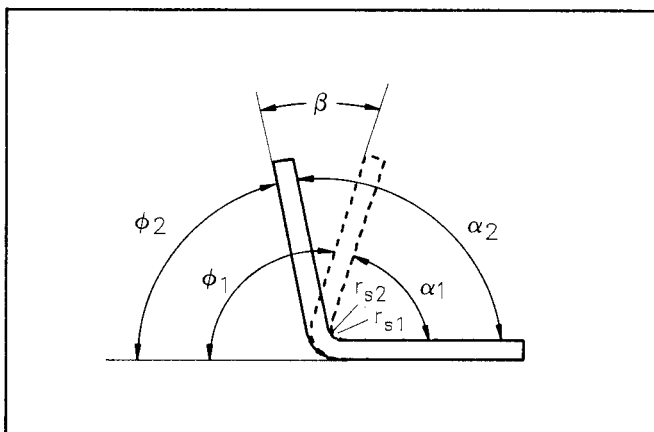
## JOHDANTO

Konepajoissa pyritään hitsaus korvaamaan kylmämuovauksella pitkien ja kalliiden kiinnitysliitosten vähentämiseksi. Lujat muovattavat teräslaadut ja numeerisesti ohjatut särmäyspuristimet ovat luo-  
neet edellytykset tälle kehitykselle. Kylmämuovausmenetelmistä on taivutus eli särmäys yksinkertaisuutensa ja taloudellisuutensa vuoksi yleisimmin käytetty. Yhä lujempien teräslaatu-  
jen kehittäminen on kuitenkin aiheuttanut lisääntyviä ongelmia taivutustöissä, koska lujilla teräksillä takaisinjousto ja sen vaihtelu ovat suuria.

Rautaruukki Oy:n tutkimuskeskuksessa on kehitetty takaisin-  
joustonmittauslaite, jotta takaisinjouston suuruutta ja sen vaihtelu  
voitaisiin tutkia. Tietokoneeseen kytketyllä laitteella voidaan mita-  
ta nopeasti ja tarkasti eri terästen takaisinjoustokulmia ilmavälisär-  
mäyksessä. Oulun yliopistolle tehdyssä diplomityössä on tutkittu  
takaisinjouston suuruutta ja sen vaihtelua eri teräksillä ja aineen-  
paksuuksilla. Lisäksi on kartoitettu takaisinjoustoon vaikuttavia tek-  
ijöitä.

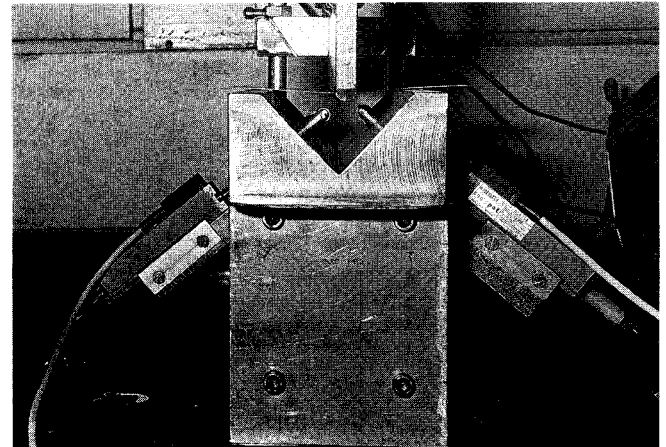
## TAKAISINJOUSTON MITTAAMINEN

Takaisinjouston suuruutta voidaan kuvata takaisinjoustokulmalla  $\beta$  (kuva 1). Kulman tarkka mittaaminen ei onnistu perinteisin mene-  
telmin, sillä käsivaraisesti mitattaessa mittausvälineet ja tuloksen



- $\beta$  = takaisinjoustokulma
- $\Phi_1$  = kaarikulma taivutuksessa
- $\Phi_2$  = kaarikulma takaisinjouston jälkeen
- $\alpha_1$  = taivutuskulma taivutuksessa
- $\alpha_2$  = taivutuskulma takaisinjouston jälkeen
- $r_{s1}$  = taivutussäde taivutuksessa
- $r_{s2}$  = taivutussäde takaisinjouston jälkeen

**Kuva 1.** Taivutuksessa käytettyjä merkintöjä.  
**Fig. 1.** Definition of symbols used.



**Kuva 2.** Takaisinjoustonmittauslaitteen poikkileikkauskuva.  
**Fig. 2.** Cross-section of springback measuring unit.

lukeminen aiheuttavat mittausvirheitä. Mittalaitteen valmistaminen antaa siten mahdollisuuden teräslevyjen tasalaatuisuuden seurantaan ja asiakaspalvelun tehostamiseen.

Kuvassa 2 on esitetty takaisinjoustonmittauslaitteen poikkileik-  
kausrakenne. Mittauslaitteessa on V-aukolla varustettu vastin, johon särmäys painimen avulla suoritetaan. Kohtisuoraan V-aukon  
seinämiä vastaan asennetut lineaarianturit seuraavat taivutettavan  
kappaleen liikettä, mikä muutetaan mikrotietokoneessa kulmatie-  
doiksi.

Mittauslaitteisto käyttää särmäyskulman laskemiseen kaavan 1  
mukaista laskentarutiinia. Mikrotietokone (kuva 3) laskee levyyn



**Kuva 3.** Mikrotietokoneen kuvaruudun näyttö takaisinjoustonmit-  
tauksen tapahduttua. Särmäyskulmat näkyvät kuvaruudun oikeassa  
yläkulmassa.  
**Fig. 3.** Presentation of springback measurement on PC screen.

särmäyksen aikana muodostuvan taivutuskulman ennen takaisinjousto- ja takaisinjouston jälkeen. Näiden kulmien erotus on takaisinjoustokulma  $\beta$ .

$$\alpha = 2\arctan\left[\frac{C\sin(\Phi/2)}{A}\right] + 2\arcsin\left[r\sqrt{\frac{A^2}{\sin^2(\Phi/2)} + C^2}\right]^{0.5} + \Phi \quad (1)$$

jossa  $\Phi$  = vastimen V-aukon kulma  $\sim 85^\circ$   
 $C$  = lineaarianturin mittapituuden muutos [mm]  
 $A$  = lineaarianturin etäisyys V-aukon reunasta [mm]  
 $r$  = laakerirullan säde [mm]

### MITTAUSTULOKSET

Kokeelliset takaisinjoustomittaukset ja muut tutkimukset tehtiin seuraaville materiaaleille:

- nauhalevyteräkset:
  - rakenneteräs Fe 52 (SFS 200)
  - hienoraeteräs RAEX HS 355
  - erikoislujat muovattavat hienoraeteräkset RAEX HSF 420 ja RAEX HSF 640
- kvarttolevyteräs:
  - RAEX 420 FORM

Nauhalevyteräksiä tutkittiin 5 mm ja 8 mm paksuisena sekä kvarttolevyä 10 mm paksuisena. Koeterästen mekaaniset ominaisuudet ovat taulukossa 1.

**Taulukko 1.** Koeterästen mekaaniset ominaisuudet.  
**Table 1.** Mechanical properties of the steels studied.

TERÄSLAATU	$R_{eH}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$A_5$ [%] poikittain
Fe 52 C ja D	> 355	510–680	19 *)
HS 355	> 355	> 420	24
HSF 420	> 420	> 490	21
HSF 640	> 640	> 700	14
420 FORM	> 420	> 500	21

\*)Vaatimus valssaussuuntaan suoritettussa vetokokeessa murtovenymälle  $A_5 > 21\%$ .

Takaisinjoustomittauksia tehtiin 276 kappaletta. Mittauksia varten leikattiin takaisinjoustomittauslaitteeseen sopivia näytelevyjä, joiden mitat olivat 140×230×levyn paksuus. Särmäyskappaleita valittaessa haluttiin ottaa huomioon näytelevyn irroituspaikan ja valssaussuunnan vaikutus takaisinjousto.

Mitatut takaisinjoustokulman aritmeettiset keskiarvot on koottu taulukkoihin 2 ja 3. Viisi millimetriä paksujen teräslevyjien takaisinjoustokulman keskiarvot on laskettu 18 mittauksesta ja kahdeksan millimetriä paksujen 48 mittauksesta. Kvarttolevyylaadulle

**Taulukko 2.** Tutkimuksessa mitattujen takaisinjoustokulmien keskiarvot eri nauhalevyylaaduille ja levynpaksuuksille.  
**Table 2.** Measured mean springback for various hot strip grades and plate thicknesses.

Levynpaksuus [mm]	Takaisinjoustokulma $\beta$ [°]			
	HS 355	Fe 52	HSF 420	HSF 640
5	4.0	5.1	5.4	6.4
8	3.2	3.7	3.6	4.9

**Taulukko 3.** Kvarttolevyylaadun RAEX 420 FORM takaisinjoustokulman suuruus.

**Table 3.** Springback for RAEX 420 FORM heavy plate.

Levynpaksuus [mm]	Takaisinjousto $\beta$ [°]
	RAEX 420 FORM
10	3.1

( $s=10$  mm) tehtiin 12 särmäyskoetta. Kokeissa käytetty taivutuskulma  $\alpha_1$  oli  $90^\circ$ , painimen säde  $r_p$  5 mm ja vastimen aukon leveys  $V$  70 mm.

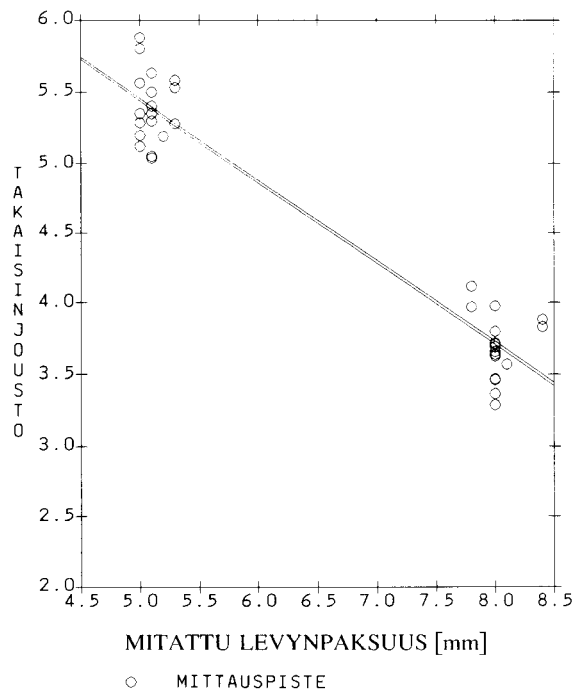
Takaisinjoustomittaukset taulukossa 2 osoittavat, että viisimillillä teräslevyillä on suurempi takaisinjousto kuin kahdeksanmillillä levyillä. Suurimmat takaisinjoustokulmat on saatu särmättäessä nauhalevyterästä RAEX HSF 640 ja pienimmät kvarttolevyteräksellä RAEX 420 FORM.

Valssaussuunta ei vaikuta merkittävästi takaisinjouston suuruuteen kuumavalssatuilla teräksillä. Takaisinjoustokulman erot eri suunnissa särmättäessä olivat mittausvirheen suuruusluokkaa. Näytteen irroituspaikalla samassa teräskelassa ei silläkään ole käytännön merkitystä takaisinjouston kannalta. Nauhan lopusta irroitettua levynäytteestä saatiin usein hieman pienempi takaisinjousto kuin muualta irroitettua. Samoin teräsnauhan reunasta saadaan suurempia takaisinjoustokulman arvoja kuin keskilinjalta, mutta erot ovat jälleen hyvin pieniä.

Hajonta ja vaihtelu takaisinjoustokulman arvoissa samalla teräslaadulla syntyvät eroista eri sulatusta ja valssausta olevien teräskelojen välillä. Syynä tähän ovat vaihtelu mekaanisissa ominaisuuksissa ja erot mikrorakenteessa. Lisäksi epäiltiin yhdeksi syyksi jäännösjännityksiä, mutta niiden osuutta ei vielä pystytty kokeellisesti sen enempää osoittamaan kuin kumoamaanakaan.

Kuvassa 4 on esitetty RAEX HSF 420:n takaisinjoustokulma levynpaksuuden funktiona. Takaisinjoustokulma pienenee, kun le-

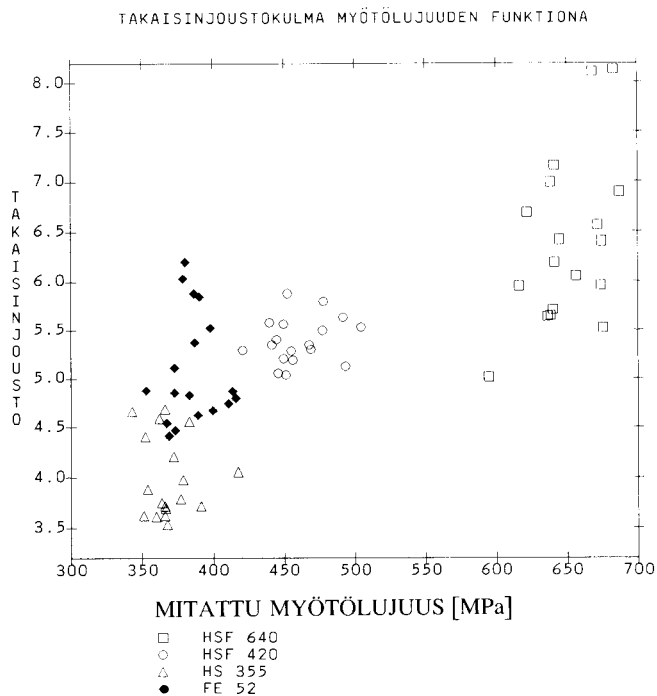
420:N TAKAISINJOUSTOKULMA LEVYNPAKSUUDEN FUNKTIONA



**Kuva 4.** RAEX HSF 420:n takaisinjoustokulma levynpaksuuden funktiona.

**Fig. 4.** Springback of RAEX HSF 420 as a function of plate thickness.





**Kuva 5.** Takaisinjoustokulma myötölujuuden funktiona viisimillillä koelevyillä.  
**Fig. 5.** Springback of 5 mm thick plates vs. yield strength.

vynpaksuus kasvaa. Kuvassa 5 on puolestaan esitetty viisimillisten koeterästen takaisinjoustokulmat myötölujuuden funktiona. Takaisinjoustomittausta vastaava myötölujuuden arvo on mitattu vetokoeksessa kohtisuoraan särmän suuntaa vastaan. Vetokoetta ja särmäyskoetta ei tietenkään voitu tehdä samalle kappaleelle, mutta koepalat irroitettiin mahdollisimman läheltä toisiaan. Takaisinjousto kasvaa myötölujuuden kasvaessa, mutta sekään ei yksin määrää takaisinjoustokulman suuruutta.

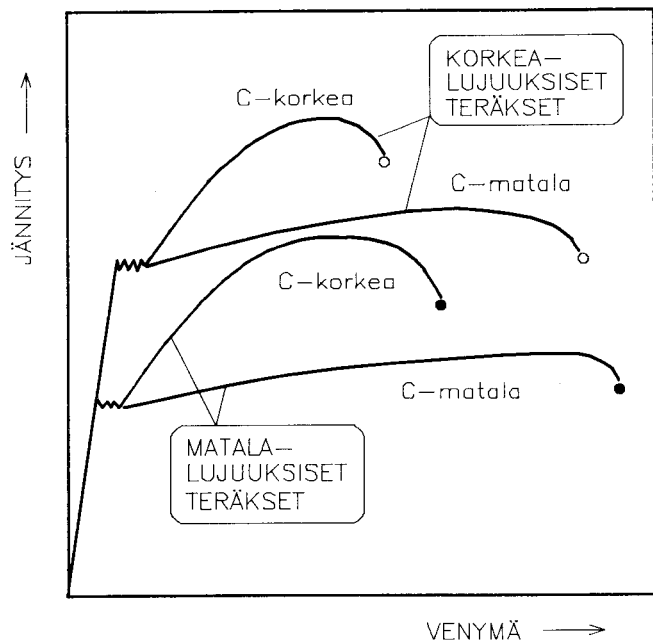
Kuvassa 5 kiinnittyy huomio siihen, että saman myötölujuuden teräkset RAEX HS 355 ja Fe 52 saavat eri suuret takaisinjoustokulman arvot. Tämä johtuu niiden erilaisesta muokkauslujittumiskäyttäytymisestä. Matalahiilisen HS 355:n vetokäyrän muoto on erilainen myötörajan saavuttamisen jälkeen kuin korkeampihiilisen Fe 52:n. Erilaisen hiilipitoisuuden vaikutusta teräksen vetokäyriin on havainnollistettu kuvassa 6.

Koska korkeampihiilisessä Fe 52:ssa vallitsee samalla kokonaisvenymällä suurempi jännitys kuin matalahiilisemmässä teräksessä, on myös Hooken lain mukaisesti palautuvan kimmoisen venymän osuus suurempi. Näin ollen on luonnollista, että myös sen takaisinjoustokulma saa suurempia arvoja kuin vähemmän muokkauslujittuvan RAEX HS 355:n.

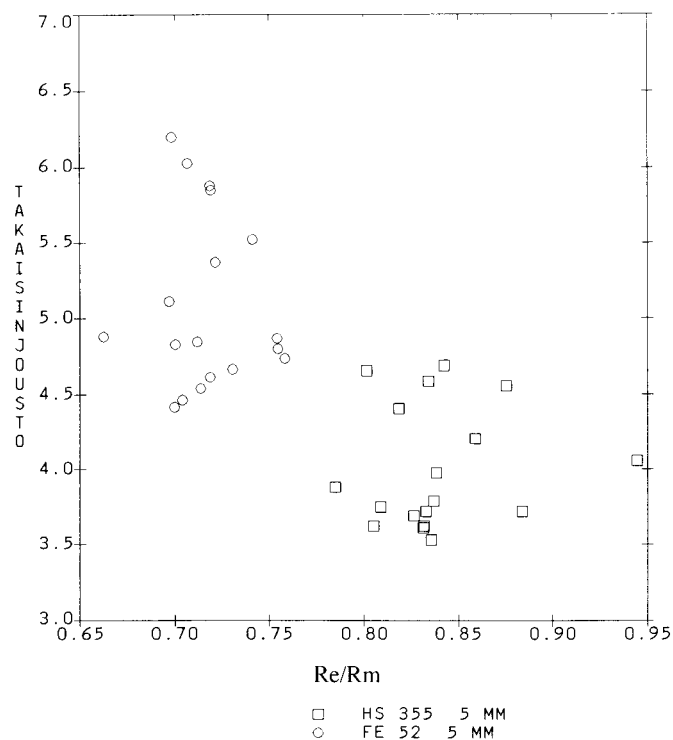
Kuvassa 7 on esitetty HS 355:n ja Fe 52:n takaisinjoustokulmat myötölujuus/murtolujuus-suhteen funktiona. Tällä on haluttu kuvata näiden terästen erilaista vetojännityksen alaista käyttäytymistä ja sen vaikutusta takaisinjoustoon. Puutteena tässä esityksessä on se, että murtolujuus ei yksin kuvaa tarkasti sitä, miten nopeasti teräs muokkauslujittuu myötörajan jälkeen, vaan lisäksi olisi tunnettava muokkauslujittumisekspONENTTI tai tasavenymä.

### TAKAISINJOUSTOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

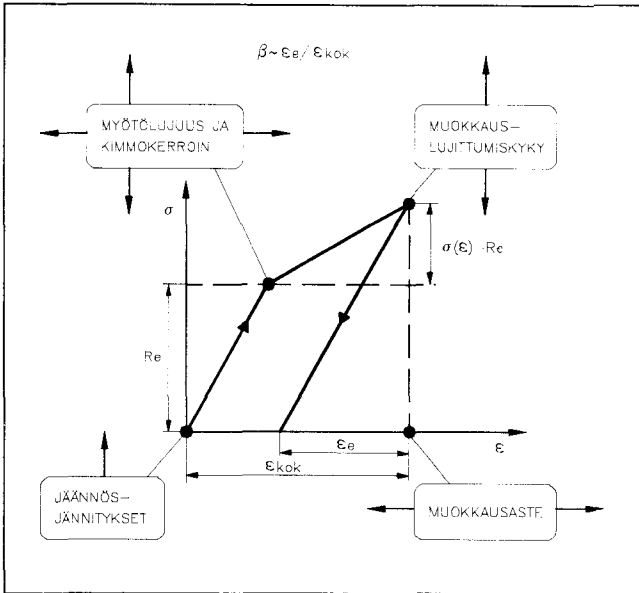
Taivutustilanteen ja siihen vaikuttavien tekijöiden hallitsemiseksi voidaan taivutuksen ajatella muodostuvan levyn eri kerroksissa suoritetuista keskeytetyistä vetokoeksista. Kun tiedetään, että takaisinjoustokulman suuruus on verrannollinen kimmoisen venymän osuuteen kokonaisvenymästä, päästään idealisoidun jännitys-veny-



**Kuva 6.** Hiilipitoisuuden vaikutus vetokäyrän muotoon.  
**Fig. 6.** The influence of carbon content on stress/strain behavior.



**Kuva 7.** Myötölujuus/murtolujuus-suhteen vaikutus viisimillisten koeterästen RAEX HS 355 ja Fe 52 takaisinjoustoon.  
**Fig. 7.** The influence of yield/tensile strength ratio on the springback of RAEX HS 355 and Fe 52 steels.



Kuva 8. Idealisoidun jännitys-venymä-piirroksen tärkeät pisteet.  
Fig. 8. Important points in an idealized stress/strain diagram.

mä-piirroksen (kuva 8) avulla kartoittamaan takaisinjousto- vaikuttavia tekijöitä. Välittömästi vaikuttavia tekijöitä on neljä: jäännös- jännitykset, myötöraja, muokkauslujittuminen ja kokonais- venymä. Muut tekijät vaikuttavat yhteen tai useampaan näistä neljäs- tä.

Jäännös- jännityksiä voi syntyä valssauksen jälkeisestä teräskelan epätasaisesta jäähtymisestä ja nauhan mekaanisesta käsittelystä (kelan aukikelaus, levynleikkaus ja levynoikaisu) matkalla kelasta levyksi. Mikäli jäännös- jännityksiä esiintyy, ei kuvan 8 tilanteessa lähdetä liikkelle origosta, vaan jostakin muusta paikasta  $\sigma$ -akselil-

la. Jos jäännös- jännitykset ovat särmäysvoimien suuntaisia, siirtyy alkupiste positiiviselle  $\sigma$ -akselille ja myötöraja saavutetaan pie- nemmällä venymällä kuin jäännös- jännityksettömässä tilanteessa. Myötörajan jälkeen joudutaan samalla venymällä suurempiin jänni- tyksiin kuin jännityksettömän alkutilanteen tapauksessa ja lopuksi päädytään — edellyttäen, että murtovenymää ei ylitetä — suurem- paan takaisinjousto- on.

Myötörajan paikkaan vaikuttavat monet tekijät. Lujilla muovat- tavilla HS/HSE-teräksillä, joiden hiili- ja seosainepitoisuudet ovat pieniä, lujuus perustuu ennenkaikkea erkaumalujittamiseen ja pie- neen rackokoon. Kimmokertoimet eivät eri teräsladuilla juuri poikkea toisistaan, joten kuvan 8 myötörajan vastaava piste voi siirtyä lähinnä  $\sigma$ -suunnassa.

Muokkauslujittumiskykyyn vaikuttavat muun muassa hiilipitoi- suus ja rackoko. Muokkausasteeseen ja kokonaisvenymän suuruu- teen vaikuttavat käytetty taivutussäde, levynpaksuus, taivutuskul- ma, pohjaaniskussa iskunpituus ja niin edelleen. Kun kokonaisve- nymä kasvaa ja sitä kuvaava piste siirtyy oikealle, kimmoisen ve- nymän osuus kokonaisvenymästä pienenee.

## YHTEENVETO

Takaisinjousto on sitä suurempi mitä korkeampi on teräksen myö- töräja ja mitä suurempi on sen muokkauslujittumiskyky. Takaisin- jousto kasvaa myös silloin, kun teräslevyssä esiintyy särmäysvoi- man suuntaisia sisäisiä jännityksiä. Sen sijaan takaisinjousto pie- nee, jos muokkausastetta ja kokonaisvenymiä kasvatetaan. Vals- saussuunta ja särmättävän levyn irroituspaikka teräsnauhassa eivät teräksen tasalaatuisuuden ansiosta vaikuta kuumavalssattujen teräs- levyjen takaisinjousto- on suuruuteen. Ne pienet erot takaisinjousto- sa, joita samassa teräsladussa on, esiintyvät eri sulatusta ja vals- sausta olevien levyerien välillä, mikä johtuu vaihtelusta niiden mekaanisissa ominaisuuksissa ja eroista mikrorakenteessa.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Oehler, G.: Biegen unter Pressen. München 1963, Carl Hans Verlag, s. 1-96
2. Höness, H. & Lange, K. Biegen: Lehrbuch der Umvortechnik, Band 3, Berlin Heidelberg New York 1975, Springer-Verlag s. 92-165.
3. Kahl, K. W.: Automatisierung von Umformmaschinen, Vorausbestim- mung des Biegewinkels, Industrie-Anzeiger 104 (1982) 85, s. 22-24
4. Weinmann, K. J.: Deformation and springback on 90 deg V-die bend- ing of steel plate. Dearborn Michigan 1979, Michigan Technological

University, Report No: MF 79-601, 12 s.

5. Erikkilä, T.: Takaisinjousto särmäyksessä. Helsinki 1985, Metalliteolli- suuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 27/85, 49 s.
6. Saarelainen, J.: Levyjen särmäyksessä esiintyvä takaisinjousto. Raah- e 1987, Rautaruukki Oy:n tutkimuskeskus, Tutkimusraportti TR07187, 16 s.
7. Vanttaja, I.: Takaisinjousto kuumavalssatun teräslevyn särmäyksessä. Raah- e 1989, Oulun yliopisto, Diplomityö.

## SUMMARY

### THE SPRINGBACK IN BENDING OF HOT ROLLED STEEL PLATE

The springback behavior of hot rolled steel plate in 90° degree V-die bending has been investigated. Springback was studied as a function of material properties and residual stresses. Empirical air bending tests were made at research centre of Rautaruukki Steel Works in Raah- e. In the theoretical part of the study a linear stress- strain approximation has been used.

Springback in bending increases when yield strength and work hardening rate increase. An increase in material thickness decrea-

ses springback when the same span width and punch radius are used. Plate residual stresses can either increase or decrease spring- back.

Empirical tests showed that springback on hot rolled steel plates was independent of rolling direction. The difference in springback between different places in the strip was small. Differences in springback are caused by differences in material properties and microstructures.

# Rikastamon mallitusohjelmien käyttökokemuksia

Prof. Kari Heiskanen, Teknillinen korkeakoulu, mineraali- ja partikkelitekniiikan laboratorio, Otaniemi.  
DI Heikki Laurila, Outokumpu Oy, Hituran kaivos, Ainastalo  
Ins. Pertti Ovaskainen, LaCAD Oy, Rapattila

## JOHDANTO

Outokumpu Oy:n Hituran kaivoksella tehtiin kesällä 1989 tutkimuksia sykronoinnin parantamiseksi. Näiden tutkimusten yhteydessä heräsi ajatus samalla käyttää TKK:lle hankittua rikastamon simulointiohjelmistoa tietojen käsittelyyn ja laskentaan. Tutkimuksen erääksi sivupäämääräksi tuli simulointimalliohjelmiston toimivuuden testaaminen Hituran varsin vaikeissa olosuhteissa. Erikoisesti pyrittiin testaamaan tavanomaisten sykronimallien toimivuutta TC-syklonipiirissä. TC-sykloni on pesuvedellinen sykroni, jossa ensimmäisen sykroniosan alakartio on korvattu pesurenkaalla, josta alite menee suoraan toiseen tavanomaista sykronia muistuttavaan sykronin osaan.

## HITURAN JAUHATUSPIIRI

Hituran jauhatuspieri on tavanomainen tanko-kuulajauhatuspieri, jossa sykronit ovat sulkeisessa piirissä kuulamylyn kanssa. Taulukossa 1 on annettu laitteiden koot. Piirin erikoisuutena on, että valmentimesta johdetaan sykronin pumppukaivoon pinnansäädön ohjaamana lietettä. Luokituskokeilussa olivat sekä normaali 600 mm sykroni että Twin-Vortex sykroni, jossa molempien sykronien halkaisija oli 500 mm.

Jauhatuspierin tavanomainen kapasiteetti on 75 t/h. Koepäivinä sitä vaihdeltiin 75-84 t/h. Jauhatuksen energiankulutus oli 12,7–11,3 kWh/t ja lopullinen jauhatuksen hienous n. 50-53% -74 µm.

Hituran malmi on serpentiniittistä nikkelpentlandiittimagneetti-kiisumalmia. Malmia on viimeisen kampanjan aikana louhittu ns. sivumalmista, jossa malmin laatu on parempaa. Sille on kuitenkin ominaista jauhattuna huokoisuudesta johtuva suuri ominaispinta-ala ja siitä johtuva korkea viskositeetti.

## TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

Luokitustutkimuksessa otettiin useita täydellisiä näytesarjoja jauhatuspieristä. Niistä valittiin yksi simuloinnin perusajoksi, johon verrattiin kalibroimattomia simulointeja ja jonka avulla myöhemmin kalibroitiin sekä myllyjen että sykronien mallit.

**Taulukko 1.** Hituran jauhatuspierin laitteet.  
**Table 1.** The equipment of the Hitura grinding circuit.

	halk. m	pituus m	teho kW	nopeus %n <sub>c</sub>	täyttöaste %
tankomylly	3,2	4,5	470	74	30
kuulamyly	3,2	4,5	480	74	28
sykronit	halk. mm	suhteet			
		D <sub>o</sub> /D <sub>c</sub>	D <sub>i</sub> /D <sub>c</sub>	h/D <sub>c</sub>	D <sub>u</sub> /D <sub>c</sub>
1-vaiheinen	600	0,242	0,30	3,33	0,15
2-vaih. 1-osa	500	0,27	0,279	0,8	0,17
2-osa	500	0,27	0,26	3,74	0,15

Saatujen kalibroittujen mallien avulla suoritettiin simulointeja kapasiteetin, prosessin vesien muutosten ja malmin jauhautuvuuden muutosten suhteen. Saatuja simuloituja tuloksia verrattiin kokeellisiin tuloksiin.

## USIMPAC OHJELMISTO

USIMPAC rikastamon simulointiohjelmisto on saatu yhteispohjoismaisen tietokonemalliprojektin yhteydessä. Sen on kehittänyt Ranskassa BRGM. Se on ohjelmapaketti, johon kuuluu varsinaisen laskennan suoritus ja algoritmit sekä piirien ja tiedostojen luominen. Käyttäjä määrittelee malmin ominaisuudet, piirin konfiguraation, laitteiden koot ja toimintapisteet sekä lisäksi on määriteltävä lähtöarvot. Näistä luodaan neljä tiedostoa, joita laskennassa käytetään.

Lisäksi ohjelmistoon on liitetty "rakennuspalikkoina" noin 30 erilaista rikastustekniikan eri yksikköprosessien mallia. Mallit tulee valita luotaessa laitteistotiedostoa. Mallit on jaettu neljään luokkaan. 0-tason mallit ovat hyvin yksinkertaisia malleja, jotka eivät ota huomioon laitteiden suuruuksia, 1- tason mallit ovat yksinkertaisia, vähien helppojen parametrien malleja. 2-tason mallit vaativat useita parametreja ja ne pyrkivät kuvaamaan tapahtumia tarkemmin ja ottamaan huomioon eri perusprosessit. 3- ja 4- tasot ovat malleja, joilla pyritään kuvaamaan ilmiöitä tarkasti. Kaikista prosesseista ei korkeampia mallitasoja ole olemassa. USIMPAC on staattinen ohjelmisto, jolla ei voi simuloida ajallisia riippuvuuksia.

Lisäksi USIMPACiin kuuluu joukko työkaluja, joilla voidaan kalibroida malleja, laskea prosessin fysikaalisia ominaisuuksia kuten Wi ja laskea piirin tasapainoja kokeellisesta datasta.

## Prosessin mallit

Hituran prosessin simuloinnissa käytettiin malleina varsin yksinkertaisia malleja. Jauhatuksessa käytettiin sekä tanko- että kuulajauhatuksessa yksinkertaista mallia, joka perustui Bondin lakiin ja energian laskemiseen Allis-Chalmersin kehittämällä kaavalla:

$$W = 2,8 D^{0,3} (3,2-2\varphi)n_c \left[ 1 - \frac{0,1}{2^{(9-10n_c)}} \right]$$

Saadun energian avulla laskettiin Bondin kaavalla saavutettava tuotteen 80% läpäisy.

Syklonin mallina käytettiin modifioitua Plittin mallia. Se on regressioon perustuva kaavasto, jolla sidotaan sykronin geometria erotusrajaan, kiintoaineen ja nesteen jakautumiseen sekä erotustarvyyteen. Koska TC-sykloni antaa suuremman kapasiteetin samalla paine-erolla, käytettiin mallissa todellisen 500 mm halkaisijan sijasta 600 mm halkaisijaa, joka simuloinneissa antoi oikean painehäviön ja kapasiteetin suhteen.

Lisäksi käytettiin valmentimesta lisämallina lietteen jakajaa, joka johtaa jonkin osan lietteestä takaisin sykronien pumppukaivoon. Tämän lietteen määrä vakioidtiin 10%:ksi koko ylitteen määrästä. Lisäksi sen raekooksi oletettiin sama kuin ylitteen raekoko.



## Tiedostot

Malmiedostona käytettiin luokitustutkimuksissa yksinkertaista malmimallia. Siinä oli vain yksi mineraalityyppi ja yksi raetyyppi. Seulaluokat ulottuivat 22 mm:stä 74 µm:iin saakka. Bondin Work Indexinä käytettiin aikaisemmin muussa yhteydessä määritettyä arvoa 16,5 kWh/sh.t.

Laitetiedostoon syötettiin kaikki laitteiden oikeat dimensiot.

## Mallien kalibrointi

Käytettäessä alempien tasojen malleja olisi mallit kalibroitava, jos mahdollista. Se voidaan suorittaa joko teollisuus-, tai laboratorio-kokein.

Käytetyssä 1-tason jauhatuksen mallissa oli kaksi lisäparametriä, joilla se voitiin kalibroida. Ne olivat tehonkorjausluku ja tuotteen raekokajakautuman kulmakerto. Näistä käytettiin molempia. Tankomyllylle oli RRS-kulmakerto 1,045 ja tehonkorjausluku 0,8. Kuulamyllylle oli RRS-kulmakerto 0,982 ja tehonkorjausluku 1,1. Sykloneille ei kalibrointia suoritettu.

## Mallin käyttö

Kuvassa 1 on esitetty simuloinnissa käytetty piirikaavio, jossa TC-sykloni on esitetty kahtena erillisenä syklonina siten, että toisen syklonin syöttöön lisätään vettä.

Ensimmäinen tehdyistä kartoituksista valittiin peruskartoitukseksi, minkä perusteella myllyt kalibroitiin. Kokeessa oli syöttötaso 85 t/h märkää malmia ja tuotteen hienous 52,8%-74µm. Kokeessa mitattiin raekokajakautumat malmista, myllyjen tuotteista, TC-syklonin alitteesta. TC-syklonin molemmista ylitteistä ja yhdistetystä ylitteestä.

Aloitettaessa mallilaskentaa on ensin annettava lähtötiedot. Vähimmillään voidaan antaa vain syötteen raekokajakautuma ja määrä sekä piiriin tulevien vesivirtausten määrät. Toisessa äärimmäisyydessä voidaan antaa kaikki kokeelliset tulokset. Molempia tapoja kokeiltiin. Useimmiten ei tavoilla ollut eroa tuloksissa. Ainoa ero oli se, että mitä vähemmän tietoja oli sitä kauemmin laskenta kesti. Eräissä tapauksissa kuitenkin vain syöttötietojen antaminen johti siihen, että ratkaisu ei konvergoinut.

## SIMULOINTITULOKSET

### Koko piirin simulointi

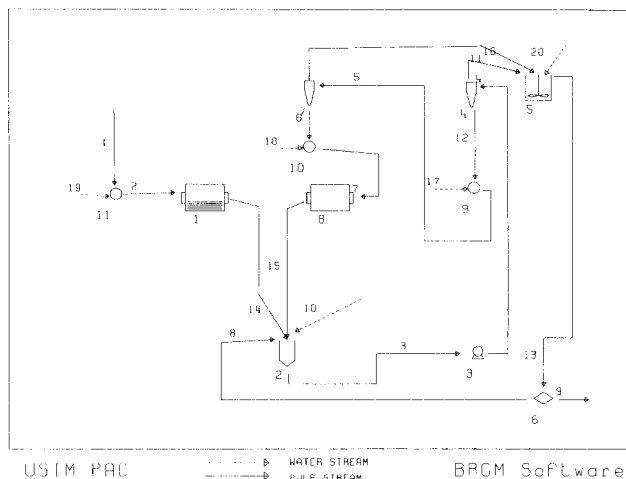
Kuvassa 2 on esitetty kokeen 21 simuloidut tulokset yhdessä kokeellisten tulosten kanssa. Voidaan huomata, että syklonin alitteen jakautumakäyrä on varsin hyvä, mutta ylitte on jonkin verran liian hienoa. Tämä oli piirre, joka toistui kaikissa simuloinneissa. Tämä olisi voitu korjata kalibroimalla syklonit, mutta koska eräänä tavoitteena oli syklonin mallin testaus, ei tätä tehty.

Näin kalibroidulla mallilla tutkittiin eri muuttujien vaikutusta piirin tuottamaan hienouteen ja piirin kiertokuormaan. Niitä on pyritty vertaamaan kokeellisiin tuloksiin, mutta koska kokeissa on aina useita muuttujia ei kovin monia kokeellisia tuloksia ole käytettävissä, joissa muut muuttujat olisivat lähes vakioita.

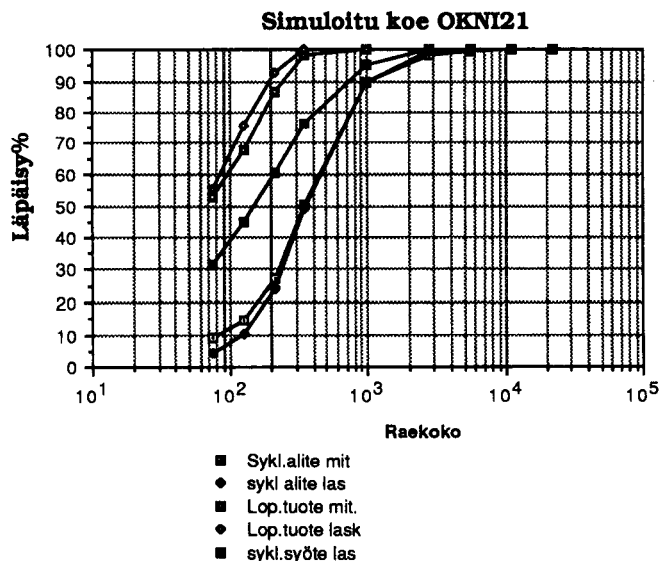
### Piirin tuotteen hienous

Mallilla laskettiin ensin miten veden lisäys vaikuttaa piirin -74µm materiaalin hienouteen, kun kaikki muut muuttujat pidetään vakioina. Taulukossa 2 on esitetty simuloinnin tulos, jos valentimen ylitteen lietetiheyttä nostetaan 1,18:sta 1,255:een. Simuloinnin mukaan piiri tuottaa enemmän hienoa materiaalia matalammalla lietetiheydellä. Simuloinnissa on myllyjen vedet pidetty vakioina ja vettä lisätty osin pumppukaivoon ja osin TC-syklonin pesu-

OKTOKUMPU OY:N HITURAN KAIVOS



Kuva 1. Kokeiden OKNI2\* simulointien piirikaavio.  
Fig. 1. Simulation flowsheet of OKNI2\* tests.



Kuva 2. Kokeen OKNI21 simulointitulokset.  
Fig. 2. Simulation results compared with test OKNI21.

deksi. Simuloinnin perusteella voi sanoa, että ylitteen lietetiheyksiin yli 1,23 kg/l ei olisi syytä mennä, koska silloin hienous alkaa nopeasti tulla karkeammaksi.

Simuloimalla laskettiin myös malmin kovuuden vaikutus jauhatustulokseen. Se on tyypillisesti sellainen muuttuja, jota on äärimmäisen vaikea kokeellisesti tutkia. Taulukossa 2 on esitetty Hituran jauhatuspiirin hienouden muutos malmin kovuuden muuttuessa. Toinen muutos, joka usein liittyy edelliseen on malmin hienouden muutokset. Hiturassa on malmikasa, jonka ominaisuudet ovat "tulppavirtauksen" omaiset. Siitä annostuu syöttimille riippuen siilon täyttö- ja purkaussuhteista hyvin karkeaa tai hyvin hienoa materiaalia. Simuloinnilla laskettiin myös tämän muuttujan vaikutuksia (taulukko 2). Vertailemalla näitä kahta kuvaa voi todeta, että 10%:n muutos hienoudessa (5,6 mm läpäisy) karkeampaan suuntaan johtaa n. 1,5%-yksikön karkenemiseen syklonin ylitteessä, kun vastaava prosentuaalinen muutos jauhautuvuudessa aiheuttaa liki 5%-yksikön muutoksen. Käytännössä näin suuri muutos jauhautuvuudessa ei ole usein toistuva, mutta hienoudessa oli eri peräkkäisten koepäivien välisiä muutoksia jopa 35%:n läpäisystä 70%:n läpäisyyn. Simuloinnin perusteella sellainen muutos aiheut-

**Taulukko 2.** Hituran jauhatuspiirin simulointituloksia. Eri muuttujien vaikutus piirin lopulliseen hienouteen.  
**Table 2.** Simulation results of the Hitura grinding circuit. The effects of different variables to product fineness.

Piirin kokonaisveden lisäyksen vaikutus

Ylitteen lietetiheys kg/l	1,189	1,223	1,228	1,234	1,246	1,254
Ylitteen hienous % -74 $\mu$ m	57,7	55,0	54,5	54,0	51,9	50,4
Malmin kovuus Wi kWh/t	14	15	16	17	18	19
Ylitteen hienous % -74 $\mu$ m	63,8	60,2	57,1	54,4	52,0	49,8
% -5,6 mm syötteenä	60	55	50	45	40	30
Ylitteen hienous % -74 $\mu$ m	57,2	56,5	55,7	54,9	54,4	50,7
koetulos hienous % -74 $\mu$ m				52,7		51,3

**Taulukko 3.** Hituran jauhatuspiirin simulointituloksia. Kiertokuorman riippuvuus eri muuttujista.  
**Table 3.** Simulation results of the Hitura grinding circuit. The dependence of the circulating load from different variables.

Piirin kokonaisveden lisäyksen vaikutus

Ylitteen lietetiheys kg/l	1,189	1,223	1,228	1,234	1,246	1,254
Kiertokuorma %	120	107	106	103	97	92
Malmin kovuus Wi kWh/t	14	15	16	17	18	19
Kiertokuorma %	98	104	109	113	117	121
% -5,6 mm syötteenä	60	55	50	45	40	30
Kiertokuorma %	98	102	105	108	111	116
kokeellisesti				101		124

taa yli 7%-yksikön muutoksen ylitteen laatuun ja voi peittää alleen melko suuriakin muutoksia syklonien toimintapisteessä. Tämä on usein unohdettu seikka pitkissä koesarjoissa. Syötteen -5,6 mm läpäisyn mennessä alle 40:n prosentin alkaa lopullinen hienous nopeasti laskea. Taulukkoon 2 on myös merkitty eräitä kokeellisia pisteitä, jotka on laskettu piirin datasta. Luvut ovat varsin lähellä laskettuja, vaikka piirin toimintapiste ei ollut kummassakaan pisteessä täysin sama kuin lasketun piirin, eivätkä ne keskenäänkään ole samat.

### Kiertokuorma

Kiertokuorman muutoksista simuloitiin sekä veden lisäysten että malmin jauhautuvuuden vaikutukset. Lisääntyvä lietetiheys laskee taulukon 3 mukaisesti kiertokuormaa. Se on ilmiö, jonka yhä laihemmalla lietteellä on johdettava taulukossa 2 esitetyn hienouden kasvun taantumiseen. Tätä piirin maksimipistettä ei kuitenkaan simuloitu. Kiertokuormasimuloinneissa on käytetty kuten muuallakin aina peruspisteenä kokeen OKNI 21 tilannetta ja muutettu vain yhtä muuttujaa kerrallaan. Kiertokuormalle laskettiin myös muutokset malmin jauhautuvuuden ja sen hienouden muutoksille. Ne on esitetty taulukossa 3. Jauhautuvuudessa 10 %:n muutos kovempaan päin nostaa kiertokuormaa piirissä noin 4,5 %:a ja vastaava muutos malmin karkeuteen aiheuttaa likimain samansuuruisen muutoksen. Malmin karkeuden muutokset ovat kuten sanottu paljon suuremmat, joten myös kiertokuorman muutoksiin niillä on erittäin suuri vaikutus. Suurimpien havaittujen kokeellisten muutosten aiheuttamat muutokset kiertokuormassa ovat suuruusluokka 10-15%:a.

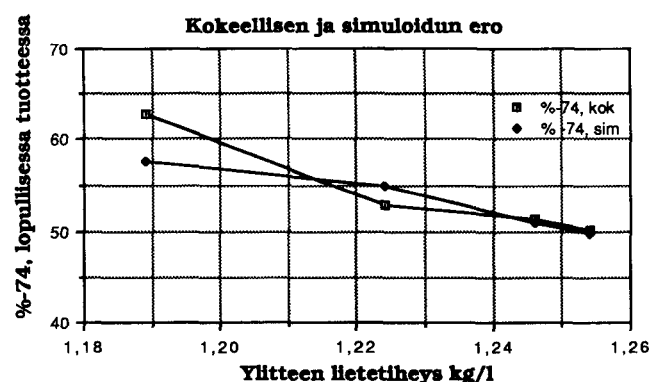
Kokeelliset pisteet ovat kokeista, joiden toimintapiste on ollut lähellä simuloitujen arvojen toimintapistettä. Simulointien ja käytännön kokeiden vertailu on vaikeaa siksi, että käytännön kokeissa on aina joitakin muuttujia, joita ei hallita. Hiturassa verrattiin simuloinnin tuloksia neljään kokeeseen, jotka tehtiin luokitustutkimusten aikana.

Näissä kokeissa oli malmin syöttötaso vakio, mutta vesimääriä muutettiin. Käyttämällä vastaavia vesimääriä ja syötteen raekoko-

jakautumia simuloinneissa pitäen malmin jauhautuvuus vakiona saatiin kuvan 3 mukaiset tulokset. On korostettava, että mallit kalibroitiin eri kokeella kuin mikään kuvan 3 kokeista. On ilmeistä, että malli ennustaa tuotteen hienouden hyvin toimintapisteissä, jotka olivat melko lähellä kalibrointipistettä. Erot ovat lietetiheysalueella 1,20-1,27 alle 5%:a. Tätä on pidettävä Hituran tapauksessa hyvänä tuloksena, kun muistaa, että malmin viskositeettikäyttäytyminen on erikoista. Lisäksi oli käytössä tavanomaisen syklonin malleja kaksi, joilla pyrittiin simuloimaan TC-syklonia. Lietetiheyden mennessä hyvin laimeaksi, joka tarkoittaa piiriin lisättävän vesimäärän kasvua 190 m<sup>3</sup>/h arvosta lähelle 250 m<sup>3</sup>/h määrää, oli laskennan antama tulos mitattuun nähden 5,2 %-yksikköä liian karkea.

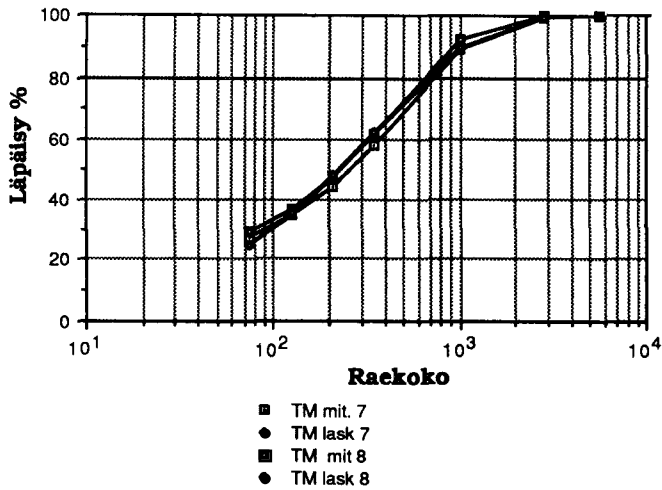
### Jauhatuksen ja syklonoinnin simulointi

Tässä työssä käytettiin yksinkertaisia malleja, joiden soveltuvuus eri malmeille sellaisenaan ei ole kovin hyvä. Kalibroinnin jälkeen



**Kuva 3.** Veden lisäys kokeiden kokeellisten tulosten ja simulointien vertailu.

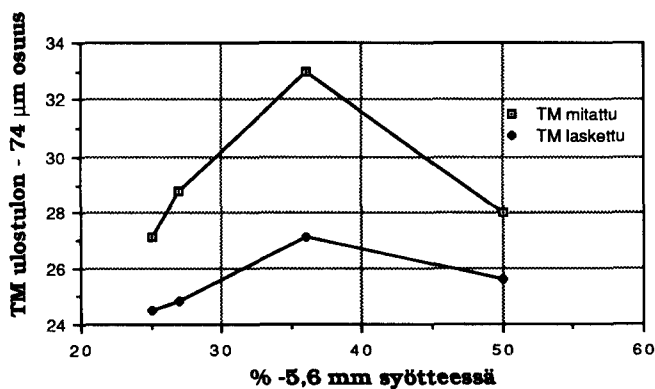
**Fig. 3.** Comparison of experimental and simulated results.



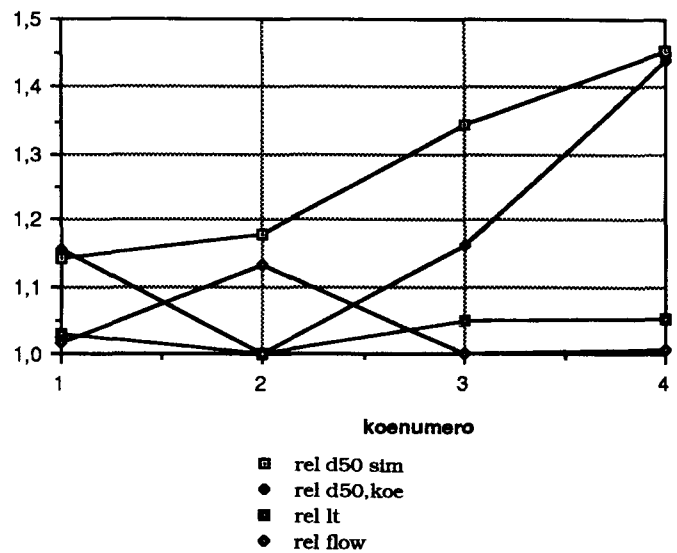
Kuva 4. Tankomyllyn mitatun ja lasketun tuotejakauman vertailu.  
Fig. 4. Comparison of experimental and simulated rod mill product size distributions.

tulokset osoittautuivat myllyjen osalta melko hyviksi. Kuvassa 4 on esitetty tankomyllyn laskennan tulos kahdelle toisistaan poikkeavalle malmihienoudelle myllyn ollessa sekä simuloinneissa että kokeissakin vakio täyttöasteessa ja vakiolietetiheydessä. Osoittautuu, että Hituran tankomyllyn tuotteen raekokokäyriä malli simuloi hyvin karkeassa päässä, mutta hienossa päässä oli todellisuudessa enemmän materiaalia kuin laskennassa. Hyvin tyypillistä oli, että 200-500  $\mu\text{m}$  läpäisyt olivat 0,2-0,4 prosenttiyksikön päässä mitatuista, mutta — 74 $\mu\text{m}$  kohdalla ero oli jo useita prosenttiyksiköitä. Syytä tähän ei selvitetty. Myllyjen mallit eivät kuitenkaan selvinneet yhtä hyvin hienouden muutoksien simuloinnista. Kuvassa 5 on esitetty -74 $\mu\text{m}$  muutokset sekä kokeellisesti että laskennallisesti, kun syötteen hienous muuttuu. Kuten kuvasta voi havaita seuraa laskennallinen arvo hyvin kokeellista arvoa, mutta on tasoltaan jonkin verran alempana. Suurimpana mallin puutteena oli, että muutokset olivat kyllä oikean suuntaisia, mutta liian pieniä.

Sykloneilla yleisesti käytetty malli on Plittin malli, jota tässäkin käytettiin. Tässä sitä sovellettiin erikseen TC-syklonin molempiin osiin, joten oli oletettavissa, että malli ei toimi kunnolla. Kuitenkin kokonaiserotusraja oli melko hyvin kohdallaan ja tuotteiden kokonaihienuudet ylitteen osalta hieman hienot ja karkeatuotteen osalta



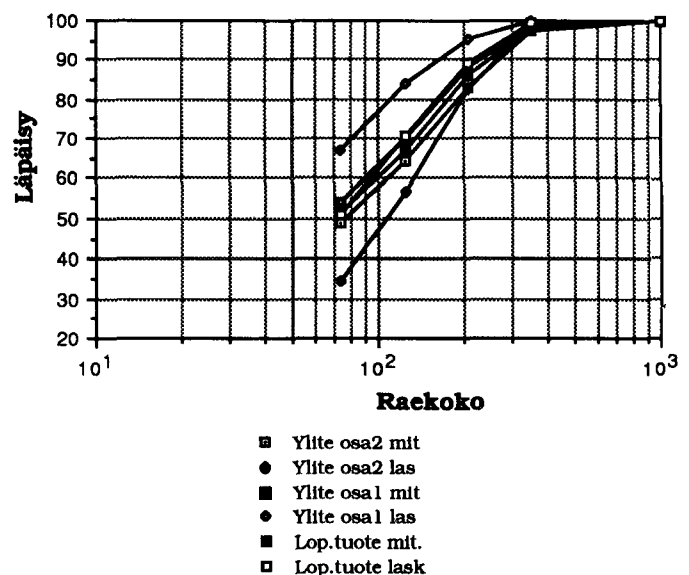
Kuva 5. Tankomyllyn tuotteen -74  $\mu\text{m}$  hienouden muutos syötteen raekoon muuttuessa.  
Fig. 5. Comparison of experimental and simulated rod mill product distributions as a function of feed size changes.



Kuva 6. Syklonien simuloidun ja mitatun kokonaiserotusrajan muutokset eri kokeissa selittäjinä suhteellinen lietetiheys ja virtausmäärä.

Fig. 6. Comparison of experimental and simulated cyclone separation limits with relative volume flow and pulp density.

liian hyvät eli siitä puuttui hienoa. Simuloinnissa erotusraja oli noin 180  $\mu\text{m}$ , kun se laskennallisesti koetuloksista oli n. 160  $\mu\text{m}$ . Ilmeisesti malli otti huomioon kasvavan lietemäärän liian voimakkaasti, kuten kuvasta 6 voi havaita. Kuitenkaan eivät mallit ole simuloineet kovin hyvin TC-syklonin eri osia. Kuvassa 7 on esitetty eräästä kokeesta syklonin eri osien tuotteiden hienoudet. Malli antaa hieman liian hienon tuloksen TC:n ensimmäiselle osalle ja vastaavasti liian karkean tuloksen TC:n toiselle osalle. Tämä johtuu siitä, että viskositeetti on syklonin toisessa osassa oleellisesti alempi kuin ensimmäisessä osassa. TC-syklonin mallitukseen ei ole olemassa toistaiseksi parempaa mallia, mutta tavallisen syklonin mallia voidaan käyttää kalibroimattomanakin.



Kuva 7. TC-syklonien molempien osien simuloitujen ja mitattujen tuotteiden raekokojakaumat.

Fig. 7. Product size distributions of TC-cyclone parts.

## YHTEENVETO

USIMPAC on osoittautunut erittäin käyttökelpoiseksi työkaluksi simuloitaessa Hituran jauhatuspiiriä. Vaikka työssä käytettiin erittäin yksinkertaisia malleja eikä laboratorikokeita tehty mallien parametrien selvittämiseksi ollenkaan, olivat tulokset hyviä. Simulointia voidaan käyttää piirin eri muuttujien vaikutusten laskentaan

ja käyttää saatuja tuloksia kokeiden suunnitteluun ja tulkintaan.

Simuloinnilla ei sinänsä voida tehdä tutkimusta, mutta sillä voidaan saada tietoa piirin toiminnasta ja siihen vaikuttavista parametreista.

Tämän lyhyen simulointiselvityksen yhteydessä osoitettiin, että laskentamenetelmiä voidaan käyttää myös suunnittelussa piirin eri konfiguraatioiden ja ajo-olosuhteiden etukäteisselvittämiseen.

## SUMMARY

### EXPERIENCES OF SIMULATION PROGRAM FOR CONCENTRATION PLANT

During the research work done at Outokumpu's Hitura nickel concentration plant on classification USIMPAC simulation program was used extensively. It was found that even with quite simple models the calculated results were close to those found with experiments. USIMPAC was found to be a useful tool to calculate the effects of different variables in design of experiments and in

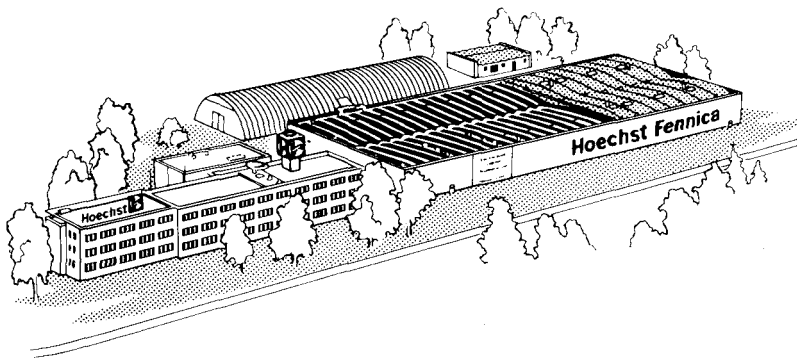
their interpretation.

The models were adapted fairly well also to the calculation of the TC-cyclone when overall performance was calculated, but did not suit so well to calculate the operation of the different parts of the classifier.

## Vuoriteollisuuskemikaalit

® Montanol ® Flotigam ® Flotinor ® Flotigol ® Arkopal ® Tylose ® Hostarex  
® Labufloc

- kokoojat
- vaahdotteet
- säätäjät
- flokkulointi- ja suodatinapuaineet
- dispergointiaineet
- piirauta
- ym



Oy Hoechst Fennica Ab  
Teollisuusosasto I  
PL 237, 00101 Helsinki

**Hoechst** 



# NordKalk AB Skandinaviens största kalkproducent

Produktions- och teknisk chef Bengt Nilsson

NordKalks anläggningar ligger på Gotland, Sveriges största ö, belägen mittemellan Sverige och Estland (numera Sovjetunionen).

Hela ön är uppbyggd av kalksten, som består av sedimentära avlagringar från silurtiden. De bildades för c:a 500 miljoner år sedan på havsbotten av skaldjur, koraller och lerslam.

Gotland har en yta av 3.000 km<sup>2</sup> och en befolkning på c:a 55.000 invånare.

Eftersom Sveriges och Skandinaviens största och kvalitetsmäsigt bästa kalkstensfyndigheter finns på Gotland finns också den längsta traditionen att hantera kalksten här. Redan på 1000-talet började man bryta och bränna kalk för att bl.a. bygga kyrkor. Gotland är unikt i detta fall då det under medeltiden och fram till 1700-talet byggdes inte mindre än 97 kyrkor som fortfarande är välbehållna och i bruk. Alla av kalksten och bränd kalk. Även ringmuren runt Gotlands enda stad, Visby, är byggd av kalksten och ännu idag helt intakt och utgör en turistattraktion.

## KALKSTENEN SOM BAS FÖR EN INDUSTRIÄRING

NordKalks anläggningar är belägna på norra Gotland och brytningen där har pågått sedan 1600-talet. Den första kalkugnen anlades 1658.

Gotland har under åren haft många mindre kalkbrott där brytning och bränning skett mer eller mindre primitivt (bild 1).

Under 1950-talet påbörjades en strukturrationalisering av den gotländska kalkindustrin som så småningom utmynnade i att brytningen koncentrerades till nuvarande plats, Storugns (bild 2).

En modern kross-, sorterings- och bandanläggning byggdes under 1960-talet med en utlastningshamn för fartyg upp till 20.000 ton. Anläggningen som ursprungligen byggdes för en årskapacitet på 800 kton har efterhand som efterfrågan stigit byggts ut till en

kapacitet på idag 2,5–3,0 milj. ton.

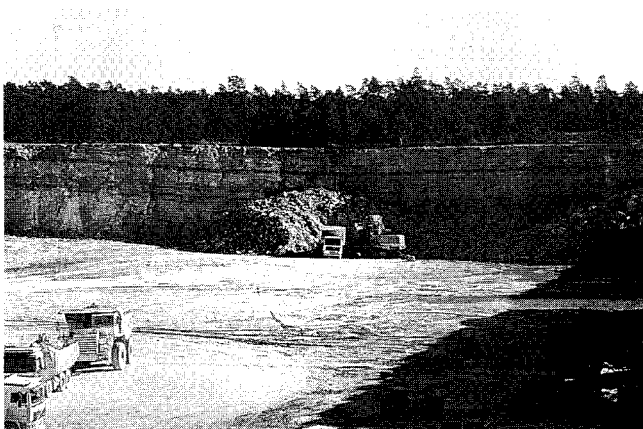
Ägandeförhållandena har under åren skiftat men idag ägs NordKalk av svenska Cementa och finska Partek hälften var.

Ingen sten har bränts på Gotland sedan den sista kalkugnen släcktes 1946. I stället har man levererat krossad och sorterad sten i olika fraktioner till förbrukare runt Östersjön, främst järn- och stålindustrin, cellulosaindustrin, sockerbruk. Vidare levereras kalksten till jordförbättringsmedel och till bränning för vidare användning i kemiska industrier, reningsverk av olika slag mm.

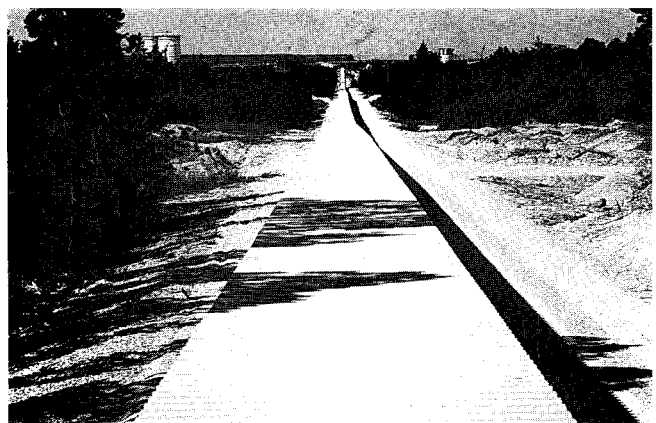
C:a 50 % av produktionen går till Sverige, 40 % till Finland och resterande 10 % till Danmark, Tyskland och Norge.

## PRODUKTIONSUTRUSTNING

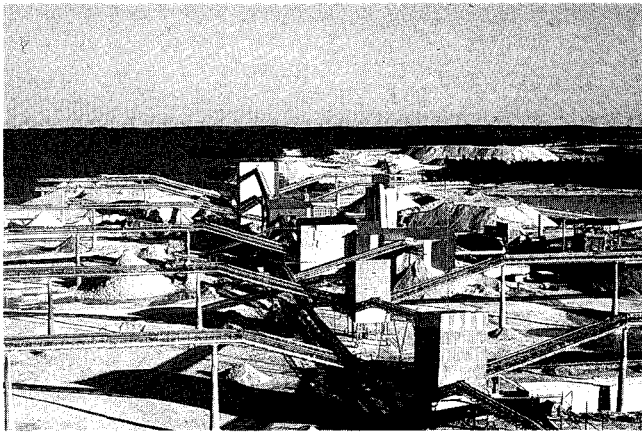
Stenen sprängs ut i dagbrott med en pallhöjd av 15–20 m. Borrningen sker med roterande bormaskiner, Atlas Copco Rotamec 130 och Hausherr HBM 120, håldiameter 95 mm. Lastning och transport till det 5 km bortliggande kross- och sorterverket skedde till augusti 1988 med en hydraulgrävmaskin Demag H 121+hjul-lastare Cat 988 eller 992. Som transportfordon användes huvudsakligen dumpers Haulpak H 50 och Volvo F 12 med och utan Semitrailer. Stenen tippades direkt i en pendelkross, Esch-werke KB VI/VIII. Sedan augusti 1988 är en ny primärkrossanläggning i drift. En helt ny krosstation har byggts i omedelbar anslutning till brytfronten där stenen krossas ner till -300 mm. Transporten till sorterverket sker på en över 3 km lång bandtransportör. Genom detta arrangemang har transportvägen för dumpers minskat från 5 km till 200–500 meter och som en följd därav också antalet fordon. Lastningsutrustningen har ändrats så till vida att Demag-maskinen ersatts med 2 st eldrivna Liebherr grävmaskiner 974.



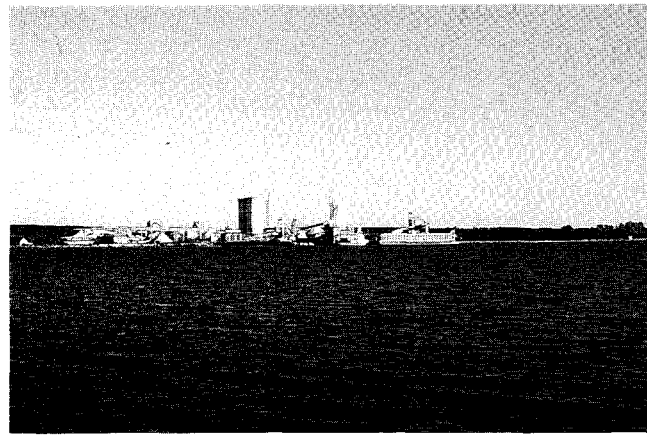
**Bild 1.** Klinthagens dagbrott.  
**Fig. 1.** The Klinthagen quarry.



**Bild 2.** Bandtransportörer från Klinthagens dagbrott till anläggningarna i Storugns.  
**Fig. 2.** The belt conveyor from Klinthagen quarry to the plant in Storugns.



**Bild 3.** Siktanläggningarna i Storugns.  
**Fig. 3.** The screening operation at Storugns.



**Bild 4.** Utlastningshamnen i Storugns med nybyggd kalkugn samt kalksilo i bakgrunden.

**Fig. 4.** The ship loading facilities at Storugns, showing the lime kiln and the lime silo in the background.

Kapaciteten i det nya krossverket är max 1.500 ton/h. Utrustningen i den nya krosstationen består av en vals-kross från Krupp i Väst-tyskland H-BR  $\varnothing$  2000 $\times$ 1800. Före krossen sitter en bordmatare och rullrost från Krupp. Utmatningen under valskrossen sker med ett 1800 mm brett transportband. Vidaretransporten av den krossade stenen sker som ovan nämnts på 1 st 145 m och 1 st 3.060 m lång bandtransportör, vilka vardera har levererats av finska Roxon Oy. Transportbandet till den långa transportören har levererats av svenska Trelleborg AB. Det är en ny typ av band för större bandlängder där stål-corden ersatts med kevlartrådar, kallade aramid eller i detta fall trelamid, som ger bandet hög styrka och låg töjning samt tillåter vulkanisering på konventionella sätt.

Sorterverket i Storugns består av mottagningsficka, buffertsilo, sekundärkrossverk, 6 st sikt- och omlastningsstationer med tillhörande upplag (bild 3), vardera rymmande 30.000 ton samt en tvättanläggning, där sten mindre än 25 mm tvättas ren från lera. Krossarna i sekundärkrossverket är 2 st valskrossar från Krupp BR/N  $\varnothing$  1250 $\times$ 1500 resp  $\varnothing$  1200 $\times$ 1250 samt en finvalskross från Svedala-Arbrå KTE 800 $\times$ 1200. Dessa krossar gör det möjligt att krossa ner överfraktioner och överhuvudtaget styra fraktionsutbytet.

Siktarna i sekundär- och sorterverket kommer från olika tillverkare: tyska KHD (f.d. Wedag), finska Roxon och svenska Svedala-Arbrå.

Till tvättanläggningen har samtlig utrustning såsom kontrollsikt, avvattningssikt, spiraltvättar och sandskruv levererats av västtyska firman IBAG i Neustadt.

Bandtransportörerna är det dominerande maskinelementet i anläggningen. Transportörerna i sorterverket och hamnanläggningen har huvudsakligen svenska leverantörer såsom Vretstorpsverken, Nordströms Linbanor och Sala Maskin, vilka samtliga företag nu är omstrukturerade.

Utlastning av den färdigkrossade stenen sker huvudsakligen med bandtransportörer och upplastningen med hjullastare. Stenen kon-

trollsikts och spolas innan den över en specialbyggd skepplastare från PHB i Saarbrücken skonsamt föres ner i fartygen (bild 4). Skeppslastarens max kapacitet är 1.500 ton/h.

Såväl kross- och sorterverket som utlastningen i fartygen övervakas från en kontrollcentral i kontorsbyggnaden.

De tillverkade kalkstensfraktionerna och deras kemiska sammansättning framgår av följande tabell:

Fraktioner: 0-3, 1-5, 5-9, 9-25, 25-40/50, 40-70, 70-90, 90-120, >120 mm.

Kemisk sammansättning: CaO 54.5 %, SiO<sub>2</sub> 0.7 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.4 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.2 %, MgO 0.9 %, K<sub>2</sub>O 0.1 %, S 0.02 %.

## KALKBRÄNNINGEN ÅTERUPPTAS

Som inledningsvis nämndes slutade man bränna kalk på Gotland 1946. Nu har trenden vänt och kalkstenen kommer åter att förädlas på Gotland.

Den första schaktugnen levererad av firma Maerz i Schweiz började byggas i februari 1988 och tändes i mitten av mars 1989. Kapaciteten är 150 kton/år.

Det är en strukturrationalisering av kalkindustrin i Sverige, Danmark och Finland som möjliggjort denna satsning. Kalkugnarna ägs inte av NordKalk utan av svenska Cementa, danska Faxe och finska Partek med lika stora andelar. Firmanamnet är Kalkproduktion Storugns AB.

Den nya industrin byggs helt på NordKalks område och NordKalk står för leverans av sten, ombesörjer utlastning, underhåll och administration.

Allt detta bidrar till att man ser ljusst på framtiden och en fortsatt gynnsam utveckling av den traditionsrika gotländska kalkindustrin.

## SUMMARY

### NORDKALK AB, THE BIGGEST LIME PRODUCER IN SCANDINAVIA

The article gives a short description of the industrial activities based on the limestone deposit at Storugns, Gotland. The plant is operated by NordKalk AB, owned jointly by Cementa, Sweden and Partek, Finland. Furthermore, there is a third company, Kalk-

produktion Storugns AB which recently has started a lime production based on raw material from Storugns. This company is owned by Cementa, Partek and Faxe, Denmark.

# Lapin kultaa Saattoporan kaivoksesta

DI Reijo Anttonen, FM Tuomo Korkalo ja DI Heikki Oravainen, Outokumpu Oy

## YLEISTÄ

Saattoporan kultamalmin sijaitsee Kittilän kunnassa, n. 15 km länteen Sirkan kylästä (kuva 1).

Esiintymän läheisyydessä on 1970-luvulla Outokumpu Oy:n malminetsinnän löytämät Saattoporan kuparimineralisaatio ja Pahtavuoman kupari-hopea-esiintymä. Saattoporan kultamalmin löydettiin v. 1985 uudelleen aloitettujen tutkimusten seurauksena.

Avolouhinnalla hyödynnettävää malmin esiintymässä todettiin 680.000 t pitoisuuksien ollessa 3,6 g/t Au ja 0,3 % Cu.

Outokumpu Oy teki päätöksen kaivoksen avaamisesta elokuussa 1988. Kaivoksen toiminta-ajaksi em. malmivaroilla tuli kaksi vuotta ja tuotannon alkamisajankohdaksi suunniteltiin helmikuu 1989.

Malmin ja sivukiven louhinta annettiin urakointina samoin kuin malmin kuljetus Rautuvaaran rikastamolle. Kuljetusmatka on 55 km. Rautuvaaran rikastamo hankittiin käyttöön Rautaruuki Oy:ltä, joka lopetti rautamalmin tuotannon Rautuvaarassa vuoden 1988 lopulla. Rikastamon muutostöiden jälkeen tuotanto käynnistyi aikataulun mukaisesti, kuusi kuukautta avauspäätöksen jälkeen.

Kaivostoiminta työllistää n. 80 henkeä, joista Outokumpu Oy:n oma vahvuus on 39.

Kaivoksen toiminta-aika jatkuu yli kahden vuoden lisämalmien löytymisen ansiosta, kuinka kauan, aika näyttää.

## LÖYTÖHISTORIA

Saattoporan kultamalmin löydettiin vuonna 1985 analysoitaessa vanhoja jo 1970-luvun alussa kairattuja näytteitä. Aiheen näytteiden uudelleen analysointiin antoi Norjan Bidjovaggen kupari-kultamalmin tutkimukset vuonna 1983-1984. Tuolloin todettiin Bidjovaggen geologian muistuttavan läheisesti Kittilän Saattoporan alueen geologiaa.

## GEOLOGIA

Saattopora sijaitsee Kittilän vihreäkivialueen länsireunalla. Alueen pääkivilajit ovat emäksisiä metavulkaniitteja koostuen pääasiassa tuffiiteista ja erilaisista laavakivistä. Vulkaniittien päällä on kvartsiitteja ja konglomeraatteja (metasedimenteitä), joista muodostuu Länsi-Lapin tunturijaksot. Lännessä on laaja Länsi-Lapin graniittija granitoidialue (kuva 2).

Saattoporan malmivyöhykkeen oleellimmat kivilajit ovat albiittifelsijaksot, joita erottaa toisistaan ultramafiitti. Vyöhykkeen pohjoispuolella on tuffiitteja, joissa esiintyy grafiittipitoisia välikerroksia. Eteläpuolella on puolestaan fylliittejä ja kiilleliuskeita, jotka ovat usein albiittipitoisia (kuva 3).

## Kultamalmit

Saattoporasta on inventoitu kaksi erillistä kultamalminssiä. Molemmat liittyvät albiittifelsiin parhaimpien kultapitoisuuksien ollessa felsiä leikkaavissa karbonaattijuonissa. Louhinnan kohteena ole-



Kuva 1. Saattoporan kaivoksen sijainti.  
Fig. 1. Location of the Saattopora mine.

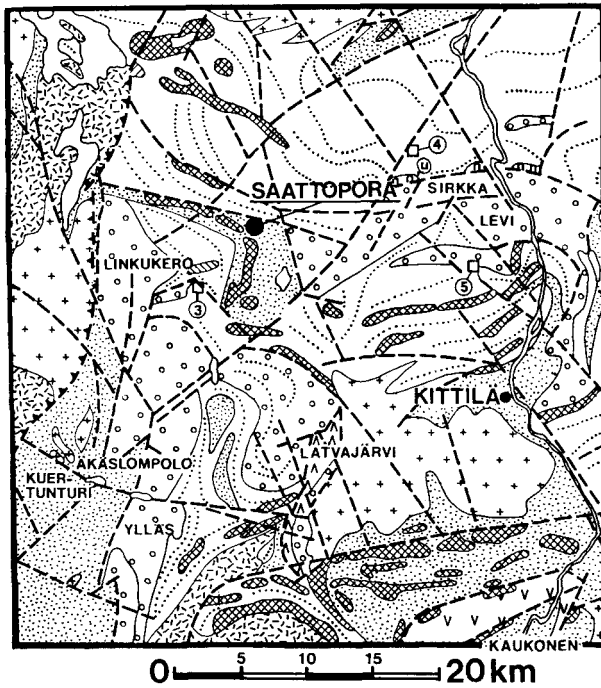
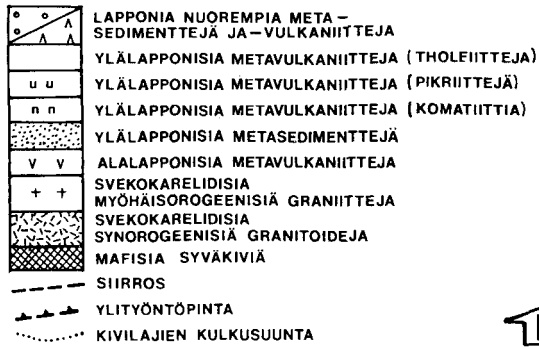
va A-malmi sijaitsee pohjoisemmassa felsivyöhykkeessä ja valmistavien töiden alaisena oleva B-malmi eteläisessä vyöhykkeessä. A-malmin kattokivenä on tuffiitti ja jalkapuolen kivenä ultramafiitti. B-malmin sivukivet ovat kattopuolen albiittifelsi ja jalkapuolen fylliitti. Malmien pituus on 250-350 m. Leveys vaihtelee ollen A-malmissa parhaimmillaan 20 m ja B-malmissa 10 m. Syvyysjatkeet ovat molemmissa malmeissa auki. Malmioiden kaade on 35-75 astetta pohjoiseen.

Päämalmimineraalit ovat kultaa sekä kupari- ja magneettikiisu. B-malmi sisältää lisäksi vähän rikkikiisua ja arseenikiisua.

Louhittava malmimäärä A-malmissa on 680000 tonnia, jossa on keskimäärin 3,6 g/t kultaa ja 0,3 % kuparia. B-malmin vastaavat luvut ovat 100000 tonnia sisältäen 3,0 g/t kultaa ja 0,7 % kuparia. Sivukiven määrä A-malmissa on 2,0 milj. tonnia ja B-malmissa 0,3 milj. tonnia.

Malmien kultapitoisuus on ns. leikattu pitoisuus. Tämä tarkoittaa sitä, että yksittäisille, korkeille kultapitoisuuksille on annettu pienempi painoarvo kuin mitä analyysitulokset edellyttäisi. Käytäntö on osoittanut leikkauksen tarpeelliseksi.

## KESKI-LAPIN GEOLOGINEN KARTTA / GTK



Kuva 2. Kittilän ympäristön geologinen kartta.  
Fig. 2. General geological map of Kittilä area.

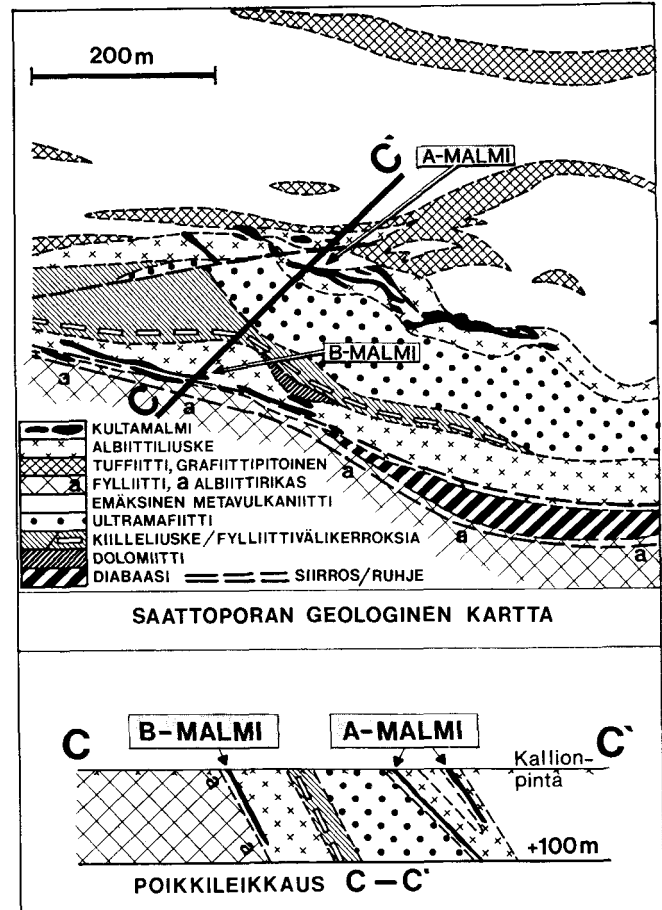
### AVOLOUHOS (kuva 4)

Molemmat malmit louhitaan avolouhoksina. Louhosten syvin kohta on A-malmin itäpäässä, jossa maksimisyvyys on 70 m. Tutkimukset maanalaisen louhinnan mahdollisuudesta ovat käynnissä. Tulokset näyttävät lupaavilta.

Malmin rajat ennen louhintaa määrätään soijaporausella ja timanttikairausnäytteenotolla. Profiliväli on 6.25 m. Malmin rajaa ei voi määrätä silmämääräisesti, vaan se perustuu täysin kullan analytiikkaan.

Malmin louhinta tapahtuu 6 m:n penkereinä. Sivukiven louhinnassa pengerkorkeus on 6-12 m. Porauskalustona on 4 kpl Tamrock:n Zoomtrackporavaunua. Räjähdysaineena käytetään pääasiassa ANO:a ja Kemiittiä. Malmin irroituksessa ja lopullisten seinämien räjäytyksessä käytetään silolouhintaa. Lastauskoneina ovat kaivinkone (Cat 245) sekä pyöräkuormaaja (Cat 988 tai 980). Kiven kuljetus louhoksesta läjitysalueille tapahtuu 50- ja 35-tonnin dumpereilla (Cat 773 ja 769).

Iroitettu malmi läjitetään louhoksen viereen, jossa se rikotuksen jälkeen lastataan kasetirekkoihin ja kuljetetaan Rautuvaaran rikas-



Kuva 3. Geologinen kartta Saattoporan alueesta.  
Fig. 3. Geological map of the Saattopora region.



Kuva 4. Kaivosalue.  
Fig. 4. Mine site.

tamolle. Autoja tarvitaan malmin kuljetukseen 8 kappaletta.

Louhokseen tuleva vesi pumpataan selkeytysaltaisiin, josta se lasketaan ilmastusportaita pitkin luonnonvesiin.

### Malminetsintä ja kaivoksen elinaika

Tunnetut malmivarat riittävät nykyisellä kapasiteetilla (350000 t/v) vuoden 1991 puoliväliin. Louhintasuunnitelmaan kuuluu lisäksi Rautaruukki Oy:n Laurinojan avolouhoksen pohjassa olevan kupa-

ripitoisen karsimalmin hyödyntäminen, joka lisää kaivoksen elinikää puolella vuodella.

Uusien malmioiden löytämiseksi on Outokumpu Oy:llä Saattoporan ympäristössä käynnissä tehostettu malminetsintä. Lähiympäristön etsintä kuuluu Saattoporan kaivokselle. Koko Kittilän vihreäkivialueen malminetsinnästä vastaa Lapin Malmi.

## Henkilöstö

Louhos työllistää tällä hetkellä kaikkiaan 34 henkeä. Tästä määrästä urakoitsijan osuus on keskimäärin 30 ja Outokumpu Oy:n osuus loput eli 4 henkeä.

Pääurakoitsijana Saattoporan louhoksella toimii E. Hartikainen Oy Joensuusta, jolle kuuluvat soijaporaus, kiven irroitus, lastaus ja kuljetus. Kaivosmittauksen suorittaa Mittamiehet Oy Rovaniemeltä. Outokumpu Oy:n henkilöstö tekee pääasiallisesti suunnittelu-, valvonta- ja tutkimustyötä.

## RIKASTAMO (kuva 5)

Saattoporan malmin rikastus tapahtuu Rautuvaarassa, jossa Rautaruukki Oy lopetti rautarikastetuotannon vuoden 1988 lopussa. Outokumpu Oy lunasti rikastamon koneet ja laitteet ja vuokrasi alueen rakennuksineen Saattoporan kaivoksen toiminta-ajaksi.

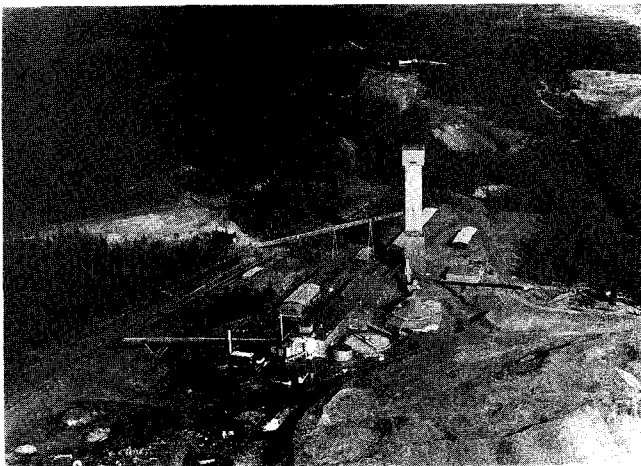
Rautuvaaran rikastamon vaatimat prosessimuutostyöt suunniteltiin Outokumpu Oy:n Mining Services-yksikön toimesta. Merkittävimmät muutokset olivat painovoimaerotuslaitteiston asennus ja uuden analyysilaboratorion rakentaminen.

Hienomurskaamo automatisoitiin siten, että kaikki ohjaustoiminnot ja valvonta voitiin siirtää rikastamon valvomoon.

Lisäksi murskaamalla ohitettiin sepelinerotusvaiheet eri rännimutoksin.

Rikastamon entinen kuparivaahdotuspiiri soveltui lähes sellaiseen Saattoporan malmin vaahdottamiseen. Keväällä 1988 suoritettiin lyhyt täysimittakaavainen koeajo Rautuvaarassa n. 8000 t Saattoporan malminäytteellä, jolloin todettiin saavutettavan lähes 90% kullan saanti 4 g/t Au sisältävästä malmista rikastepitoisuuden ollessa yli 85 g/t.

Rikastamo toimii keskeytymättömässä kolmessa vuorossa. Vuonna 1989 käsitellään n. 310 000 t malmia, josta kullan tuotanto rikasteisiin on 1000 kg. Rikastamon prosessikaavio on esitetty kuvassa 6.



Kuva 5. Rautuvaaran rikastamo.  
Fig. 5. Rautuvaara mill.

## Murskaus

Malmi ajetaan rikastamolle varastokasoihin, joista se syötetään kauhakuormaajalla karkeamurskaukseen. Murskaimena on Lokomo C 125 -leukamurskain, jota syöttää VH 140 -vaunusyötin. Karkeamurskattu malmi kuljetetaan hihnakuljettimella hienomurskaamon 500 t siiloon.

Hienomurskaus on kaksivaiheinen. Murskaimina on 5 1/2' Symons ST- ja SH-kartiomurskaimet. Kumpaakin vaihetta edeltää seulonta kaksitasoseuloilla, joiden alitteet ohittavat murskaimet. Murske kuljetetaan hihnakuljettimella katettuun 3500 m<sup>3</sup> välivarastoon. Murskaamon kapasiteetti on 250 t/h.

Karkeamurskaamo toimii kahdessa vuorossa viitenä päivänä viikossa. Hienomurskaamo on täysin automatisoitu.

## Jauhatus

Jauhatus on toteutettu kaksivaiheisena tanko-kuulamylyljauhatusena. Myllyjen koko on  $\varnothing$  3,2×4,5 m.

Primäärimyllynä on neuvostoliittolaisvalmisteinen Cr-seosteisella teräsvuorauksella varustettu tankomylly, joka toimii sulkeisessa piirissä täryseulan kanssa. Seulonnalla estetään karkean yli 3 mm:n materiaalin pääsy painovoimapiiriin.

Kuulamyly on varustettu kumivuorauksella. Kuulamylyn tuote syklonoidaan ja syklonin ylite johdetaan vaahdotukseen. Jauhatusaste on 80%-74  $\mu$ m, ja kokonaisjauhatusenergian kulutus 17,1 kWh/t. Jauhatuksen syöttötaso on 60 t/h.

## Painovoimaerotus

Kuulamylyn syklonin alite johdetaan painovoimaerotuspiiriin, joka käsittää kaksi Reichert-kartiokyksikköä mallia DSVSV, kahdeksan Reichert LG 7-kaksoispiraalia sekä Deister n.o. 6 -tärypöydän.

Kartioerottimien rikaste kerrataan spiraalierottimilla, joiden rikaste puolestaan puhdistetaan tärypöydällä. Tärypöydän korkeapitoinen rikaste, joka sisältää kultaa 0,5-2 %, otetaan talteen erillis-käsittelyä varten. Kullan vaihesaanti on 25-40 %.

## Vaahdotus

Painovoimaerotuksen jätteestä vaahdotetaan lopulliseen vaahdotusrikasteeseen yhdistettävä tuote SK-80-karkeavaahdotuskennolla ennen kuulamylyljauhatusa. Karkeavaahdotusrikasteen Au-pitoisuus on noin 150 g/t ja se edustaa kullan kokonaissaannista 25-35 %.

Jauhatuspiirin syklonin ylite johdetaan valmennukseen ja edelleen tavanomaiseen vaahdotukseen. Esi- ja ripevaahdotusvaiheissa on kolme OK-16-2U-vaahdotuskennoa. Esirikasteen kertaukset, joita on kolme, suoritetaan yhdellä OK-3-4R- ja kahdella OK-3-2R-vaahdotuskennolla. Kolmannen kertausrikasteen laatu on 35 g/t Au ja kullan saanti siihen 25-30%.

Riperikasteet ja kertausräjä pumpataan  $\varnothing$  250 mm syklonille, jonka alite palautuu kuulamylylyyn ja ylite etuvaahdotukseen.

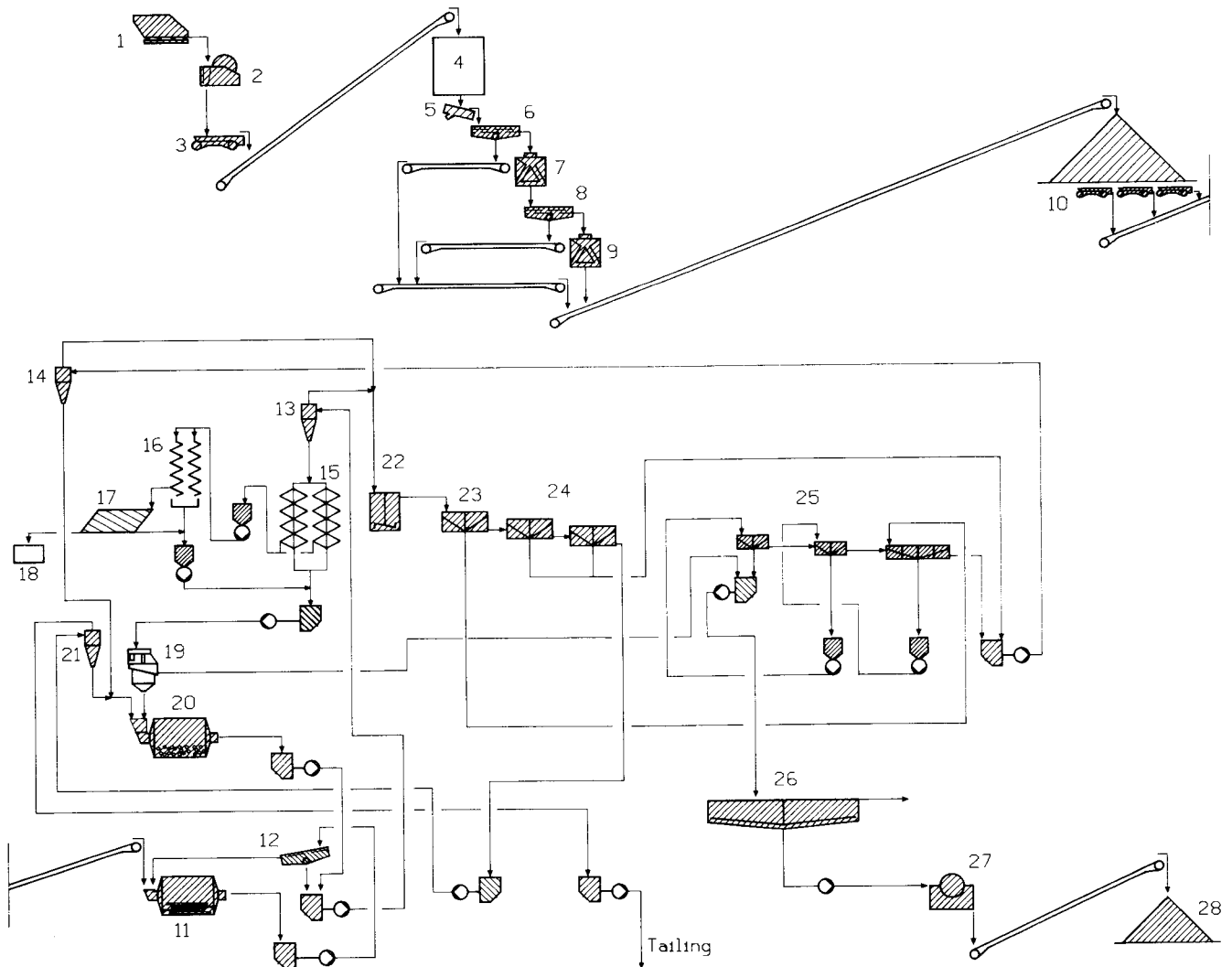
Vaahdotusräjä luokitetaan  $\varnothing$  500 mm syklonilla sekarakeisen kullan ohjaamiseksi lisäjauhatusseen.

Kokoojareagenssina käytetään Aerophine 3418A:ta 65 g/t ja vaahdotteena Dowfroth 250:tä 9 g/t. Vaahdotus suoritetaan luon-



# SAATTOPORA

## MILL FLOWSHEET



1. Vaunusyötin; Reciprocating feeder, Lokomo VH 140
2. Leukamurskain; Jaw Crusher: 1250 × 840 Lokomo C 125
3. Hihnasyötin; Belt feeder, 1000 × 400
4. Siilo; Bin, 400–500 t
5. Tärysyötin; Vibrating feeder, IPE E 1000×3000 FIIS
6. Täryseula; Vibrating screen, KONE VVS 18 × 45–024/2SS
7. Kartiomurskain; Cone crusher, Symons Std SKET 1750×250
8. Täryseula; Vibrating screen, KONE SVS 15×45 – 020/2SS
9. Kartiomurskain; Cone crusher, Symons SH KMD 1750 GR
10. Hihnasyöttimet; Belt feeders, KONE BA 5127
11. Tankomylly; Road mill, MSC ∅ 3200 × 4500
12. Täryseula; Vibrating screen, KOPO SVMR – 245 1500 × 3000
13. Hydrosykloni; Hydrocyclone, ∅ 500
14. Hydrosykloni; Hydrocyclone, ∅ 500 15.
15. Reichert-kartioeroitin; Reichert cone separator, 2 × MDL DSVSV
16. Reichert-spiraalieroitin; Reichert spiral separator, 8×MDL LG 7
17. Tärypöytä; Shaking table; DEISTER SALA No. 6
18. Tärypöytärikaste; Gravity concentrate
19. Karkeavaahdotuskenno; Skim – air flotation cell, SK – 80
20. Kuulamylly, Ball Mill, Rauma – Repola ∅ 3200 × 4500
21. Hydronisykloni; Hydrocyclone ∅ 250
22. Valmennin; Conditioner, 5 m<sup>3</sup>
23. Etuvaahdotuskenno; Rougher flotation cell, OK – 16 – 2U
24. Ripevaahdotuskennot; Scavenger flotation cells, 2 × OK-16-2U
25. Kertausvaahdotuskennot; Cleaner flotation cells, 1 × OK-3-4R 2 × OK-3-2R
26. Sakeutin; Thickener, ∅ 10 m LAROX
27. Rumpusuodin, Drum filter, SALA TF 810C
28. Rikastevarasto; Concentrate storage

Kuva 6. Rikastuksen prosessikaavio.  
Fig. 6. Milling flowsheet.

**Taulukko 1.** Rikastustulokset, syyskuu 1989.  
**Table 1.** Mill performance in September 1989.

	t	ASSAY		RECOVERY, %	
		% Cu	g/t Au	Cu	Au
Ore	40400	0.29	3.81	100.0	100.0
Combined conc.	1875	5.8	72.7	94.5	88.6
Tails	38525	0.017	0.45	5.5	11.4

taisessa pH:ssa (8.2.-8.4.). Rikastustuloksista on esimerkki taulukossa 1.

### Vedenpoisto

Vaahdotusrikasteet sakeutetaan  $\varnothing$  9 m sakeuttimella ja suodatetaan panosajoina rumpusuotimella. Suodatuskosteus on 10-12 %. Suodatettu rikaste kuljetetaan hihnakuljettimella katettuun varastokasaan, josta se lastataan rautatievaunuihin Harjavallan sulatolle kuljetusta varten.

### Jätteen käsittely

Rikastusjäte pumpataan muoviputkessa n. 1 km:n päässä olevalle jätealueelle, jonka pinta-ala on 100 ha. Jätealueelta selkeytynt

vesi pumpataan palautusvetenä rikastamolle. Tuorevettä ei käytetä prosessissa. Veden tarve on 3,5 m<sup>3</sup>/t.

### Prosessin ohjaus

Kaikki hienomurskaamon ja vaahdotamon koneiden käynnistykset on keskitetty rikastamon ohjaamoon. Ohjaamosta on mahdollista säätää tärkeimpiä asetuksia, mm. tärypöytärikasteen leikkuria, kennojen pinnankorkeutta ja ilmamääriä sekä reagenssien syöttöä.

Prosessin ohjaamista varten tehdään kemiallisesti Au- ja Cu-analysit syötteen, tärypöytä- ja vaahdotusrikasteiden sekä lopullisen jätteen vuorokausinäytteistä.

### Laboratorio

Rautuvaaran rikastamon entisen analyysilaboratorion tilat olivat riittämättömät Saattoporan malmin kairaus- ja prosessinäytteiden analysoinnin vaatimaa kapasiteettia ja laitteistoa varten. Tämän vuoksi suunniteltiin kokonaan uusi laboratorio sijoitettavaksi tyhjilleen jääneisiin tiloihin rikastamon korjaamon puolelle.

Laboratorio käsittää näytekäsittelyhuoneen laitteineen, fire-assay-laitteiston Au-analyysejä varten sekä AAS-analysointilaitteen.

Laboratorio käsittelee keskimäärin 800-900 näytettä kuukaudessa. Yhteensä kuuden hengen henkilökunnasta neljä työskentelee kahdessa vuorossa ja myös viikonloppuisin ja muut kaksi päivävuo-  
vuorossa näytteenkäsittelytehtävissä.

### Henkilöstö

Rikastamon henkilökunta käsittää ylityönjohtajan, prosessityönjohtajan, kolme murskaamon hoitajaa sekä kaksi käyttömiestä/vuoro: koko laitoksen kunnossapidosta huolehtii seitsemän miehen ryhmä päivävuorossa.

## SUMMARY

### GOLD FROM LAPLAND — OUTOKUMPU OY'S SAATTOPORA MINE

The Saattopora mine is located in the western part of Finnish Lapland. The other mines in the region are the Viscaria copper mine in Swedish Lapland and the Bidjovagge gold-copper mine in Norwegian Lapland. All these mines are now owned and operated by Outokumpu Oy.

The Saattopora deposit lies in the Kittilä greenstone belt. In the 1970s, Outokumpu prospected the area for the first time, and the Saattopora low-grade copper deposit and the Pahtavuoma copper-silver deposit were then discovered. However, these properties did not prove to be economic ores. When the Bidjovagge mine was restarted in 1985, the geological environment in Bidjovagge was found to be similar to that of Saattopora. The renewed prospecting in the Saattopora area revealed 680,000 tons of mineable ore grading 3.6 g/t Au and 0.3 % Cu. The decision to exploit the Saattopora gold ore was made in August 1988.

Open pit mining is carried out by a contractor. Careful and ex-

tensive drilling, sampling and analyzing are necessary for selective excavation.

The ore is hauled with a fleet of eight trailer trucks to the Rautuvaara concentrator which is located 55 kilometers from the mine site.

The Rautuvaara concentrator was formerly operated by Rautaruukki Oy which processed there magnetite ore with minor amounts of chalcopyrite in magnetic and flotation sections respectively. When the production of this iron ore mine ceased, Outokumpu Oy purchased the concentrator equipment. After adding a gravity section for coarse gold, a fire assay laboratory and after some repairs in the concentrator, the gold ore production commenced in February 1989, six months after the go-ahead decision.

Operations at the mine site and at the plant employ 80 persons.

# Kaivosprojektien kannattavuuden arviointi

Tekn.lis. Jyri Liimatainen, Teknillinen korkeakoulu, Kalliotekniikan laboratorio

## JOHDANTO

Kaivosprojektien kannattavuus arvioidaan samoilla kriteereillä kuin teollisuusprojektien kannattavuus, mutta perusero on kaivosprojektien kustannusten, tulojen ja riskien arviointi. Nämä lähtötiedot ovat täysin riippuvaisia malmiesiintymästä ja niiden selvittäminen vaatii huomattavan työpanoksen ennen kannattavuusanalyysiä, joten teollisuusprojekteissa käytettävät laskentamenetelmät ja -ohjelmistot eivät sovellu suoraan käytettäväksi näihin projekteihin.

Suomalaiset kaivosyhtiöt ovat kehittäneet kaivosprojektien laskentamenetelmiä ja -ohjelmistoja, jotka ottavat huomioon kaivosteollisuuden tarpeet. Kansainvälisellä tasolla projektien arviointiin on kehitetty menetelmiä ja ohjelmistoja, joissa liiketaloudellisen kannattavuuden lisäksi otetaan huomioon kansantaloudellinen kannattavuus.

Kaivosprojektien arviointi on Teknillisessä korkeakoulussa kytetty kaivosteollisuustalouden opetukseen, jota varten Teknillisen korkeakoulun kalliotekniikan laboratorioon on hankittu COMFAR — ohjelmisto, jonka avulla pystytään arvioimaan myös kansantaloudellista kannattavuutta. Ohjelmisto vaatii kuitenkin vielä kehitystyötä, ennen kuin se on täysin soveltuva kaivosprojektien arviointiin.

Kalliotekniikan laboratoriossa on käynnistetty tutkimus, jonka tavoitteena on kaivosprojektien arviointimenetelmien ja -ohjelmistojen kehittäminen paremmin soveltuviksi kaivosteollisuuden tarpeisiin.

## KAIVOSPROJEKTtien ERITYISPIIRTEET

Kaivosinvestointien riskit ovat suuret pitkien valmistelu- ja tuotantoa edeltävien aikojen sekä suurten investointien vuoksi. Kaivosteollisuudessa on lisäksi erityisiä riskejä, jotka voidaan ryhmitellä geologisiin, teknisiin, taloudellisiin ja poliittisiin riskeihin. Myös inflaation vaikutus voi olla huomattava /1/.

Break-even-tuotantotasoa on kaivosteollisuudessa lähempänä maksimikapasiteettia kuin muilla teollisuuden aloilla. Syynä tähän ovat korkeat kiinteät kustannukset, mikä on eräs syy kaivoksissa yleisesti käytettävään keskeytymättömään kolmivuorotyöhön /2/. Kaivosprojekteissa nykyarvon maksimoiminen johtaa louhintajärjestykseen, jossa rikkaimmat osat louhintaan ensin ja köyhimmät osat viimeksi /3/. Uudet kaivokset saavuttavat normaalista maksimikapasiteetin vasta toisena tai kolmantena tuotantovuotena /4/.

Metallien hinnat vaihtelevat voimakkaasti suhdanteiden mukaan. Yleisesti useimpien markkinoitavien tuotteiden trendeissä maailmanmarkkinoilla on lievästi laskua, jonka taustalla on teollisuuden rakenteen kehitys, mikä ilmenee tuottavuuden nopeana kasvuna.

Ero muihin teollisuudenaloihin on myös uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö, jolloin hankkeen kannattavuus riippuu suuresti malmiesiintymän suuruudesta ja laadusta.

Tekniset riskit ovat pienentyneet viime aikoina, kun taas markkinatekijöiden osuus on kasvanut voimakkaasti. Suhteutettuna inflaatioon valuuttojen vaihtokurssit ovat viime aikoina tulleet tärkeiksi tekijöiksi kaivosten kannattavuusselvityksissä, kuten myös poliittiset riskit. Valtiovallan osuus kaivosprojekteissa on lisääntynyt yleismaailmallisesti /2/.

Liiketaloudellisen kannattavuusanalyysin tarkoituksena on projektin rahallisen nettotuloksen arvioiminen ilman sidonnaisvaikutuksia, jolloin analyysi perustuu markkinahintoihin ja ensijainen ongelma on markkinoilla vallitsevien korkoasteiden arvioiminen.

## LIIKETALOUDELLINEN KANNATTAVUUS-ANALYYSI

Yksityisen sektorin organisaatioiden perustavoite on saavuttaa mahdollisimman suuri voitto, jolloin investoidaan ainoastaan kohteisiin, joissa on odotettavissa voittoja.

Laskentakorko voidaan ymmärtää joko sisäisinä rahan käyttökustannuksina tai ulkopuolelta hankitun pääoman kustannuksina. Laskentakorko on usein prosentteina ilmaistu tavoitetuottotaso.

## Laskentakorko

Projektin alku- ja loppupään tuottoja ei voida verrata suoraan toisiinsa, vaan on käytettävä diskonttausta, jolla nämä saadaan keskenään vertailukelpoisiksi.

Laskentakorko voidaan ymmärtää joko sisäisinä rahan käyttökustannuksina tai ulkopuolelta hankitun pääoman kustannuksina. Laskentakorko on usein prosentteina ilmaistu tavoitetuottotaso.

## Lähtötietojen arviointi

Kaivosprojekteissa merkittävin tekijä on cut-off-asteen löytäminen, jolla tarkoitetaan matalinta käyttökustannukset kattavaa malmipitoisuutta. Myös optimituotantotason löytäminen on erittäin tärkeä. Tämä taso määritetään tuotantotasona, jolla saavutetaan pienimmät kokonaistuotantokustannukset yksikköä kohti. Se riippuu kuitenkin käytettävien malmivarojen suuruudesta ja teknologian tasosta, joten sen saavuttaminen ei ole läheskään aina mahdollista.

Tulojen määrä arvioidaan yleensä vuositasolla tuotantomäärän ja yksikköhintojen perusteella, joiden lukuarvojen määrittäminen on vaikeaa. Määrän arvioinnissa on otettava huomioon malmin määrä, pitoisuudet raakkulaimennuksineen, prosentuaaliset saannit sekä myyntikustannukset.

Tulevaisuuden hintojen arvioinnissa on erittäin suuret riskit, sillä tarkasteltaessa esimerkiksi hintakehitystä viimeisen kymmenen vuoden aikana havaitaan hinnoissa erittäin suuria muutoksia. Metallien hinnat määräytyvät kysynnän ja tarjonnan perusteella, joihin vaikuttavat myös kansantaloudelliset tekijät.

Myös kustannusten arvioinnissa on vaikeuksia, varsinkin jos toteutuneita tuotantokustannuksia on arvioitu puutteellisesti. Tuotantokustannukset kohdistetaan tuotantolaitokseen ja ne jaetaan kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Muuttuvat kustannukset riippuvat tuotantomäärästä, mutta kiinteät kustannukset eivät ole sidottu niihin. Pääomakustannukset ovat pääoman hankkimisesta aiheutuvia kustannuksia. Niiden pitää olla riittävän yksityiskohtaisesti eritelty, jotta eri projekteja voidaan verrata toisiinsa /5/.

Kaivosprojekteissa kustannusten arviointi täytyy tehdä erittäin

huolellisesti. Pääomakustannusten arvioiminen on tavallisesti helpompaa kuin käyttökustannusten arviointi, vaikka valmiita kustannusmalleja on olemassa kaikille kustannustyypeille. Kaivosprojektien kustannusarviot pohjautuvat yleensä toteutuneisiin kustannuksiin /6/.

## KANSANTALOUDELLINEN KANNATTAVUUS-ANALYYSI

Varsinkin teollistuvissa maissa toteutettavissa projekteissa pyritään määrittämään liiketaloudellisen kannattavuuden lisäksi jonkinasteinen kansantaloudellinen kannattavuus.

Kansantaloudellinen kannattavuus voidaan esittää rahallisenä hyötynä, kuten paikallisten osakkaiden ja rahoituslaitosten tulot, maksetut verot sekä muut tulot kyseessä olevan maan yrityksille projektin toteutuksen ja tuotannon aikana. Viimeksimainittuja ovat esimerkiksi raaka-ainetoimitukset, palvelut, laitteet ja materiaalit. Välillisinä hyötyjä ovat koulutustason nousu, infrastruktuurin kehittyminen, teknologian tason nousu, työpaikkojen lisäys, markkinoinnin kehittyminen sekä taloudellisten ja kaupallisten siteiden lujittuminen teollistuneiden ja teollistuvien maiden välillä /7/.

Kansantaloudellisessa kannattavuusanalyysissä tutkitaan projektin vaikutukset kaikkiin peruskehitystarpeisiin, jolloin rahallisten vaikutusten lisäksi otetaan huomioon epäsuorat vaikutukset, joista kaikki eivät ole suoraan mitattavissa. Kansantaloudellinen arviointi perustuu hintoihin, joissa on otettu huomioon kansantalouden aiheuttamat vääristymät. Kannattavuus ratkaistaan käyttämällä kansantaloudellista diskonttauskerrointa, joka voidaan määrittellä kvantitatiiviseksi arvoksi, jonka yhteiskunta asettaa tuleville hyödyille ja kustannuksille. Aproximaationa voidaan pitää pitkäaikaisen lainojen korkoa.

Epäsuorien vaikutusten selvittäminen on huomattavasti vaikeampaa kuin liiketaloudellisen arvioinnin lähtötietojen selvittäminen, sillä niille ei ole olemassa määritettäviä lukuarvoja.

Kansantaloudellisessa arvioinnissa käytettävä diskonttauskerroin on yleensä matalampi kuin yksityisellä sektorilla. Lisäksi arviointi suuntautuu huomattavasti pidemmälle tulevaisuuteen /1/.

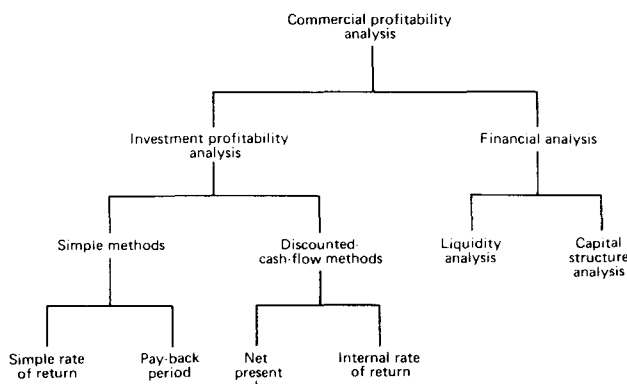
## KANNATTAVUUSARVIOINTIMENETELMÄT

Menetelmien käytön tarkoituksena on hankkeen taloudellisten perusteiden osoittaminen. Arviointimenetelmä valitaan hankkeen luonteen, laadun ja eliniän mukaan

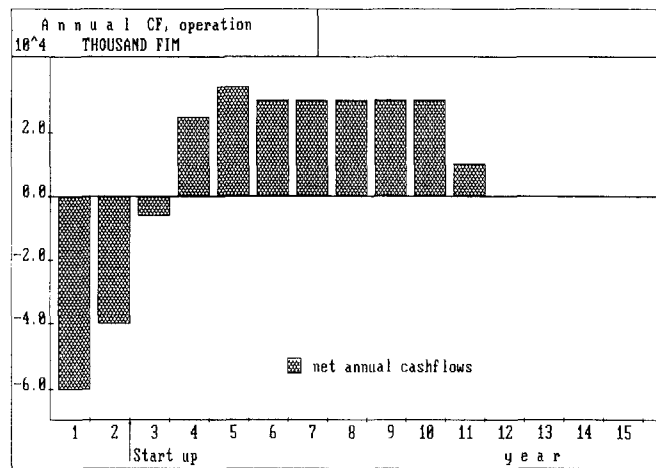
### Liiketaloudellinen arviointi

Liiketaloudellinen arviointi jaetaan kannattavuusanalyysiin ja raha-asiaanalyysiin (Kuva 1).

Yksinkertaiset menetelmät eivät ota huomioon korkoa eikä elini-



**Kuva 1.** Liiketaloudellisen kannattavuusanalyysin perusteet /8/.  
**Fig. 1.** Framework for commercial profitability analysis /8/.



**Kuva 2.** Vuositainen nettokassavirta laskettuna COMFAR -ohjelmistolla.

**Fig. 2.** Annual net cashflow by COMFAR programme.

kää ja niitä käytetään ainoastaan lyhytikäisten projektien arviointiin.

Diskonttaavia menetelmiä käytetään pitkäikäisissä projekteissa ja ne ottavat huomioon laskentakoron, jonka avulla eri aikana toteutuvat tulot ja menot saadaan vertailukelpoisiksi.

Arviointimenetelmät perustuvat yleensä kassavirtaan, jossa on yhdistetty investointi- ja käyttökustannukset sekä tulot (Kuva 2).

### Takaisinmaksuaajan menetelmä (Pay-back period)

Takaisinmaksuaika määritellään aikana, jona investoinnin aikaansaamat nettotulot kattavat kokonaiskustannukset. Mikäli vuosittaiset nettotulot ovat vakiot, takaisinmaksuaika on toteutuskustannukset jaettuna vuosittaisilla nettotuloilla. Menetelmän perusteella investointi on hyväksyttävä, kun takaisinmaksuaika on pienempi kuin sille esitetty vaatimus.

Menetelmä ei mittaa varsinaisesti projektin kannattavuutta, vaan se mittaa investoinnin rahoitusvaikutuksia. Menetelmä ei ota huomioon takaisinmaksuaajan jälkeisiä nettotuloja eikä korkotekijää, jotka vaikuttavat investoinnin kannattavuuteen.

Takaisinmaksuaikaa käytetään yleensä alle 5 vuotta kestävien hankkeiden investointiperusteluna /9/. Menetelmää käytetään lisäksi muita laskentamenetelmiä täydentävänä menetelmänä investointiriskin sekä rahoitusvaikutusten mittaamiseksi.

### Pääoman tuottoaste (Rate of Return)

Pääoman tuottoaste määritetään keskimääräisen vuosituloksen ja investoinnin välisenä suhdelukuna eikä se ota huomioon aikatekijää. Pääoman tuottoasteeseen vaikuttavat myös poistojen ja korkojen huomioimistavat. Menetelmän mukaan investointi on kannattava, mikäli pääoman tuottoaste on suurempi kuin markkinakorko.

Verrattaessa useampia projekteja toteutettavaksi valitaan projekti, millä on korkein tuottoaste /8/.

### Nykyarvomenetelmä (Net Present Value)

Nykyarvomenetelmässä kaikki tulot ja menot diskontataan laskentakorolla vertailuajankohtaan (nykyhetki, projektin aloitushetki). Kannattavuuden mitta on tulojen ja menojen nykyarvojen erotus, jossa myös jäännösarvo voidaan ottaa huomioon. Menetelmän mukaan investointi on hyväksyttävä, mikäli nykyarvo on positiivinen. Menetelmää käytetään myös tuottoarvon laskemiseen, jolloin halulla tuottoarvolla laskettua tulosta verrataan kassavirran nykyarvoon.

Eräs variaatio nykyarvomenetelmästä on kannattavuusindeksi PI (Profitability Index), joka määritellään positiivisten ja negatiivisten kassavirtojen suhdelukuna. Hyväksymiskriteeri on, että suhdeluku on vähintään yksi, jota suurempi arvo ennakoii, että projekti kattaa kustannuksensa asetetulla laskentakorolla. Menetelmän etuna on, että se on suhteellinen menetelmä, jolloin sen avulla voidaan verrata eri projekteja keskenään /10/.

### Sisäisen korkokannan menetelmä (Internal Rate of Return)

Menetelmässä määritetään korko, jolla investoinnin tarkasteluhetkeen diskontatut tulot ja menot ovat yhtä suuria. Tulojen arvo nykyhetkellä on sitä pienempi, mitä suurempaa laskentakorkoa käytetään. Menetelmän perusteella hanke on kannattava, mikäli sisäinen korkokanta ylittää projektille asetetun tuottovaatimuksen. Sisäisen korkokannan määrittämiseksi tarvitaan kassavirtalaskelma.

Sisäinen korkokanta voidaan laskea myös lainarahoituksen kanssa, jolloin voidaan laskea osakepääoman tuotto (IRRE) tai sijoitusten tuotto /11/.

Sisäisen korkokannan menetelmä on suhteellinen menetelmä, joka ei riipu tarkasteluhetkestä, projektin laadusta eikä koosta.

### Break-even -analyysi

Menetelmää käytetään arvioitaessa pienintä tuotantotasoa tai myyntihintaa, millä projekti kattaa käyttökustannuksensa (Kuva 3). Tätä tuotantotasoa kutsutaan break-even -tuotantotasoksi (kriittinen piste).

Kriittinen tuotantotaso määritetään muuttuvien ja kiinteiden kustannusten sekä tuotantomäärän ja yksikköhinnan avulla. Saatua tuotantotasoa voidaan verrata maksimikapasiteettiin, jolloin saadaan määritettyä varmuusmarginaali.

### Kansantaloudelliset arviointimenetelmät

Kansantaloudellisen analyysin tekemiseksi on kehitetty useita eri menetelmiä, jotka yleensä perustuvat vaikeisiin kansantaloudellisiin teorioihin /12,13/. Yleisimmin käytetty menetelmä on kustannus-hyöty-analyysi (Little-Mirrlees -menetelmä ja UNIDO:n menetelmä), joka pohjautuu varjohintojen käyttöön. Varjohinnat ovat tärkeille kustannus-hyöty -elementeille otaksuttuja arvoja, silloin kun markkinat ovat vakavasti vääristyneet eivätkä heijasta todellisia puutteita taloudessa.

Hyötyjen ja kustannusten varjohinnoittelun jälkeen taloudelliset testit ovat kassavirtalaskelmia uusien hintojen ja laskentakoron avulla (Kuva 4). Varjohintojen pohjalta arvioitu projekti paljastaa huomattavasti tarkemmin valtiolle tulevat hyödyt kuin markkinahintojen perusteella tehty arviointi /8/.

Kustannushyötyanalyysi sallii mineraalien hyväksikäytössä valtion organisaatioiden arvioida investointivaihtoehtoja sekä niiden kokonaisvaikutuksia yhteiskunnan kannalta /14/.

### MENETELMIEN SOVELTUVUUS

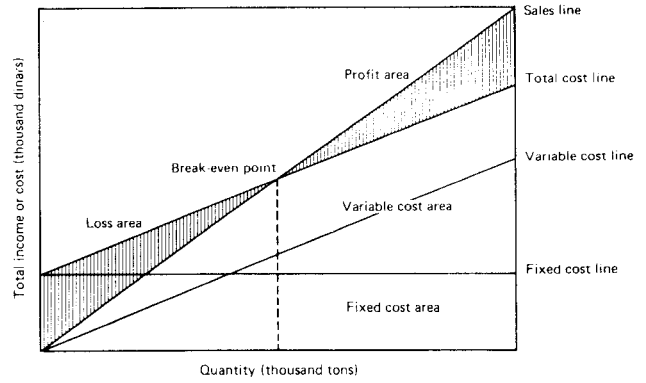
Hankkeiden kannattavuustarkasteluissa tärkeintä on, että vertailtavien tunnuslukujen laskennassa käytetyt kannattavuustekijät ja laskentamenetelmät ovat aina samat.

Ensisijainen menetelmä kaivosprojektin kannattavuuden arvioimiseksi on sisäisen korkokannan menetelmä /15/, joka lasketaan yleensä ennen veroja.

Nykyarvomenetelmä on absoluuttinen menetelmä, jolloin investointien suuruuden vaihdeltaessa niiden tuottavuus ei tule näkyviin.

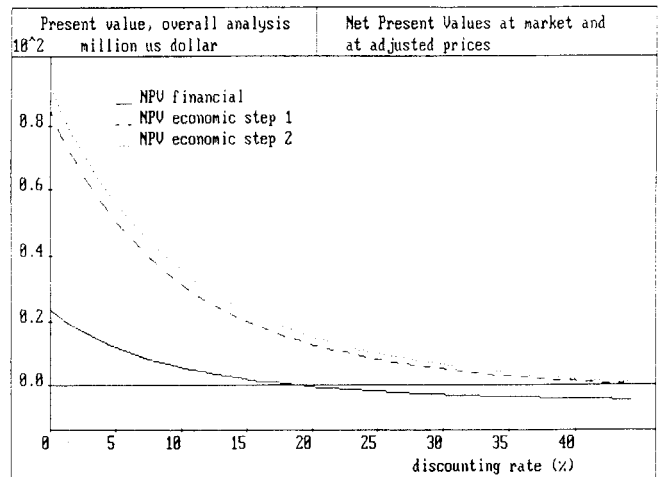
Sisäisen korkokannan lisäksi lasketaan tavallisesti myös takaisinmaksuajat. Menetelmillä on tietyissä oloissa yhtäläisyyksiä, mutta normaalisti ne eivät korreloi keskenään /10/. Laskelmia voidaan täydentää myös kassavirran nykyarvolaskelmilla.

Kansantaloudellisten kriteerien käytön suurimmat ongelmat ovat



Kuva 3. Kriittinen piste viidentenä tuotantovuotena ilman rahoitusvaikutuksia /8/.

Fig. 3. Break-even chart excluding finances (5 th year of production) /8/.



Kuva 4. Kassavirran nykyarvo markkina- ja muunnetuilla hinnoilla /11/.

Fig. 4. Net present values at market and at adjusted prices /11/.

luottettavan tiedon hankkimisessa ja tarpeessa. Hyötyjen ja kustannusten mittaaminen on vaikeaa sekä teoreettisesti että käytännössä, jolloin erilaiset ymmärtämistavat voivat aiheuttaa eroja tuloksissa. Ennen kustannushyötyanalyysiä projektille on tavallisesti tehty lukuisia muita testejä.

### EPÄVARMUUDEN ARVIOINTI

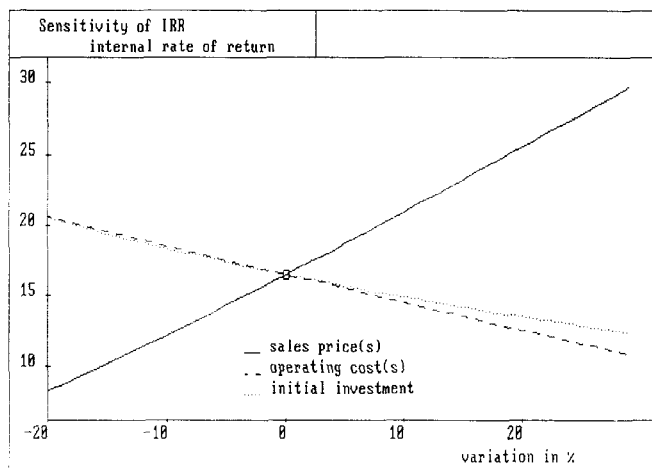
Nykyarvomenetelmä ja break-even-analyysi sallivat julkisten ja yksityisten organisaatioiden arvioida investointivaihtoehtot vertaamalla hyötyjä kustannuksiin. Menetelmät otaksuvat, että tulevaisuuden hyödyt ja kustannukset tunnetaan tietyllä ajanjaksolla. Kaivosprojekteissa nämä oletukset ovat kyseenalaisia pitoisuus- ja hintavaihteluiden vuoksi /1/.

### Herkkyyshanalyysi

Eniten käytetty menetelmä on herkkyyshanalyysi, jolla tarkoitetaan arviointivirheiden vaikutusten tutkimista kannattavuusarvioinnissa.

Herkkyyshanalyysillä selvitetään hankkeen kannattavuuden muuttuminen, jos yksi tai useampi hankkeen kannattavuuteen vaikuttava tekijä muuttuu muiden tekijöiden pysyessä vakiona. Tärkeim-





Kuva 5. Sisäisen koron herkkyys laskettuna COMFAR -ohjelmalla.

Fig. 5. Sensitivity of internal rate of return by COMFAR programme.

mät tekijät ovat investointikustannukset, myyntituotto, raaka-ainekustannukset sekä kapasiteetin käyttöaste (break-even -piste).

Yleensä markkina- ja hintakehityksellä on suurempi merkitys kuin investointikustannuksilla (Kuva 5).

### Riskianalyysi

Riskianalyysin avulla mitataan investoinnin kannattavuuden epävarmuutta todennäköisyyksien avulla.

Riskianalyysissa kannattavuusjakauma johdetaan yksittäisten komponenttien jakauman avulla simuloimalla, jolloin määritetään varmat kannattavuusparametrit ja epävarmuutta sisältävien tekijöiden jakaumaparametrit sekä näiden väliset riippuvuudet. Tulosta kutsutaan riskiprofiiliksi ja menetelmä tunnetaan Monte Carlo -menetelmänä.

Muita menetelmiä riskien analysoimiseksi ovat laskentakoron suurentaminen, tulevien kassavirtojen muuttaminen sekä herkkyysanalyysi, jotka eivät kuitenkaan ilmaise todennäköisyyksiä.

Riskianalyysiä ei yleensä käytetä paljon, vaan epävarmuutta tarkasteltaessa keskitytään herkkyystarkasteluihin. Eri muuttujien herkkyysjakaumat jäävät usein liian subjektiivisiksi /7/.

## KANNATTAVUUSSELVITYS

Feasibility study:n (kannattavuusselvitys) eri vaiheissa arviointitarkkuus vaihtelee. Esi-investointivaiheessa vaihtoehtoja kartoitettaessa arviointitarkkuus on noin 30 %, pre-feasibility study -vaiheessa arviointitarkkuus on 10–20 % ja feasibility study-vaiheessa tarkkuus on 5–10 % /7/.

Pre-feasibility -vaiheessa on useita investointivaihtoehtoja ja projekti-idea tunnetaan.

Feasibility-vaiheessa on jäljellä yksi vaihtoehto, jolle tehdään tekninen, taloudellinen ja kaupallinen arviointi, joka muodostaa pohjan investointipäätökselle.

Kannattavuusarvioinnin kustannukset vaihtelevat projektista riippuen. Vaihtoehtojen kartoittaminen ja prefeasibility study muodostavat 0.25–1.5 % investoinnin kustannuksista. Feasibility study:n kustannukset ovat 0–3 % investointikustannuksista /7/.

### Feasibility study:n sisältö

Feasibility study:n sisältö teollisuusprojekteissa on vakiintunut. Eräs runko on UNIDO:n esittämä malli, jonka sisältö on pääkohdituin /15/:

1. Yhteenveto
2. Projektin tausta ja historia
3. Markkina- ja tuotantokapasiteetti
4. Materiaalit
5. Sijainti ja paikka
6. Projektin tekninen toteuttaminen
7. Organisaatio ja yleiskustannukset
8. Työvoima
9. Projektin toteuttaminen
10. Liike- ja kansantaloudellinen arviointi

Kaivosprojekteissa on eräitä erityispiirteitä, joihin ei voida vaikuttaa, mutta jotka vaikuttavat projektin kannattavuuteen. Esimerkiksi esiintymän sijainti määrää paikan ja esiintymän koko ja laatu määräävät kapasiteetin sekä tuotantomäärät.

### Tutkimuksen tavoitteet

Teknillisessä korkeakoulussa kaivosprojektien arviointiin liittyvässä tutkimuksessa keskitytään arviointi- ja laskentamenetelmien sekä kansantaloudellisten vaikutusten laskennalliseen määrittämiseen.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Gocht W. R., Zantop, H., Eggert, R. G., International Mineral Economics. Mineral Exploration, Mine Valuation, Mineral Markets, International Mineral Policies. Springer-Verlag, Heidelberg 1988, 271 p.
2. Gentry, D. W., Minerals Project Evaluation — An Overview. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A, Mining Industry, Vol. 97, 1988, p. A25–A35.
3. Shurtz, R. F., Reducing Investment Risk for New Mining Projects. Engineering and Mining Journal, 189 (1988) 7, p. 20–25.
4. Agarwal, J. C., Brown, S. R., Kairak, S. E., Taking the Sting Project Start-up. Engineering and Mining Journal 185 (1984) 9, p. 62–76.
5. Crowther, J., Feasibility Studies. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin and Proceedings 290 (1985) 5, p. 14–18.
6. Gentry, D. W., Mine Valuation, Technical Overview. Computer Methods for the 80's in the Mineral Industry. Society of Mining Engineers of the AIME, New York 1979, p. 520–535.
7. Feasibility Studies 12.10.1988. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus — Ingengörsorganisationernas skolningscentral ry, Helsinki 1988.
8. Manual for Evaluation of Industrial Projects. United Nations Industrial Development Centre., Vienna 1986, 139 p.
9. O'Neil, T. J., Mine Evaluation in a Changing Investment Climate. Mining Engineering 34 (1982) 11 and 12, p. 1563–1566 and p. 1669–1672.
10. Gentry D. W., O'Neil, T. J. Mine Investment Analysis. Society of Mining Engineers of AIME. New York 1984, 488 p.
11. Computer Model for Feasibility Analysis and Reporting (COMFAR). User's Guide and Reference Manual. UNIDO, Vienna 1988, 295 p.
12. Guide to Practical Project Appraisal. Social Cost-Benefit Analysis in Developing Countries. United Nations Industrial Development Organization, Vienna 1986, 121 p.
13. Guidelines for Project Evaluation. United Nations, New York 1972, 383 p.
14. O'Neil, T. J., Procedures for the Preliminary Financial Evaluation of Metal Mining Ventures. Computer Methods for the 80's in the Mineral Industry. Society of Mining Engineers of the AIME, New York 1979, p. 556–573.
15. Manual of the Preparation of Industrial Feasibility Studies. United Nations, New York 1978.

## SUMMARY

### THE PROFITABILITY ANALYSIS OF MINERAL PROJECTS

Mineral projects differ considerably from industrial projects because of their greater need for capital and long pre-production period. Also the estimation of inputs and outputs in mineral projects is very complicated because of determination of cut-off grades, choosing of operation technology and difficulties in price forecasting. However, the profitability analysis is similar with those used in industrial projects, although the risks are considerably greater.

The commercial profitability analysis is normally used in the private sector where the goal is to maximize the profit by optimizing the cashflow. The economical profitability analysis, where both direct and indirect costs and benefits are studied from the viewpoint of the nation, has recently become significant due to currency fluctuations and political risks.

The most common methods used in commercial analysis are

based on cashflow calculations with commercially specified discounting rate. In economical analysis the most commonly used method is cost benefit analysis which converts commercial prices and rates to shadow prices.

The evaluation of mineral projects is included in the teaching and research work of the mineral economics in the Helsinki University of Technology. The Laboratory of Rock Engineering carries out research of profitability analysis of mineral projects. The aims are to improve evaluation methods and develop programmes more suitable for mining environment. Also the specification of numerical input values for economical analysis is goal of the research. The COMFAR program developed by UNIDO has been purchased to the laboratory and it is being modified to more suitable for the mining sector.

## Symposio "PRECAMBRIAN GRANITOIDS, Petrogenesis, Geochemistry, and Metallogeny" Helsingissä 14. – 17.8.1989

FT Yrjö Kähkönen, Helsingin yliopisto, Geologian laitos

Suomen kallioperä koostuu suurimmaksi osaksi prekambrisista graniitoista. Suomen graniitoita koskevalla tutkimuksella on vankat perinteet ja nykyinenkin tutkimus on aktiivista ja tuloksellista. Siten Suomella on hyvät edellytykset toimia prekambrisia graniitoita koskevan onnistuneen symposion isäntämaana.

Helsingin yliopiston geologian laitos järjesti symposion "Precambrian Granitoids, Petrogenesis, Geochemistry, and Metallogeny" Helsingissä 14. – 17.8.1989. Järjestelyissä saatiin sangen merkittävää tukea Geologian tutkimuskeskuksesta ja Åbo Akademin geologian ja mineralogian laitokselta. Kokous oli osa IGCP-projektien 217 (Proterozoic Geochemistry) ja 247 (Precambrian Ore Deposits Related to Tectonic Styles) toimintaa. Symposion järjestelytoimikunnan puheenjohtaja oli professori Ilmari Haapala ja sihteerinä Yrjö Kähkönen. Lisäksi toimikuntaan kuuluivat Gabor Gaál, Seppo Lahti ja Matti Vaasjoki Geologian tutkimuskeskuksesta sekä Carl Ehlers Åbo Akademiasta. Järjestelytoimikunnan jäsenet toimivat myös ekskursioiden johtajina.

Symposion suulliset esitelmät jakaantuivat kahdeksaan sektioon: Archaean granitoids, Early Proterozoic granitoids, Mid- and Late-Proterozoic granitoids, Post- Anorogenic granitoids, Rapakivi association, Pegmatites, Metallogeny ja Open session. Näiden lisäksi 15 esitelmää esitettiin postereina. Esitelmien abstraktit (134 tiivistelmää) julkaistiin Geologian tutkimuskeskuksen Special Paper-sarjassa (No 8). Precambrian Research-lehden erikoisnumerona ilmestyvän Proceedings-julkaisun toimittivat Ilmari Haapala ja Kent Condie.

Symposion oleellisena osana olivat ekskursiot. Ennen symposiota järjestettiin kaksi viisipäiväistä retkeilyä Lounais-Suomen (A-1) ja Kaakkois-Suomen (A-2) rapakivigraniittialueille. Sunnun-

taina 13.8. tutustuttiin Helsingin ympäristön graniitteihin. Symposion jälkeen olivat viisipäiväisten retkeilyjen kohteina Etelä- ja Länsi-Suomen svekofenniset graniitoidit ja pegmatiitit (C-1) sekä Itä-Suomen arkeoiset graniitoidit ja niihin liittyvä malminmuodostus (C-3). Ekskursio-oppaat julkaistiin Geologian tutkimuskeskuksen Opas-Guide-sarjassa (No:t 25, 26, 27 ja 30).

Symposioon osallistui lähes 150 tutkijaa 23 maasta. Näin siitäkin huolimatta, että heinäkuussa 1989 järjestettiin kansainvälinen geologikongressi USA:ssa. Suurimmat ryhmät tulivat Suomesta (46 osallistujaa), Ruotsista (21), Kanadasta (18), Yhdysvalloista (9), Neuvostoliitosta (8), Australiasta (7), Intiasta (5), Isosta Britanniasta (5) ja Saksan Liittotasavallasta (5). Lähes kaikki ulkomaiset osallistajat pitivät esitelmän tai esittelivät posterin.

Symposio sai suoraa rahallista tukea Opetusministeriöltä ja Suomen Akatemialta. Helsingin yliopisto asetti käyttöön kokoustilat Porthaniassa ja järjesti rehtorin vastaanoton. IGCP-projektit 217 ja 247 avustivat joidenkin kehitysmaiden edustajien osallistumista. Tukea saatiin myös Outokumpu Oy:ltä, Helsingin kaupungilta ja Ahvenanmaan maakuntahallitukselta.

Symposio loi erinomaiset mahdollisuudet eri maissa saatujen uusimpien tutkimustulosten esittelyyn sekä prekambristen graniittien alkuperää, evoluutiota, luokittelua ja metallogeniaa koskevaan keskusteluun. Keskeisimpiä aiheita olivat laattatektonisten mallien soveltaminen arkeoisien ja proterotsooisten graniitoidien syntyyn, post- ja anorogeeniset graniitit (rapakivigraniitit mukaanluettuna) sekä malminmuodostus (mm. kultamalmit, porfyrytyypiset malmit ja karsimalmit). Eri puolilta saaduista kommentaiteista päätellen symposio ekskursioineen oli sekä tieteelliseltä sisällöltään että järjestelyiltään erittäin hyvin onnistunut.

# Steel: Facing and Meeting Challenges

**Milton Deaner, President of the American Iron and Steel Institute, Washington, D.C., USA**

Lyhenelmä INSKO:n kurssilla "Onko teräksellä tulevaisuutta" lokakuussa 1989 Tampereella pidetystä esitelmästä.

What is the future of steel in America? I think it's bright — very bright. One might say it's as bright as the surface of the stainless variety of that incomparable metal.

And the reason is really quite simple. It's because steel is meeting needs of American society to an extent that no other material does. America as we know it simply wouldn't exist without steel.

And steel is likely to retain its position because of market-development and technology-development programs being pursued by its American producers — many of them through my organization.

Today I'm going to speak about some of those needs and try to give you the flavor of some of those programs.

But first, I want to say a few words about measuring the role of steel in a society.

Historically, tonnage has been regarded as the indicator of steel's role in an economy. But, it no longer tells the whole story. In fact, it can be misleading.

For example, in tonnage terms, U.S. consumption of steel has been 12.5 percent less, on average, during the decade of the eighties' than during the seventies'. But none of the reasons for that have to do with a decline in the importance of the metal. Rather, the most important of them have to do with underlying developments in the steel industry that are a credit to the industry.

In 1980, the Office of Technology Assessment of the U.S. Congress conducted a study of the steel industry. It concluded — and I quote — "Steel is the most important engineering material in American society" — end quote. I intend to show you that nothing has happened since then to invalidate that statement.

Among those developments are improved efficiencies in the yield of finished steel products from raw steel. In my country, yield rose from 71 percent in the decade of the seventies' to 81 percent in the decade of the eighties'. In the last three years yield has averaged over 85%. That improvement makes it possible to ship 80 million net tons of finished product with approximately 19 million fewer tons of raw steel than in the 1970's.

Also, because of lighter, stronger steels and more efficient design systems, a ton of the metal goes further than it did in the past, and products made of it last longer.

The American automotive industry is a good starting point for a discussion of the American steel industry's response to market demand. Not only because it's a huge consumer of steel — last year it took 15 percent of the steel shipped by U.S. steelmakers — but also because it illustrates how steel is meeting needs and, in the process, helping set the pace for changing American industry.

In its relationship with the auto industry, the steel industry's objective is to assist automakers in the production of world class cars at world-competitive prices.

Cooperating under the banner of what is called the Auto/Steel Partnership, the two industries are engaged in programs aimed at more efficient use of steel in auto manufacturing.

Two years ago, in a survey conducted by the University of Michigan, automotive experts said they believe that by the end of the 1990s, more than 20 percent of all automotive exterior panels would be plastic.



Milton Deaner, President of the American Iron and Steel Institute.  
Milton Deaner, American Iron and Steel Instituten presidentti.

A 1989 survey, however, shows a new consensus. It's believed now that plastic's penetration will be only about five percent by the end of the next decade. The change, according to those involved with the survey, can be attributed to the Auto/Steel partnership.

Specifically, the partners have paid a great deal of attention to reducing the massive cost of tooling. They have explored the use of fewer or lighter dies in the manufacture of sheet metal body components. And, as a result of the project, Ford recently eliminated 21 dies from a new-car program, saving over four million dollars in the process.

Another major thrust has been given to developing standards and test methods that will enable steelmakers to produce more uniform materials and to help automakers take better advantage of them.

Still another initiative deals with the critical process variables in automotive stamping plans. Teams have identified these variables, and have developed a system for monitoring and controlling them. Once stamping plans implement the system, automakers should see increases in stamping plant productivity, up-time and parts quality.

This partnership, which was inspired by AISI, will continue to evolve. Recently, it initiated a state-of-the-art engine research project on bar applications.

We also are getting involved with the automobile styling community. We feel that if we can encourage young stylists to begin early thinking about the properties of steel and their influence on styling, we will strengthen the role of steel in the years to come. In fact, just a couple of weeks ago, the American Iron and Steel

Institute sponsored an exhibition in Detroit of futuristic research vehicles. It was staged in conjunction with the Industrial Designers Society of America.

What I have described are collective efforts.

Acting independently, American steel producers — who are intense competitors of one another — have invested billions of dollars in advanced technology to meet the demands of automakers — and appliance manufacturers and other steel users — for steels with improved corrosion-resistance, greater plasticity, dent-resistance in thinner gages and other qualities. To improve product quality as well as costs, American steelmakers have turned increasingly "high tech" — using not only continuous casters, but also robot coil makers, laser strip alignment systems, ladle metallurgy stations, vacuum degassing facilities, electro-galvanizing lines, advanced computers, electronic sensors, and statistical process controls throughout the steelmaking process.

Especially noteworthy is the investment being made to meet the growing demand of coated sheet products in the United States.

They are particularly important to automakers who are offering their customers long-term warranties against rust perforation. Many capital-improvement programs announced by major American steelmakers within the past few years involve building electro-galvanizing or hot-dipped galvanizing facilities.

As recently as last Thursday, USX and Kobe Steel announced that they are negotiating an agreement to jointly build and operate a hot-dipped galvanized sheet products plant. Located in America's Midwest, it would have a 600,000 capacity. Inland recently announced they would build two new coating lines on hot dip and one electrogalvanizing. Bethlehem, LTV and Armco also recently announced new capacity.

It has been felt until now that the more expensive electrogalvanizing process offered the higher quality. But it's expected that the newer low-cost hot-dipped steel will be able to compete in quality with electro-galvanized steel in many applications.

Over the past five years, American shipments of galvanized products have grown at a rate of a million tons a year. Last year, they exceeded eleven and-a half million tons. Growth is expected to continue, unabated, through at least 1992.

Construction is another sector that bulks large in the life of the American steel industry.

Last year construction accounted for over 14 percent of domestic steel shipments. Consequently, we're engaged in aggressive programs involving that industry.

Based on life-cycle costs, steel provides a significant advantage. For example, a 20-year standing seam steel roof costs about 40 percent less than a more conventional build-up roof.

We're building on our success in the use of steel framing in commercial applications to attack the multi-family residential market. We're now putting 950 000 tons a year of sheet steel into light-weight framing. This represents a 27 percent increase over the last three years, at the expense of wood framing.

Much has been said about the need to rebuild America's infrastructure, particularly its highway bridges and water supply systems. More than 40 percent of U.S. bridges over 20 feet long are structurally deficient and some American cities lose as much as 30 percent of their daily water supply because of leaking pipes.

AISI-sponsored research has resulted in the development of approaches to the design of steel bridges costing less and with reduced susceptibility to fatigue damage. Recently, steel in competition with concrete, won three bridge contracts in just one American state.

Among steels, weathering steel is proving especially attractive for bridge building. It's a material with superior life cycle cost advantages because it's without the need for extensive paint systems and expensive maintenance programs.

Steel is also scoring some spectacular successes in the water supply area. The city of San Diego, has approved a 150 million

dollar water transmission project which bans the use of concrete pipe. And in Washington, our nation's capital, concrete pipe is being replaced with 10,000 tons of steel.

Speaking of America's infrastructure, I think that the country also will have to begin addressing the problem of modernizing its aging railroad system — just as much of Europe appears to be on the brink of doing. The first Great Railway Age fueled the growth of the American steel industry throughout the last half of the 19th century. In the beginning of the 21st, a new Supertrain Age could have a somewhat similar effect on the industry.

Another major market development is the container market.

In the food portion of that market, we've been able to solidify our dominant position with significant advances in quality, cost competitiveness and product developments — including easy-open end technology, coatings research and corrosion studies. Tinplate packaging suitable for use in microwave ovens is on the drawing board.

In the beverage market, we're working to establish the twopiece steel can as a strong lower-cost challenger to aluminum cans. And encouraging progress is being made. Several new highspeed steel canning lines have come on stream this year.

AISI has also implemented an aggressive promotional program in the general purpose container market. That program is based on research showing the fire safety qualities of steel cans for storage of flammable liquids. Significant gains have already been made at the expense of plastic containers.

When I speak about steel meeting needs, I am thinking not only about need for a high-quality, low-cost, extremely versatile material. I am also thinking about a material that meets social requirements. Steel's suitability for recycling and resource recovery is a case in point.

In 1988, 56 million tons of steel scrap were consumed domestically and 10 million tons were exported, achieving a 66 percent recycling rate. That's the highest for any material. In fact, more steel is recycled in the U.S. than other products combined.

However, there has been one dark spot in the ferrous scrap picture — steel cans. The recycling rate of those cans — about 15 percent — compares unfavorably with the aluminum can recycling rate of over 50 percent. And the aluminum industry, understandably, is seeking to exploit this situation.

To deal with it, my organization helped establish the Steel Can Recycling Institute. Its purpose is to develop and promote a comprehensive recycling program for steel food and beverage cans.

Last year only three American steel mills accepted steel beverage cans for recycling. Today, over 40 locations accept all kinds of can scrap, and the number is rising.

Incidentally, in the United States, the steel industry is doing a far better job of encouraging the recycling of its products than in the newspaper business. I make that point because newspapers are quick to criticize the environmental efforts of other industries. More than eight million tons of old newspapers have to be disposed of every year in the U.S., but newspapers use very little recycled stock. Concern for environmental requirements is also one of the driving forces behind a 30-million-dollar program aimed at development of a direct steelmaking process. Direct steelmaking would eliminate coke batteries — our most environmentally troubling operation. It is a joint effort of the American Iron and Steel Institute and the U.S. Department of Energy.

Although attempts at direct steelmaking have failed in the past, new advances in process technology have created new opportunities. In fact, plans are proceeding for start up of a pilot plant next March.

Economic projections can't be made with precision. However, we project an energy saving of about 20 percent.

Continuous casting of near net shapes is also such a technology, so the American steel industry is intent upon developing it. The breakthrough in processes for production of thin slabs is imminent.

But plants for continuous casting of coilable thin strip and for its further processing still require some years of intensive development work.

The industry is also intent upon developing automation of all finishing processes.

AISI is sponsoring projects for the application of expert systems and artificial intelligence to steel processing through the AISI Steel Resource Xenter at Northwestern University near Chicago. Simultaneously, we are planning a major program on advanced sensors and intelligent processing systems with our Federal Government

## YHTEENVETO

### TERÄS: HAASTEITA JA VASTAUKSIA

Artikkeli käsittelee teräksen nykyisyyttä ja lähitulevaisuutta sekä teräksentuottajan että -käyttäjän näkökulmista. Vaikkakin teräksen tuotantomäärä on vähentynyt, teräksen laadullinen kehitys samoin kuin tuotantotekniikka ovat kokeneet suuria muutoksia sitten 1970-luvun.

Teräksen amerikkalaisittain tärkeimmällä käyttöalalla, autoteollisuudessa (15% teräksen kulutuksesta), teräksen käyttöä on edistänyt mm. parantunut korin osien muovaustekniikka, korroosiota paremmin kestävät ja paremmin muovattavat teräkset, edistyneen kuumagalvanoinnin käyttö, sulan teräksen käsittelyn kehitys ym. tekijät.

Rakennusteollisuuden käyttämän teräksen määrän (14 %) odote-

National Institute of Science and Technology and the Department of Energy.

Many of the industry's technology programs are and will be joint programs between companies and/or various governmental and educational organizations. It has been that way due to the high risks and high costs of technology leaps.

In conclusion I am back to where I started, with the prediction of a bright future for steel in America. As long as steel continues to enable innovative manufacturing ideas to be realized, its place will be secure.

taan kasvavan mm. siltojen ja vesiputkistojen nyt pakosta edessä olevan uusimisen takia.

Edelleen artikkelissa tarkastellaan teräksen käytön näkymiä sähkö-, pakkaus-, elintarviketeollisuudessa, rautateiden modernisoinnissa jne.

Teräksen etuja on sen suuri uudelleenikäytön aste (66%), mikä on kaikista materiaaleista korkein. Kirjoittaja toteaa, että terästeollisuus huolehtii uudelleenikäytystä paremmin kuin sanomalehdistö, joka herkästi kritikoii muiden alojen ympäristövaikutuksia. Ns. suoran teräksenvalmistuksen kehittämisen yhtenä pontmina on ympäristövaikutusten vähentämisspyrkimys. Energian säästökäsi arvioidaan 20%.

## PETSAMON NIKKELI — Taistelu strategisesta metallista

Eugen Autere

Edellisessä Vuoriteollisuuslehdessä kerrottiin Petsamon nikkeli-malmin löytöhistoriasta, sen tutkimisesta sekä hyödyntämisestä sodan aikana. Koska nimi Petsamo nykyään yhä useammin vilahtelee sanomalehtien palstoilla ja se mainitaan joko radiossa tai televisiossa useissa eri yhteyksissä, palaamme tässä vielä kerran asiaan julkaisemalla kansilehdellä Petsamon kartan sekä oheisena kanadalais-englantilaiselle nikkeli-trustille The International Nickel Co., Ltd (Inco) myönnetyn konsessioalueen kartan.

Vuorimiesyhdistyksen jäsenille olemme viime vuoden lopulla tarjonneet kirjaa, ”Petsamon nikkeli — Taistelu metallista”. Kirja kuvaa nimensä mukaisesti niitä erilaisia poliittisia, taloudellisia ja aseellisia taisteluita, joita käytiin kaivosten omistamisesta ja tuotannosta. Ensimmäinen sopimus malmin hyväksikäytöstä tehtiin edellämäinitun Incon kanssa. Jo tämä sopimus oli osittain poliittinen, sillä Suomen silloiset hallitsevat poliittiset piirit näkivät mielellään, että Suomen alueelle tuli työskentelemään suurvalta, joka mahdollisesti antaisi Suomelle suojaa sodan syttyessä. Tässä suhteessa eivät toiveet kuitenkaan täyttyneet, sillä minkäänlaista aseellista apua ei Suomi saanut, vaikka Neuvostoliitto valloitti Petsamon Talvisodan aikana.

Incon kanssa tehty sopimus aiheutti aikoinaan paljon kannanottoja sen puolesta ja sitä vastaan. Sen puolustajat halusivat kaivosteollisuuden voimistuvan Suomessa ja kun kotimaista pääomaa ja asiantuntemusta ei näyttänyt löytyvän Suomesta, he katsoivat, että ulkomainen yhtiö oli paras ratkaisu. Neuvotteluja käytiin monen riittäjän kanssa, mutta vain Inco, joka omisti 90 % maailman nikkeli-malmireserveistä, osoitti todellista mielenkiintoa esiintymään. Inco ei nähtävästi halunnut, että Petsamoon olisi syntynyt sen kanssa kilpaileva yritys. Sopimusta solmiessaan eivät suomalaiset itse asiassa tienneet, mitä he luovuttivat Incon käyttöön.

Luullen luovuttavansa 2 miljoonaa tonnia heikkoa malmia, he saattoivat vain havaita, että Inco jo kahden vuoden tutkimusten jälkeen oli todennut malmimäärän olevankin kolminkertainen ja sen metallipitoisuuden kaksinkertaiseksi. Malmi oli täten lyhyessä ajassa kasvanut Euroopan rikkaimmaksi nikkeli-malmiesiintymäksi.

Sopimuksen vastustajat väittivät, että Suomen peruskalliota oli liian löysin perustein luovutettu ulkomaisen yrityksen käyttöön ja kun tieto löydöksen todellisesta rikkaudesta tuli tietoon, herätti se uusia kysymyksiä. Oltiinko sopimuksen tekemisessä oltu liian hätäisiä? Olisiko paremmalla malmin koon ja pitoisuuden tuntemuksella voitu Incolta saavuttaa paremmat ehdot? Vaikka näin olisikin ollut, asialla tuskin oli Suomelle mitään merkitystä, sillä Inco ei sodan syttymisen vuoksi ehtinyt aloittaa tuotantoa Suomessa ja sopimusehdot menettivät merkityksensä.

Viime sotiemme välisenä aikana joutui Petsamon nikkeli sotaan-valmistuvassa Euroopassa huomattavan kansainvälis-poliittisen mielenkiinnon kohteeksi, sillä nikkeli oli tärkeä strateginen sotamateriaali. Erityisesti Saksa oli nikkelistä kiinnostunut. Kiista Petsamon nikkelistä aiheutti joukon kansainvälisiä neuvotteluja, joilla oli merkitystä myös suurvaltain moniin sotaan koskeviin päätöksiin. Saksa ja Neuvostoliitto sopivat keskenään Petsamon tuotannon jakamisesta suhteessa 60:40. Suomi teki jo varhaisessa vaiheessa malmin ja hienokiven toimitussopimuksen saksalaisen I.G. Farbenindustrie AG:n kanssa ja sai tältä pääomaa tehdaslaitosten valmiiksi rakentamista varten.

Neuvostoliitto esitti samanaikaisesti vaatimuksen suomalaisvenäläisen nikkeli-yhtiön perustamisesta Petsamoon. Tässä yhtiössä tuli Neuvostoliitolla olla ylin johto. Moskovassa toimiva Suomen lähettiläs J.K. Paasikivi joutui torjumaan kaikki Molotovin vaatimukset vetoamalla IGF:n kanssa tehtyyn toimitussopimukseen se-



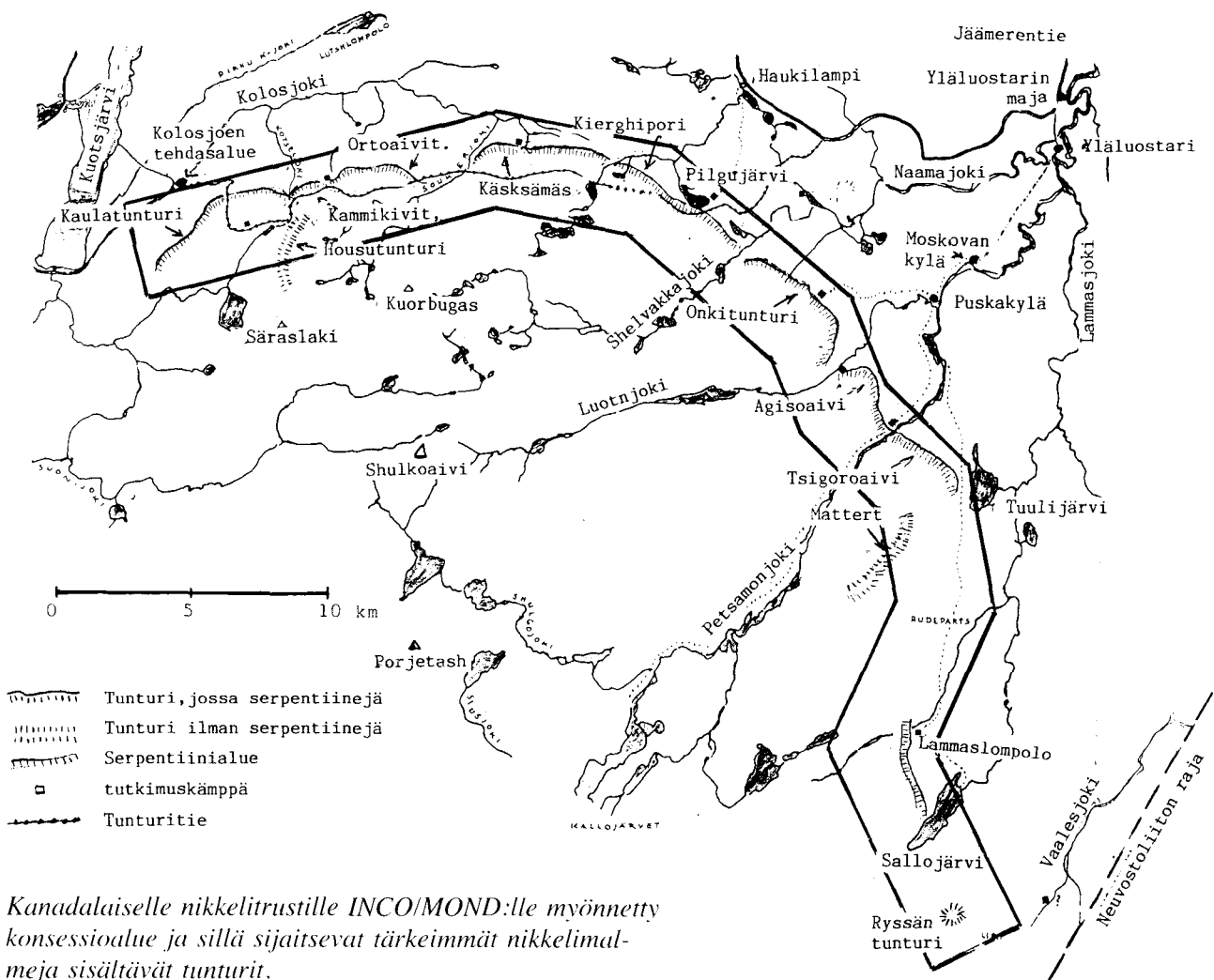
ka Incon kanssa edelleenkin voimassa olevaan konsessiosopimukseen. Päästäkseen päämääräänsä halusi Neuvostoliitto syksyllä 1940 lopullisesti selvittää välinsä Suomen kanssa. Tällöin Hitler, jonka käsityksen mukaan Saksa ei voinut voittaa sotaa ilman Petsamon nikkeliä, ilmoitti Neuvostoliitolle, että hän haluaa rauhan säilyvän Suomessa nikkelin saannin turvaamiseksi. Näin Suomi sillä hetkellä säästy Neuvostoliiton mahdolliselta hyökkäykseltä, jossa se jälleen olisi joutunut yksin taistelemaan Neuvostoliiton ylivoimaisjoukkoja vastaan ja mahdollisuudet tällä kertaa säästyä miehitykseltä olisivat olleet vähäiset.

Kun Suomi syksyllä 1940 teki sopimuksen nikkeli-toimituksista IGF:n kanssa, pyrki Englanti paitsi laivaupotuksin myös diplomaattisin keinoin estämään Saksan nikkelin saannin. Ulkoministeri Eden kävi joulukuussa 1941 Moskovassa neuvottelemassa sodan päämääristä. Tällöin Stalin asetti muiden ehtojen lisäksi vaatimuksen, että lopullisessa rauhassa koko Petsamo on luovutettava Neuvostoliitolle. Liitoutuneiden Teheranin kokouksessa tämä vaatimus vain vahvistettiin. Näin oli Petsamon kohtalo itse asiassa sinetöity jo vuonna 1941, vaikka suomalaiset eivät itse tienneet tästä koko sodan aikana.

Taloudellista taistelua suomalaiset joutuivat käymään aseveljiään saksalaisia vastaan. Saksalaiset olivat hyvin perillä Suomen hädänalaisesta asemasta ja pakoittivat Petsamon Nikkeli Oy:n taloudellisesti hyvin huonoon sopimukseen. He maksoivat saamastaan nikkelistä vain kolmanneksen silloisista maailman markkinahinnoista. Lisäksi he pyrkivät kaikin tavoin rajoittamaan Suomen omaa nikkelin käyttöä ja estämään erityisesti Outokumpu Oy:n suunnitteleman nikkelinjalostuslinjan rakentamista Suomeen. Hei-

dän tulevaisuuden Suur-Saksan suunnitelmiin kuului korkean teknologian keskittäminen vain Saksaan ja Suomi voisi toimia pääasiassa raaka-aineiden hankkijana. Rintamatilanteen huonontuminen pakotti saksalaiset kuitenkin vähitellen lieventämään kantaansa tässä suhteessa ja lopulta Suomi sai tarvitsemansa määrän nikkeliä sekä toivomansa hinnan siitä. Kaivokseen sijoittamansa pääoman perusteella saksalaiset yrittivät monin tavoin painostaa suomalaista tehdasjohtoa. He syyttivät suomalaisia tehostomuudesta ja vaativat muutoksia tehtaan johtoon ja lopulta esittivät koko konsessioalueen luovuttamista Saksalle. Suomalaiset pitivät kuitenkin puolensa eikä saksalaisten vaatimuksiin suostuttu.

Nikkelistä ja Petsamosta taisteltiin myös ase-in kahdessakin eri vaiheessa, ensin Talvisodassa ja sitten Luton rintamalla Jatkosodan aikana. Erikoista oli kolosjokelaisten Talvisotaan lähtö. Maanpuolustushenki oli kolosjokelaisten keskuudessa erittäin voimakas ja siviililuonteista partiointia rajoilla sekä tehdasvartiointia suoritettiin jo pitkään ennen Talvisodan syttymistä. Kun sitten neuvostojoukot yllättäen hyökkäsivät rajan ylitse, ei kutsuntamääräyksiä enää ehditty jakaa, vaan muodostettiin vapaaehtoiskomppania, jonka sotilaille varusteiksi voitiin antaa vain kivääri ja kokardi lakiin. Kaikki lähtivät sotaan siviilivarusteissa. Komppania yhdistettiin Os. P.:en ja se sai tulikasteensa jo kahden päivän kuluttua Yläluostarin luona käydyssä ankarassa torjuntataistelussa, jossa se löi hyökänneen vihollispataljoonan. Myöhemmin komppania osallistui kaikkiiin Petsamon rintaman taisteluihin. Luton rintaman taisteluihin eivät kolosjokelaiset enään osallistuneet yhtenäisenä komppaniana, vaan olivat hajaantuneina Os. P.:n eri joukkoosastoihin.



Kanadalaiselle nikkeli-trustille INCO/MOND:lle myönnetty konsessioalue ja sillä sijaitsevat tärkeimmät nikkelimalmat sisältävät tunturit.

# In Memoriam



**ERNST HÅKAN KRANCK**  
7.11.1898–25.5.1989

Professor Ernst Håkan Kranck avled i sitt hem i Darthmouth, Nova Scotia, Canada den 25.5.1989 i en ålder av 90 år.

Hän var vid sin bortgång Bergmannaföreningens äldsta medlem och en av de kvarlevande stiftande medlemmarna av föreningen.

Håkan Kranck blev student från Nya Svenska Samskolan i Helsingfors 1916 och började studera geologi och mineralogi vid Helsingfors Universitet. Han fick en gedigen och mångsidig skolning i olika grenar av geologin under professor Wilhelm Ramsays ledning. Han fick också tidigt träning i praktisk malmletning då han 1917 som ung student fick deltaga i den guldletningsexpedition till Urianchai nära Jenissej-flodens källor vilken leddes av chefen för Geologiska Kommissionen professor J.J. Sederholm.

Håkan Kranck blev fil.kand. 1923, fil.lic. 1929 och fil.doktor 1933. Hans doktorsavhandling berörde alkalibergarter från Turja på Kola halvön. Den schweiziska geologen Eugène Wegmann gav honom nya synpunkter på tektoniken i det finska urberget och tillsammans karterade de Helsingfors östra skärgård. Kranck fortsatte sina undersökningar vid Porkkala och utanför Ekenäs.

Kranck blev 1930 docent i geologi vid Helsingfors Universitet och 1932 lärare i ekonomisk geografi vid Svenska Handelshögskolan. År 1934 utnämndes han till professor i detta ämne.

Både intellektuellt och kroppsligt var Kranck en av våra mest rörliga geologer och företog ett imponerande antal forsknings- och studieresor till olika delar av världen. År 1925 arbetade han i Kanada, 1928 deltog han i en av Väinö Auer ledd expedition till Eldslandet i Argentina. 1933 befann han sig på Grönland, 1935 var han knuten vid Bolidenbolagets guldletningar i Lappland och 1939 undersökte han Labradorkustens geologi.

År 1940 blev Kranck anställd vid Oy Vuoksenniska Ab såsom chefgeolog för att hjälpa till att utbygga bolagets molybdengruva i Mätäsvaara och guldgruvan i Haveri samt för att leda malmundersökningar på olika håll i landet. Bland annat hade bergsrådet Berndt Grönblom planer på brytning av järmmalmen i Lappland. Kranck var stationerad på bolagets huvudkontor som då låg vid Fabiansgatan och han var på platsen då Bergmannaföreningen grundades på Hotel Kämp år 1943.

Under åren 1945–1948 verkade Kranck som professor i geografi vid universitetet i Neuchatel, men han föredrog att undervisa i geologi och flyttade därför gärna till McGill Universitetet i Montreal i Kanada där han innehade en professur i geologi ända till sin pensionering år 1970.

Såsom professor i Montreal hade han tillfälle att deltaga i flera geologiska exkursioner, man kan gott kalla dem upptäcktsresor, till det norra Kanada bl.a. Baffins land och Axel Heibergs land, som ligger ännu långt nordligare och där man gott kan säga att världen tar slut.

Sina vetenskapliga rön presenterade Håkan Kranck i ett 80-tal skrifter under sina aktiva forskarår. Han gav också ut tre böcker



**OTSO LAVONIUS**  
26.2.1910–23.3.1989

Ammattikasvatushallituksen entinen ylitarkastaja, yli-insinööri Otso Wilhelm Lavonius kuoli Helsingissä 23. maaliskuuta 1989. Hän oli syntynyt 26. helmikuuta 1910 Helsingissä. Ylioppilaaksi hän tuli 1929 ja valmistui diplomi-insinööriksi 1935 Teknillisen korkeakoulun koneinsinööriosastolta.

Otso Lavonius toimi aluksi Teknillisen korkeakoulun vesivoimalaboratorion assistenttina. Vuosina 1936–37 hän toimi ylimpänä koneinsinöörinä VR:n Turun ja Viipurin konepajoilla. Työpajainsinöörin virkaa hän hoiti Oy Lokomo Ab:ssä vuosina 1937–41. Vuonna 1942 Lavonius siirtyi Jyväskylään Valmetin Valtion tykki-tehtaan käyttöinsinööriksi tullen saman tehtaan isännöitsijäksi vuonna 1947.

Viialan Viila Oy:n toimitusjohtajana Otso Lavonius toimi vuosina 1951–63. Tikkakoski Oy:n toimitusjohtajaksi hänet valittiin 1963 ja tätä virkaa hän hoiti vuoteen 1967 asti. Finska kolsyreindustri Ab:n palveluksessa hän toimi vuodet 1967–69.

Vuonna 1969 Otso Lavonius nimettiin Ammattikasvatushallituksen ylitarkastajaksi ja vuonna 1971 saman viraston yli-insinööriksi siirtyen tästä virastaan eläkkeelle vuonna 1977.

Otso Lavonius otti aktiivisesti osaa eri yhdistysten ja julkisen hallinnon toimiin. Nuoruudessaan hän osallistui tarmolla partiotiimintaan saavuttaen I-luokan Mannerheim-soljen. Jyväskylässä hän toimi Jyväskylän teknillisen seuran puheenjohtajana. Viialan kunnanvaltuuston jäsen hän oli 1954–56. Tampereen kaupakamarin hallituksessa hän toimi vuosina 1961–63.

K. J. Ståhlbergin Säätiön hallituksen jäsen Otso Lavonius oli lähes neljännesvuosisadan, josta kymmenkunta vuotta hallituksen puheenjohtajana. Hän oli myös Rotary Internationalin jäsen.

Otso Lavonius osallistui molempiin viime sotiimme. Hänet ylennettiin insinöörikapteeniksi 1942. Hänet oli palkittu sotilas- ja kansalaisansioistaan useilla kunniamerkeillä.

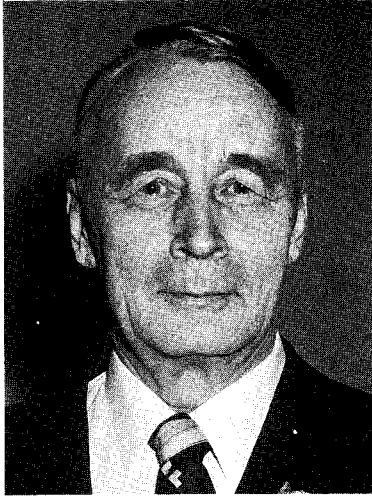
Vuorimiesyhdistys r.y:n metallurgijaoston jäsen Otso Wilhelm Lavonius oli vuodesta 1943 lähtien.

hällna i mer populär form där han berättar om fältgeologens och upptäcktsresandens vedermodor och glädjeämnen, skildrande sina färder över Urianchais stäpper, på Eldslandet och i Labrador. Hans rika erfarenhet från skilda delar av jordklotet i kombination med ett livligt intellekt och en varm humor gjorde honom till en inspirerande lärare, kollega och vän.

Herman Stigzelius

Ernst Håkan Kranck var år 1943 stiftande medlem av Vuorimiesyhdistys—Bergmannaföreningen r.y. och han hörde till geologsektionen.

Redaktionen



**JORMA KINNUNEN**  
13.12.1912 - 28.5.1989

Filosofian tohtori h.c. Jorma Pentti Kinnunen kuoli 28. päivänä toukokuuta 1989 Porissa. Hän oli syntynyt 13. päivänä joulukuuta 1912 Antreassa.

Ylioppilaaksi Jorma Kinnunen tuli Viipurin reaalikoulu, maanviljelys- ja kauppalyseosta v. 1930. Filosofian kandidaatin tutkinnon hän suoritti Helsingin yliopistossa v. 1936.

Tammikuun 1. päivänä 1937 pestasi Outokumpu Oy:n Imatran Kuparitehtaan johtaja tri-ins. Otto Barth Jorma Kinnusen kemistiksi Imatran Kuparetehtaan laboratorioon.

Hyvin merkityksellinen Jorma Kinnusen uralle oli laboratorioharjoittelu silloisessa kemistien Mekassa, Nord-Deutsche Affineriessä, Hampurissa. Lähes neljän kuukauden ajan, helmikuusta toukokuun loppuun, vuonna 1938 hän perehtyi mm. kuparin, hopean, kullan ja lyijyn tuotannossa tarvittaviin analyyseihin. Lisäksi hän teki muistimpanoja laboratorion rakenteellisista yksityiskohdista, jotka olivat myöhemmin suureksi hyödyksi laboratorioita suunniteltaessa.

Vuodesta 1937 vuoteen 1941 Jorma Kinnunen toimi Outokumpu Oy:n Imatran Kuparitehtaalla aluksi kemistinä ja myöhemmin laboratorion johtajana. Heinäkuussa 1941 hän siirtyi Outokumpu Oy:n Keskuslaboratorion johtajaksi Poriin. Tässä tehtävässä hän toimi aina eläkkeellejäämiseensä saakka 31.12.1977

Jorma Kinnunen kehitti ja sovelsi nykyaikaista analyyttistä kemiaa esim. kompleksometriaa metallien analysoimiseksi. Hän oli myös valveutunut soveltamaan ja käyttämään uudenaikaisia instrumentaalisia analyysimenetelmiä.

Niin ankean ja puutteen täyttämänä sota-aikana kuin sotakorvausten suorittamisessa olivat kuparituotteet tärkeitä. 1950-, 60- ja 70-luvuilla Outokumpu Oy:llä oli voimakas kehityksen ja laajentumisen kautensa. Yhtiö muuttui yhden metallin, kuparin, valmistajasta monimetalliyhtiöksi. Jorma Kinnusen Keskuslaboratoriolla oli tärkeä sijansa Metallitehtaan prosessinohjauksessa ja laadunvalvonnassa. Varsin merkittävä osuus oli analytiikalla uusia prosesseja kehitettäessä.

Huomattava oli Jorma Kinnusen panos uuden kemistipolven kouluttajana, sillä lukuisa on se analyytikkojen joukko, joka hänen 41 vuotta kestäneen aktiivikautensa aikana sai opastusta analytiikassa.

Jorma Kinnunen julkaisi n. 80 analyyttisen kemian tutkimusta ja näistä suurin osa julkaistiin arvovaltaisissa ulkomaalaisissa tieteellisissä aikakauslehdissä.

Suurista ansiostaan metallianalytiikan tutkijana ja soveltajana filosofian kandidaatti Jorma Kinnunen vihittiin kunniatohtoriksi Helsingin yliopiston filosofisen tiedekunnan promotioissa 26.-27. päivinä toukokuuta 1977.

Siirryttyään eläkkeelle tohtori Kinnunen julkaisi vielä useita analyytiikkaa koskevaa tutkimusta.

Eläkepäivinä hän keskittyi syntymäpitäjänsä Antrean vaihei-



**KAARLO OLAVI KOPONEN**  
9.8.1916 - 19.7.1989

Diplomi-insinööri Kaarlo Olavi Koponen kuoli 19.7.1989. Hän oli syntynyt Vahvialassa 9.8.1916. Ylioppilaaksi hän tuli Turun Suomalaisesta Lyseosta vuonna 1934. Diplomi-insinööriksi hän valmistui Teknillisen korkeakoulun kemianosaston epäorgaanisen kemian opintosuunnalta.

Olavi Koponen toimi Kupittaa Savi Oy:n käyttöinsinöörinä 1940-45, teknillisenä johtajana 1945-46 ja toimitusjohtajana 1946-59.

Brasiliaan Olavi Koponen siirtyi vuonna 1960 missä hän kymmenen vuotta toimi Valmet do Brasil SA:n toimitusjohtajana. Kotiuduttuaan Brasiliasta hän toimi Valmet Oy:n pääkonttorissa kaupallisena apulaisjohtajana 1971-76 ja kaupallisena johtajana 1977-79.

Nuoruudessa Olavi oli mukana Auran tähtipoikien toiminnassa. Oriniemen ulkoilualueen säätiön jäsen hän oli vuodesta 1956.

Turun kunnalliseen elämään hän otti aktiivisti osaa. Hän oli Turun teknillisen seuran puheenjohtajana 1951-52, Turun teollisuudenharjoittajien puheenjohtajana 1956-58, Suomen Tiiliteollisuusliiton puheenjohtajana 1956-58 ja Suomen Keraamisen seuran puheenjohtajana 1959.

Turun yliopiston valtuuskunnassa Koponen toimi vuosina 1954-60. Turussa hän lisäksi toimi Ranskan konsulina 1952-59. Suomen pääkonsulina Sao Paulossa hän vaikutti vuosina 1967-70.

Olavi Koponen osallistui sekä Talvi- että Jatkosotiimme ja hän oli sotilasarvoltaan yliluutnantti. Hänelle oli mm. myönnetty VR 3 tammilehvien kera.

Ammatin hoitamisestaan sekä luottamustehtävien täyttämisestä hänelle oli myönnetty useita sekä koti- että ulkomaisia kunnia- ja ansiomerkkejä.

Erikoisharrastuksenaan hänellä oli kehitysmaiden probleemien ratkaiseminen.

Vuorimiesyhdistys r.y.:n metallurgijaoston jäsen Kaarlo Olavi Koponen oli vuodesta 1945 lähtien.

den tutkimiseen. Lämminhenkisissä kuvauksissa ” Paratiisi Hiirijärven rannalla ” ja ” Muistelmia Antrean Hattulasta ” tulee selvästi esille lapsuudenajan Antrean merkitys tohtori Kinnuselle vielä eläkevuosinakin.

Vain harvoille on suotu niin rikas ja työntäyteinen elämä kuin mitä tohtori Kinnusella oli.

Pentti Rautavalta

Vuorimiesyhdistys r.y.:n metallurgijaoston jäsen Jorma Pentti Eenokki Kinnunen oli vuodesta 1943.

Toimitus



**SULO AARNISALO**  
7.7.1909–15.9.1989

Diplomi-insinööri Sulo Allan Aarnisalo kuoli pitkäaikaisen sairauden murtamana 15.9.1989 Porissa. Hän oli syntynyt 7.7.1909 Porissa, tullut ylioppilaaksi 1929 Porin Lyseosta ja valmistunut diplomi-insinööriksi Teknillisestä korkeakoulusta 1937.

Sulo Aarnisalo osallistui Talvisotaan Suomussalmen, Kiantajärven ja Juntusrannan taisteluihin ja Jatkosodan aikana Simpele-Hiitola sekä Suvanto-Taipale lohkoilla käytyihin taisteluihin. Hänelle oli myönnetty mm. VR IV lk miekkojen kera ja VR II lk kunniamerkit. Sotilasarvoltaan Sulo Aarnisalo oli luutnantti.

Sulo Aarnisalo toimi Keskuslaboratorio Oy:ssä tutkimusassistenttina 1938–39 ja Kauppa- ja teollisuusministeriön patenttiasiantoinimistossa tutkimusinsinöörinä 1939–42. Varsinaisen elämäntyönsä Sulo Aarnisalo suoritti Outokumpu Oy:n palveluksessa. Hän aloitti työnsä Outokumpu Oy:n Porin tehtailla tutkimusinsinöörinä 1942. Sotien jälkeen hän toimi vuodesta 1946 vuoteen 1963 valimon päällikkönä ja tämän jälkeen vuonna 1967 tapahtuneeseen eläkkeelle siirtymiseensä asti valimon koulutus- ja turvallisuuspäällikkönä. Sulo Aarnisalo osallistui mm. Outokumpu Oy:n Imatran tehtaiden dramaattiseen siirtoon Harjavaltaan. Hän oli keskeisesti mukana myös kehitettäessä aihoiden valussa käytettyä jatkuvavalumenetelmää.

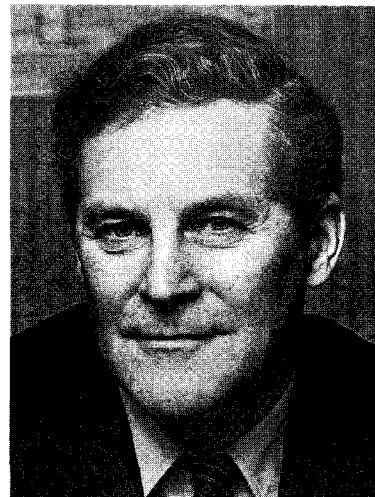
Sulo Aarnisalo osallistui oman tekniikan alansa järjestöjen ja organisaatioiden toimintaan ollen muun muassa perustamassa Porin teknillistä oppilaitosta. Vuorimiesyhdistyksen jäsen hän oli vuodesta 1943. Hänen läheisin harrastuksensa oli veneily ja myöhemmin eläkkeellä ollessa lukeminen.

Ihmisenä Sulo Aarnisalo oli avulias ja vastuuntuntoinen, oikea vanhan ajan herrasmies. Juuri tällaisena vanhempansa metallurgina opin appeni Sulon tuntemaan.

Heikki Kleemola

Vuorimiesyhdistys r.y.:n metallurgijaoston jäsen Sulo Allan Aarnisalo oli vuodesta 1943.

Toimitus



**LAURI PÖYHÖNEN**  
24.12.1922–13.10.1989

Ovako Oy Ab:n entinen toimitusjohtaja, varatuomari Lauri Pöyhönen kuoli Meilahden sairaalassa Helsingissä 13. lokakuuta 1989.

Lauri Helge Johannes Pöyhönen oli syntynyt 24.12.1922 Terijoella ja tuli ylioppilaaksi Helsingin suomalaisesta lyseosta 1941. Hän suoritti ylempään oikeustutkinnon 1947 ja sai varatuomarin arvon 1950.

Lauri Pöyhönen työskenteli aluksi Kaarlo Castrenin asianajotoimistossa, lakimiehenä Clas Thunbergin Rakennustoimistossa ja Suomen Puunjalostusliiton Työnantajaliitossa apulaisasiamiehenä. Rauma-Repola Oy:n Rauman tehtaan lakimieheksi ja yleisen osaston päälliköksi hän siirtyi 1955, nimitettiin apulaisjohtajaksi 1963 ja johtajiston jäseneksi 1964. Tämän jälkeen Pöyhönen toimi Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n varatoimitusjohtajana ja hallituksen jäsenenä 1970–1976.

Vuonna 1976 Lauri Pöyhönen siirtyi Ovako Oy Ab:n johtajiston puheenjohtajaksi ja toimitusjohtajaksi 1977. Ulkopuolelta yhtiöön tullessaan hänellä oli hyvät mahdollisuudet käsitellä siihen rakennemuutokseen liittyviä kysymyksiä, kun Ovakon, Wärtsilän ja Fiskarsin ns. pitkien tuotteiden valmistus yhdistettiin 1979. Kolmen yhtiön osien yhteenliittäminen ja toiminnan sopeuttaminen vei noin kolme vuotta. Vuonna 1982 täytettyään 60 vuotta hän siirtyi eläkkeelle.

Lauri Pöyhösen erikoisharrastuksiin kuuluivat mm. metsästys ja liikunta. Suomen Metsästäjäliiton puheenjohtajana hän toimi 1979–1982 ja Suomen Palloliiton puheenjohtajana 1983–1987.

Pöyhönen hoiti myös lukuisia luottamustehtäviä. Hän oli Keskuskaupparin varapuheenjohtaja 1975–1980, Saksalais-suomalaisen kauppakamarin puheenjohtaja 1979–1980 ja Mec-Rastorin hallituksen puheenjohtaja 1979–1983. Hänet valittiin Suomi-Amerikka Yhdistysten Liiton puheenjohtajaksi 1984. Tätä tehtävää hän hoiti vuoteen 1988, jolloin hän siirtyi liiton liittovaltuuston puheenjohtajaksi.

Pöyhönen oli myös merkittävästi kulttuurielämässä mukana. Hän kuului Suomen Kulttuurirahaston hallitukseen, oli perustamassa mm. Intiimitateria ja toimi sen hallituksessa.

Lauri Pöyhönen tunnettiin humanistisena yritysjohtajana, jolle kanssakäyminen muiden kanssa oli helppoa. Hän oli ihmisläheinen johtaja, joka sai muut ymmärtämään toisiaan kun sitä tarvittiin.

Reijo Antola

Vuorimiesyhdistys r.y.:n metallurgijaoston jäsen Lauri Helge Johannes Pöyhönen oli vuodesta 1978 lähtien.

Toimitus

# Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaförening ry:n tutkimuslustoet, kirjat ja julkaisut

## Tutkimuslustoet: sarja A

A 9	"Rikastamoiden jätelueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,-
A 10	"Kuulurakenteet"	20,-
A 20	"Rikastamoiden instrumentointi"	20,-
A 22	"Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,-
A 24	"Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus"	20,-
A 25	"Geofysikaaliset kenttätyöt I – Painovoimamittaukset"	20,-
A 27	"Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,-
A 32	"Seulonta"	40,-
A 34	"Geologisten joukkonäytteiden analysointi"	50,-
A 36b	"Pakokaasukomitea – uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmootorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,-
A 39	"ATK-menetelmien käyttö kallioeräkartoituksissa"	25,-
A 42	"Kaivosten työympäristö"	50,-
A 47	"Murskeen varastointi talviolosuhteissa"	40,-
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	"Holvautuminen purkumenetelmät"	50,-
A 61/I	"Rakeisen materiaalin kosteuden mittaus"	50,-
A 62	"Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtiyhdistyksistä"	30,-
A 63	"Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi"	50,-
A 64	"Suomessa tehdyt kallion jännitystilamittaukset"	50,-
A 65	"Kiintoaineen ja veden erotus"	50,-
A 66	"Pohjavesikysymys kallioiltoissa"	50,-
A 67	"Crosshole seismic investigation"	70,-
A 68	"Automation of a drying process"	70,-
A 69	"Rakeisen materiaalin jatkuvatoinen kosteuden mittaus"	50,-
A 70	"Happamien ja intermediaaristen magmakivien kivilajimäärittäminen pääalkuainekoostumuksen perusteella"	50,-
A 71	"Kallion tarkkailumittaukset"	50,-
A 72	"Elementtimenetelmien käyttö kaivostilojen lujuuskalibroinnissa"	50,-
A 73	"Crosshole seismic method"	50,-
A 74	"Pölynerotus ja ilmansuojelu"	70,-
A 75	"Heikkousvyöhykkeiden geofysikaaliset tutkimusmenetelmät"	90,-
A 76	"Teollisuusmineraaliesiintymien raaku- ja malmityyppikartoitus geofysikaalisten menetelmien avulla"	50,-
A 77	"Kaivosten jätevedet, kiinteät jätteet ja ympäristönsuojelu"	50,-
A 78	"Suomen kaivokset ja ympäristönsuojelu"	50,-
A 79	"Kaivosten kiinteiden jätteiden ja jätevesien käsittely – Ohjeita ja suosituksia"	50,-
A 80	"Hienojen raeluokkien rikastus"	100,-
A 81	"Measurement of Rock Stress in Deep Boreholes"	50,-
A 82	"Avolouhosseinämien puhdistus"	70,-
A 83	"Economic Blasting in Open Pits"	50,-
A 84	"Näytteenotto ja havainnointi kaivosteknisten kallio-ominaisuuksien selvityksessä"	50,-
A 85	"Mineralisaatioiden luokittelu taajusalueen spektri-IP-mittauksia käyttämällä"	100,-
A 86	"Kalliokaivojen paikantaminen"	30,-
A 87	"Syvä sähköiset malminetsintämenetelmät"	100,-
A 88	"Suomen nikkelimalmien petrofysikaaliset ominaisuudet."	150,-
A 89/I	"Näytteenotto jauheista"	70,-
A 89/II	"Näytteenotto jauheista"	70,-

## Koulutus- ja seminaarimonistheet, kalliomekaniikan päivien esitelmämonistheet sekä muut julkaisut: sarja B

hintaa	B	"Kalliomekaniikan päivät 1967-78, 1983-84"	50,-
	B 12	"Kalliomekaniikan sanasto"	10,-
	B 14	"Kaivossanasto"	8,-
	B 16	INSKO 106-73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"	45,-
	B 17	INSKO 49-74 "Skänkmetallurgi-Senkametallurgin"	45,-
	B 18	INSKO 90-74 "Investoinnit ja käyttöalaskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa"	45,-
	B 19	INSKO 45-75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakysymyksiä metalliteollisuudessa"	45,-
	B 23	"Laatokan-Perämeren malmivyoehyke"	40,-
	B 25	"Raakulaimennus ja sen taloudellinen merkitys kaivos-toiminnassa"	50,-
	B 27	"Uraaniraaka-ainesymposiumi"	50,-
	B 29	"Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"	90,-
	B 30	"Teollisuusmineraalisesiminaari"	50,-
	B 32	"Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisesiminaari"	50,-
	B 37	"Kaivoskohteiden urakkasopimusjärjestelmä"	50,-
	B 38	"Tuotantomineralogian seminaari 16.1.1986"	60,-
	B 39	"Maanalaisen louhintatyömaan sähköistys ja automaatio"	100,-
	B 40	"Vuorimiesyhdistyksen tutkimuslustoet kirjoitusohjeet"	—
	B 41	"Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen kehittämissuunnitelma 1988"	50,-
	B 42	"Malminetsinnän tehtävä ja tarkoituksenmukainen organisointi Suomessa yhteiskunnan ja vuoriteollisuuden kannalta"	30,-
	B 43	"Mineraalisten raaka-aineiden tarve ja saatavuus Suomessa"	50,-
	B 44	"Kalliotekniikan tutkimus- ja kehityssuunnitelma"	50,-
	B 45	"Kairaus -89 koulutuspäivät"	100,-
	B 46	"Kalliomekaniikan päivä 89"	80,-

VMY:n solmio { sininen, 100% silkki 70,-  
viinipunainen, —" 70,-

"PETSAMON NIKKELI – Taistelu metallista" 95,-  
toimittajat Eugen Autere ja Jaako Liede  
ISBN 951-95999-7-5

Vuoriteollisuus – Bergshanteringen lehti  
vuosikerta Suomessa 90,-  
vuosikerta ulkomailla 120,-  
Eero Mäkinen-mitali 200,-

**Vuoriteollisuus – Bergshanteringen-lehden vanhempi numerot myytävänä vuosikertojen täydennykseksi jäsenille hintaan 2,50/numero.**

**Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta kirjallisesti osoitteella:**

**Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.**  
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen  
PL 280, 00101 HELSINKI  
tai telefax 90-4032429

LuK Marjatta Parkkinen hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenrekisteriä. Mikäli osoite, tehtävät tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutosisiöituksen kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.

Os.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.  
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen  
PL 280, 00101 HELSINKI  
tai telefax 90-4032429

NatK Marjatta Parkkinen sköter om Bergsmannaföreningens medlemsregister. Om er adress, arbetsuppgifter eller tjänst har ändrats, anholder vi om skriftlig ändringsanmälan, till "Nytt om medlemmarna" spalten.

Adr.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.  
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen  
PB 280, 00101 HELSINGFORS  
eller telefax 90-4032429



## ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- Oy ALGOL Ab
- Oy ATLAS COPCO Ab
- DALSBROK Oy Ab
- Oy FORCIT Ab
- HANGON KIRJAPAINO Oy
- Oy HOECHST FENNICA Ab
- Oy HÖGANÄS Ab
- KALLIOSUUNNITTELU Oy, ROCKPLAN Ltd
- KEMIRA Oy, Vihtavuoren tehtaas
- KOMETA Oy
- KUUSAKOSKI Oy
- LAROX Oy
- Oy LOHJA Ab, Sementtitehdas
- MACHINERY Oy, Louhinta ja maansiirto
- OUTOKUMPU Oy, Metallurginen teollisuus
- OVAKO STEEL Oy Ab
- Oy PARTEK Ab
- RAUMA-REPOLA Oy, Nordberg-ryhmä
- RAUTARUUKKI Oy
- Insinööritoimisto SAANIO & RIEKKOLA
- SANDOZ OY
- SUOMEN MALMI Oy
- Oy TAMPELLA Ab, TAMROCK
- Oy TRELLEX Ab
- VOLVO AUTO Oy Ab, Koneosasto
- WIHURI Oy, WITRAKTOR

## OHJEITA KIRJOITTAJILLE

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

**Käsikirjoitukset** on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkiä 2-välillä. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuusuilteineen** 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. Kuvien ja piirustusten tulisi mieluiten olla musta-valkoisia.

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

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

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

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

Palauttaa **aina** 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**.

## UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

### Kokouksessa 14.9.1989

- From, Frank, Ing.**, s. 19.02.1958. Outomec Inc., produktchef för hydro-metallurgi. Os.: Mänskensgatan 2 E 61, 02210 ESPOO. Jaosto: met.
- Halkoaho, Tapio, FK**, s. 29.11.1961. KTM/Peräpohjan platinaprojekti, geologi, tutkija. Os.: Kontiotie 5-7 D 40, 90530 OULU. Jaosto: geo.
- Herzen, Mikael von, DI**, s. 19.04.1962. Rammer Oy, aluemyyntipäällikkö. Os.: Mansikkapolku 5 B 9, 15300 LAHTI. Jaosto: kai.
- Holopainen, Erkki, Ins.**, s. 31.05.1943. Lemminkäinen Oy, rakennuspäällikkö/kalliorakennussektori. Os.: Koulutie 4 B 9, 02570 SIUNTIO. Jaosto: kai.
- Huhtelin, Timo, FK**, s. 25.10.1959. KTM/Peräpohjan platinaprojekti, geologi, tutkija. Os.: Isokatu 73 A 8, 90120 OULU. Jaosto: geo.
- Johansson, Thord, DI**, s. 01.07.1949. Ovako Steel Hellefors AB, Forskningschef. Os.: Villavägen 10, S-71234 HÄLLEFORS, SVERIGE. Jaosto: met.
- Ljungqvist, George, Ins.**, s. 07.09.1951. Poricopper Ltd, tuotepäällikkö. Os.: Kaarapellontie 5, 28610 PORI. Jaosto: met.
- Lukumaa, Juhani, TkL.**, s. 15.10.1947. Kometa Oy, Toimitusjohtaja. Os.: Kaivokatu 7 B, 05800 HYVINKÄÄ. Jaosto: kai.
- Mertanen, Satu, FK**, s. 29.04.1957. Geologian tutkimuskeskus, geofyysikko, paleomagnetismin laboratorio. Os.: Neljäs linja 26 C 84, 00530 HELSINKI. Jaosto: geo.
- Paananen, Markku, DI**, s. 30.01.1961. Geologian tutkimuskeskus, Tutkija, ydinjätteiden sijoitustutkimukset. Os.: Kangaspellontie 7 B 6, 00300 HELSINKI. Jaosto: geo.
- Pettersson, Hans, Ins.**, s. 15.11.1946. Osuuskunta Teollisuuden Romu, Toimitusjohtaja. Os.: Piispankatu 11 B 7, 20500 TURKU. Jaosto: met.
- Rantalahti, Raimo, DI**, s. 17.03.1941. Outokumpu Oy kupari-nikkeli-ryhmä, suojeלוosaston päällikkö. Os.: Itsenäisyydenkatu 55 B 18, 28100 PORI. Jaosto: met.
- Saari, Timo, Ins.**, s. 15.03.1949. Ovako Steel Jokioinen, tehtaanjohtaja. Os.: Tempelitie 10, 31600 JOKIOINEN. Jaosto: met.
- Sarapää, Olli, FK**, s. 26.11.1952. Geologian tutkimuskeskus, geologi, kaoliini-projekti/malmiosasto. Os.: Kalastajankuja 4 F 43, 02230 ESPOO. Jaosto: geo.
- Simula, Kalevi, FK**, s. 20.03.1959. TKK/Kalliotekniikan laboratorio, tutkija. Os.: Uudenmaantie 17-19 B 1, 03400 VIHTI. Jaosto: geo.
- Sjövall, Pär, DI**, s. 04.04.1952. Ovako Steel Hellefors AB, Verkstälände direktör. Os.: Grönvallsvägen 2, S-71234 HÄLLEFORS, SVERIGE. Jaosto: met.
- Strand, Kari, FK**, s. 24.04.1957. Oulun Yliopisto/Geologian laitos, Suomen Akatemian tutkimusassistentti. Os.: Kaislatie 3 T 3, 90160 OULU. Jaosto: geo.
- Trillkott, Lars, Ing.**, s. 11.05.1930. Ovako Steel Hellefors AB, Logistikchef. Os.: Kronhagsvägen 1 B, S-71233 HÄLLEFORS, SVERIGE. Jaosto: met.
- Valkama, Minna-Maarit, M.Sc. (Eng)**, s. 07.01.1962. Rautaruukki Oy Raahe, tutkimusinsinööri. Os.: Ouluntie 10 C 25, 92100 RAAHE. Jaosto: met.
- Vanhala, Heikki, FK**, s. 14.06.1955. Teknillinen Korkeakoulu/IGE, tutkija. Os.: Kaupparaitti 13 C 39, 00700 HELSINKI. Jaosto: geo.
- Viita, Helene, FK**, s. 11.08.1959. Teknillinen Korkeakoulu, julkaisutoimittaja, ins.geol. ja geofys.os. Os.: Limingantie 38 A, 00550 HELSINKI. Jaosto: geo.

### Kokouksessa 7.11.1989

- Ekberg, Bjarne, DI**, s. 26.04.1953. Valmet Pappersmaskiner Ab Pansio Fabrik, Chef för produktgruppen Processfilter. Os.: Polusmäntie 29, 21260 RAISIO. Jaosto: rik.
- Gang, Yu, M.Sc.**, s. 21.06.1962. TKK, Reseacher. Os.: Jämeräntäival 11 L 226, 02150 ESPOO. Jaosto: met.
- Haraldsen, Ane, DI**, s. 23.07.1964. TKK, Forsker. Os.: Teknillinen Korkeakoulu/PM, 02150 ESPOO. Jaosto: met.
- Heikkilä, Pekka, DI**, s. 19.02.1962. Neste Oy Komposiittitekniologia, Kehitysinsinööri. Os.: Töölönkatu 27 B 50, 00260 HELSINKI. Jaosto: rik.

- Heinonen, Petteri, DI**, s. 29.01.1963. Neste Oy Porvoo, Prosessi-insinööri. Os.: Paraistentie 4 as 8, 00280 HELSINKI. Jaosto: met.
- Hindström, Rolf, DI**, s. 22.07.1952. Valmet Pappersmaskiner Pansio Fabrik, Produktutvecklingschef. Os.: Munsteåkersgatan 6 C 18, 20740 ÅBO. Jaosto: rik.
- Keyzer, Peter, B.Sc.**, s. 25.07.1966. TKK, Reseacher. Os.: Jämeräntäival 3 B 211, 02150 ESPOO. Jaosto: met.
- Laakso, Pia**, s. 25.01.1964. Oy Fiskars Ab, Diplomityöntekijä. Os.: Jämeräntäival 11 D 101, 02150 ESPOO. Jaosto: met./opiskelija.
- Leinonen, Risto, DI**, s. 27.05.1954. Outokumpu Oy Terästeollisuus, Käyttöinsinööri. Os.: Parasniementie 2 B 3, 95450 TORNIO. Jaosto: met.
- Paavola, Jussi**, s. 01.10.1966. TKK, Tutkimusapulainen. Os.: Avaruuskatu 4 C 36/1, 02210 ESPOO. Jaosto: met./opiskelija.
- Pesonen, Jouko, DI**, s. 04.03.1960. Rautaruukki Oy Raahan Terästehdas, Käyttöinsinööri. Os.: Kajonharjuntie 31, 90570 OULU. Jaosto: met.
- Pinomaa, Tuomas**, s. 08.06.1963. TKK, Tutkimusapulainen. Os.: Pellervontie 24, 00610 HELSINKI. Jaosto: met./opiskelija.
- Pärkkä, Raimo, DI**, s. 21.07.1959. Rautaruukki Oy Raahan Terästehdas, Käyttöinsinööri. Os.: Kiertotie 17, 92140 PATTIJOKI. Jaosto: met.
- Ranta, Heikki, DI**, s. 09.02.1964. TKK, Tutkija. Os.: Mannerheimintie 68 A 8, 00260 HELSINKI. Jaosto: met.
- Reinikainen, Tommi**, s. 31.08.1965. TKK, Tutkimusapulainen, tuntiasistentti. Os.: JMT 11 G 145, 02150 ESPOO. Jaosto: met./opiskelija.
- Saxlund, Pentti, DI**, s. 17.03.1957. Outokumpu Oy Terästeollisuus, Kehitysinsinööri. Os.: Ainontie 5, 95450 TORNIO. Jaosto: met.
- Takala, Heikki, DI**, s. 01.04.1952. Outokumpu Oy Tutkimuskeskus, Tutkimusinsinööri. Os.: Pähkinäkuja 29 as 2, 28660 PORI. Jaosto: met.
- Vuorela, Markku, DI**, s. 07.10.1946. Lemminkäinen Oy, Vientijohtaja SEV-kaupan johto. Os.: Kaartotie 34, 04430 JÄRVENPÄÄ. Jaosto: rik.
- Väisänen, Erkki, DI**, s. 23.08.1957. Kometa Oy, Tuotekehitysinsinööri. Os.: Helmiäispolku 5 B 40, 00530 HELSINKI. Jaosto: kai, met.

## UUTTA JÄSENIÄ — NYTT OM MEDLEMMARNA

- Ainali, Markku, DI**. Metallverken AB, Västerås, korrosionsforskning. Os.: Plåtverksgatan 79, S-72474 VÄSTERÅS. SVERIGE.
- Diehl, Gösta, DI**. Teknologian kehittämiskeskus TEKES. Os.: Itäinen Puistotie 9 A 5, 00140 HELSINKI.
- Eerola, Ilkka, DI**. Rauma-Repola Oy, Kehitysjohtaja, kansainvälinen liiketoiminta. Os.: 903 Ridge Drive, McLean, VIRGINIA 22101, USA.
- Häkkinen, Kari, TkT**, dosentti. Teollisuusvakuutus Riskienhallintaryhmä, Työsuojelun johtava asiantuntija. Os.: Kunnaantie 6 A 16, 01370 VANTAA.
- Kahila, Erja, DI**. Neste Oy Porvoon tuotantolaitokset, Laiteinsinööri. Os.: Kreivinkuja 6, 06400 PORVOO.
- Kekki, Kimmo, DI**. Ruskealan Marmorin Oy, Louhen kalkkitehtaan tehdaspäällikkö. Os.: Hernemäenkuja 6 B, 57170 SAVONLINNA.
- Kosomaa Lasse, FM**. Os.: Lautamiehentie 2 D 19, 21600 PARAINEN.
- Kullberg, Hans, DI**. Dalsbruk Oy Ab Ämmänsfors, Platschef.
- Liljestrand, Bjarne, DI**. Lemminkäinen Oy. Markkinointipäällikkö rakennusosasto/kalliorakennustyöt.
- Nieminen, Pekka, DI**. Oy Tampella Ab Tamrock Surface, Aluemyyntipäällikkö. Os.: Huovarinkatu 2 A 8, 33270 TAMPERE.
- Nybergh, Carl-Johan**. Os.: Tykistökapteenintie 2 A 4, 00340 HELSINKI.
- Pelkonen, Raimo, FL**. Outokumpu Oy Terästeollisuus, Erikoissuunnittelija ATK-osasto.
- Rajalahti, Matti, DI**. Outokumpu Data Systems Oy, ATK-suunnittelija. Os.: Vehnäkuja 9, 08100 LOHJA.
- Rekola, Jorma, TkT**. Mecrator Oy, LJK.
- Roitto, Ilkka, DI**. Jylhäraiso Oy, Kehityspäällikkö. Os.: Talvikintie 3, 21250 MASKU.
- Tervonen, Timo**. Monivuokraus Oy, Tuotepäällikkö. Os.: Volttikatu 5, 70700 KUOPIO.
- Vartiainen, Asmo, TkT**. Outokumpu Oy Tutkimuskeskus, Vanhempi tutkija.
- Vänskä, Ari, Ins.** Suomen Sandvik Oy. Os.: Leipäniemi, 79140 KOTALAHTI.

**SUORITETTUA TUTKINTOJA —  
AVLAGDA EXAMINA**

**TURUN YLIOPISTO**

**Geologian laitos**

Filosofian lisensiaatti:

**Västi, Kaj J.:** "Ylivieskan Rauhalan kerrosmyötäisen Zn-Cu-Pb-sulfidiesiintymän geologiasta, mineralogiasta ja geokemiasta."

Rauhalan varhaisproterotsooinen kerrosmyötäinen sulfidiesiintymä sijaitsee Länsi-Suomessa, n. 12 km Ylivieskan keskustasta itään. Esiintymän löytöhistoria juontaa alkunsa vuodesta 1979, jolloin alueella tehtiin geokemiallista kartoitusta. Vuosien 1983–1987 aikana alueelta tehtiin lisää geokemiallista näytteenottoa, geofysikaalisia maastomittauksia, maaperätutkimuksia, kallioperäkartoitusta ja syväkairauksia.

Alueen kallioperä koostuu pääasiassa metasedimenteistä ja kvartsidioriitista. Sedimenttisyntyiset kivet ovat metaturbidiitteja, hienorakeisia kiilleliuskeita ja andalusitiikkilielleliuskeita. Mustaliuskeita, grafiitti- ja kiisupitoisia metagrauvakoita, kvartsi-maasälpäliusketta, sarvivälkeliusketta ja kordieritiigneissiiä on ohuina välikerroksina. Ofiittinen kvartsidioriitti leikkaa metasedimenteitä. Plagioklaasi-porfyyriittiä on paikoin kvartsidioriitin yhteydessä ja kapeina kerrosmyötäisinä juonina tai laavapatjoina sedimenttisyntyisten kiven yhteydessä. Uraliittiporfyyriittijuoget ovat alueen nuorimpia kiviä. Alueellinen metamorfoosi kulminoitui alhaisen paineen ja lämpötilan amfiboliittifasies-olosuhteissa.

Keskimäärin n. 2,1 m paksu levymäinen sulfidiesiintymä on kerrosmyötäisesti sedimenttikivien keskellä. Malmilaatta viettää n. 30° kaateella suuntaan NE. Se koostuu massiivisesta ja pirotemalmista. Pirotemalmi esiintyy serisiittiliuskeessa massiivisen malmin alapuolella. Malmiesiintymän päämineraalit ovat magneettikiisu, sinkkivälke, kuparikiisu, lyijyhohde ja rikkikiisu sekä markasiitti. Rikkikiisu ja markasiitti ovat magneettikiisun muuttumistuloksia malmin rapautuneessa puhkeamassa. Sekundäärisiä Cu-mineraaleja, borniittia, kovelliinia ja kalkosiittia, on myös rapautuneessa puhkeamassa yhdessä götiitin kanssa. Arsenikiisu on pieninä omamuotoisina rakeina sekä massiivisessa että pirotemalmista. Muita aksessorisia mineraaleja ovat freibergiitti, dyskrasiitti, kongsbergiitti, Au-Ag-amalgani, elektrum, stanniitti, kassiteriitti, kesteriitti, boulangeriitti, gudmundiitti, nisiitti, metallinen vismutti, rutiili, grafiitti, hematitiitti ja ilmeniitti.

Malmiarvio perustuu 38:aan malmiläivistykseen. Sen mukaan esiintymä sisältää n. 1,2 milj. t malmin, jonka pitoisuudet ovat: Zn 6,66 %, Cu 1,59 %, Pb 1,24 %, Ag 67 ppm ja Au 0,5 ppm.

Sulfidien  $\delta^{34}\text{S}$ -arvot vaihtelevat 1,9 ja 5,1 ‰ välillä keskiarvon ollessa 3,7 ‰. Lyijyhohdeen lyijyn isotooppikoostumus on analysoiduissa näytteissä käytännöllisesti katsoten sama. Se muistuttaa lähinnä Toholammin Sykäräisten lyijyä ja kuuluu ns. Keski-Suomen lyijyryhmään. Sedimenttikivien kokokivi Pb-isotooppisuhteet poikkeavat selvästi malmiesiintymän lyijystä. Malmin metallien alkuperä on magmaattinen.

Esiintymäympäristön, muodon, mineralogian, kemian ja S- ja Pb-isotooppisuhteiden perusteella Rauhalan sulfidiesiintymä on hydroterminen

syvän meren pohjalle saostunut sedimentti-ikäntäinen malmi, jonka todennäköinen kiteytymislämpötila oli 340–345° C.

Filosofian kandidaatit:

**Glumoff, Tapio:** "Outokummun alueen kiilleliuskeista."

**Hämäläinen, Ilpo:** "Hammastahlan sinkkimalmi."

**Linna, Ari:** "Luhangan Kotkaselän alueen metamorfoosista."

**Nurmi, Heikki:** "Kolarin Äkäsjokisuun kalkkikiviesiintymä."

**Vuokko, Jouko:** "Kuusamon Kouvervaaran kallioperä ja siihen liittyvä uraaniesiintymä."

**TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI**

**Materiaali- ja kallioteknikan laitos**

Tekniikan tohtori:

Tekn. lis. **Ilmo Kukkosen** väitöskirja "Terrestrial heat flow in Finland, the central Fennoscandian Shield" tarkastettiin maanantaina 26.6.1989 Teknillisen korkeakoulun materiaali- ja kallioteknikan laitoksella. Vastaväittäjänä oli professori Ladislaus Rybach (Zürichin teknillinen korkeakoulu) ja kustoksena apulaisprofessori Markku Peltoniemi.

Väitöskirjassa tarkastellaan peruskallion lämpötilaa ja kalliiossa ylöspäin johtuvan lämpöenergian eli geotermisen lämpövuon arvoja Suomessa. Tutkimus perustuu syvistä kairareijistä tehtyihin mittauksiin. Lämpötila on esim. 500 metrin syvyydellä maanpinnan alapuolella keskimäärin 10° C ja 1000 metrin syvyydellä 16° C. Lämpövuon keskiarvo on Suomen kallioperässä 37 milliwattia neliometriä kohden. Arvo on hieman yli puolet koko maapallon lämpövuon keskiarvosta manneralueilla.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että lämpövuon alueellinen vaihtelu johtuu etupäässä kallioperän luonnollisen radioaktiivisen lämmöntuoton vaihtelusta eri kivilajeissa. Mittaustuloksista voidaan kuitenkin havaita myös mm. viimeisen jääkauden aiheuttamaa kalliion jäähtymistä ja kalliopohjaveden virtauksen synnyttämiä muutoksia.

Työssä on kiinnitetty erityistä huomiota kalliopohjaveden virtaukseen. Tiedot kalliopohjaveden virtauksesta ovat tarpeen mm. ydinjätteiden loppusijoitustutkimuksissa. Kalliopohjaveden aiheuttamia muutoksia kalliion lämpötilakentässä havaittiin yleisesti vähäelektrolyyttisen, makean kalliopohjaveden syvyysalueella aina muutaman sadan metrin syvyyteen saakka. Graniittisissa kivilajeissa pinnallinen kalliopohjaveden kierto näyttää ulottuvan syvemmälle kuin muissa kivilajeissa.

Tuloksia on tarkasteltu yleisesti maankuoren geofysikaalisten tutkimusten kannalta. Edelleen niitä on sovellettu geotermisen energian etsintää koskeviin tutkimuksiin. Lupaavimmat alueet geotermisen energian kannalta sijaitsevat Lappeenranta-Pori linjan eteläpuolella ja Oulun ympäristössä.

Väitöskirja on julkaistu Geologian tutkimuskeskuksen sarjassa Ydinjätteiden sijoitustutkimukset, tiedonanto YST-68.

**Antakaa liikelahjana  
"PETSAMON NIKKELI —  
Taistelu strategisesta metallista"  
kirjan!**



VUORIMIESYHDISTYS-BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.  
Jäsenrekisterin henkilötietojen tarkastus

Ilmoitan itsestäni seuraavat tiedot jäsenrekisteriin. Antamiani tietoja voidaan käyttää Vuorimiesyhdistyksen toimialoihin liittyvään suoramarkkinointiin  kyllä  ei.  
Täytetään kirjoituskoneella tai selvästi tekstaten.

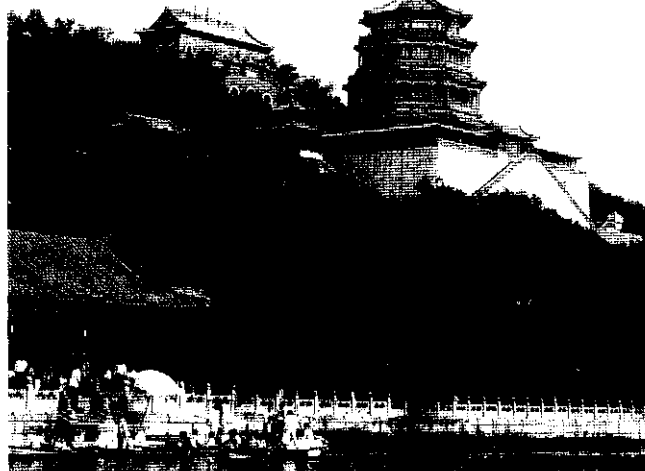
Sukunimi		Etunimet (kutsumanimi alleviivataan)	
Tutkinto ja vuosi			
Syntymäaika ja paikka		Jaosto	
Nykyinen virka-asema ja tehtävät			
Työnantaja ja toimipaikka			
Puhelin kotiin	toimeen	telex	
Kotiosoite/lähiosoite	Postinumero	Postitoimipaikka	
Päiväys ja allekirjoitus			
_____ / _____ 19_____			

Palautusosoite Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.  
c/o Outokumpu Oy / M. Parkkinen  
PO Box 280, SF-00101 HELSINKI, Finland

**14**<sup>th</sup> WORLD MINING CONGRESS AND EXHIBITION  
14<sup>e</sup> CONGRÈS MINIER MONDIAL ET EXPOSITION  
14<sup>ый</sup> ВСЕМИРНЫЙ ГОРНЫЙ КОНГРЕСС И ВЫСТАВКА  
WELT-BERGBAUKONGRESS UND AUSSTELLUNG  
CONGRESO MUNDIAL DE MINERÍA Y EXPOSICIÓN

第十四届世界采矿大会和展览会

14.5—18.5 1990 Beijing China



Kongressiin on hyväksytty 115 esitelmää ja 41 "Round Table" esitelmää. Kongressiin liittyy lisäksi 13 ekskursionvaihtoehtoa.

**Lisätietoja:**

Prof Raimo Matikainen,  
TKK, materiaali- ja kalliitekniikan laitos  
Vuorimiehentie 2 A  
puh: 90-451 2804 tai 90-451 2803  
FAX: 90-451 2660

**Tai suoraan järjestäjältä:**

The Chinese Organising Committee of the 14th  
World Mining Congress  
54 Sanlibe Road, Beijing, China  
Puh: 8014065, 2010003-411  
Telex: 222633 estec cn, 222762 bicc cn  
FAX: 8015808, 2010477

# PALVELUHAKEMISTO

## KALLIOPORAT

### **KOMETA OY** Kotimainen kalliopora

PL 38 02661 ESPOO Puh. 90-51141  
TELEX 124298 TELEFAX 5114242

## KUORMAAJIA JA DUMPEREITA



KUORMAAJIA JA DUMPEREITA  
LOUHEEN KUORMAUKSEEN JA  
KULJETUKSEEN.

### **Volvo Auto Oy Ab**

Koneosasto  
Taivaltie 1 puh. 90-53051  
01610 Vantaa

## KEMIAN TUOTTEITA

### **SANDOZ OY**

Vattuniemenkatu 8, 00210 Helsinki · Puh. (90) 682 681

## METALLINJALOSTUSTA



### **KUUSAKOSKI**

METALLISTEN  
JÄTTERÄAKA-AINEIDEN  
JALOSTAJA  
Pääkonttori  
Espoo 90-811 511

## KONSULTTITOIMISTOJA



### **KALLIOSUUNNITTELU OY** **ROCKPLAN LTD**

Kellosilta 4 00520 Helsinki Puh. 90-14 22 44

## TULEN- JA HAPONK. MATERIAALIT

### **OY HÖGANÄS AB**

Timmeralmintie 19 A, 01680 Vantaa  
Puh. 90-852 961  
Telefax 90-852 9666

## URAKOINTIPALVELUT



### **INSINÖÖRITOIMISTO** **SAANIO & RIEKKOLA**

Laulukuja 4, 00420 HELSINKI Puh. 90-5666500 Fax 90-5663354

- Kalliutilojen yleissuunnittelu
- Kalliorakennussuunnittelu
- Kalliotekniset laskelmat
- Rakennusgeologia

### **SUOMEN MALMI OY**

FINNEXPLORATION

Juvan teollisuuskatu 16, PL 10 puh. 90-853 2422  
02921 Espoo telefax 90-853 3010

## **VUORIMIESYHDISTYS— BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y:n**

### **VUOSIKOKOUS**

pidetään Helsingissä 16.–17.3.1990

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin  
postitettavassa kutsussa.

## **VUORIMIESYHDISTYS— BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y:s**

### **ÅRSMÖTE**

hålles i Helsingfors den 16.–17.3.1990

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

**Introducing the leading  
crushing equipment  
manufacturer in the world!**

**Nordberg**<sup>TM</sup>  
GROUP



**Nordberg**<sup>®</sup>



**Lokomo**<sup>TM</sup>

**Bergeaud**<sup>TM</sup>

Now there's only one force you need to know in crushing.  
We're the Nordberg Group of companies. Nordberg Americas, Nordberg International  
U.K., Lokomo Finland, and Bergeaud France. Together, we have more crushing  
equipment in the field than anyone in the world.

And today, we bring you a global group commitment combining the industry's best  
engineering minds, quality products and unmatched service.

The Nordberg Group. Leading the way!

Subsidiaries in Norway, Sweden, West Germany, Spain, Portugal, Canada, Brazil, Chile, Singapore and Italy.

For more information, contact:

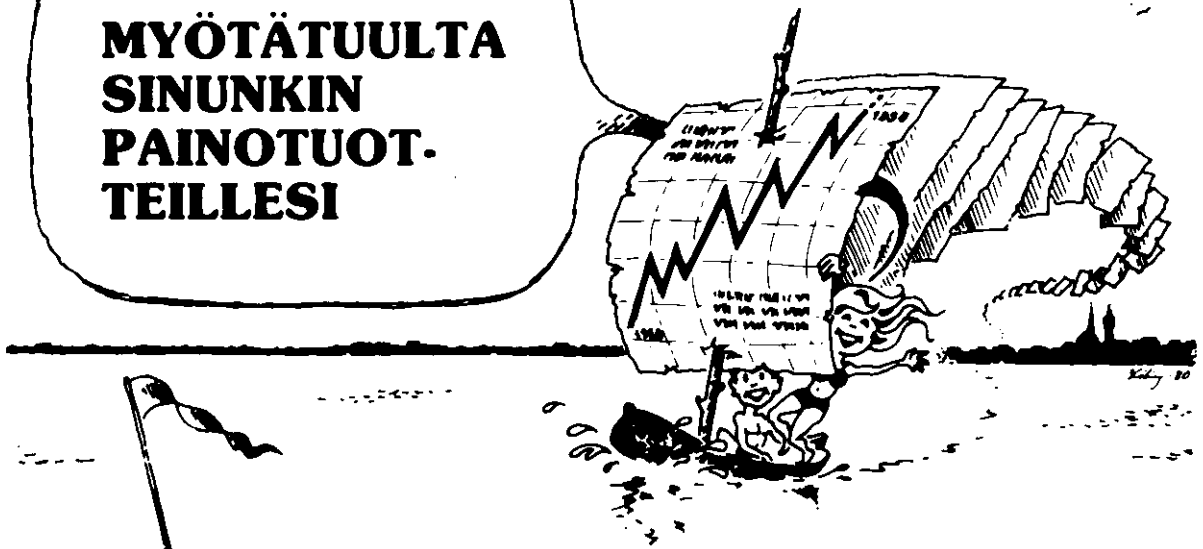
Nordberg Group, P.O. Box 203, 00171 Helsinki, Finland Phone: +358 0 18281 Fax: +358 0 608617

**Serving customers worldwide**

**Nordberg**<sup>TM</sup>  
GROUP



**MYÖTÄTUULTA  
SINUNKIN  
PAINOTUOT-  
TEILLES!**



**HANGON KIRJAPAINO OY**

**Vuorikatu 15—17, 10900 Hanko**

**Puh. 911-84 531**

*NYT  
KOTIMAISET*

**KOMETA**

*KALLIOPORATUOTTEET*

*SUORAAN*

*VALMISTAJALTA*

*suorat yhteydet:*

- Erkki Hinkkanen
- Reija Ylinen
- Juhani Venhola

90-5114229  
90-5114207  
90-5114218

*myyntikonttori:*

- Hannu Vihavainen, Leppävirta  
972-43292 Auto: 949 275024

*piirimyyjä:*

- Poravälitys Ari Rinkinen Ky  
915-86160 Auto: 949 203997

**KOMETA OY** PL 38 02661 ESPOO  
p. 90-51141 Telex 124298 Telef. 5114242

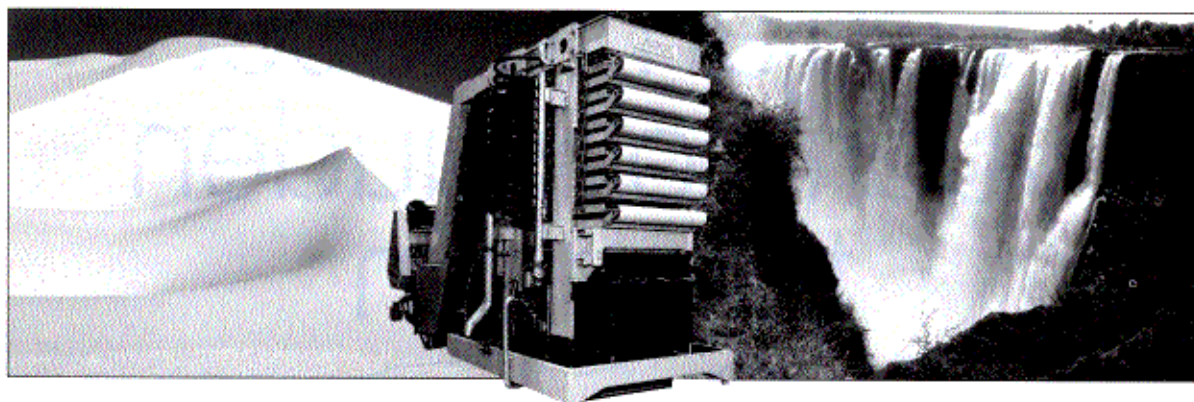
**VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN**

*toivottaa kaikille  
lukijoilleen ja  
ilmoittajilleen  
Hyvää Uutta Vuotta*



**VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN**

*tillönskar alla sina  
läsare och  
annonsörer  
Ett Gott Nytt År*



## Etsitkö ylivoimaista suodatinta?

Larox painesuodattimella saat:

- kuivimman mahdollisen kakun
- ratkaisevasti alentuneet kuivauskustannukset
- pienellä pesunestemäärällä jopa yli 99 prosentin pesutehon

• lyhyet suodatusjaksot  
Kaikki nämä edut saat täysin automaattisesti!

Larox painesuodattimia on toiminnassa monenlaisissa käyttökohteissa: rikasteiden ja mineraalien, väri- ja täyteaineiden sekä sokerin ja tärkkelyksen tuotannossa sekä monilla muilla kemian teollisuuden aloilla. Larox painesuodatin sopii varmasti sinunkin prosessiisi. Haluamme todistaa sen koesuodattamalla lietenäytteesi!

Pyydä lisätietoja.

Tai varaa meiltä koesuodatus!

# LAROX

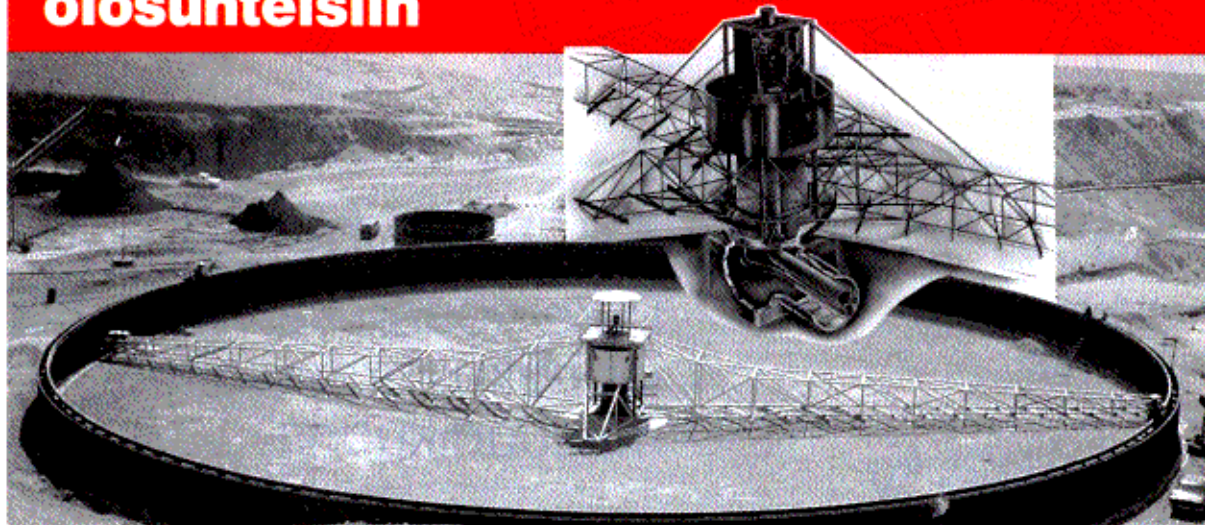
— classification — concentration —  
— filtration —

LAROX OY

PL 29, SF-53101 Lappeenranta  
Puh. 953-5881

telex 58233 larox sf, telefax 953-588 277

## Luotettava sakeutin vaikeisiin olosuhteisiin



Larox PT kehäkäyttöinen sakeutin on suunniteltu kaivosteollisuuden vaativimpiin kohteisiin. Nämä edut tekevät Larox PT sakeuttimesta ylivoimaisen:

- ei kallista käyttövaihdetta
- huoltosilta tarpeeton

- valmistetaan 150 m:n halkaisija kokoon asti
- kaikki koot varustettu hydraulisella nostolaitteella
- mitä suurempi koko sen edullisempi investointi

Saatte täydelliset tiedot investointilaskelmaanne varten välittömästi:

# LAROX

— classification — concentration —  
— filtration —

LAROX OY

PL 29, SF-53101 Lappeenranta  
Puh. 953-5881

telex 58233 larox sf, telefax 953-588 277