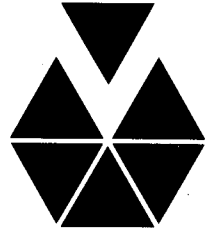
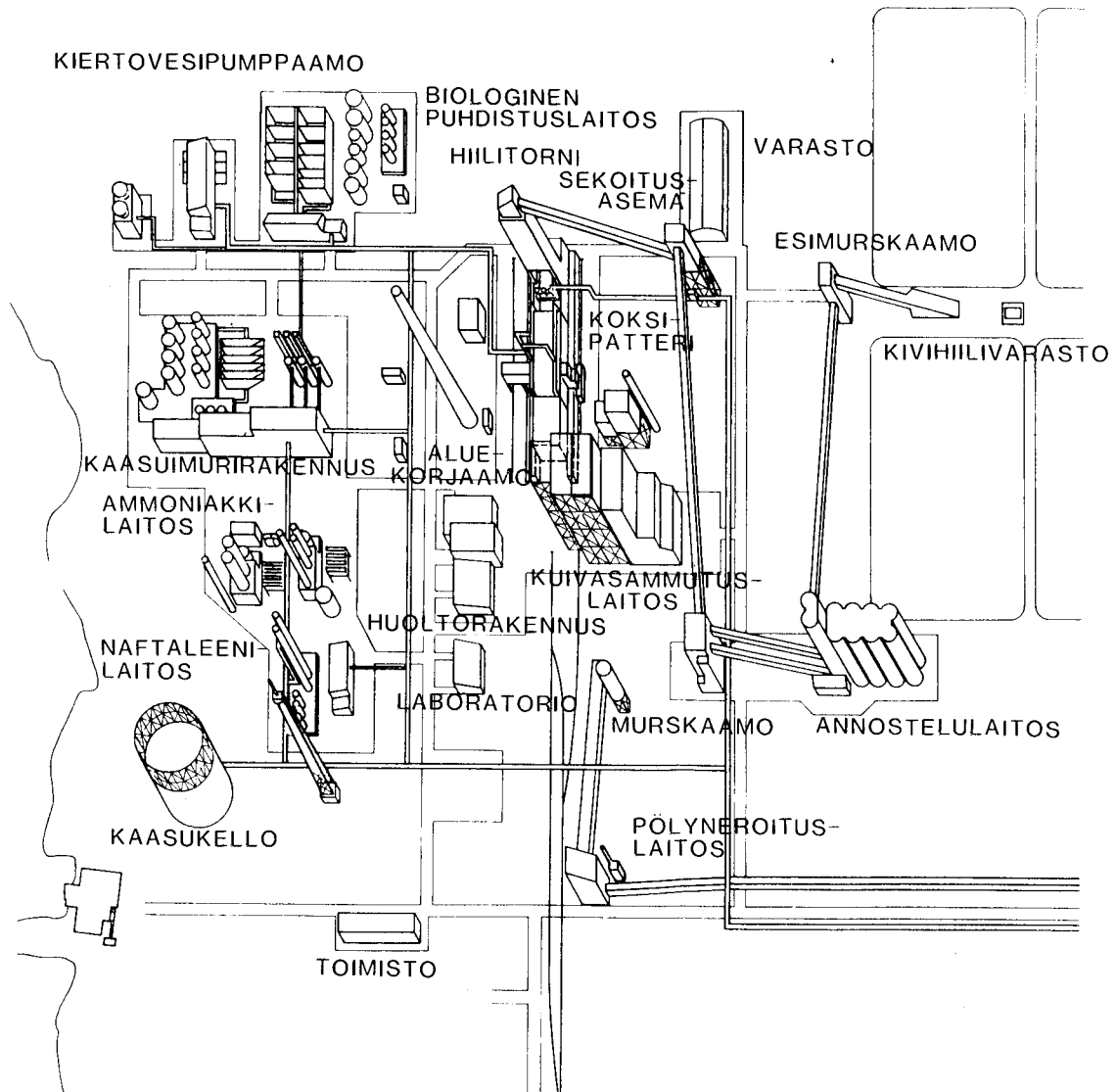


# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



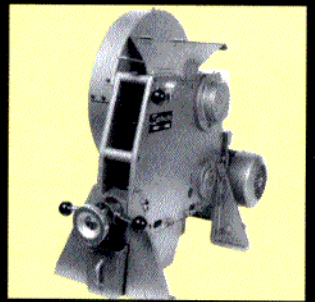
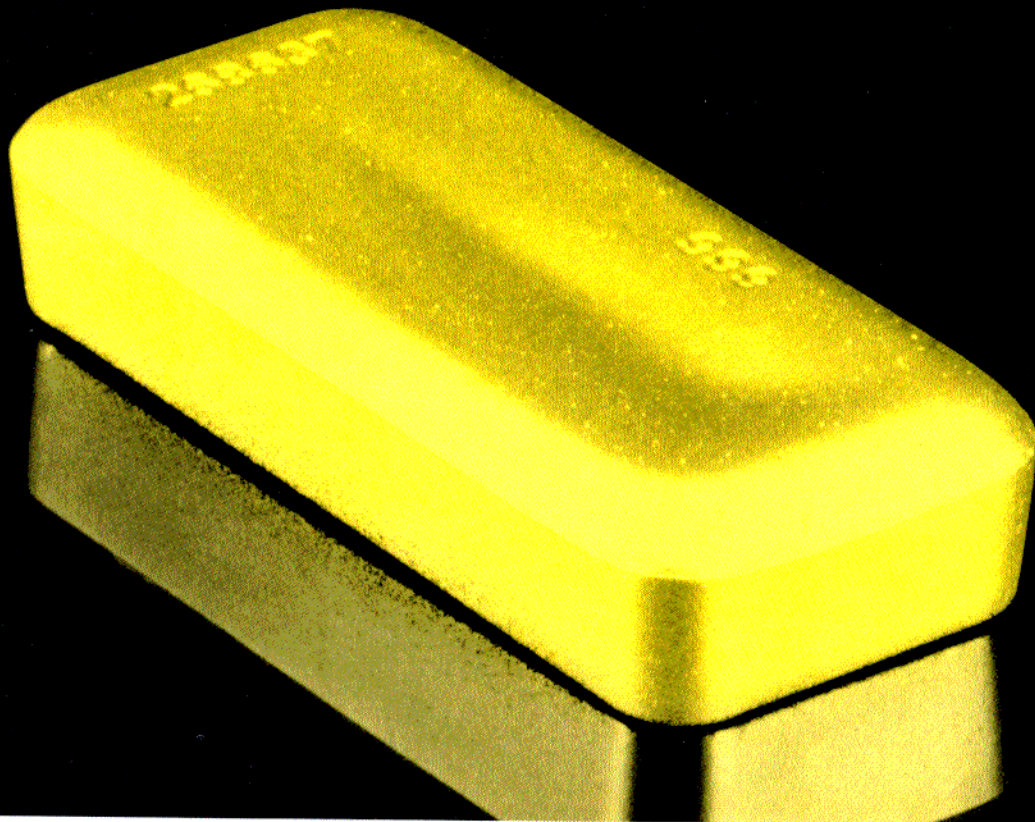
N:o 2 1987  
45. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.



RAAHEN RAUTATEHTAAN KOKSAAMON LAYOUT

# Retsch



## Gold: US-\$ 544,82 per oz.

### Analysis

In all times, it has been a matter of desire. And fascinating. Every gramme of it a treasure. For the industrial recovery of precious metals in slags, samples are coarse and fine ground, divided and pulverised. With apparatus from Retsch.

### Prerequisite

Retsch equipment warrants correct analyses and reproducible results. With the know-how of more than 60 years in innovative research and development in the field of sample preparation, Retsch is the right partner.

### System

With Retsch apparatus, you bring some system into your sample preparation. From coarse disintegration, careful drying, representative sampling to fine grinding. Not only if the recycling of precious metals is at stake, but in all fields of research and quality control.

## Systematic Sample Preparation

We will work out individual solutions and advise you on all questions concerning sample preparation. Please contact us.

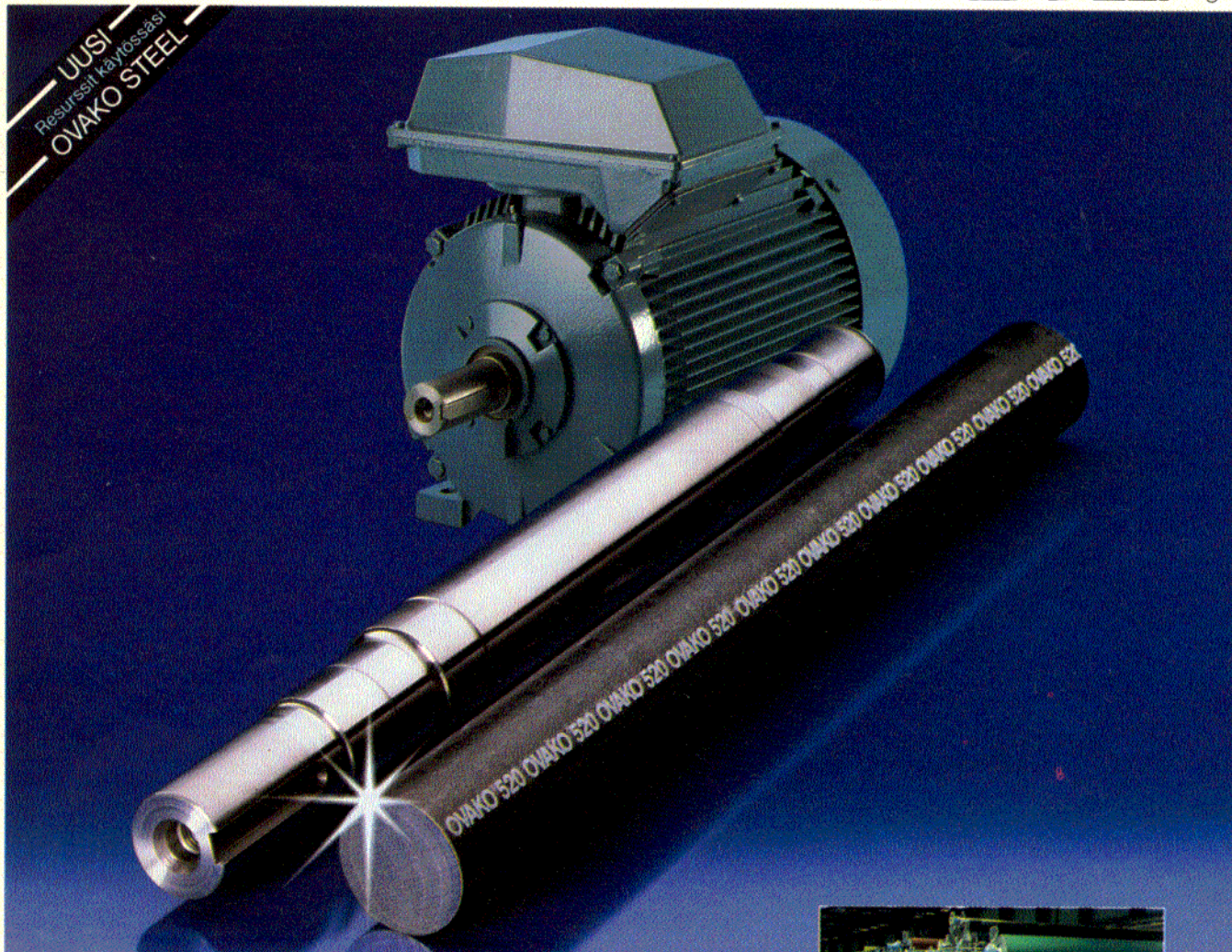
# Retsch

Exclusive agency for Finland:  
**TAMRO CORPORATION**  
Health Care Products  
Ruosilantie 14, SF-00390 Helsinki  
Tel. +358-0-54011  
Telex 125856



# TERÄKSENLUJA OSAAMISEN PALAPELI

Citicom



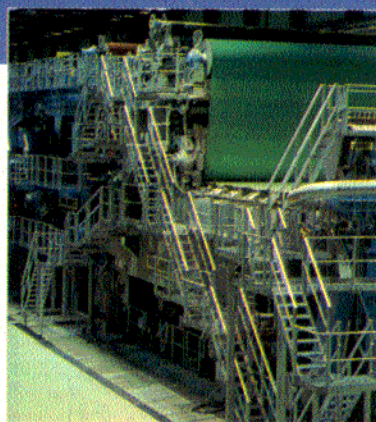
## STRÖMBERG OY JA OVAKO 520

Valmet Paperikoneet Oy on merkittävimpiä paperikoneiden valmistajia maailmassa. Yhtiön osaaminen tunnetaan ja sen paperikoneet ovat menestyneet kovassa kansainvälisessä kilpailussa. Koneen rakentaminen vaatii paitsi yliverstaista osaamista myös ehdotonta laatua ja luotettavia toimitusaikatauluja kaikilta ali-hankkijoilta.

Strömberg Oy:n Vaasan tehtaat on kehittänyt paperiteollisuuden sähkötekniistä huippuosaamista. Strömberg toimitti kaikki sähkömoottorit paperikoneeseen, joka rakennettiin Shottoniin, Pohjois-Walesiin. Strömberg valitsi Ovako Steelin M-käsittelyn OVAKO 520 -koneteräksen sähkömoottorien akselin raaka-aineeksi. OVAKO 520:n tasalaatuisuus ja hyvä las-tuttavuus takaavat häiriöttömän tuotan-

non Strömbergin automatisoiduilla tuotantolinjoilla. Lisäksi Strömbergin ja Ovako Steelin luoma toimitusjärjestelmä merkitsee hallittua materiaalivirtaa Strömbergin Vaasan tuotantolaitoksille. Ohjelman ansiosta Strömbergin varastotaso pyörötankojen suhteen on alentunut noin 55 % kahden vuoden aikana.

Onnistuminen vaatii tarkkaan suunniteltuja, ohuita ja tasaisia materiaalivirtoja. Ne koskevat yhtä hyvin raaka-aineen, komponenttien että lopullisen tuotteen valmistajaa. Tämän teräksenlujan palapelin lopputuloksena on paperikone, suomalaisen menestystuote maailmalla.



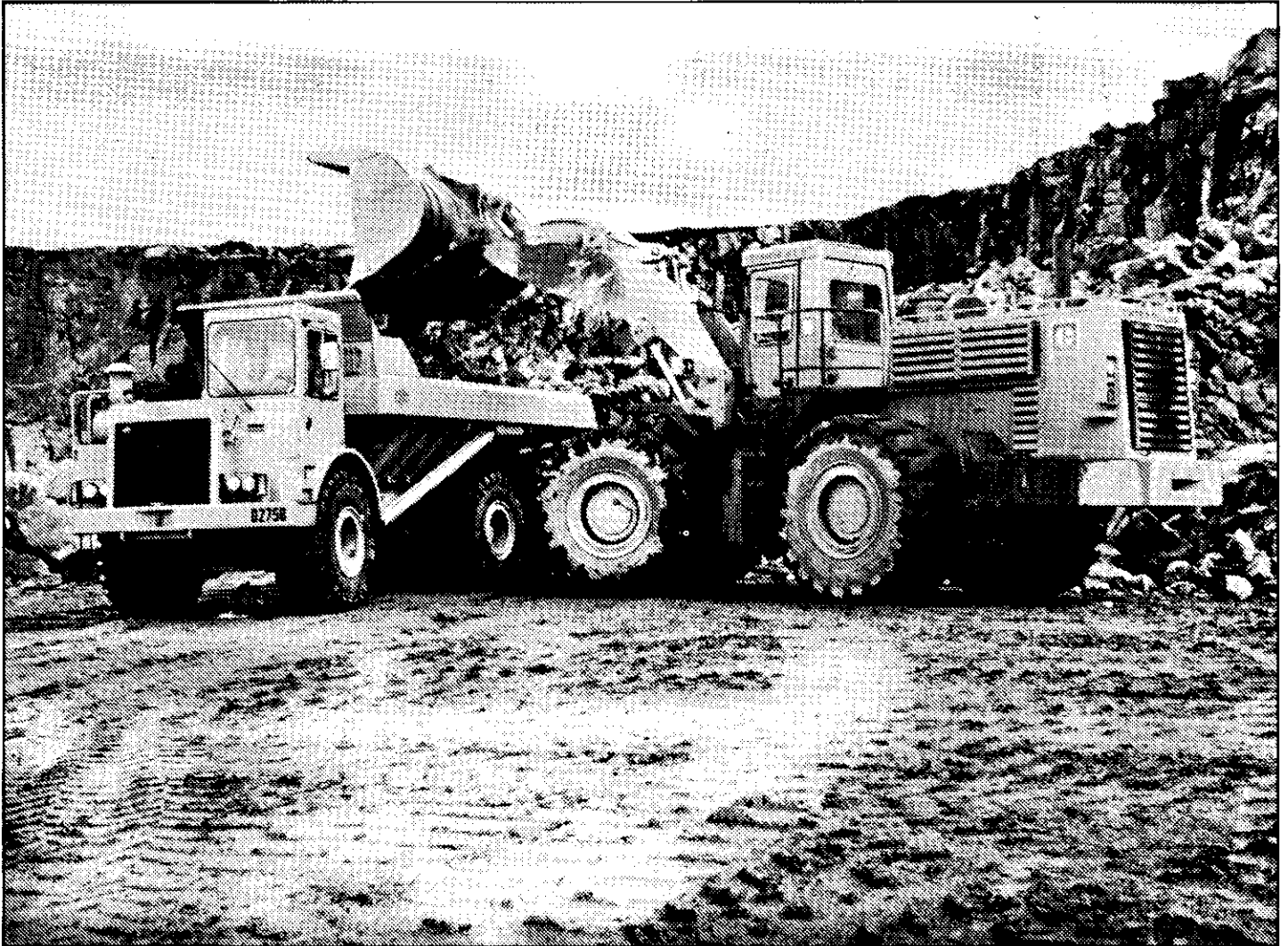
Valmetin Shottoniin rakentama Paper Company Ltd:n PK 1 -paperikone valmistaa n. 180.000 tn sanomalehtipaperia vuodessa. Koneessa on n. 300 sähkömoottoria ja sen suunnittelunopeus on 1400 m/min.

## OVAKO STEEL ENEMMÄN TERÄKSESTÄ

OVAKO TERÄSMARKKINOINTI Oy • MASALA: 02430 Masala, puh. (90) 297 6166  
TAMPERE: Yrittäjänkatu 20, 33710 Tampere, puh. (931) 635 300 • TURENKI: Teollisuuskujat 1, 14200 Turenki, puh. (917) 834 41  
Valtuutetut jälleenmyyjät: KESKO • KONTINO • STARCKJOHANN-TELKO  
Ovako Steelin tekninen asiakaspalvelu: Imatra, puh. (954) 6021



# LUOTETTAVA TYÖPARI AVOLOUHOKSIIN JA MAANALAIISIIN KAIVOKSIIN

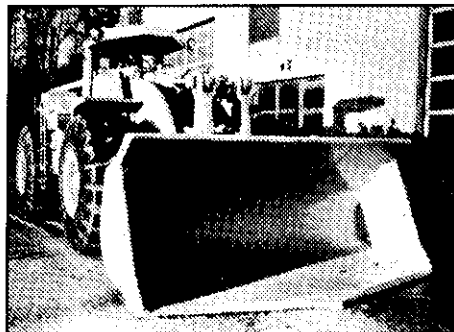


## CATERPILLAR KAIVOSKUORMAAJA & KAIVOSDUMPPERI

Valitse alla olevista Sinun tarkoitukseesi parhaiten soveltuva työpari:

### Dumpperi

CAT D25C	(22,7 t)
CAT D250B	(22,7 t)
CAT D30C	(27,2 t)
CAT D300B	(27,2 t)
CAT D35C	(32 t)
CAT D350C	(32 t)
CAT D400	(36 t)
CAT D44	(40 t)
CAT D550	(50 t)




### Kuormaaja

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

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

Ota yhteys! Soita 90-826 311



Caterpillar, Cat ja  ovat Caterpillar Tractor Co:n tavaramerkkejä



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



# Vuoriteollisuuden suurhankkija

## Asiantuntemusta

Vuoriteollisuuden tuntemus pohjautuu Algolissa vuosikymmenien perinteisiin. Pitkään kokemukseen yhdistyy tuore tekninen tieto: kansainväliset yhteytemme tuovat meille alan uusimmat saavutukset maailmalta. Kaikki tämä koituu hyödyksenne.

Edustamme tehtaita, joiden tuotteisiin on totuttu luottamaan Suomessa ja Suomen ulkopuolella: Lurgi, Mannesmann Demag, Didier; esimerkiksi. Mukaan niveltyy oman Herttoniemen konepajamme nosturituotanto, suomalaisella ammattitaidolla.

Osoittakaa ongelmanne meille, kun se liittyy vuoriteollisuuden, metallurgian tai prosessitekniikan alueille. Mielläsänne voi olla yksittäinen laitetarve, laajan projektin suunnittelu tai kysymys, johon haluatte vastauksen. Olemme palveluksessanne.



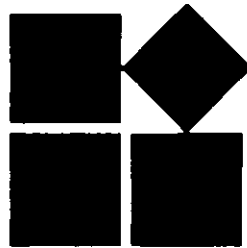
## Tuotevalikoimaa

Algol ja vuoriteollisuus, metallurgia, prosessitekniikka. Tuotteissa on valinnanvaraa:

- kaivoshissit
- hihnakuljettimet
- nosturit
- koneistot pasutukseen
- koneistot malmien sintraukseen
- koneistot sintterin jäähdyttämiseen
- tyhjiökuivausrummut
- uraanimalmin käsittelykoneistot
- tulenkestävät keraamiset aineet uunien vuoraukseen
- sähkösuodattimet

 **ALGOL**

Eteläranta 8 • PL 170, 00131 Helsinki 13  
Puhelin (90) 12581 • Telex 121430 algol sf



# LOHJA

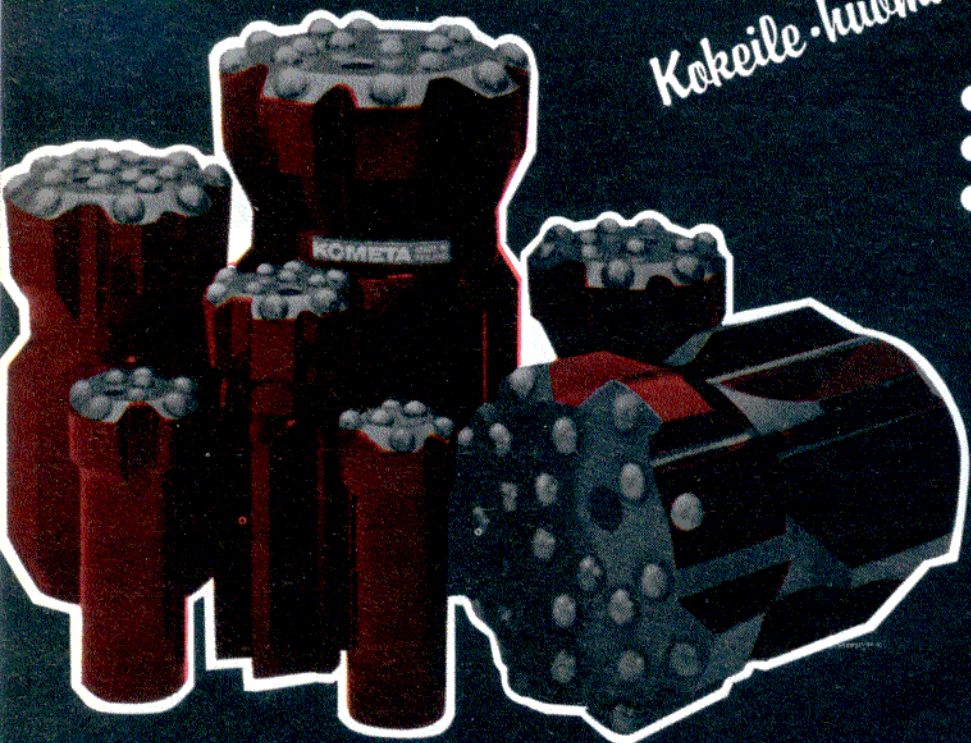
# 90

1897-1987

# KOMETA PLUS

## NASTATERÄT

*Kokeile -luomaat eron*



- UUTTA HUIPPULAATUA
- TEHOKKUUTTA
- TALOUDELLISUUTTA

Kometa Plus nastaterien valmistuksessa on käytetty uusinta tekniikkaa ja tietotaitoa. Kometa Plussat ovat nyt jo laajalti tunnetut.

### KOMETA OY

PL 38  
PALOKÄRJENTIE 2  
02661 ESPOO

PUH: 90-51 141  
TELEX: 124298 komet sf  
TELEFAX: 90-511 4242

JÄLLEENMYNTI:  
MACHINERY OY

## SAAKO OLLA KUIIVANA VAI VEDELLÄ?

### FINNCARB

parhaasta Förbyn kalkkikivistä kuivajauhetut vitivalkoiset täyte- ja päällystyspigmentit väri-, muovi-, paperi- ym teollisuudelle.

### HYDROCARB

-slurry märkäjauhettua hienojakoista valkoista kalsiittia paperiteollisuudelle. Kiintoainepitoisuus lietteessä 75 %.

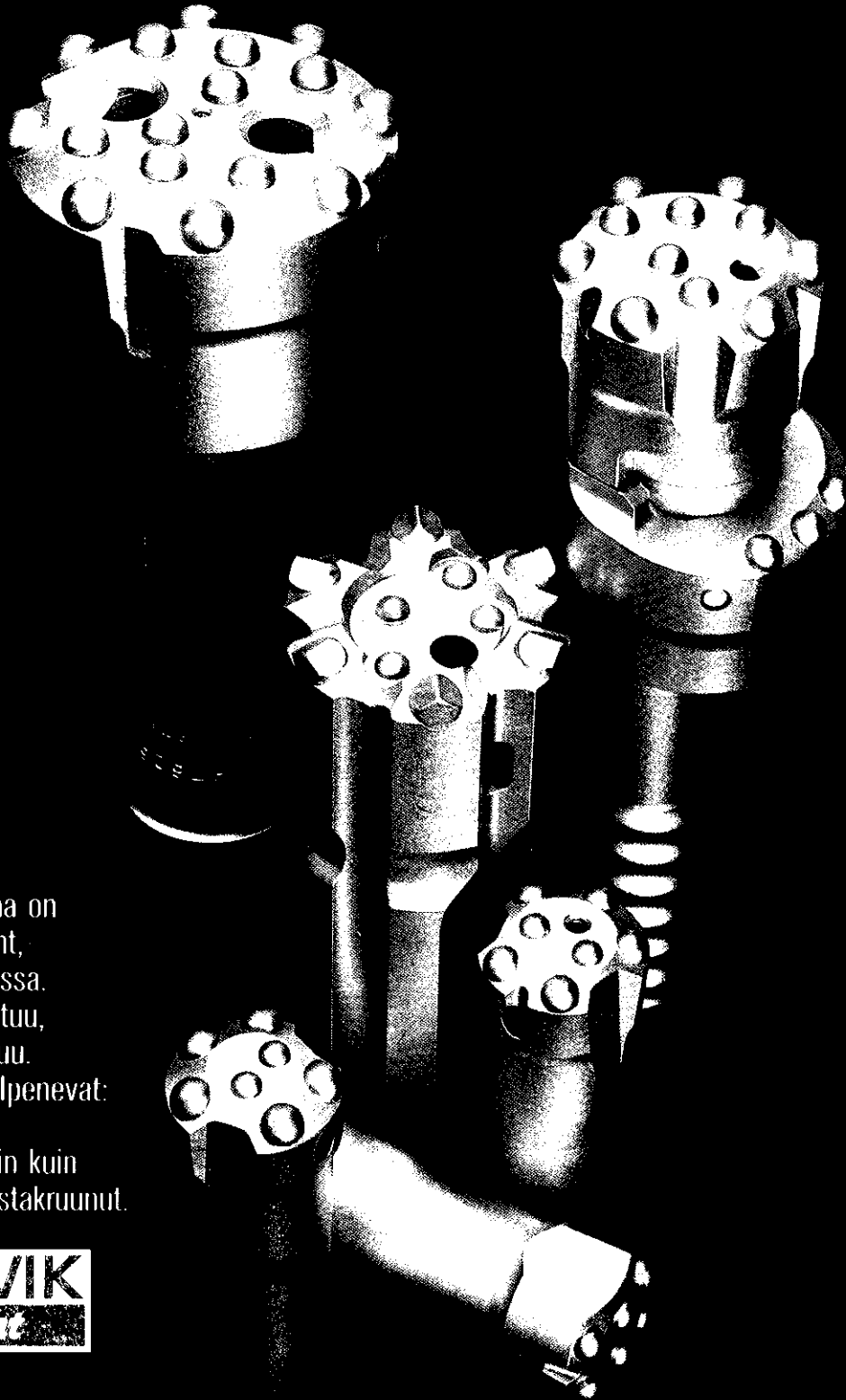
### OY FÖRBY AB

tehdas:  
25640 Förby  
puh 924-824 481  
telex 1024039 KFAbSF

myyntikonttori:  
Pohjois Hesperiankatu 7  
00260 Helsinki 26  
puh 90-441 778  
telex 100 1895 FORBYsf



# ONKO PORAKALUSTONNE TERÄKUNNOSSA?



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

**SANDVIK**  
*Coromant*

Soita! Saat tarkat tiedot  
Sinulle parhaiten soveltuvasta  
porakalustosta.

**Oy Atlas Copco Ab**

Helsinki puh. 90-670 112, Turku puh. 921-373 777, Tampere puh. 931-633 622, Kuopio puh. 971-122 411, Kookola puh. 968-172 55, Kotka puh. 952-608 400. Sekä valtuutetut jälleenmyyjät.



**MACHINERY OY**

KEHÄ, Louhinta ja maansiirto-osasto  
PL 56, 00511 Helsinki Puh. (90) 890 522

# **TÄYDEN PALVELUN LOUHINTATALO**

**KOMETA** **TAMROCK**

**NORTON** *CompAir*

**LIEBHERR**

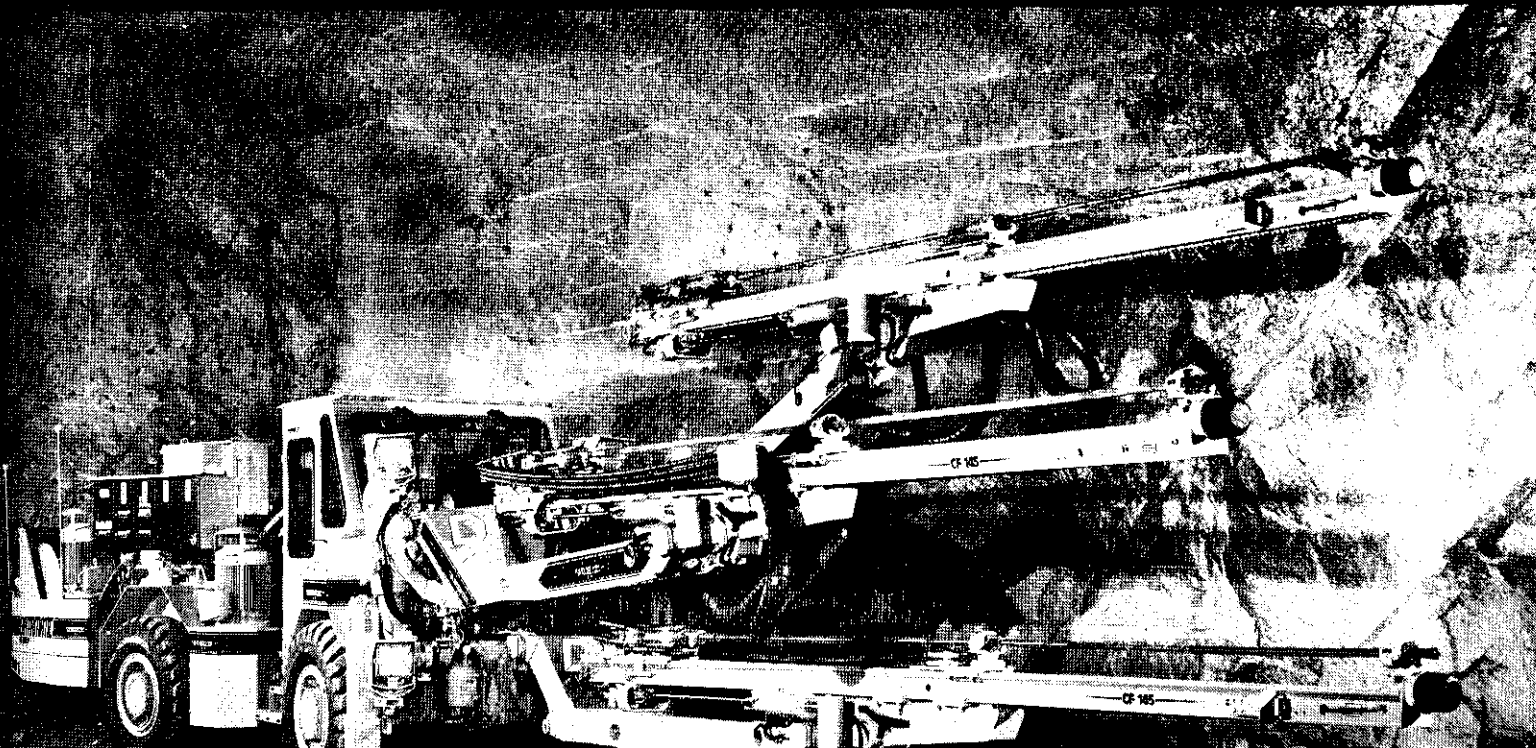


# Nykyaikaista porauskalustoa avolouhintaan ja tunnelintekoon



# TAMROCK

33310 TAMPERE 31 PUH. 931-431 411





# THERE'S NOTHING AS GOOD AS GOLD.

But we've developed a range of products that comes mighty close. In fact, our Trellex wear-resistant linings put the gold where it belongs — in your pocket.

Here at Trelleborg, we've been helping the mineral-processing industry to cut costs for more than 30 years. In everything from chutes, skips and hoppers to feeders, launders and truck beds.

With products like Trellex sheeting, including Flexback, which has a reinforcement of perforated sheet steel. Or Trellex standard wear elements, in a wide range of sizes and optional profiles. As well as Trellex modules, featuring a unique built-in wear indicator.

A Trellex rubber lining weighs much less than steel. But it lasts 8-10 times longer! And it delivers impressive benefits right from the start, including:

- ▶ Fast, simplified installation
- ▶ No corrosion
- ▶ Lower maintenance costs

- ▶ Less down time
- ▶ Lower noise levels
- ▶ Dust abatement.

The world-wide network of Trelleborg sales companies and agents ensures you of reliable access to our engineering expertise as well as our superior wear-resistant products. Get in touch with your nearest Trelleborg representative for the details about Trellex.

It's virtually as good as gold.

**TRELLEBORG**   
*Trellex Products* 

**We'll show you where the gold is**

Oy Trelleborg Ab Lauttasaarentie 54 B 00200 Helsinki  
Puh. 90-692 6500, Telex 125 332



# VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1987  
45. vuosikerta

Julkaisija, utgivare:  
VUORIMIESYHDISTYS -  
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.

Publisher:  
THE FINNISH ASSOCIATION OF MINING AND  
METALLURGICAL ENGINEERS

VUORITEOLLISUUS - BERGSHANTERINGEN:

Päätoimittaja — Editor-in-  
Chief:

Prof. Martti Sulonen 90-434 21  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos  
02150 Espoo

Toimittaja — Editor:

Dos. Heikki Laapas 90-434 21  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos  
02150 Espoo

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

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

Toimitusneuvosto — Editorial  
Board:

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

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

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

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387  
Geologian tutkimuskeskus  
02150 Espoo

DI Olli Korhonen 90-4 211  
Outokumpu Oy, Engineering  
PL 27  
02201 Espoo

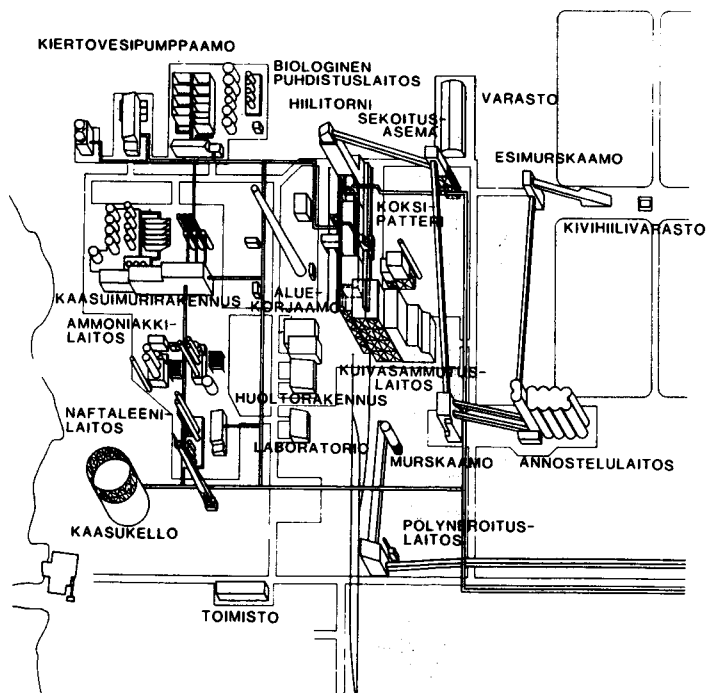
## Ilmoitushinnat vuodelle 1988

II ja III kansi = 3.900,—	1/2-sivu = 2.230,—
takakansi = 4.500,—	1/4-sivu = 1.380,—
1/1-sivu = 3.310,—	Lisäväri/ kpl = 1.210,—

{ Ammattihakemisto-ilmoitus 1/1 vsk = 500,—  
{ Koko: leveys = 85 mm  $\diamond$  korkeus = 25 mm  
Vuosikerta = 80,—  $\diamond$  ulkomaille = 100,—  
Irtonumero = 45,—  $\diamond$  ulkomaille = 55,—

## SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

Reijo Saikkonen: Naturskydd i Finland ur malmetningens synvinkel	85
Matti Ketola: Malminetsinnän avaintekijöistä	88
Esko Pääkkönen: Kansainvälisestä rikasteakaupasta	93
Aarre Juopperi: Rautaruukki Oy:n Raahen rautatehtaan koksaamo	97
Ilkka Eerola, Paavo Tennilä: Lokomon terästehdas — Edistynyttä metallurgiaa sovellettuna valuterästen valmistukseen	99
Marja-Maija Riipinen: Vedyn vaikutukset teräksessä	105
In Memoriam	112
Uusia jäseniä — Nya medlemmar	113
Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna	113
Suoritettuja tutkintoja — Avlagda examina	116
XVI International Mineral Processing Congress	119
The 13th World Mining Congress and Exhibition	120
TKK:n Vuoriteollisuusosaston perustamisesta 40-vuotta	121



Kansikuva: Rautaruukki Oy:n Raahen rautatehtaan koksaamon layout.  
Cover: Layout of the coking plant in Raahen by Rautaruukki Oy.

**VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS  
21.3.1986**

DI Väinö Juntunen 912-4 511  
puheenjohtaja  
Oy Lohja Ab  
08700 VIRKKALA

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

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

TkL Antero Järvinen 911-62400  
Dalsbruk Oy Ab  
Box 66  
10601 TAMMISAARI

TkT Erkki Räsänen 982-301  
Rautaruukki Oy  
92170 RAAHENSALO

DI Nils-Åke Astermo 921-742 111  
Oy Partek Ab  
21600 PARAINEN

Prof. Kaj Lilius 90-43 421  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos  
02150 ESPOO

DI Antti Mikkonen 971-400 111  
Kemira Oy  
Siilinjärven tehtaat ja kaivos  
71800 SIILINJÄRVI

DI Asko Ojanen 939-741 500  
Outokumpu Oy  
Harjavallan tehtaat  
29200 HARJAVALTA

DI Urpo J Salo 90-1601  
Kauppa- ja teollisuusministeriö  
Kluuvikatu 3A  
00100 HELSINKI

Prof. Jouko Talvitie 90-46931  
Geologian tutkimuskeskus  
02150 ESPOO

**Yhdistyksen sihteeri:**  
I DI Heikki Savolainen 912-4 511  
Oy Lohja Ab  
08700 VIRKKALA

II DI Erkki Pimiä 90-4211  
Outokumpu Oy  
PL 27  
02201 ESPOO

**Yhdistyksen rahastonhoitaja:**  
DI Kalle Vaajoensuu 973-561  
Outokumpu Oy  
Kaivosteknillinen ryhmä  
83500 OUTOKUMPU

**Geologijasto**  
DI Pekka Mikkola, pj. 90-460 633  
Suomen Malmi Oy  
Otakaari 11  
02150 ESPOO

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

**Kaivosjaosto**  
DI Arto Hakola, pj. 980-69 220  
Outokumpu Oy  
Kemin kaivos  
PI 8  
94101 KEMI

DI Ari Väisänen, siht. 980-69 244  
Outokumpu Oy  
Kemin kaivos  
PI 8  
94101 KEMI

**Metallurgijaosto**  
TkT Juho Mäkinen, pj. 939-741500  
Outokumpu Oy  
29200 HARJAVALTA

TkT Asmo Vartiainen, vt.siht. 939-826111  
Outokumpu Oy  
PL 60  
28101 PORI

**Rikastus- ja prosessitekniiikan jaosto**  
TkL Hans Allenius, pj. 90-4211  
Outokumpu Oy Engineering  
PI 86  
02201 ESPOO

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

**Tutkimusjohtokunta**  
DI Antti Mikkonen, pj. 971-400 111  
Kemira Oy  
Siilinjärven tehtaat ja kaivos  
71800 SIILINJÄRVI

Geologinen toimikunta:  
Prof. Heikki Niini, pj. 90-43421  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos  
02150 ESPOO

Kaivosteknillinen toimikunta:  
Prof. Raimo Matikainen, pj. 90-43421  
Teknillinen korkeakoulu  
Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos  
02150 ESPOO

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

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien  
sihteeri:  
FM Ole Lindholm 981-327 711  
Teknillinen Korkeakoulu  
Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos  
Louhintatekniiikan laboratorio  
Vuorimiehentie 2  
02150 ESPOO

DI Kalle Vaajoensuu hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortistoa. Mikäli osoite, tehtävät tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutosilmoituksen mieluummin kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.  
Os.: Outokumpu Oy, KTT, 83500 Outokumpu, puh. 973-561.

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

Adr.: Outokumpu Oy, KTT, 83500 Outokumpu, tel. 973-561.

# Naturskydd i Finland ur malmletningens synvinkel

**Chefsgeolog, fil.mag. Reijo Saikkonen, Oy Lohja Ab, Malmletning, Virkby**

Ett föredrag vid Nordiska Geokommittémötet: Tellnes, Norge 27-29.4.1987

## INLEDNING

Människan har alltid fått huvuddelen av de råämnena hon behöver från naturen. Exploatering av naturtillgångar i en eller annan form är en nödvändighet för dagens industri och energiproduktion. Att uppnå en jämvikt inom naturekonomin och samtidigt beakta miljöfrågor är en erkänd grundförutsättning för produktiv verksamhet på alla områden. Gruvindustrin exploaterar naturtillgångar, som inte förnyas, och är sålunda helt beroende av att finna nya malmfyndigheter.

På 1950- och -60-talet och ännu tidigare tangerade malmletningen inte naturskyddets målsättningar, eftersom det fanns relativt få naturskyddsområden i Finland och både naturskyddet och malmletningen kunde verka inom sina egna områden. Denna fredliga samexistens stördes inte heller av de jämförelsevis detaljerade bestämmelserna om malmfyndigheter på naturskyddsområden och om provtagning och den geologiska undersökningen av proven. Bestämmelserna ingår i Finlands lag om naturskydd. Lagen stadfästes år 1923 och har därefter till stor del justerats. Å andra sidan nämner Finlands gruvlag från år 1965 ingenting om att ett naturskyddsområde skulle vara ett hinder för malmletning. Hela frågan om förhållandet mellan naturskydd och malmletning har börjat debatteras offentligt först på 1980-talet på grund av vissa inträffade händelser.

## NATURSKYDDETS LAGSTADGADE STÄLLNING I FINLAND

Finlands lag om naturskydd stadfästes 23.1.1923. Senare har talrika tillägg och ändringar gjorts och en ny naturskyddslag är som bäst under arbete. Enligt den nuvarande lagen kan på av staten ägda områden genom lag eller förordning grundas naturparker, nationalparker, myrskyddsområden, åsskyddsområden eller andra naturskyddsområden. Dessutom kan förvaltningsmyndigheten besluta om enskilda fridlysta områden. I fråga om privata områden kan på jordägarens ansökan ett område förklaras som naturskyddsområde. Beslut härom fattas av länsstyrelsen. Beslutet består också efter ett eventuellt ägoskifte, men kan upphävas t.ex. på grund av senare framkomna ekonomiska orsaker som har inverkan på det allmänna bästa.

Den gamla naturskyddslagen förbjuder exploatering av mineraltillgångar på naturskyddsområden. Dessutom förbjuder den tagning av mineral eller med andra ord provtagning på dessa områden. Genom förordning kan dock — om vägande skäl föreligger — stadgas undantag. I motsvarande lagar och förordningar som gäller för naturparker och nationalparker på staten tillhöriga områden finns specificerade bestämmelser som numera kan anses vara allmän kuty. Enligt dem är det

tillåtet att för vetenskapliga eller undervisningsändamål ta små mineralprov samt vidta sådana åtgärder, som är nödvändiga för den geologiska undersökningen eller malmletningen under förutsättning att förvaltningsmyndigheterna eller miljöministeriet beviljat tillstånd för detta ändamål.

Miljöministeriet i Finland grundades genom en lag av år 1983. Ministeriet började genast planera en omfattande utvidgning av naturskyddsområdena i landet. I dag finns det i Finland 20 naturparker med en total areal på 1 501 km<sup>2</sup>, 22 nationalparker på totalt 6 550 km<sup>2</sup>, 102 myrskyddsområden på sammanlagt 782 km<sup>2</sup> och 647 stycken fridlysta områden på totalt 499 km<sup>2</sup> eller sammanlagt 9 979 km<sup>2</sup> skyddade områden. Dessutom är målsättningen för de närmaste åren att ytterligare få totalt 6 650 km<sup>2</sup> skyddade områden av olika slag. Arealen av redan befintliga och nya planerade skyddsområden kommer då att tillsammans vara över 16 000 km<sup>2</sup> eller 4,7 % av Finlands hela areal, (bild 1 och 2). Dessa områden är inte jämnt fördelade över hela landet, utan t.ex. i Lappland, där det finns flera malmkritiska geologiska formationer, är redan nu ca. 10 % av arealen "avstängd" genom olika slags skyddsåtgärder eller planeringar av sådana.

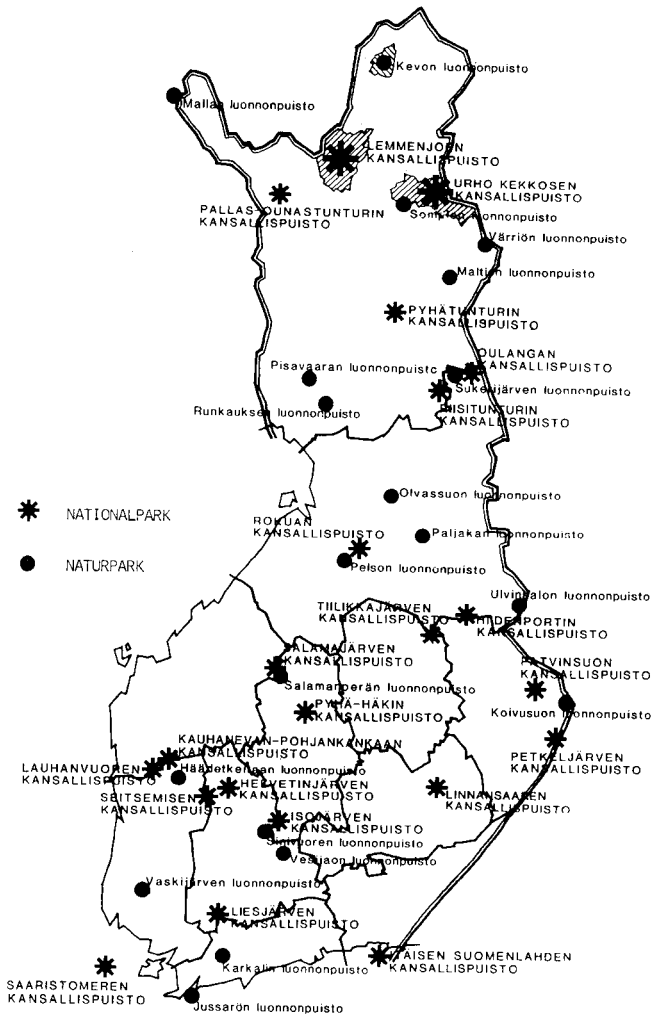
## MALMLETNING I FINLAND ENLIGT GRUVLAGEN (503/1965)

Finlands gruvlag ger finsk medborgare eller i Finland registrerat samfund rätt att inmuta de malmer, industrimineralier och bergarter som anges i sagda lag. Inmutningen är i princip oberoende av jordägförhållandena, men lagen stadgar vissa hinder för inmutningar. Att ett område ligger inom ett naturskyddsområde utgör till exempel inget hinder för inmutning, men inom naturskyddsområden måste man följa de regler och bestämmelser som gäller i fråga om dem. Till allemansrätten i Finland hör rätten att leta efter malm också på andras marker t.ex. i form av blockletning. Gruvlagen erkänner uttryckligen denna rätt, som i lagen kallas för letningsarbete. Härvid förutsätts emellertid att inga skador görs i terrängen eller på vegetationen eller också måste man i förväg överenskomma därom med jordägaren, som har rätt till full ersättning om skador uppstår.

## ÖMSESIDIG VÄXELVERKAN MELLAN GRUVLAGEN OCH NATURSKYDDESLAGEN

I Finland har den tidigare gruvlagen och justeringarna av den samt å andra sidan naturskyddslagen jämte justeringar beretts av olika administrativa myndigheter. Förekomsten av för gruvidrift lämpade malmfyndigheter inom naturskyddsom-



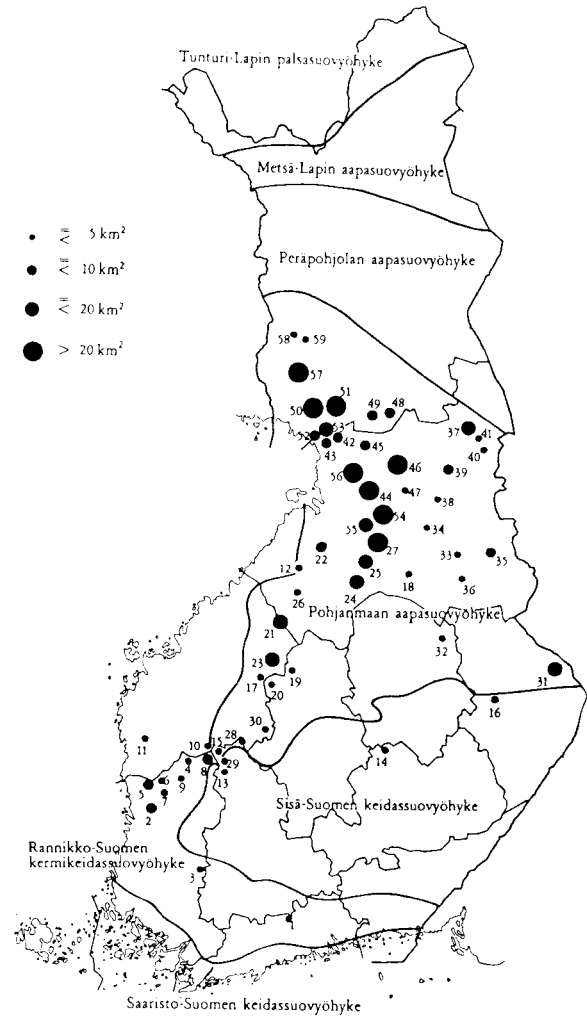


**Bild 1.** Finlands national- och naturparker 1.1.1984.  
**Fig. 1.** National Parks and Strict Nature Reserves in Finland 1.1.1984.

råden kan ge anledning till komplicerade och oförenliga värderingar mellan olika intressen. Och då är ingredienserna färdiga för en omfattande och häftig offentlig debatt. Att större konflikter hittills kunnat undvikas är en ren slump, det vill säga malmer har inte hittats inom naturskyddsområden eller så har man ännu inte ens utfört letningar på dylika områden. Gruvlagen understryker kraftigt rätten till exploatering av i berggrunden påträffad malmfyndighet, till och med utan att hindras av jordägförhållanden, medan däremot naturskyddslagen och dithörande lagar och förordningar endast medger rätt till geologiska undersökningar och malmletning i enskilda fall. Härtill behövs emellertid alltid myndigheternas tillstånd. Såsom tidigare nämnts har arealen av skyddade områden under 1980-talet kraftigt ökat i Finland och denna utvecklingstrend tycks fortsätta. En följd härav är att områdena där malmletning fritt kan utföras hela tiden krymper.

**PLANERNA I FRÅGA OM TILLSTÅNDSFÖRFARANDE FÖR MALMLETNINGSVERKSAMHET INOM NATURSKYDDSMRÅDEN**

Tillstånd för malmletning inom naturskyddsområden beviljas av såväl lokala förvaltningsmyndigheter som av myndigheter inom centraladministrationen och som högsta instans av miljöministeriet. Eftersom det hittills inte funnits enhetliga regler för eller ens erfarenhet av tillståndsförfarandet, tillsatte miljö-



**Bild 2.** Myrskyddsområden i Finland.  
**Fig. 2.** Peatland Nature Reserves in Finland.

**MYRSKYDDSMRÅDEN 1.1.1982**

- |   |  |
|---|--|
| 1. Järvisuo-Ritassaarensuo              | 31. Kissansuo-Raanisuo-Tohlinsuo         |
| 2. Isoneva                              | 32. Mataliansuo-Hyvärilänsuo-Kurtosuo    |
| 3. Isosuo                               | 33. Julmasuo                             |
| 4. Jäkäläneva-Isoneva                   | 34. Säkiksenlatvansuo-Jännesuo-Lamminsuo |
| 5. Haapakeidas                          | 35. Suoniemensuo                         |
| 6. Huidankeidas-Matokeidas              | 36. Rimpisuo-Tiilipuro                   |
| 7. Rynkäkeidas                          | 37. Isosuo-Kivisuo                       |
| 8. Päretkivenneva-Teerineva-Pohjoisneva | 38. Karhisensuo-Pyöreänsuo-Lokkisuo      |
| 9. Puurokeidas                          | 39. Raatesuo                             |
| 10. Haukilamminneva-Murtomaanneva       | 40. Paiselampi                           |
| 11. Harjaisneva-Pilkonneva              | 41. Lökkisuo-Teerisuo                    |
| 12. Hirvineva                           | 42. Iso Hirviaapa-Lähteenaapa            |
| 13. Isoneva-Raitakulonneva              | 43. Tuuliaapa-Iso Heposuo                |
| 14. Ringinsuo                           | 44. Kuusisuo-Hattusuo                    |
| 15. Isoneva                             | 45. Sumusuo                              |
| 16. Viklinsuo-Rapalahdensuo             | 46. Oravisuo-Näätänsuo-Sammakkosuo       |
| 17. Pohjoisneva-Haapineva               | 47. Vellisuo-Vuurisuo                    |
| 18. Karppisensuo-Salinsuo               | 48. Varpusuo-Saarisuo                    |
| 19. Kirkkoneva-Juunkkasuo               | 49. Asmuntinsuo-Lamminsuo                |
| 20. Saarisuo-Valleussuo                 | 50. Martimoaapa-Lumiaapa-Penikat         |
| 21. Kivineva-Tuomikonneva-Iso Lampineva | 51. Veittiaapa                           |
| 22. Loukkuneva-Isoneva                  | 52. Iso Saarisuo-Hoikkasuo-Musta-aapa    |
| 23. Hangasneva-Säästöpiirinneva         | 53. Rimpijärvi-Uusijärvi                 |
| 24. Kansanneva-Kurkineva-Muurainsuo     | 54. Säippäsuo-Kivisuo                    |
| 25. Törmäsenrimpi-Kolkanneva            | 55. Tolkansuo                            |
| 26. Rimpineva                           | 56. Hirvisuo                             |
| 27. Rumala-Kuvaja-Oudonrimpi            | 57. Kiilsaapa-Ristivuoma                 |
| 28. Silmäneva                           | 58. Karhujupukka                         |
| 29. Närhineva                           | 59. Tuorerommas                          |
| 30. Maaherransuo                        |  |

ministeriet i början av år 1985 en utredningsgrupp som skulle göra förslag till hur ansökan om tillstånd skall göras. Samtidigt uppgjordes allmänna villkor för beviljning av tillstånd. Till denna utredningsgrupp hörde tre medlemmar representerande administration och planering av naturskyddet och som särskilt kallade medlemmar direktör Kari Airas från arbets-samfundet Lapin Malmi samt jag själv.

I arbetsgruppens betänkande konstateras att målsättningen för naturskyddet är allra strängast i fråga om naturparker. I fråga om andra naturskyddsområden kan utnyttjande av dessa för rekreation eller ett begränsat utnyttjande för näringsverksamhet såsom renhushållning komma i fråga. Det är utan vidare klart, att gruvidrift är speciellt problematisk med tanke på naturskyddets målsättning.

Utredningsgruppen enades i sitt betänkande om en indelning i tre grupper av fältarbetena inom malmletningen och därav eventuellt förorsakade skador. Till första gruppen hör provtagning ur vatten, växter, organogena jordarter, block och blottade urberg med manuella arbetsredskap: geofysikaliska mätningar och lätta linjedragningar som inte lämnar nämnvärda spar i trädbeståndet eller den övriga vegetationen. Till den andra gruppen hör provtagning ur jordgrund, block eller berggrund med maskinella redskap såsom borrhingsutrustning, som måste transporteras till undersökningsplatsen. Då kan skador förorsakas på vegetationen eller i terrängen speciellt när marken är ofrusen. Till denna grupp hänförs också sådana linjedragningar som innebär fällning av träd eller bortröjande av vegetation för att kunna dra linjerna. Till den tredje gruppen hänförs sådana åtgärder som gör den största åverkan på naturen, såsom maskinell provtagning genom grävning, provbrytning samt byggandet av tillfälliga konstruktioner såsom vägar, lagerområden, el- eller telefonlinjer, anläggningar för avlopp och torrläggning med mera. Miljöministeriets tillstånd skulle krävas för undersökningar inom grupp tre, de övriga tillstånden kunde beviljas av någon administrativ myndighet som befullmäktigats härtill. Vid beviljandet av tillstånd borde särskild uppmärksamhet fästas vid följande:

- växtplatser för sällsynta och utrotningshotade växter samt liknande mindre områden där det förekommer sällsynta typer av vegetation.
- sällsynta och utrotningshotade djurarter och deras boplatser.
- sällsynta och avvikande geologiska och geomorfologiska bildningar och bergarter.
- för miljön värdefulla speciella objekt såsom natursköna och historiska platser, utflyktsmål och liknande.

## NÅGRA EXEMPEL PÅ KONFLIKTER MELLAN MALMLETNING OCH NATURSKYDD

Lohja/Malmletning har sedan år 1981 utfört kaolinundersökningar i Puolango norr om Uleåträsk. Där förekommer kaolinet som in situ yngre förvittring tillsammans med proterozoisk jätulkvartsit, till vilken långa enhetliga arkoskvartsitmellanlager ansluter sig. Hittills har tio mera betydande kaolinfyndigheter påträffats och i dem förekommer kaolinet som flera kilometer långa och 5-150 meter breda zoner.

Den fyndighet som innehåller mest malm är den så kallade Kerkäfyndigheten som ligger i Latvankylä i södra Puolango och som i norr gränsar direkt till Paljakka naturpark. Eftersom det föreföll uppenbart att fyndighetens två bervid varandra löpande kaolinzoner fortsätter in på naturparkens område var det nödvändigt att få detta bekräftat först med hjälp av två lätta Cobra-provtagningar. Eftersom vistelse inom Paljakka naturpark är förbjuden behövdes för denna undersökning tillstånd av vederbörande myndigheter, i detta fall av skogsstyrelsen. Tillstånd beviljades och resultatet av under-

sökningen var positivt, d.v.s. den bevisade att kaolinfyndigheten sträckte sig in på naturparkens område. Senare då huvudfyndighetens storlek och kvalitet preliminärt uppskattats, ansågs det nödvändigt att få provtagningen utsträckt också till naturparksområdet. För denna provtagning anhölls om tillstånd i sista hand hos miljöministeriet. Det tog cirka två år att få tillstånd och detta är antagligen det första prejudikatfallet i Finland. Den största försiktighet iaktogs vid provtagningen och en ca 2 km lång "väg" till platsen färdigställdes i förväg mycket varsamt för att undvika skador i terrängen och på vegetationen. Arbetet utfördes utan svårigheter i december 1985.

Ett liknande fall har förekommit inom arbetssamfundet Lapin Malmis malmundersökningar. Inom Kivaljo-stråket i Kemi-regionen har i anslutning till basiska lagerintrusiver påträffats ekonomiskt värdefulla platina- och palladiumhalter. Undersökningar har utförts på ett 10-15 km långt område och en del av detta område är myrskyddsområde. Med specialtillstånd har diamantborringar och geokemiska profilprovtagningar kunnat utföras. Myrlandskapet har inte skadats enär arbetet utfördes på vintern.

Rautaruukki Oy hade för avsikt att utföra geologiska undersökningar och provtagningar genom sprängning och diamantborring för sina wolframundersökningar i sydvästra Finlands skärgård inom Jussarö naturpark. Man avstod emellertid från detta delvis på grund av den offentliga opinionsstorm som blåste upp kring projektet. Geologiska forskningscentralen har för några år sedan utfört krommalmundersökningar inom Koitelainen gabbro massivet i mellersta Lappland. Dessa undersökningar, som krävt tillstånd och vilka omfattat diamantborringar och geokemisk provtagning, har kunnat utföras enligt planerna.

## NATURSKYDD OCH MALMLETNING I FINLAND

Naturskyddsåtgärdernas begränsande inverkan på malmletningsprojekten har skarpare börjat betonas först på 1980-talet. I och med att arealen för fridlysta områden ökar måste malmletningen anpassa sin verksamhet till situationen. Vid planeringen av nya naturskyddsområden beaktas mycket sällan malmpotentialen. Miljöministeriet har tillsvidare inte en enda malmgeolog i sin tjänst! Sålunda är det helt möjligt att malmer skulle kunna hittas på skyddade områden även efter det att beslutet om områdets skyddande fattats. Därför är det viktigt att skapa ett tillvägagångssätt för att erhålla malmletningstillstånd i sådana fall där det finns motiverade och sakliga skäl till malmletning. Utnyttjandet av resultaten av malmletningen förutsätter en omsorgsfull och saklig prövning av såväl nationalekonomiska faktorer som av naturskyddssynpunkter.

## SUMMARY

### ORE PROSPECTING AS RELATED TO NATURE PRESERVATION IN FINLAND

In Finland, the nature preservation and ore prospecting have in some instances confronted each other. The Mining Law gives clear rights to exploit all the metals and minerals mentioned in that law meanwhile The Nature Preservation Law allows on nature preserve areas only small scale sample taking for educational or scientific purposes as well as for exploration by permission of authorities. The Ministry of Environment set up a working group to give a proposal for the terms of the permission. The total preserved area which will in some years cover ca. 4.7 % of the total area of the country, is growing and will soon obstruct the exploration activities.

# Malminetsinnän avaintekijöistä

**Tekn.tri Matti Ketola, Outokumpu Oy, Malminetsintä, Outokumpu**

Esitelmä Lapin malmipäivillä 5.2.1987

## YHTEENVETO

Artikkelissa on kartoitettu malminetsinnän uusiutumattomia ja uusiutuvia avaintekijöitä sekä niiden vaikutuksia. Uusiutumattomia ovat aika ja geologiset edellytykset. Uusiutuvat puolestaan voidaan jakaa aineellisiin ja henkisiin. Aineellisiin kuuluvat rahoitus ja menetelmät, henkisiin organisaatio ja ihmiset. Tärkein avaintekijä on ihminen, joka tekee tulkinnat ja päätökset.

Sulfidi- ja jalometallimalmien etsintää Suomessa tehdään pääasiassa liuskealueilla ja vihreäkivivyöhykkeillä, joiden malminetsintää vaikeuttavat grafiittiliuskeet. Malmilohkareet, kansannäytteet ja käyttökelpoiset malminetsintäideat ovat 1950- ja 1960-luvuilla nopeuttaneet malmien löytymistä näiltä alueilta ja alentaneet etsintäkustannuksia.

1970-luvulta alkaen on malminetsinnän tuloksellisuus heikentynyt huolimatta lisääntyneestä kairausmäärästä. Näyttääkin siltä, että etenkin syväalmien etsinnässä ei ole toistaiseksi käytettävissä riittävän tehokkaita menetelmiä kairauksen ohjaamiseksi malmiin.

Malminetsinnällisesti vaikeissa geologisissa olosuhteissa tapahtuva etsintätoiminta tarvitsee tuekseen sen tavoitteiden mukaisesti suunnattua alueellista ja perustutkimusta. Malminetsinnän pitkäjänteisyyden tuloksettomuus ei saisi vaikuttaa Geologian tutkimuskeskuksen tekemään valtakunnalliseen mineraalivarojen inventointiohjelmaan, siihen liittyvään malminetsintään ja menetelmien kehitystyöhön, joissa aikajänteen on oltava pitempi kuin yritysten malminetsinnässä.

## YLEISTÄ

Malminetsinnässä avaintekijät voidaan jakaa uusiutuviin ja uusiutumattomiin. Uusiutumattomia ovat kuvan 1 mukaisesti malminetsintään käytetty aika ja tutkimusalueen geologiset edellytykset, joista ainoa todella uusiutumaton on aika. Malminetsinnän pitkäjänteisyydestä johtuen toiminta-aika on eräs vaikeimmin määriteltävistä tekijöistä. Tavallisesti se on vuosista kymmeneen vuosiin.

Malminetsintäorganisaation toiminta-ajan ja -ajatuksen, aineellisten ja osittain henkisten resurssien laajuuden sekä organisaatiomuodon määrittelee ylin johto (omistaja) ottaen huomioon etsintätoiminnan tuloksellisuuden, kaivostoiminnan kannattavuuden ja metallien hintakehityksen sekä geologian alan sidosorganisaatioiden toiminnan.

Ottamalla huomioon ylimmän johdon (omistajan) tavoitteet ja geologiset edellytykset malminetsintäorganisaation johto pyrkii sekä omia että ulkopuolisia aineellisia ja henkisiä resursseja käyttäen ja kehittäen toimimaan siten, että projektien työ johtaa malmilöytöihin. Suuren malminetsintäorganisaation johto voi vaikuttaa ratkaisevasti mm. strategiseen suunnitteluun, aluevalintoihin, voimavarojen painotukseen sekä uusien malminetsintäideoiden syntyyn ja -menetelmien kehitykseen, mutta malminetsintätutkimukset ja malmilöydön tekee etsintäprojektin henkilökunta.

Suurilla muutoksilla, jotka tapahtuvat toimintaympäristössä ja avaintekijöissä, on suoria tai epäsuoria vaikutuksia malminetsintätoimintaan. Koska kyseessä on pitkäjänteinen toiminta, eivät muutosten vaikutukset näy välittömästi ja niiden erittely on vaikeaa.

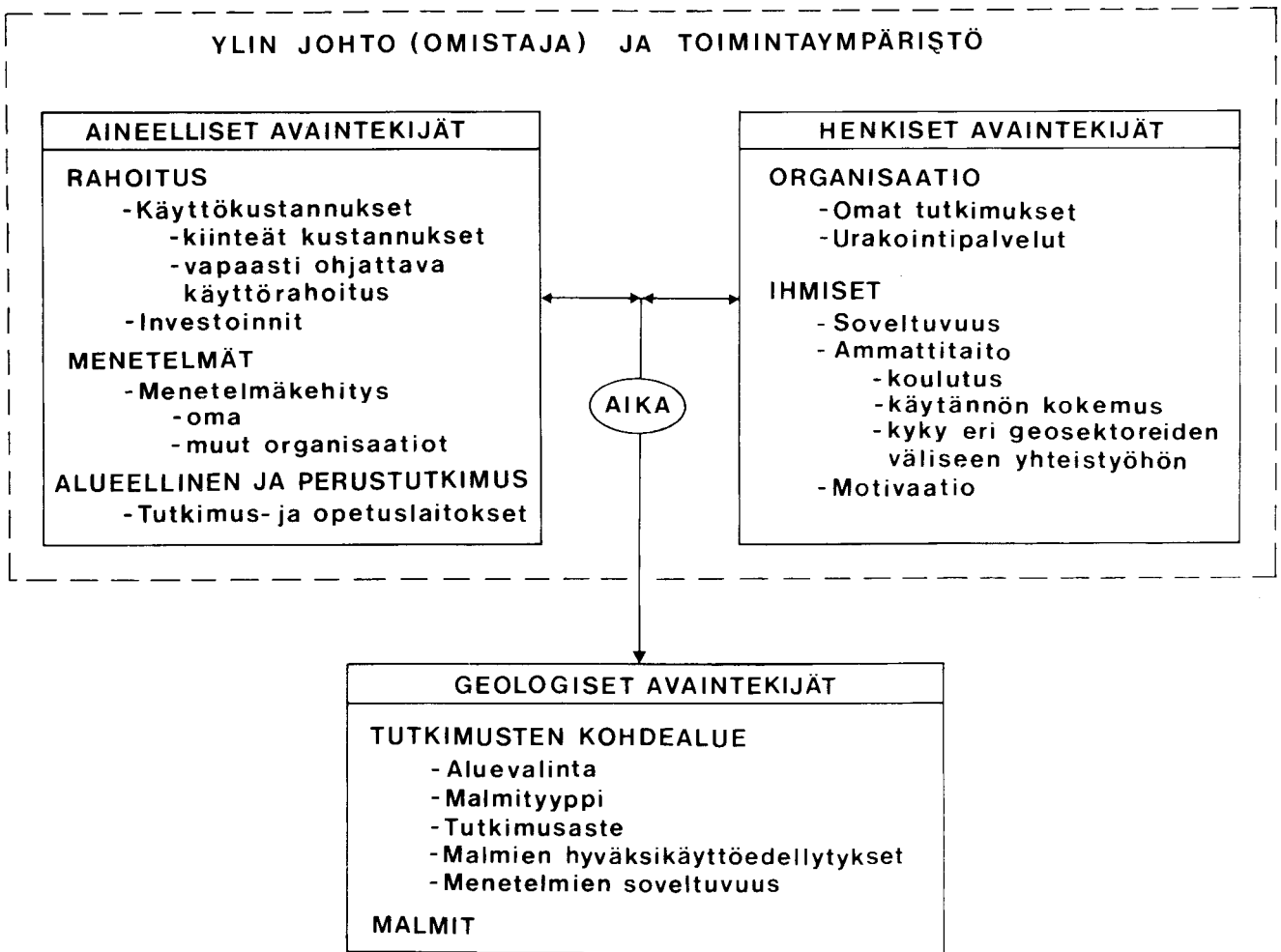
Uusiutuvat avaintekijät voidaan jakaa aineellisiin ja henkisiin. Näiden välillä on vuorovaikutus. Aineellisista tärkeimpiä ovat rahoitus, menetelmät sekä alueelliseen ja perustutkimukseen valtakunnallisesti käytettävät voimavarat. Henkisistä puolestaan merkittävimmät ovat organisaatio ja ihmiset. Jokaiseen organisaatioon, joka on apuväline toiminnan päämäärien toteuttamiseksi, liittyy etuja ja haittoja. Haittoja tulisi ihmisten pyrkiä joustavalla toiminnallaan minimoimaan siten, että kokonaisuuden kannalta saavutettaisiin paras mahdollinen tulos.

Kaikkien edellä mainittujen avaintekijöiden avulla malminetsintäorganisaatio pyrkii löytämään valitsemitaan tutkimusalueilta ne taloudelliset malmit, jotka malmityypin ja geologisten edellytysten perusteella on asetettu tavoitteiksi. Tosin usein on käynyt niin, että tutkimusten edistyessä ja tietojen lisääntyessä on tavoitteita jouduttu tarkistamaan ja päädytty uudentyypisen malmin löytymiseen.

Rahoituksessa on huomioitava käyttö- ja investointikustannukset. Toiminnan pitkäjänteisyydestä johtuen tuottaa kohtuullinen peruspanos pitemmälle ajanjaksolle sijoitettuna todennäköisesti paremman tuloksen kuin suuri panostus lyhyellä aikajänteellä.

Käyttökustannukset voidaan jakaa kiinteisiin kustannuksiin ja vapaasti ohjattavaan käyttörahoitukseen, jolla ostetaan mm. urakointipalveluita. Hajasijoitetussa organisaatiossa kiinteät kustannukset ovat suuremmat kuin keskitetyssä. Mitä pienemmät ovat kiinteät kustannukset, sen joustavammin on mahdollista tehdä muutoksia etsintätoiminnan painotuksessa. Teollisuusmineraaleja etsivien ja hyödyntävien yritysten malminetsintäorganisaatiot ovat Suomessa olleet pieniä ja joustavia verrattuna esim. metallisia malmeja etsiviin valtionyhtiöiden organisaatioihin.





**Kuva 1.** Malminetsinnän avaintekijät.  
**Fig. 1.** Key factors of exploration.

Uusien menetelmien käyttöönotto edellyttää menetelmäkehitystä ja soveltamistutkimuksia. Mitä enemmän menetelmäkehittelyä ja laitetutkimuksia tehdään itse, sitä suuremmat ovat kiinteät kustannukset.

Ihmisten työn tuloksellisuuteen vaikuttavat mm. soveltuvuus malminetsintätyöhön, ammattitaito ja motivaatio. Soveltuvuutta havainnollistaa esimerkiksi henkilö, joka on pätevä malminetsintämenetelmien kehittäjä, ei välttämättä ole hyvä malminetsijä.

Ammattitaito koostuu ammatillisesta koulutuksesta, käytännön kokemuksesta ja kyvystä eri geosektoreiden väliseen yhteistyöhön. Pätevältä malminetsintäprojektin päälliköltä vaaditaan ainakin kymmenen vuoden käytännön kokemus.

Tutkimusalueiden valinta, jolloin arvioidaan niiden geologiset edellytykset, tutkimusaste, etsittävät malmityypit ja menetelmien soveltuvuus, tehdään organisaation henkilökunnan toimesta ja heidän ideoittensa perusteella. Tutkimusaluetta valittaessa ja tutkimusten kestäessä on otettava huomioon mahdollisesti löydettävien malmien teknis-taloudelliset hyväksikäyttöedellytykset.

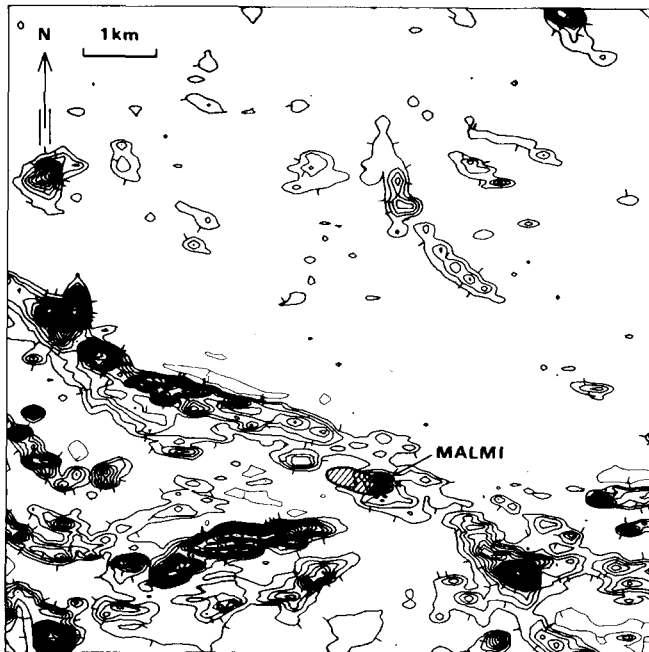
Malminetsintäprojektin henkilöstö tekee lopullisen tulkinnan, joka positiivisessa tapauksessa johtaa taloudelliseen malminlöytöön. Koko toiminnalle on luonteenomaista, että keskeiset ratkaisut tekee ihminen, jolloin hänestä muodostuu tärkein avaintekijä.

Selvitettäessä syitä malminetsinnän tuloksellisuuteen on tarkastelun kohteeksi otettava riittävän pitkällä aikavälillä kaikki avaintekijät ja niiden suuremmat muutokset. Suuret muutokset vaikuttavat ylimenokautena heikentävästi etsintätoiminnan tehokkuuteen.

Malminetsintäorganisaatio ja sen toiminta on kokonaisuus, jossa eri voimavarojen on oltava mitoitettu keskenään oikeassa suhteessa. Toimintaa voisi verrata esim. jääkiekkjoukkueen peliin, jossa luovilla yksilösuorituksilla, yhteistoiminnalla ja taustavoimilla kuten valmennuksella ja kannustuksella on ratkaiseva merkitys. Takaiskuista huolimatta on säilytettävä usko lopullisen tavoitteen saavuttamiseen. Malminetsintätoiminnan aikajänne on kuitenkin toinen kuin jääkiekkopelissä ja se onkin verrattavissa "hidastettuun jääkiekkopeliin".

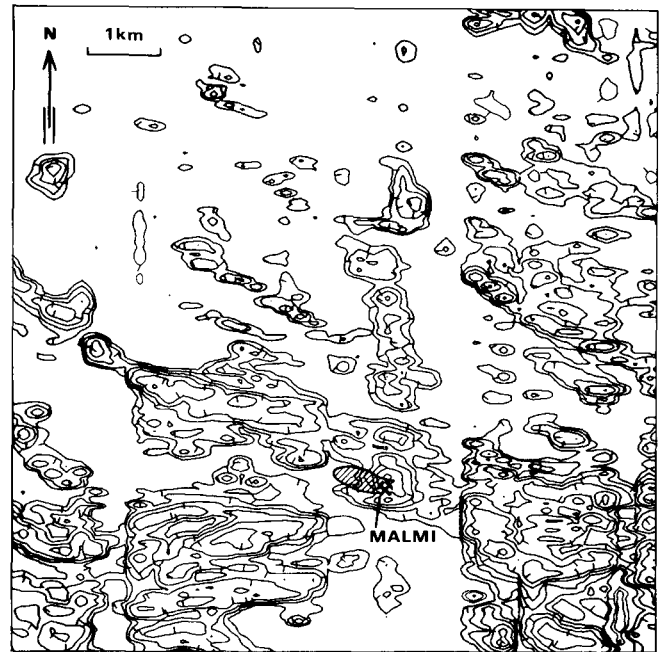
## **GEOLOGISISTA EDELLYTYKSISTÄ JA MENETELMIEN SOVELTUVUUDESTA**

Suurin osa löydettyistä sulfidalmiesiintymistä sijaitsee (proterotsooisilla) liuskealueilla, joilla esiintyy runsaasti magneettikiisupitoisia grafiittiliuskeita. Näiden alueiden malminetsintä on tunnetusti vaikeaa, koska grafiittiliuskeet aiheuttavat sekä magneettisia ja sähköisiä geofysikaalisia että geokemial-



**Kuva 2.** Enonkosken alueen aeromagneettinen matalalento-kartta.

**Fig. 2.** The magnetic low altitude airborne map of Enonkoski area.



**Kuva 3.** Enonkosken alueen aerosähköinen matalalento-kartta. Reaalikomponentti.

**Fig. 3.** The electromagnetic low altitude airborne map of Enonkoski area. Real component.

lisiä anomaliaita (kuvat 2 ja 3). Malmiotollisten vyöhykkeiden rajaamisessa ja geologisten rakenteiden selvittelyssä eli ns. epäsuorassa malminetsinnässä grafiittiliuskeiden aikaansaamia geofysikaalisia anomaliaita voidaan käyttää hyväksi. Muita malminetsintään vaikuttavia tekijöitä kallioperän peitteisyyden lisäksi ovat mm. kivilajien metamorfoosi ja deformaatio.

Vaikka Suomi on systemaattisen aerogeofysikaalisen tutkimuksen johtavia maita maailmassa, ei näillä mittauksilla ole toistaiseksi onnistuttu löytämään yhtään uutta taloudellisesti merkittävää sulfidimalmiesiintymää. Eräs syy vaatimattomaan tulokseen on, että tärkeimmillä malmiotollisilla alueilla esiintyy runsaasti grafiittiliuskeita.

Mäkelä (1984) on tarkastellut artikkelissaan malminetsinnan taloudellisuutta Kanadassa /1/. Siellä saavutetuissa tuloksissa heijastuu erityisesti lentomittausten käyttöönotto alueilla, joilla malminetsintää on tehty vähän. Tällöin malminetsinnan kustannukset ovat merkittävästi keskimääräistä alemmat. Tätä alueellisen prospektuksen onnistumisen vaihetta ei Suomessa koettu 1950- ja 1960-luvuilla, vaan tuloksiin päästiin tehokkaan kansannäytetoiminnan, malmilohkareiden, yksityiskohtaisen geologisen kartoituksen, käyttökelpoisten malminetsintäideoiden ja laajojen systemaattisten geofysikaalisten maanpintamittausten sekä aerogeofysikaalisten korkealentotulosten avulla.

Systemaattinen ja yksityiskohtainen maanpinnalta tapahtuva malminetsintä on yleensä kalliimpaa kuin niiden alueiden tutkiminen, joilla isot ja arvoltaan merkittävät massiiviset sulfidimalmit voidaan suoraan paikantaa aerogeofysikaalisten anomalioiden avulla. Yksityiskohtainen ja systemaattinen etsintä vaatii myös häiriintymättömän ja pitemmän aikajänteen.

Suomesta on löydetty vain keskikokoisia ja pieniä sulfidimalmeja. Malmilohkareilla ja kansannäytetoiminnan antamalla vihjeillä on ollut ratkaiseva merkitys malminetsinnan tuloksellisuudelle. Ne ovat osoittaneet vaikeasti prospektattavilta irtomaakerroksen peittämiltä liuskealueilta malmiotollisia vyöhykkeitä ja yksittäisiä etsintäkohteita, joista malminetsin-

täorganisaatioiden tutkimusten ja eräissä tapauksissa sattuman kautta (Pyhäsalmi, Kotalahti) on löydetty taloudellisia malmeja. Malmien paikantaminen on nopeutunut ja etsintäkustannukset ovat muodostuneet kohtuullisiksi.

Kansannäytetoiminnan kautta, joka on koko maailmassa ainutlaatuinen menetelmä, on malminetsinnan piiriin saatu tuhansia asianharrastajia, jotka ovat tehneet kentällä koko maan kattavaa yksityiskohtaista uusien malminetsintäaiheiden hankintaa. Näin laajaan kenttätöyöhön malminetsintäorganisaatioiden omat voimavarat eivät olisi koskaan riittäneet. On mahdollista, että malminetsintäorganisaatiot ovat ainakin osittain tulleet liian riippuvaisiksi kansannäytetoiminnan kautta saaduista vihjeistä. Niiden omatoiminen uusien aiheiden hankinta on jäänyt liian vähäiseksi.

Viimeisen vuosikymmenen aikana eivät lohkaroiden ja kansannäytteiden perusteella aloitetut tutkimukset ole johtaneet merkittävien taloudellisten sulfidimalmien löytymiseen. Malminetsinnan tuloksena on ollut joukko pieniä malmeja. Malminetsintä on pyrittävä suuntaamaan geologisilta edellytyksiltään sellaisille alueille, joilta isompien malmien löytäminen on todennäköisintä. Mikäli Geologian tutkimuskeskuksen aerogeofysikaaliset matalalentotulokset ja alueelliset geokemian tulokset osataan oikein yhdistää ja tulkita käytettävissä olevan geologisen tiedon kanssa, paranevat mahdollisuudet valita ne malmipotentialisten vyöhykkeiden osa-alueet, joille yksityiskohtaiset jatkotutkimukset eri malminetsintämenetelmillä keskittetään.

1970-luvun puolivälistä lähtien, jolloin edessä hämmäyttävää metallisten malmivarojen ehtymistä ryhdyttiin torjumaan malminetsintäpanosta kasvattamalla, on syväkairauksen määrää lisätty huomattavasti. Kymmenvuotiskautena 1976–85 ovat Geologian tutkimuskeskus ja Outokumpu Oy:n Malminetsintä kairanneet pääasiassa sulfidi- ja jalometallimalmien etsinnässä yhteensä n. 650 km. Tuona aikana onnistuttiin löytämään vain yksi kaivostoimintaan johtanut sulfidimalmi, Enonkosken nikkeliesiintymä.

Tutkimusalueen tärkeimpänä valintakriteerinä pidetyn mal-



mipotentialisuuden ohella on otettava huomioon myös menetelmien soveltuvuus. Kun verrataan suurta kairausmäärää saavutettuihin tuloksiin ja oletetaan geologiset edellytykset huomioon ottaen, että löytämättömiä malmeja kallioperäsämme vielä on, paljastuu vaikea ongelma. Sulfidimalmien etsinnässä liuskealueilla ei toistaiseksi ole käytettävissä riittävän tehokkaita menetelmiä, joilla yksin tai eri menetelmillä saatuja tuloksia yhdistämällä voitaisiin kairaus ohjata malmiin. Koska tämä on vaikea probleema pienen pubkeaman omaavien malmien etsinnässä, täytyy sen nykyisillä malminetsintämenetelmillä olla vielä vaikeampi ja kalliimpi ongelma syvämalmin etsinnässä, jossa alustavilla kairauksilla joudutaan ensin selvittämään malmiotollisten kivilajien esiintymisen, ns. geologinen malli, ja sen jälkeen vasta hakemaan eri menetelmillä mahdollinen malmi.

## IHMISET

Koska malmin paikantaminen tiedetään vaikeaksi, käytetään etsintätyössä kaikkia niitä menetelmiä, joiden oletetaan edistävän malmin löytymistä. Eri geosektoreiden asiantuntijat, geologit, geofyysikot, geokemistit ym. esittävät projektin aikana käsityksensä menetelmien käyttömahdollisuuksista, tutkimusten laajuudesta sekä tulosten valmistuttua tekevät tulkintoja ja raportoivat malminetsintäprojektin päällikölle (useimmiten geologi). Hänen on tehtävä ns. "integroitu tulkinta" ja päätös jatkotutkimuksista mm. kairauskohteiden valinta.

Integroidun tulkinnan onnistuminen edellyttää projektipäälliköltä ja projektin asiantuntijoilta ammatillisen pätevyyden lisäksi yhteistyökykyä. Epäonnistuminen yhdellä osaluueella saattaa koko projektin tuloksen vaaraan. Projektipäällikön koulutuksen ja asiantuntemuksen täytyy olla niin laaja, että hän pystyy hyödyntämään eri asiantuntijoiden suosituksia ja tulkinnat.

Projektipäällikön työskentelyä vaikeuttaa se, että asiantuntijat puhuvat erilaisesta koulutustaustastaan johtuen "eri kielillä". Yhteistyö olisi todennäköisesti helpompaa, jos geologien, geofyysikkojen ja geokemistien koulutus tapahtuisi riittävän suuressa opetusyksikössä siten, että kaikilla olisi ensin yhteinen peruskoulutusjakso, sekä sen jälkeen tapahtuisi erikoistuminen malminetsintään tai geosektoreille.

Virkkala (1986) on mielenkiintoisessa artikkelissaan käsitellyt taitoa yhdistellä tietoa toimiviksi kokonaisuuksiksi, joka on keskeinen asia myös integroidussa tulkinnassa, ja siihen liittyvää koulutusta /2/. Hän toteaa, että toimivien kokonaisuuksien luominen vaatii monessa suhteessa aivan erilaista asennoitumista kuin tutkijan työ, joka yleensä rajoittuu kapea-alaisen ongelman ratkaisuun. Harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta korkeakouluissa katsotaan, että pitemmässä koulutuksessa on aina kyse tutkijakoulutuksesta. Korkeatasoisia yhdistelyprosessien osajia joko ei katsota voitavan kouluttaa tai sitten oletetaan, että näille sopii tutkijakoulutus.

Koska malminetsintä, etenkin syvämalminetsintä, joudutaan käynnistämään yhä vaatimattomampien vihjeiden perusteella, on niiden kohdealueiden valinta, joilla malminetsintää tehdään systemaattisesti useita vuosia, eräs avaintekijä. Aluevalintoja tekevien geologien ammattitaitoa on parannettava antamalla heille mahdollisuus tutustua vastaaviin ulkomaisiin geologisiin muodostumiin, joiden kanssa he työskentelevät kotimaassa. Ammattitaidon kehittyessä voidaan lisätä luottamusta oikeisiin aluevalintoihin, perustellummin uskoa vastaavien malmityyppien löytymiseen omilta tutkimusalueilta ja saada uusia malminetsintäideoita. Malminetsintäjoiden ammattitaitoa on myös parannettavissa siten, että he käytännön kokemuksen ja jatkokoulutuksen kautta kehittyvät tietyn malmityypin etsinnässä asiantuntijoiksi.

## MALMINETSINTÄIDEAT

Eräät kotimaiset malmilöydöt osoittavat, että riittävään etsintämateriaaliin ja muodostumakohtaisiin tutkimustuloksiin tukeutuvan malminetsintäidean synnyttyä on löytöön päästy nopeasti yhdellä tai muutamalla kairareillä. Tästä esimerkkejä ovat Vuonoksen kupari-kobolttimalmin löytö v. 1965 geologian analogian ja litogeokemian avulla, Enonkosken nikkelimalmin löytö litogeokemian, magneettisen anomalian ja siitä tehtyjen tulkintojen avulla ja Taivaljärven hopea-sinkki-lyijyesiintymän paikallistaminen alueen vulkaniittien malmikriittisyyttä indikoivien havaintojen, lohkarölöytöjen ja geokemiallisen moreenianomalian avulla.

Toisentyyppisenä esimerkkinä voidaan mainita Etelä-Lapin kerrosintruusoiden platinametallitutkimusten käynnistymisen 1980-luvun alussa alueilla, joilta oli eri vaiheissa 1960- ja 1970-luvuilla etsitty kromi-, nikkeli- ja kuparimalmeja. Kun ensin oli oivallettu kerrosintruusoiden platinametallikriittisyys, jonka arviointi perustui suurelta osin analogia-ajatteluun ts. Etelä-Lapin kerrosintrusioita verrattiin Etelä-Afrikassa olevaan Bushweldin ja erityisesti Yhdysvalloista löydettyyn Stillwaterin kerrosintrusioon, voitiin käynnistää Penikoiden ja Narkauksen alueilla systemaattiset platinametallietsinnät osin vastaavien malmityyppien löytämiseksi.

Malmilöytöjen joukosta, joiden tutkimukset ovat saaneet alkunsa lohkarölöytöjen perusteella, on erinomaisia esimerkkejä malminetsinnällisistä oivalluksista. Näistä tunnetuin on O. Trüstedtin ajatus käyttää Kivisalmen kuparipitoisen kvartsiittilohkareen ympärillä olevasta moreenista löydettyjä pieniä karsi- ja mustaliuskelohkareita viitteenä siitä, että malminlohkareiden emäkallio voisi sijaita Outokummun alueella, koska sieltä oli aikaisemmin geologisen kartoituksen yhteydessä tavattu kyseisiä kivilajeja ja kuparikiisiä kvartsiittissa.

Outokummun alueen kupari- ja kobolttimalmitutkimukset ovat tyypillinen esimerkki malminetsinnän pitkäjänteisyydestä, menetelmäkehityksen antamien uusien mahdollisuuksien hyväksikäytöstä ja malminetsintäideoiden nopeuttavasta vaikutuksesta malmien löytämisessä.

Outokummun malmi paikannettiin v. 1910 kaksi vuotta Kivisalmen lohkarölöydön jälkeen n. 50 km etäisyydeltä sen löytöpaikasta edellä kerrottujen O. Trüstedtin malminetsintäideoiden ja geologisten kartoitustietojen perusteella. Vuonoksen sokea malmi, joka sijaitsee n. 200 m:n syvyydessä vain 6 km:n etäisyydellä koilliseen Outokummun malmista, löydettiin 55 vuotta myöhemmin v. 1965. Edellä mainittuna ajanjaksona oli Outokumpu-jaksossa tehty runsaasti geologisia, geofysikaalisia ja geokemiallisia tutkimuksia sekä kairauksia. Vuonoksen malmin löydön mahdollisti kuitenkin Outokumpu Oy:n Malminetsinnässä kehitetty litogeokemiallinen menetelmä, joka osoitti Vuonoksen alueen malmikriittisyyden ja ohjasi kairauksen malmiin.

Kylylahden malmi, jonka koko on lopullisesti selvittämättä, löydettiin 500–600 m:n syvyydestä Polvijärveltä n. 15 km Vuonoksesta koilliseen v. 1985 eli 20 vuotta Vuonoksen jälkeen. Malmilöydön kannalta oli mm. ratkaisevaa 1970-luvun aikana tapahtunut laskennallisen geofysikaalisen tulkinnan kehittyminen.

## TAVOITTEET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomi on Euroopan mittakaavassa pinta-alaltaan melko suuri valtio ja sen kallioperässä esiintyvät liuskealueet ja vihreäkivi- vyökykkeet tarjoavat sulfidi- ja jalometallimalmien esiintymiselle laajoja potentiaalisia vyöhykkeitä. Näiden malmiotollisten vyöhykkeiden tutkiminen nykyisillä menetelmillä on vai-



kea tehtävä. Maassamme on tärkeimpien metallien jalostuslaitokset, hyvä maantie- ja rautatieverkosto ja sivilisaatiohäiriöt eivät pitemmälläkään tähtämellä ratkaisevasti vaikeuta malminetsintää.

Malminetsinnällisesti vaikeissa geologisissa olosuhteissa taaphtuva etsintätoiminta, joka vähenevässä määrin voi tukeutua esim. kansannäytetoiminnan ja malmilohkareiden antamiin nopeuttaviin viitteisiin, tarvitsee tuekseen sen tavoitteiden mukaisesti suunnattua alueellista ja perustutkimusta. Malminetsinnän pitempiäikainenkaan tuloksettomuus ei saisi vaikuttaa Geologian tutkimuskeskuksen tekemään valtakunnalliseen mineraalivarojen inventointiohjelmaan sekä tähän työhön liittyviin alueellisiin ja muodostumakohtaisiin kartoitushjelmiin, malmiennusteiden laatimiseen ja käytännön malminetsintätyöhön.

Malminetsintämenetelmien kehittämistä varten tulee Geologian tutkimuskeskukselle varata riittävät resurssit, koska uudet menetelmät avaavat mahdollisuudet tulevaisuuden malmilöytöihin ja menetelmäkehittelyn tulokset ovat kaikkien halukkaiden käytettävissä. Metallisia malmeja louhivien valtionyhtiöiden malminetsintäorganisaatioilla on viimeisten vuosikymmenien aikana ollut suuri vaikutus uusien malminetsintämenetelmien kehitystyössä, joka on nyt voimakkaasti vähennemässä, ja Geologian tutkimuskeskuksen merkitys tässä työssä korostuu.

Kotimaisen kaivosteollisuuden kehittämiseen ja malminetsintään sijoitettua panosta ei pitäisi nähdä vain olemassa olevien jalostuslaitosten raaka-ainetarvetta säilyttävänä toimintana. Uusia mahdollisuuksia näyttäisi pitemmällä tähtämellä olevan ainakin jalometallien ja teollisuusmineraalien osalta. Nykyiset kotimaisen kaivosteollisuuden ja malminetsinnän

vaikeudet ovat metallisten malmien sektorilla, ei teollisuusmineraalien, joita hyödyntävä kaivosteollisuus kehittyi suotuisasti.

Sulfidimalmeista, joilla on suuri pintapuhkeama, on osa löydetty. Pienen pintapuhkeaman omaavia tai pintaan puhkeamattomia, merkittävän kokoisia esiintymiä on kaiken todennäköisyyden mukaan löytämättä, mutta niiden paikantaminen grafiittiliuskealueilta on vaikeaa. Ongelmana nykyisillä menetelmillä on malminetsinnän hitaus ja kalleus, joka uhkaa muuttaa sen varsinkin alhaisilla metallien hinnoilla pitemmäläkin aikavälillä tarkasteltuna kannattamattomaksi. Samalla vaarantuvat alan tutkimus- ja kehitystyö sekä koulutus.

Tavoitteeksi on asetettava etsintäkustannukset ja taloudelliset hyödyntämiskohdat huomioon ottaen malmit, jotka pääosin sijaitsevat alle 500 m syvyydessä. Syvämalmin riittävän yksityiskohtainen tutkiminen maan pinnalta on vaikeaa, eräissä tapauksissa jopa mahdotonta, jotta kaivoksen avaamis päätös voitaisiin tehdä. Ainoaksi mahdollisuudeksi jää malminetsintätutkimusten jatkaminen maan alta, mikä merkitsee lisääntyviä kustannuksia ja riskinottoa.

Grafiittiliuskealueiden malminetsinnän tuloksellisuuteen ei lyhytaikaisilla muutoksilla tai tavoitteilla yleensä onnistuta vaikuttamaan. Malminetsintäorganisaatioiden pitkäjänteisellä työllä, jossa aineelliset ja henkiset avaintekijät ovat tehokkaasti käytössä, pitäisi sulfidi- ja jalometallimalmeja olla vielä löydettävissä.

Etsinnässä tarvitaan parhaat mahdolliset menetelmät ja kairausta. Malminetsinnällisesti vaikeissa geologisissa olosuhteissa, joissa kairauksen lisäksi on rajoitetusti käytettävissä menetelmiä suoraan malmin paikantamiseen, korostuu uusien ideoiden ja ammattitaidon merkitys.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. *Mäkelä, M.*, Taloudellinen näkökulma malminetsinnän strategiaa suunniteltaessa. *Vuoriteollisuus — Bergshanteringen* 42:1 (1984), 21.
2. *Virkkala, V.*, Taito yhdistellä tietoa on yhtä tärkeää kuin tieto siinänsä. *Helsingin Sanomat*, "Alakerta", 23.8.1986.

## SUMMARY

### KEY FACTORS IN EXPLORATION

The article discusses key factors and their implication in exploration. The nonrenewable key factors are time and geological prerequisites. The renewable key factors can be divided into material and nonmaterial ones. The material factors include financing and methods, and the nonmaterial factors organization and personnel. The paramount key factor in exploration is man; it is he who interprets the data and makes decisions. Studies aiming at finding reasons for success or failure in exploration must consider all the key factors and their major implications over a long enough period.

In Finland, the search for sulphide and precious metal ores is undertaken mainly in the schist and greenstone belts, but exploration is hampered there by graphite schists. Ore floats, samples sent in by the public and useful explorational ideas accelerated the discovery rate of ore deposits in these belts in the 1950s and 1960s, thus reducing exploration costs.

Since the 1970s, exploration has had less success despite intensified drilling. It appears, then, that we do not have effective enough methods at our disposal to intersect the ore-bodies by drilling, particularly when searching for those that have a small outcrop or for deep-seated ores in the graphite schist environment.

In the explorationally difficult geological environments, such as graphite schist belts, the exploration has to be supported by the regional surveys and basic geological research programmes, directed according to the specific exploration objectives in question. However, not even persistent failure in exploration should affect the inventory programme of national mineral resources being undertaken by the Geological Survey of Finland. Neither should it affect the associated exploration and development of methods, which require a longer time span than exploration conducted by companies.

# Kansainvälisestä rikastekaupasta

Dipl.ins. Esko Pääkkönen, Outokumpu Oy, Metallurginen teollisuus, Espoo

## JOHDANTO

Tässä artikkelissa käsitellään värillisten perusmetallien kansainvälistä rikastekauppaa. Lähempään tarkasteluun tulevat kupari-, sinkki- ja lyijyrikasteet, joiden kauppa on niin laajaa, että voidaan puhua rikastemarkkinoista. Kobolttin ja nikkelin valmistus on muutaman suuren tuottajayhtiön käsissä kaivoksesta metalliksi saakka, joten rikastekauppaa ei juuri käydä. Rautarikasteiden maailmankaupan volyyymi on huomattava, mutta sen tarkastelu jätetään tässä yhteydessä pois. Samoin rajataan esityksen ulkopuolelle volyymiltään pieni molybdeenin-, antimoni- ja wolframirikasteiden ja muiden harvinaisempien rikasteiden kansainvälinen kauppa.

Kauppan katsotaan olevan kansainvälistä, kun tavara tai hyödyke ylittää jonkin valtakunnan rajan ja se esiintyy tullilistoissa.

## RIKASTEKAUPAN SYNTY

Viime vuosisadalla ja tämän vuosisadan alkupuolella teollistuneissa maissa rakennettu perusmetallien jalostuskapasiteetti sai raaka-aineensa pääsääntöisesti omista kaivoksista. Omien malmivarojen ehtyessä tilanne alkoi vähitellen muuttua, kun kaivoksia avattiin merten takaisissa kehitysmaissa ja omaa jalostuskapasiteettia edelleen laajennettiin.

Erityisen nopeaa tämän suuntainen kehitys oli sotien jälkeisinä vuosikymmeninä. Tähän vaikuttavia tekijöitä olivat mm.

- Uudet teknologiat (flash smelting ja imperial smelting furnace), jotka omaksuttiin nopeammin teollistuneissa maissa.
- Voimakkaan jälleenrakentamisen tarve erityisesti Euroopassa ja Japanissa.
- Raaka-ainesantia turvaavat rahoitusjärjestelyt mahdollistivat kaivostoiminnan laajentumisen kehitysmaissa.
- Protektionististen järjestelmien syntyminen Japanissa ja muissa nopeasti kehittyvissä maissa.

Kaiken tämän seurauksena huomattava osa uudesta jalostuskapasiteetista rakennettiin lähes tai täysin tuontirikasteiden varaan esimerkiksi seuraavissa maissa: Japani, Korea, Taiwan, Saksan Liittotasavalta, Belgia ja Hollanti.

Toinen kauppaa lisäävä tekijä oli oman kaivostuotannon ehtyminen ja samanaikainen jalostuskapasiteetin kohoaminen. Näin on käynyt mm. Ranskassa, Suomessa, Ruotsissa, DDR:ssä, Espanjassa, Bulgariassa, Kanadassa jne.

Nämä tekijät luonnollisesti loivat edellytykset kansainvälisen rikastekaupan laajenemiselle. Aivan viime vuodet ovat osoittaneet, että suuntaus on kääntymässä, kun rikasteita tuottavat maat ovat alkaneet rakentaa omaa sulatus- ja jalostuskapasiteettia samalla kuin jotkut teollistuneet maat ovat purkamassa jo vanhentuneita laitoksiaan.

## P<sub>m</sub> PERUSMETALLIEN TUOTANTO 1985

Milj.t metallia	Cu	Zn	Pb
<b>KOKONAIS-METALLITUOTANTO</b>	9,7	6,7	5,6
<b>METALLITUOTANTO RIKASTEISTA</b>	8,4	6,7	3,6
<b>Kansainväl. rikastekaupan osuus primäärituotannosta</b>	1,5	2,3	0,6
<b>%:a edellisestä</b>	(17,8)	(33,6)	(17,2)
<b>Milj.t rikastetta</b>			
<b>Kansainväl. rikastekaupan volyyymi</b>	4,8	4,2	1,1

Kuva 1. Perusmetallien tuotanto, 1985.

Fig. 1. Production of base metals, 1985.

## RIKASTEKAUPAN LAAJUUS

Kansainvälisen rikastekaupan merkitys ja osuus metallien tuotannosta vaihtelee metalleittain. Vuonna 1985 oli kuparin tuotanto n. 9,7 milj. t, mistä määrästä valmistettiin n. 8,4 milj. t. primäärisistä raaka-aineista eli rikasteista. Edelleen kansainvälisen rikastekaupan osuus rikasteiden kokonaiskäytöstä oli 1,5 milj. t eli 17,8 % (kuva 1).

Vastaavasti kansainvälisen rikastekaupan osuus sinkkirikasteiden käytöstä oli 33,6 % ja lyijyrikasteiden käytöstä 17,2 %.

## KAUPPATAVAT

Kuten muussakin kaupankäynnissä rikastekaupassakin tunnetaan spot-markkinat ja pitkäaikaiset toimitussopimukset. Tämän lisäksi rikasteiden ostosopimus voi olla osa suurempaa sopimuspakettia, mihin sisältyy uuden kaivoksen rahoitusta, laiteomituksia tms.

Yleensä rikastekaupassa ostaja ja myyjä pyrkivät pitkäaikaiseen ja luottamukselliseen liikesuhteeseen, jossa molempien edut ja pyrkimykset tulevat huomioiduiksi.

Tällainen tilanne syntyy esimerkiksi uuden kaivoksen avaamis päätöstä tehtäessä, jolloin kaivos tarvitsee rahoitusta, teknologiaa ja pitkäaikaisen rikasteiden myyntisopimuksen ja su-

latto puolestaan voi järjestää osan rahoituksesta ja vakuuksista sekä haluaa solmia pitkäaikaisen ostosopimuksen. Tällainen järjestely valtion takauksineen on ollut pitkään mahdollista Japanissa ja Länsi-Saksassa ja nyttemmin myös Suomessa. Lähes kaikki merkittävimmät vientirikasteita tuottavat kuparikaivokset on avattu tällaisen rahoitusjärjestelyn turvin. Tällaisten sopimusten kesto on yleensä 10-15 v.

Em. rahoitusjärjestelyistä vapautunut kaivos pyrkii luonnollisesti jatkamaan pitkäaikaista yhteistyötä, mutta sillä on nyt enemmän vapausasteita sopimuksia tehdessään. Kuvaan tulevat uudet sulatot, suojatullialueilla ja suunnitelmatalousmaissa toimivat sulatot ja maailman kauppahuoneet eli tradarit. Tässä tilanteessa solmitut sopimukset ovat harvoin 1-5 vuotta pitempiä.

Nimensä mukaisesti spot-markkinat muodostuvat pienten marginaalierien kaupasta. Kauppaehdot reagoivat herkästi kysyntä- ja tarjontatilanteen muutoksiin. Suunnitelmallisesti toimiva kaivos tai sulatto ei voi jättäytyä pelkästään spot-markkinoiden varaan, vaan niitä käytetään ylijäämäerien myyntiin ja rikastevajauksen täyttämiseen. Traderien käymä kauppa on tyypillisimmillään spot-kauppaa.

## PROTEKTIONISMI

Nopean kehityksen vaiheessa useat maat loivat suojatulli- ja tuontikiintiöjärjestelmän juuri rakennetun oman sulatus- ja jalostuskapasiteetin turvaamiseksi. Ensimmäinen ja merkittävistä näistä maista oli Japani, jota seurasivat Etelä-Korea, Taiwan, Brasilia ja tietyssä määrin myös Espanja. Sosialististen maiden rikasteostojen vaikutus markkinoihin on sama, mutta syyt lienevät erilaiset.

Järjestelmä toimii siten, että puhtaalle metallille ja sen jatkojalostustuotteille säädetään tuontitulleja ja tuontikiintiöitä, joiden suojassa voidaan ylläpitää maailmanmarkkinahintaa korkeampaa maan sisäistä hintatasoa. Raaka-ainetuonti on luonnollisesti tullivapaata. Edun saamisen edellytyksenä on, että kaikki tuotetut metallit myydään kotimarkkinoille ja hintaero saadaan tukiaisena omaan käyttöön.

Tällainen menettely on GATT-säännösten vastaista. EEC onkin vuosien ajan — tosin toistaiseksi turhaan — neuvotellut Japanin kanssa asiantilan korjaamiseksi.

Tämä järjestelmä vääristää erityisesti kuparirikastemarkkinoita ja ylläpitää marginaalista tuotantoa määrältään n. 1,2 milj. t Cu/v tuen vaihdella 5-10 US\$/lb kuparia.

## LME

Kaikki nyt käsitellyt metallit noteerataan Lontoon Metallipörssissä (LME), jota voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin:

- Pörssivarastoihin voidaan myydä ja sieltä voidaan ostaa fyysistä metallia.
- Pörssissä voidaan tehdä myös ns. paperikauppoja ilman fyysistä toimitusta, kun tehty kauppa kumotaan vastakaupalla ennen eräpäivää.
- Paperikauppoja käytetään runsaasti mm.
  - Spekulointiin
  - Tulevaisuudessa tuotettavan tai tarvittavan metallin hinnan fiksaamiseen
  - Hintariskiltä suojautumiseen oston ja myynnin välillä
  - Kaupan rahoittamiseen oston ja myynnin välillä

Puhtaaksi viljeltynä LME:n käyttö eliminoi hintariskin rikasteita jalostavalla teollisuudelta ja näin ollen kaivos jää ainoaksi hintariskin kantajaksi. Näin teoriassa, käytännössä on koko jalostusketjun yhteinen etu, että metallien hinnat ovat riittävät myös sulatus- ja jalostuspalkkioiden maksamiseen.

## HINTADILEMMA

Usein kuulee sanottavan, että nythän ovat rikasteet halpoja kun metallien hinnat ovat alhaisia. Kuten edellä todettiin, jalostava ketju on lähes tunteeeton metallien hinnalle. Ostajan kannalta rikasteen "hinta" mitataan rikasteen metallisisällön arvosta tehtävillä vähennyksillä, joita ovat mm.

- metallurgisia tappioita kattavat yksikkövähennykset metallipitoisuudesta
- sulatuspalkkio
- arvometallien jalostuspalkkiot
- haitta-aineiden sakot
- maksuajan korko jne

Näillä vähennyksillä ostava tehdas kattaa kulunsa ja tekee mahdollisen voittonsa. Osto- ja myyntihetken väliset hintamuutokset eliminoidaan pörssikaupoin. Metallien hinnan laskiessa kaivoksia suljetaan ja sulatot alkavat kilpailla jäljelle jäävästä tuotannosta tinkien juuri em. vähennyksistä. Rikasteet käyvät ostajalle "kalliiksi".

Kupari- ja lyijyrikasteiden osalta tätä vaihetta on kestänyt jo lähes kymmenen vuotta ja nyt on näkyvissä teollisuuden rakennemuutoksia, jotka toivottavasti tasapainottavat tilanteen. Sinkin kriisi oli aikaisemmin ja sopeutuminen tapahtui 80-luvun alussa.

## KUPARIRIKASTEET

Kuparirikasteikaupan volyyminä haukkaavat protektionistiset maat (Japani, Etelä-Korea, Taiwan, Kiina ja Brasilia) n. 75 % (kuva 2), mistä johtuukin avoimilla markkinoilla toimivien sulattojen huoli rikasteiden saatavuudesta kustannukset kattavien ehtojen.

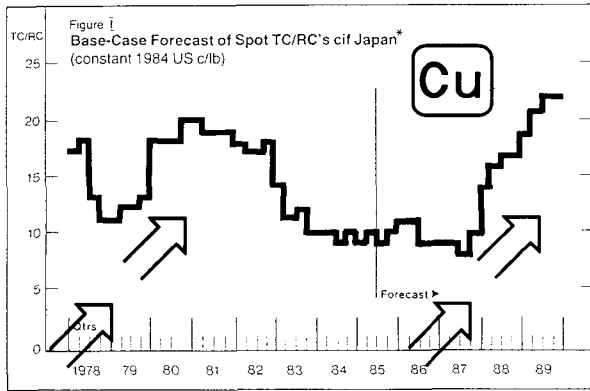
### Cu Kuparirikasteiden tuonti eri maihin 1985, ton rikastetta,

KAIKKI YHTEENSÄ	4.804.700	% (100)
Japani	2.930.000	
Etelä-Korea	300.000	
Taiwan	150.000	
Kiina	175.000	
Brasilia	90.000	
	3.645.000	76,0 %
Kanada	90.000	
USA	50.000	
	140.000	3,0 %
Saksan LT	550.000	
Espanja	147.000	
Belgia	2.000	
	699.000	14,5 %
Suomi	120.000	
Ruotsi	50.000	
	170.000	3,5 %
Neuvostoliitto *	100.000	
Romania *	20.000	
Jugoslavia *	20.000	
DDR *	10.000	
( * = arvio )	150.000 *	3,0 % *

Kuva 2. Kuparirikasteiden tuonti eri maihin, 1985.  
Fig. 2. Import of copper concentrates, 1985.



## RIKASTEMARKKINOIDEN KEHITYS



\* Representative charges for clean concentrate; combined TC/RC

### Kaivostuotantouusee:

- FILIPPIINIT
- LA CARIDAD
- ANACONDA

### Uudet projektit:

- OK TEDI
- NEVES CORVO
- CANANEA
- CHUQUICAMATA
- LA ESCONDIDA

Kuva 3. Kuparirikastemarkkinoiden kehitys.  
Fig. 3. Development of copper concentrate market.

Kuvassa 3 on esitetty kuparirikasteiden spotpalkkioiden kehitys vuodesta 1978 alkaen. Sulattojen kannalta tilanne oli tyydyttävä vuosina 1980-82, jolloin avattiin suuria kaivoksia Filippiineillä ja Meksikossa sekä suljettiin Anacondan sulatto USA:ssa. Kuparin hinnan laskiessa jouduttiin kaivoksia sulkemaan USA:ssa, Kanadassa ja Filippiineillä, mistä aiheutui markkinoita kiristävä rikastepula. Ennusteen mukaisesti uusien kilpailukykyisempien kaivosten avautumisen myötä markkinat ovat jälleen tasapainottumassa.

Kaukoidän spot-markkinoiden muutokset aiheuttavat muutoksia myös marginaalierien virtoihin. Kireiden markkinoiden vallitessa tuottajamaiden spot-erät laivataan valtaosin Kauko-Itään, mutta markkinoiden kevetessä marginaalierää riittää Eurooppaan (kuva 4).

## SINKKIRIKASTEET

Euroopan teollistuneilla mailla on lähes yhtä hallitseva osuus sinkkirikastemarkkinoilla kuin Kauko-Idän mailla on kuparirikasteissa (kuva 5). 70-luvun lopun ja 80-luvun alun aikana vallinnut sinkkirikastepula on tasapainottunut sen jälkeen kun kannattamatonta ja vanhentunutta sulattokapasiteettia on suljettu Euroopassa, USA:ssa ja Japanissa. Tasapainon uskotaan säilyvän uusien huomattavien kaivoshankkeiden korvauksessa sulkeutuvia kaivoksia.

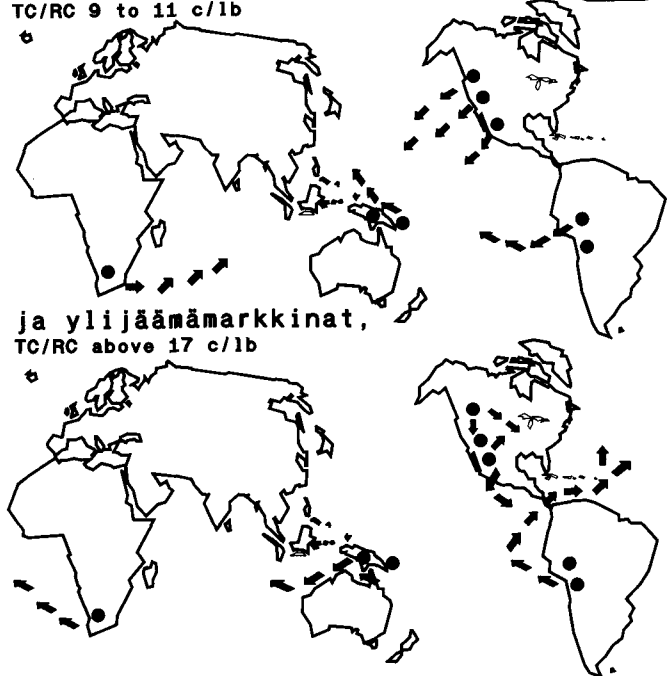
## LYIJYRIKASTEET

Lyijyn hinnan oltua jo pitkään erittäin matalana on pelkästään lyijyrikasteita tuottavat kaivokset suljettu yhtä lukuunottamatta. Tämä merkitsee sitä, että lyijyrikasteita tuotetaan

## KUPARIRIKASTEVIIRAT

markkinoiden muuttuessa  
Kauko-Idän tiukat spotmarkkinat,  
TC/RC 9 to 11 c/lb

Cu



Kuva 4. Kuparirikastevirrat markkinoiden muuttuessa.  
Fig. 4. Flow of copper concentrates in different market conditions.

## Zn Sinkkirikasteiden tuonti eri maihin 1985, ton rikastetta,

KAIKKI YHTEENSÄ		4.240.700	% (100)
Suomi		155.300	
Norja		99.600	
Englanti		110.300	
Saksa		359.400	
Belgia		1.135.400	
Hollanti		71.100	
Ranska		448.800	
Espanja		19.800	
Italia		359.800	
		2.759.500	65,0 %
Kanada		16.200	
USA		160.900	
		177.100	4,2 %
Intia		51.100	
Japani		765.000	
Etelä-Korea		113.500	
		929.600	22,0 %
Brasilia		71.300	
Jugoslavia		64.500	
Neuvostoliitto		56.000	
Pohjois-Korea		9.600	
Kiina		18.300	
Bulgaria		29.000	
		177.400	4,3 %
Muut maat yhteensä		125.800	2,9 %

Kuva 5. Sinkkirikasteiden tuonti eri maihin, 1985.  
Fig. 5. Import of zinc concentrates, 1985.

vain sinkkikaivosten sivutuotteena. Tästä on ollut puolestaan seurauksena jo useita vuosia kestänyt lyijyrikastepula.

Merkittävien rikasteiden käyttäjäryhmä ovat EEC-maat (kuva 6).

### OUTOKUMMUN ASEMA RIKASTEMARKKINOILLA

Outokumpu alkoi esiintyä ostajana kuparirikastemarkkinoilla 1970-luvun alkupuolella ja on tuonti näistä vuosista kasvanut tasaisesti ollen viime vuonna 170 000 t. Tänä vuonna tuonnin lasketaan olevan n. 200 000 t. Vuosikymmenen vaihteessa tuonti on jo lähes 400 000 t/v.

Jo sinkkitechdasta rakennettaessa tiedettiin noin puolet rikastetarpeesta tulevan ulkomailta. 1970-luvun alussa tehtyjen laajennusten jälkeen on tuontimme ollut noin 2/3 tarpeesta vastaten n. 200 000 t/v. Vihannin kaivoksen ehtyessä vuosikymmenen vaihteen tienoilla tuonti nousee tasolle 250 000 t/v.

Lyijyrikastemarkkinat eivät ole olleet viime vuosiin saakka kannaltamme tärkeitä. Niiden tuntemisen merkitys on kuitenkin oleellisesti kasvanut viimeaikaisen sinkki/lyijykaivosten hankkimisen myötä.

<b>Pb Lyijyrikasteiden tuonti eri maihin 1985, ton rikastetta,</b>		
<b>KAIKKI YHTEENSÄ</b>	<b>1.122.300</b>	<b>% (100)</b>
<b>Brasilia</b>	7.300	
<b>Intia</b>	9.100	
<b>Meksiko</b>	18.000	
	<b>34.400</b>	<b>3,0%</b>
<b>Itävalta</b>	5.000	
<b>Kanada</b>	33.600	
<b>Japani</b>	264.400	
<b>USA</b>	86.400	
<b>Muut yhteensä</b>	22.700	
	<b>412.100</b>	<b>37,0 %</b>
<b>Belgia</b>	70.000	
<b>Ranska</b>	170.900	
<b>Saksan LT</b>	224.400	
<b>Italia</b>	6.500	
<b>Englanti</b>	46.200	
	<b>518.000</b>	<b>46,0 %</b>
<b>Romania</b>	18.200	
<b>Jugoslavia</b>	7.100	
<b>Bulgaria</b>	18.000	
<b>Neuvostoliitto</b>	100.000	
<b>Muut yhteensä</b>	14.500	
	<b>157.800</b>	<b>14,0 %</b>

**Kuva 6.** Lyijyrikasteiden tuonti eri maihin, 1985.  
**Fig. 6.** Import of lead concentrates, 1985.

## SUMMARY

### INTERNATIONAL CONCENTRATE TRADE

Trade is considered to be international when goods pass the border of a country.

In the past, mine production was smelted and refined mainly on site but along with years the depletion of own mines and the increase in treatment capacity led to the imports of concentrates from less developed areas. Other reasons for the increased imports were new technologies adopted in industrialized countries, reconstruction of Europe and Japan after the war and new mines opened in developing countries.

The rapid expansion of the smelting and refining industries in Japan was possible because of protective measures. The imports of refined goods, especially in copper, were restricted. They also had high import tariffs whereas raw materials were free to import. Some other countries like South Korea, Taiwan and Brazil have followed the same policy.

All base metals are quoted on the London Metal Exchange (LME) which offers services for price fixing, hedging and even for speculation.

When metal prices are low mines will face closures, first causing shortage of concentrates. On the other hand, this means pressure on smelting and refining charges which, in turn, means "expensive" concentrates.

In copper concentrates protectionistic countries account for 75 % of all concentrates traded internationally. EC countries have almost the same share in zinc and lead concentrates.

Outokumpu started to buy copper concentrates in the early seventies. Imports have increased being now 200.000 t/a. In the nineties they will be almost 400.000 t/a. The imports of zinc concentrates will grow from the existing 200.000 t/a up to 250.000 t/a when the Vihanti mine will be depleted.

# EAPKY — Salomona Kössölässä

# Rautaruukki Oy:n Raahen rautatehtaan koksaamo

Fil.tri. Aarre Juopperi, Rautaruukki Oy, Raahen rautatehdas, Raah

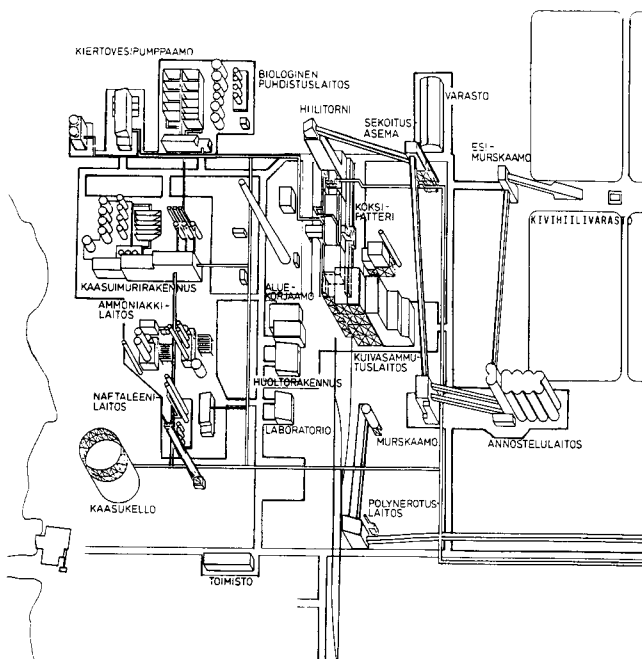
## YLEISTÄ

Päätös koksaamon rakentamisesta tehtiin yhtiön hallintoneuvostossa 13.3.1984. Maantasaustyöt käynnistyivät keväällä 1985 ja varsinainen rakennustyö saman vuoden syksyllä. Tuotantoon laitos valmistui lokakuussa 1987. Oman koksaamon rakentamisella haluttiin varmistaa koksinsaanti masuuneille. Edellytyksenä rakentamiselle oli myös se, että investoinnille, joka oli yli 800 mmk, saadaan normaali liiketoiminnan vaatima tuotto. Vilkkaimman rakentamisen aikana alueella työskenteli yli 1100 henkilöä.

Koksaamon suunnittelun on tehnyt neuvostoliittolainen Giprokoks. Myös pääosa laitteista ja koneista on Neuvostoliitosta.

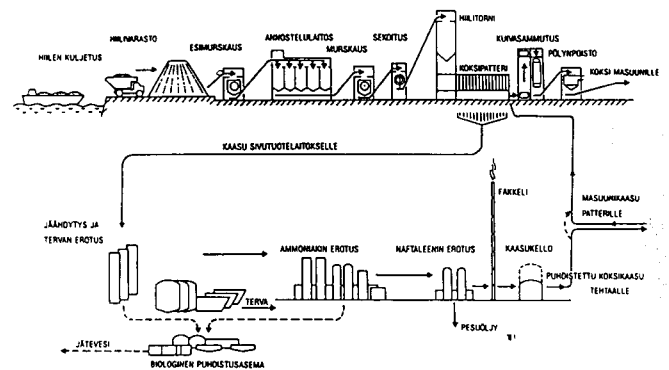
## KOKSAUSPROSESSI

Koksaamon layout on esitetty kuvassa 1 ja kaavamainen prosessiketju kuvassa 2. Ketjuun kuuluu hiilen esikäsitteily, varsinainen koksaus eli hiilen kuivatustila, koksien jäähditys ja pölynpoisto sekä koksauksessa syntyvän kaasun puhdistus terävaaineista, ammoniakista ja naftaleenista.



Kuva 1. Koksaamon layout.  
Fig. 1. Coking plant, layout.

## KOKSAAMO



Kuva 2. Koksaamon prosessikaavio.  
Fig. 2. Coking plant, flow sheet.

## HIILEN ESIKÄSITTELY

Kivihiiltä koksaamo käyttää vuodessa 680.000 t. Ensimmäisen vuoden hiilistä on 60 % ostettu Neuvostoliitosta ja loput Australiasta ja USA:sta. Käytössä on yhtä aikaa viisi eri laatua. Hiili tuodaan laivoilla tehtaan satamaan, mistä se urakoitsijan toimesta siirretään kuorma-autoilla koksaamon hiilikentälle.

Esikäsitteilyyn kuuluu esimurskaus, annostelu, lopullinen murskaus ja seoksen homogenisointi. Toiminnot on yhdistetty toisiinsa hinnakuljettimilla. Syöttö kentältä syöttösuppiloon tapahtuu joko kaavinvaunulla tai pyöräkuormaajalla.

Esimurskauksessa hiili murskataan alle 80 mm raekokoon ja siitä poistetaan vieraat esineet.

Annostelua varten on viisi siiloa kahdessa rivissä eli 10 siiloa á 750 t. Kukin hiililaatu jaetaan omaan siiloonsa. Seoksen tekeminen tapahtuu annostelemalla hiiltä siiloista hihnaväyöiden avulla alapuoleiselle kuljettimelle ennalta annetun reseptin mukaisesti. Seoksen koostumus on taulukossa 1.

Lopullinen murskaus tapahtuu vasaramurskaimissa, joita on kolme. Mikäli hiilien murskautuvuudessa on eroja, voidaan vaikeammin murskautuvat ohjata toista linjaa ja hel-

Taulukko 1. Panostettavan hiiliseoksen koostumus  
Table 1. The composition of final coal blend

kokonaiskosteus	8,8 %
haihtuvat (dry)	27,2 "
tuhka (dry)	7,8 "
rikki	0,85 "
FSI	6,5 "



pommin murskautuvat toista linjaa, jolloin seoksessa päästään optimiraekokoon, välille 0,5–3 mm.

Seoksen homogenisointia varten on siivekkeillä varustetut telat.

Valmis seos kuljetetaan hiilitorniin, joka on 1900 t varasto-siilo. Tilavuus vastaa vuorokauden kulutusta.

## KOKSIPATTERI

Koksipatteriin kuuluu 35 uunia, kukin 0,41 m leveä, 16 m pitkä ja 7 m korkea. Uunien välissä ovat lämmityseinämät, joissa on 16 paria lämmityshormeja. Uunien lämmitys tapahtuu polttamalla hormeissa masuuni- ja koksikaasun seosta (90 % masuunikaasua, 10 % koksikaasua). Lämpötila hormin alaosassa on 1350 °C.

Uunien panostusta varten on jokaisen uunin päällä kolme luukuin suljettavaa panostusaukkoa. Hiilen siirto hiilitornista uuniin tapahtuu patterin päällä kiskoilla kulkevalla panostusvaunulla. Yhteen uuniin mahtuu n. 30 t hiiltä.

Uunien tyhjennystä varten on uunien päissä täyskorkeat ovet. Tyhjennys tapahtuu siten, että patterin vastakkaisilla sivuilla kiskoilla liikkuvat koneet, työntövaunu ja ovenaukaisukone avaavat ovet, ja työntövaunu työntötangon avulla mekaanisesti puskee koksikakun uunista. Koksi purkautuu veturin vetämään kuoppaan, jossa se viedään sammutukseen. Koksautuminen hiilestä koksiksi kestää 15 h.

## JÄÄHDYTYS JA PÖLYNPOISTO

Koksin jäädytys tapahtuu ns. kuivasammutusmenetelmällä eli inertin kaasun avulla. Kuumaa koksia sisältävä kuoppa nostetaan siltanosturityypisellä nosturilla panostuskammion päälle, jolloin kuuma koksi purkautuu kammioon. Kammiossa kierrätetään inerttiä kaasua, pääasiassa tyypeä, vastavirtaperiaatteella. Koksi jäähtyy n. 1000 °C:sta alle 200 °C:een. Samalla kaasu lämpenee n. 800 °C. Kuuma kaasu johdetaan jätelämpökattilan läpi, jolloin saadaan tulistettua höyryä, mikä johdetaan voimalaitoksen turbiineihin.

Jäähtyneestä koksista poistetaan vielä pöly ennen kuljettamista masuunin siilolaitokseen. Pölynpoisto tapahtuu puhaltamalla ilmaa koksipatjan läpi. Tästä kuten muualtakin kerääntynyt koksipöly johdetaan pneumaattisesti pölynkeräysasemalle, mistä se autokuljetuksena siirretään sintraamolle.

## SIVUTUOTELAITOS

Koksautuessa kivihielestä vapautuu kaasua, joka epäpuhtauksien poistamisen jälkeen on arvokas polttoaine. Kaasua syntyy n. 200 milj. m<sup>3</sup>/a, ja sillä korvataan lähes 100.000 t polttoöljyä. Raakakaasun koostumus on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Puhdistamattoman koksikaasun koostumus  
**Table 2.** Coke oven gas from battery

H <sub>2</sub>	60 %
CH <sub>4</sub>	25 "
CO	7 "
CO <sub>2</sub>	2 "
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	2 "
N <sub>2</sub>	3 "
O <sub>2</sub>	0,7 "
NH <sub>3</sub>	8 g/m <sup>3</sup> (Vn)

## TERVAN EROTUS

Uuneista kaasu nousee uunien päissä olevien nousuputkien kautta patterin sivuille kokoojaputkiin ja niistä edelleen yhteiseen koksikaasuputkeen. Kokoojaputkiin ruiskutetaan kaa-

sun jäädyttämiseksi vettä, jolloin kaasu jäähtyy 82 °C:en ja pääosa kaasun sisältämästä tervasta erottuu. Tervan sisältämä vesi johdetaan mekaanisiin erottimiin, joissa terva raskaampana painuu pohjaan. Erottimia on kaksi rinnan ja kolmas tervan kertaaukselle. Puhdistettu terva varastoidaan sataman säiliöön, josta se kuljetetaan laivalla ostajille.

Patterilla jäädytetty kaasu lisäjäädytetään esijäädytymissä, jotka ovat epäsuoria putkijäädytymiä. Esijäädytymien jälkeen ovat sähkösuotimet ja sen jälkeen imurit. Täten patterilta imureille on alipaineisena ja imureilta eteenpäin paineisena. Imureita on kolme kpl, joista normaalisti on toiminnassa yksi.

## AMMONIAKIN EROTUS

Korroosion välttämiseksi on koksikaasusta poistettava ammoniakki. Tämä tapahtuu kahdessa sarjassa olevassa pesutornissa. Kaasu kulkee alhaalta ylös. Pesuaineena toimiva vesi suihkutetaan ylhäältä, ja jakotasojen ja ritilöitten avulla hajautetaan kaasu pinta-alaltaan mahdollisimman suureksi. Tällöin ammoniakki siirtyy kaasusta veteen. Ammoniakkivesi johdetaan tislaukseen ja syntyvä ammoniakkaasu hajoitetaan krakkauspolttimessa Ni-katalyytin avulla typeksi ja vedyksi. Syntyvä kaasu johdetaan koksikaasulinjaan. Varajärjestelmänä krakkaukselle on poltto.

## NAFTALEENIN EROTUS

Viimeiseksi poistetaan koksikaasusta naftaleeni. Tämä on tehtävä jottei kaasusta, sen jäähtyessä matkalla tehtaalle, kiteytyisi naftaleenia, joka tukkisi putket ja venttiilit.

Naftaleenin pesu tapahtuu vastaavanlaisissa pesutorneissa kuin ammoniakkin pesu, pesuaineena on vain kevytpottoöljytyyppinen öljy. Käytetty öljy johdetaan tehtaalle polttoon.

## JÄTEVESIEN KÄSITTELY

Koksaamalla syntyvät jätevedet käsitellään biologis-kemiallisessa puhdistamossa, joka käsittelee mekaaniset selkeyttimet, vaahdotuksen ja 2-vaiheessa ilmastuksen mikrobeineen. Mikrobien avulla hajoitetaan fenolit ja rodanidit.

## KULUTUS- JA TUOTANTOLUKUJA VUODESSA

Kivihiehen kulutus	680.000 t
Masuunikaasun kulutus	365 milj. m <sup>3</sup>
Koksia	470.000 t
Koksikaasua	200 milj. m <sup>3</sup>
Tervaa	24.000 t

Välitön työvoima 170 henkeä

## SUMMARY

### COKE OVEN PLANT IN RAAHE BY RAUTARUUKKI OY

The decision to establish a coke oven plant to Raabe was done by supervisory board 13.3.1984. The construction work started next year and production in October 1987. The total investment was over 800 billion FIM.

The battery has 35 ovens each 16 m long, 7 m high and 0,41 m broad. The heating is with mixed gas. The temperature at flues is 1350°C and coking time 15 hours. The annual productions are 470.000 t coke, 24.000 t tar and 200 bill. m<sup>3</sup> coke gas. From the raw gas is removed tar, ammoniak and naphthalene. The clean gas is used mainly in reheating and normalizing furnaces at steel plant.

# Lokomon terästehdas — edistynyttä metallurgiaa sovellettuna valuterästen valmistukseen

Dipl.ins. Ilkka Eerola ja dipl.ins. Paavo Tennilä, Lokomon terästehdas, Tampere

## HISTORIAA

Oy Lokomo Ab perustettiin vuonna 1915 lähinnä veturitehtaaksi. Siihen kuului konepaja ja terästehdas. Terästehdas keskittyi alusta alkaen korkealuokkaisten terästen tuottamiseen. Edustivathan veturit tuon ajan korkeateknologiaa. Vuonna 1970 Rauma-Repola osti Lokomon — eräänä tärkeänä syynä on mainittu Lokomoon kuuluva terästehdas. Välittömästi hankinnan jälkeen tehtiin terästehtaalla huomattavat investoinnit, joiden tavoitteena oli valimokapasiteetin kasvattaminen Rauma-Repolan teräsvalutarpeen täyttämiseksi.

Lokomon terästehdas on perinteisesti pyrkinyt olemaan alansa teknologian kärjessä. Esimerkkejä tästä ovat mm. sähköuunisulatuksen aloittaminen Suomessa, ruostumattoman Duplex-teräksen kehittäminen v. 1926 kenties ensimmäisenä maailmassa, ensimmäinen induktiosulatusuuni Suomessa ja viimeksi v. 1982 siirtyminen teräksen valmistuksessa tyhjöteknologiaan hankkimalla tyhjökonvertteri- ja tyhjöinduktiounilaitteistot (VODC ja VIF).

Tämän artikkelin tarkoituksena on tarkastella lähemmin Lokomon terästehtaan siirtymistä tyhjömetallurgiaan, siihen johtaneita syitä, sillä saavutettuja tuloksia ja sen vaikutuksia tehtaan tulevaisuuteen.

## TYHJÖTEKNOLOGIAAN SIIRTYMISEN SYITÄ

Maailman teräsvalmistuksessa alkoi 1950-luvulla esiintyä erilaisia teräksen jatkokäsittelymenetelmiä (secondary refining). Syyt olivat erilaisia. Toisaalta on ollut jatkuva paine alentaa käyttökustannuksia ja toisaalta parantaa laatua. Siirtämällä osa teräksen käsittelystä valokaariuunista muualle pystyttiin edellä mainittujen etujen lisäksi nostamaan myös kapasiteettia, koska valokaariuunisulatus on usein ollut sulaton kapasiteetin pullonkaula.

Lokomolla päälähtökohta oli laatu. Rauma-Repolan sisäisissä toimituksissa, jotka kohdistuivat mm. offshore-alueelle ja joiden spesifikaatiot olivat alan asiantuntijoiden tekemiä, alkoi yhä useammin esiintyä vaatimuksena "steel must be vacuum treated". Myös muualla vaadittavat lujuus/sitkeysyhdistelmät menivät toisinaan valokaariuuniprosessin tulosten ääri rajoille. Toisaalta tehtaalla oli seurattu alan kehitystä perinteisestikin hyvin tarkkaan. Kuuluminen Rauma-Repola-yhtymään ja sen offshore-teollisuuden tarpeet antoivat viimeisen sysäyksen ja tarvittavat taloudelliset resurssit teräsvalimon kohdalla suurelle hankkeelle.

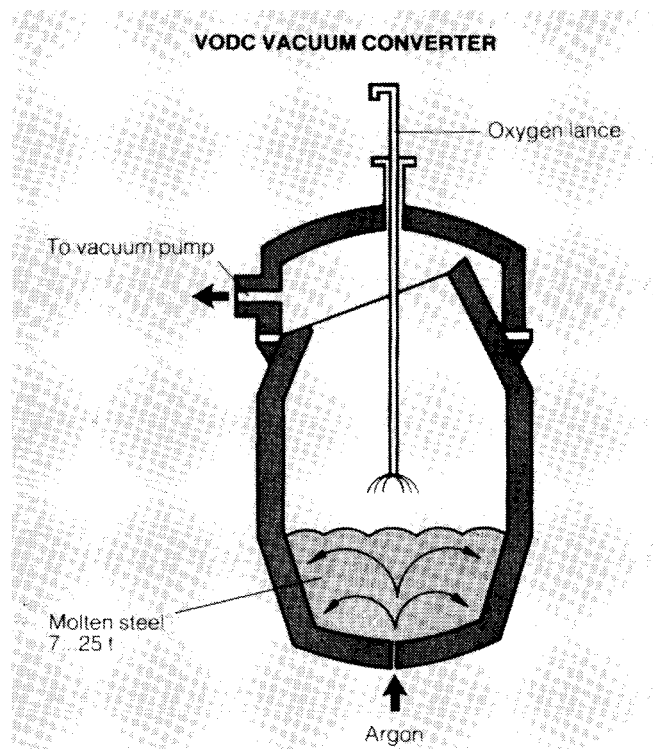
Erilaisista mahdollisuuksista valittiin VODC-menetelmä, joka näytti silloin tarpeisimmelta edullisimmalta. Valinnasta ja sen perusteista sekä itse prosessista on kerrottu jo useissa artikkeleissa /1–4/. Valinta oli rohkea, koska VODC-menetelmä oli ollut aiemmin vain kokeiluasteella ja Lokomon terästehtaan konvertteri oli maailman ensimmäinen kaupallinen sovellutus. Samalla hankittiin tyhjö-induktiouuni ja laborato-

riovarustusta täydennettiin mm. pyyhkäisyelektronimikroskoopilla, jossa on mikroanalysaattori.

## VODC-MENETELMÄ

VODC-menetelmä (kuva 1) on samantapainen konvertterikäsitteily kuin AOD-menetelmäkin. Kummassakin tapauksessa teräsromupanos sulatetaan valokaariuunissa ja siirretään sulana konvertteriin jatkokäsittelyä varten. Molemmat konvertterit ovat happipuhalluskonverttereja, joissa teräksen hiilipitoisuus säädetään halutulle tasolle. AOD-konvertteriin puhalletaan myös argonia tai typpeä. Niiden tehtävänä on huuhtoa teräsulaa ja pienentää CO-osapainetta konvertteritilassa.

VODC-konvertteriin puhalletaan myös argonia mutta vain hyvin pieniä määriä. Argonin tehtävänä VODC-konvertterissa on vain sulan metallin sekoittaminen. Metallurgiset prosessit tapahtuvat happipuhalluksen ja tyhjän avulla. Ratkaisuun



**Kuva 1.** VODC-konvertterin toimintaperiaate.  
**Fig. 1.** Principle sketch of a VODC-Converter.



# ERO ON TUNTUVA.

Maailma on täynnä halpaa ruostumatonta terästä.  
Miksi sitten suunnittelijat jo 56 maassa laskevat  
suomalaisen Polarit-erikoisteräksen edullisemmaksi?

Ammattilaisina he osaavat laskea myös, kuinka  
erot tuntuvat tuotannossa.



Keskiviikkona lokakuun 14. päivänä toimitettiin asiakkaalle 1 000 000. tonni Polarit-jaloterästä.





 **outokumpu**  
TERÄSTEOLLISUUS

95400 Tornio,  
puh. 980-4521,  
telex 3518 okto sf,  
telefax 980-452 620



VODC:n hyväksi vaikuttivat Lokomon terästehtaalla seuraavat seikat:

- kaasupitoisuudet, etenkin vety, saadaan pienemmiksi
- argonia, joka on Suomessa kohtuuttoman kallista, kuluu vähän
- menetelmä on ympäristöystävällinen, koska höyryjektorit toimivat myös melloituskaasujen pesureina
- menetelmä ei ole patentoitu eikä siinä ole lisenssimaksuja.

## KÄYTTÖKOKEMUKSIA

Prosessi saatiin hyvin käyntiin ja tulokset ylittivät selvästi alkuperäiset odotukset. Lokomon terästehdas oli astunut metallurgiassaan alueelle, josta oli erittäin vähän kokemuksia. Vaikka ”puhtaita teräksiä” on tutkittu, on tutkimukset tehty lähinnä muokatuille teräksille — valetuista tietoa on huomattavasti vähemmän. VODC-prosessin tuloksena saatiin valuteräksiä, jotka olivat erittäin puhtaita ja joilla oli aivan uusia ominaisuuksia. Lokomon terästehdas on rekisteröinyt näille valuteräksille tavamerkin Vaculok®.

Vaculok®-teräksille on ominaista, että etenkin rikki, happi, typpi ja vety ovat matalalla tasolla. Lisäksi Lokomolla pidetään myös fosforitaso valokaariuunikäsittelyn avulla alhaalla. Näin ollen kiinteiden epäpuhtauksien ja sulkeumien pitoisuudet ovat pieniä, samoin kaasupitoisuudet. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että epäpuhtauksien pienentäminen parantaa teräksiä. Miten paljon ja missä suhteessa — se riippu suuresti teräslajista ja tarkoista epäpuhtausarvoista. Kaikilla Vaculok®-teräksillä on kuitenkin puhtaudesta johtuen normaalia paremmat:

- sitkeysominaisuudet
- hitsattavuus
- väsymislujuus
- kiillotettavuus
- pinnoitettavuus
- korroosionkestävyys.

Ongelmat alkavat siitä, että olisi pystyttävä täsmällisesti antamaan suunnittelijoille faktoja, jotta terästen uusia ominaisuuksia voidaan käyttää hyväksi. Isoissa valukappaleissa, joissa seinämänpaksuudet ovat suuret, tapahtuu hitaan jäähmettymisen aikana epäpuhtauksien suotautumista. Tällöin on entistä tärkeämpää käyttää mahdollisimman puhdasta terästä. Tällaisen puhtaan teräksen edut on pystyttävä myös osoittamaan kokeilla, jotka vastaavat todellisia käyttöolosuhteita. Käytännössä tämä merkitsee koekappaleita, joiden ainepaksuudet ulottuvat 200 mm saakka (kuva 2). Koeohjelmat ovat



**Kuva 2.** Koesauva-aihiota kylmänä hitsattavien arktisten valuterästen tyyppihyväksyntäkokeita varten.

**Fig. 2.** Test coupons for type approval tests of cold weldable arctic cast steels.

täten kalliita ja terästehdas on joutunut tarkkaan valitsemaan tuotekehityksen kohteena olevat teräkset ja niille suoritettavat koeohjelmat, joiden tuloksina saadaan suunnittelijoiden kaipaamia arvoja.

Toistaiseksi on kehitetty tai kehitteillä kymmenkunta terästä seuraavissa ryhmissä:

- kylmänä hitsattavat rakenneteräkset mm. arktisiin offshore-rakenteisiin
- martensiittiset ruostumattomat teräkset mm. vesiturpiineihin ja laivapotkureihin
- Duplex-ruostumattomat teräkset mm. pumppuihin ja venttiileihin
- maraging-teräkset mm. deep-sea-sovellutuksiin ja muovaustyökaluihin.

Kolmessa viimeksi mainitussa ryhmässä käytetään myös hyväksi VODC-prosessin ominaisuutta saada hiilipitoisuus riittävän alas, jopa alle 0,01 %.

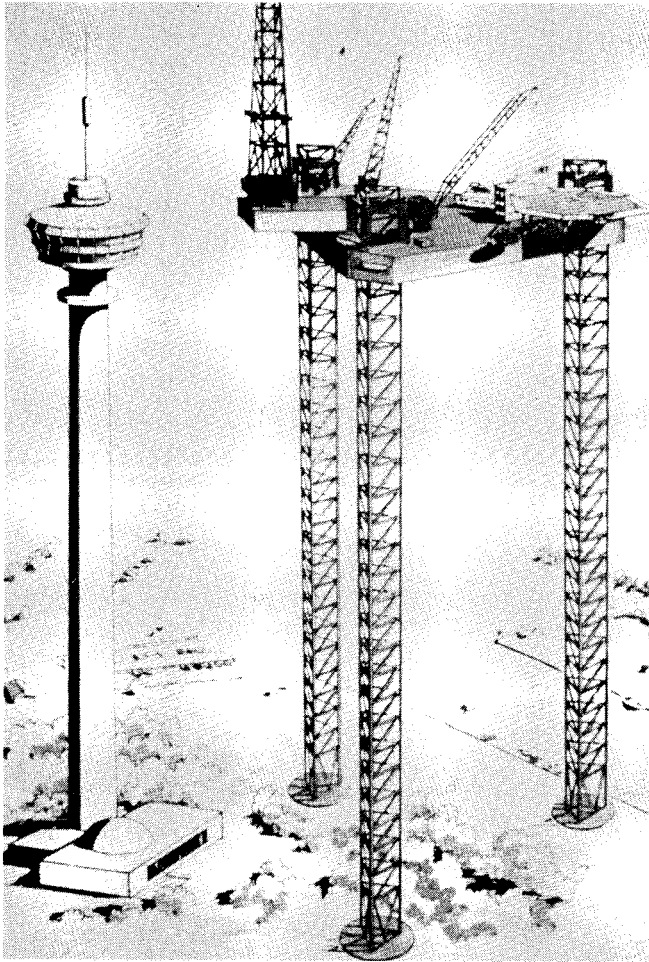
## KYLMÄNÄ HITSATTAVAT RAKENNETERÄKSET

Kylmänä hitsattaville rakenneteräksille asetetaan nykyään hyvin korkeat vaatimukset mm. arktisissa offshore-rakenteissa. Lokomon terästehdas on kehittänyt näihin tarkoituksiin sarjan valuteräksiä, joiden myötörajat ovat vähintään 340, 400, 540, 590 ja 690 N/mm<sup>2</sup>. Niille on suoritettu laaja tyyppihyväksyntäohjelma yhdessä luokituslaitosten, kuten Det Norske Veritas'n, Lloyds' Register of Shipping'n ja SNTL:n Merirekisterin kanssa. Koska tällaisia teräksiä ei ole aikaisemmin luokitettu, on testausohjelmatkin kehitetty vasta testausten edistyessä.

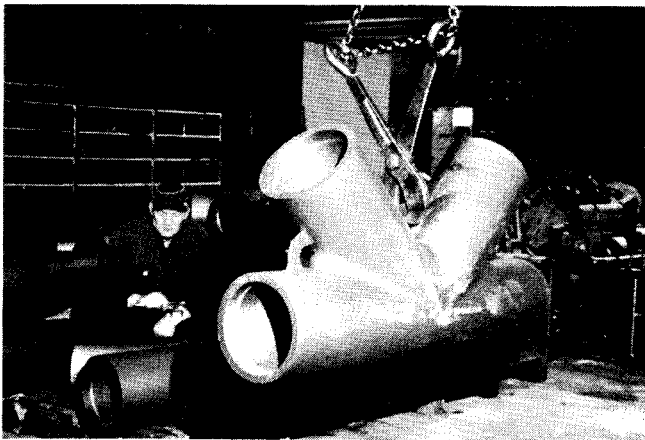
Eräs näistä arktisista, kylmänä hitsattavista valuteräksistä on OS-590 Vaculok®. Sen tunnus viittaa myötörajaan, joka on vähintään 590 N/mm<sup>2</sup>. Tätä terästä on toimitettu jo yli 2000 tonnia arktisten öljynporauslauttojen jalkarakenteisiin (kuvat 3, 4 ja 5). Porauslauttojen ostajat ovat asettaneet suuret vaatimukset etenkin teräksen sitkeydelle ja hitsattavuudelle. Vaaditut ja saavutetut iskusitkeysarvot näkyvät kuvasta 6. Hitsauskokeissa mitattiin iskusitkeyksiä hitsin sularajalta sekä 1 mm ja 2 mm etäisyydeltä siitä. Ilman esikuumennusta ja hitsauksen jälkeistä lämpökäsittelyä todettiin näissä mittauksissa iskusitkeyden minimiarvoksi 110 J /5/ ja /6/.

## VODC-PROSESSIN HYÖDYNTÄMINEN JATKOSSA

Tärkeä tehtävä Vaculok®-terästen hyödyntämisessä on tällä hetkellä markkinointi. Pystymme tekemään maailman puhtainta terästä ja saamaan aikaan uusia ominaisuuksia, mutta 7000 tonnin vuosituotannostamme, joka on Pohjoismaiden suurin, on vasta noin puolet sellaisia valukappaleita, joissa tyhjöteräkset pääsevät edes osittain oikeuksiinsa. Olemme testanneet aktiivisesti teräksiä noin kaksi vuotta ja tiedottaneet tuloksista. Mielenkiintoa on löytynyt monissa sovellutuksissa ja se on selvästi kasvamassa. Mm. alunperin lähinnä offshore-teollisuuden tarpeisiin kehitetyt kylmänä hitsattavat valuteräkset ovat löytäneet sovellutuksia koneenrakennuksen alueelta. Syynä on ollut ylivoimainen lujuus-sitkeys-hitsattavuus-kombinaatio yhdistyneenä valukappaleen muotoilumahdollisuuksiin. Paljolti törmätään kuitenkin olemassa oleviin spesifikaatioihin. Tällöin ongelmana usein on se, että spesifikaatio tulee asiakkaallemme pitkän ketjun takaa. Jos asiakkaamme ostaa meiltä valoksen ruostumattomasta teräksestä, joka menee esimerkiksi puunjalostusteollisuuteen, ei asiakas tunnu useimmiten kiinnostavan korroosionkestävyyden parantaminen — riittää, kun spesifikaatio täytetään. Ketju on liian pitkä idean läpiviemiseksi. Toisaalta esimerkiksi offshore-alueella on LCC (Life Cycle Cost) alkanut kiinnostaa öljy-yhtiöitä — kiitos halventuneen öljyn hinnan — ja Vaculok®-

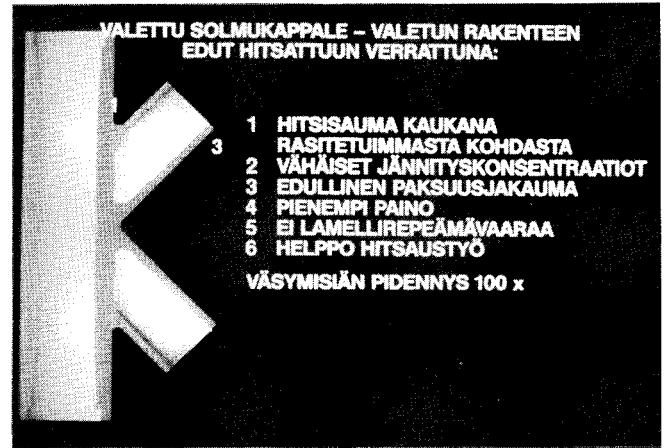


Kuva 3. Jack-up-tyyppinen öljynporauslautta.  
Fig. 3. An oil boring rig of jack-up type.

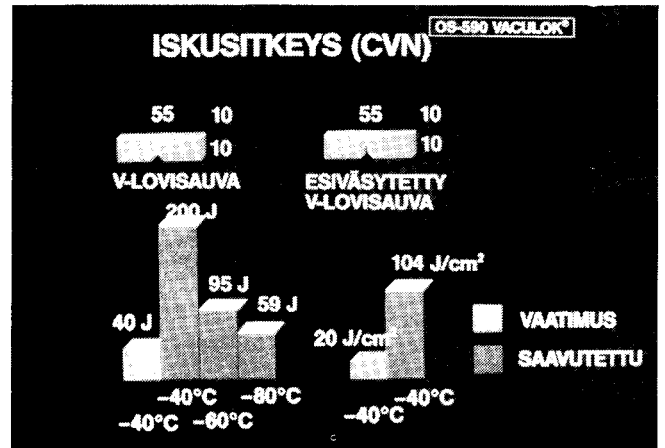


Kuva 4. Öljynporauslautan jalkarakenteissa käytettävä, teräksestä valettu solmukappale eli nodi.  
Fig. 4. A cast steel node for the leg construction of an oil boring rig.

valujen mahdollisuuksista on alettu kiinnostua. Alalla on syntymässä mielenkiintoinen ilmiö — valu alkaa voittaa markkinoita hitsatuilta konstruktioilta, kun tilanne usein on ollut päinvastainen.



Kuva 5. Teräksestä valetun nodin teknisiä etuja.  
Fig. 5. Advantages of a steel cast node.



Kuva 6. Valuteräksen OS-590 Vaculok® iskusitkeysarvoja.  
Fig. 6. Impact strength values of the cast steel OS-590 Vaculok®.

On osittain valimoiden omaa syytä ja osittain suunnittelijoiden tietämättömyyttä, jota vielä oppikirjat tukevat, että teräsvalujen käyttömahdollisuuksia ei tunneta. Valusta suunnittelijalle tulee mieleen valurauta, jonka käyttöperusteet ovat täysin erilaiset kuin valuteräksen. Nykyaikaisessa valimossa nykyaikaisilla menetelmillä valmistettu valuteräskappale on pääsääntöisesti lujuus- ja sitkeysominaisuuksiltaan hitsattua kappaletta selvästi parempi ja usein aivan tasoissa taotun kappaleen kanssa. Valuteräskappaleiden mikrorakenne on isotrooppinen. Niillä on samat sitkeysominaisuudet testaussuunnasta riippumatta.

Niiden sitkeys on useimmissa tapauksissa vastaavien muovattujen terästen paksuussuuntaista sitkeyttä parempi. Valinta hitsattu/taottu/valettu pitäisi tietenkin ratkaista laatu/hinta-pohjalta eikä, niinkuin usein nähdään, spesifioimalla piirustukseen jokin vuosikymmenien takainen teräslaji ja valmistustapa. Kustannukset pitäisi myös laskea todellisina elinikäkustannuksina.

Lokomon terästehtaan haasteena on hankkia lisää asiakkaita, jotka jo tuotekehitysvaiheessa selvittävät parhaat materiaalivaihtoehdot ja tällöin löytävät Vaculok®-teräkset ja teräsvalun mahdollisuudet.

**KIRJALLISUUS — REFERENCES**

1. *Tennilä, P.*, Tyhjän avulla huippulaatua, *Konepajamies*, nro 5, 1982, 13–18.
2. *Tennilä, P.*, Lokomo siirtyy tyhjökauteen, *Konepajamies*, nro 5, 1982.
3. *Tennilä, P., Kaivola, M., Walter, M.*, Anlagentechnik und Betriebsergebnisse eines VODC-Konverters, 1. Europäischer Elektrostahl-Kongress, Aachen 1983.
4. *Tennilä, P.*, Kokemuksia tyhjoteräksistä, *Konepajamies*, nro 5, 1983 25–28.
5. *Martikainen, H., Katila, R.*, Weldable, high strength, high toughness cast steel for subarctic offshore applications, *Polartech '86*, International offshore and navigation conference and exhibition, Helsinki 1986, 911–932.
6. *Martikainen, H.*, New developments in cast arctic offshore steels, *Offshore technology conference*, Houston 1987, OTC 5551 15–19.

**SUMMARY**

**LOKOMO STEEL WORKS - ADVANCED METALLURGY APPLIED IN THE PRODUCTION OF CAST STEELS**

Lokomo Steel Works entered into the vacuum technology in 1982 in order to answer the quality challenges of the market. This was a consistent continuation of the hitech-policy in the Rauma-Repola Group. The arguments for the choice of the vacuum technology are presented briefly. The experiences of the use have been very positive.

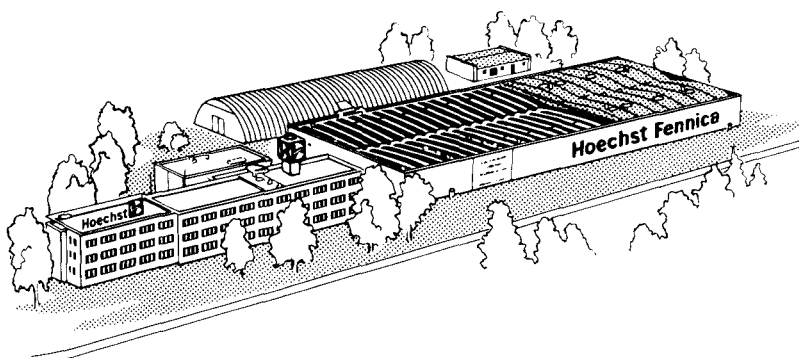
The new production technology brings very clean cast steels with clearly better properties than earlier, such as toughness, weldability, fatigue strength, polishability, coatability and corrosion resistance. Research programmes have been started in order to clear up properties of different steel qualities, cold weldable construction steels for arctic offshore structures are presented as an example.

An important challenge of the future is to make the designers familiar with the possibilities of the **Lokomo Vaculok®** steels already during the early steps of designing, so that full advantage can be taken of good properties of cast steels.

**Vuoriteollisuuskemikaalit**

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

- kokoojat
- vaahdottimet
- säätelevät flotaatio-reagenssit
- sedimentointi- ja suodatinapuaineet
- dispergointiaineet
- ym



Oy Hoechst Fennica Ab  
Teollisuusosasto I  
PL 237, 00101 Helsinki

**Hoechst** 

# Vedyn vaikutukset teräksessä

DI Marja-Maija Riipinen, Oulun yliopisto, Materiaaliteknikan laboratorio

Valmistus- ja viimeistelyprosesseissa (sulatus, hitsaus, peittäminen, pinoitus) tai käyttöolosuhteissa (korroosio, vetyatmosfääri) teräkseen pääsevä vety on erittäin haitallista, sillä se saattaa aiheuttaa sen haurastumisen. Paitsi erilaisina haurausilmiöinä vedyn haittavaikutukset ilmenevät terästä pinoitettaessa, jolloin voi esiintyä rakkulointia ja pinoitteen irtoamista vedyn kerääntyessä sen alle.

## VEDYN LÄHTEET

Teräs saattaa sisältää vetyä jo ennen käyttöönottoa, jolloin vety on peräisin teräksen valmistuksesta ja jatkokäsittelystä. Osa sulaan teräkseen liuenneesta vedystä jää siihen jäähdyttämisen yhteydessä (aihiot ja hitsit). Korkeissa lämpötiloissa vedyn liukoisuus sulaan teräkseen on suuri. Liukoisuus kuitenkin laskee lämpötilan mukana (kuva 1), eikä kaikki vety ehdi poistua teräksestä jäähtymisen aikana, mikäli jäähtyminen on nopeaa. Tällöin seurauksena on vedyn ylikyllästeisyys huone lämpötilassa. Vetyä voi jäädä teräkseen myös vetyatmosfäärissä tapahtuvan lämpökäsittelyn seurauksena.

Vetyä voi joutua teräkseen myös erilaisissa jälkikäsittelyissä, kuten peittauksen yhteydessä hapoista, elektrolyytisessä pinoituksessa, fosfatoinnissa, maalinpoistossa tai terästä emaloitaessa (peittäminen, poltto, uuniatmosfääri) ja hitsauksessa.

Teräksen käytössä vetyä voi absorboitua ympäristöstä (korroosio happamissa olosuhteissa,  $\text{pH} < 4.5$ ; vetykaasu), jossa vety esiintyy joko osittain tai kokonaan kaasuna sekä liuoksessa  $\text{H}^+$  -ioneina tai vetyä sisältävinä molekyyleinä. Kaikissa ympäristöissä metallin pinnalla tapahtuu kemiallinen tai sähkökemiallinen reaktio, jossa osa saatavilla olevasta vedystä muuttuu atomaarisiksi, missä muodossa se kykenee tunkeutumaan metalliin.

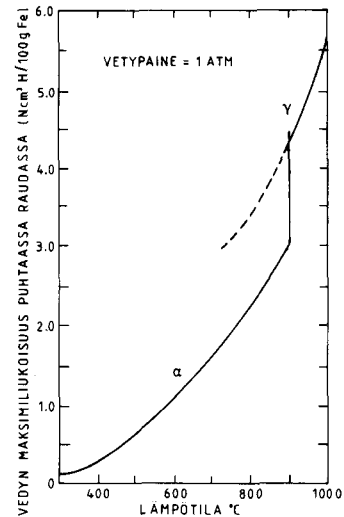
## VEDYN KULKEUTUMINEN

Vedyn yleisimpänä kuljetusmekanismina jännityksettömässä metallissa pidetään hiladiffuusiota ja plastisen muodonmuutoksen alaisessa metallissa kuljetusta liikkuvien dislokaatioiden mukana.

## VEDYN KERÄÄNTYMINEN MIKRORAKENTEESSA

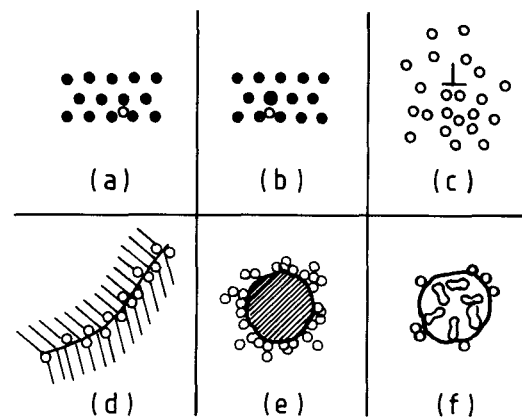
Atomaarinen vety diffundoituu teräksessä, kunnes se saavuttaa jonkin epäjatkuvuuskohdan mikrorakenteessa. Ko. epäjatkuvuuskohdista käytetään nimitystä "vetyloukku" (hydrogen trap). Vety kerääntyy loukkuun joko atomaarisena tai molekyyliarisena ja riippuen saatavilla olevan vedyn määrästä ja loukkutyypistä, saattaa vedyn paine loukussa kasvaa niin suureksi, että se aiheuttaa teräksen murtumisen.

Vetyloukkuna voivat toimia mm. välisijat (vety liuenneena), dislokaatiot, raerajat, partikkelien (sulkeumat, erkauumat) ja matriisin väliset rajapinnat, partikkelit, mikroaot ja seosatomit (kuva 2) so. melkein mitkä tahansa epäjatkuvuuskohdat.



Kuva 1. Vedyn liukoisuuden lämpötilariippuvuus raudassa /1/.

Fig. 1. Temperature dependence of hydrogen solubility in iron /1/.



Kuva 2. Kaaviokuva vedyn kerääntymispaikoista metallin mikrorakenteessa /2/.

Fig. 2. Schematic view of destinations for hydrogen in metal microstructure /2/.

- |  |   |
|--|---|
| a,b) välisijat<br>(vety liuenneena)    | a,b) interstitials                          |
| c) dislokaatiot                        | c) dislocation atmosphere                   |
| d) raerajat                            | d) grain boundary accumulation              |
| e) partikkelien ja matriisin rajapinta | e) particle-matrix interface                |
| f) onkalot                             | f) voids containing recombined $\text{H}_2$ |



Sen mukaan, miten tehokkaasti vetyloukku sitoo vetyä ja ehkäisee sen edelleen diffuutoitumista, loukkuja kutsutaan joko **reversiibeiksi** (loukun ja vedyn välinen sidosenergia on pieni) tai **irreversiibeiksi** (loukun ja vedyn välinen sidosenergia on suuri). Reversiibeilejä loukkuja ovat mm. dislokatiot, raerajat tai hilasijat puhtaassa raudassa ja irreversiibeilejä esim. TiC-karbidit Ti-seosteisissa teräksissä sekä pidentyneet Mn(II)S-sulfidit hiiliteräksissä.

Vetyloukut voivat olla hyödyllisiäkin, mikäli ne keräävät vetyä tasaisesti eikä vetypitoisuus nouse missään yksittäisessä loukussa yli kriittisen pitoisuuden. Vastaavasti loukut ovat erittäin haitallisia, mikäli vety kerääntyy niihin epätasaisesti ja syntyy paikallisia keskuksia, joihin vety kerääntyy yli kriittisen pitoisuuden /3/.

Suuremmissa mittakaavassa vety kerääntyy paikkoihin, joissa on suurin kolmiakselinen jännitystilä halkeamankärjen tms. läheisyydessä. Em. mikrorakenteen epähomogeenisuudet, loukut, luovat teräksen tällaisia jännityskeskittymiä, jotka edelleen, riippuen niihin kerääntyvän vedyn määrästä, aiheuttavat teräksen vetyhaurauden /2/.

## VEDYN VAIKUTUKSIA

Kuten edellä on jo käynyt ilmi, vety voi tunkeutua teräksen ja vaurioittaa sitä monella eri tavalla. Seuraavassa on esitetty tunnetuimpia vedyn haittavaikutuksia niiden ilmenemistavan mukaan /4,5,6,7/. Luokittelu on tosin vaikeaa, sillä eri vetyilmiöitä voi usein esiintyä yhtäaikaan ja ilmenemistavoissa esiintyy päällekkäisyyksiä.

### Vetyhauraus

Vetyhauraus ilmenee teräksessä ns. viivästyneenä murtumana (delayed fracture) tai sisäisenä vetyhalkeiluna. Ilmiön aiheuttava vety on tällöin tavallisesti peräisin sulatusprosessista, josta sitä voi jäädä teräkseseen sen jäähmetyessä kuten valun tai hitsauksen yhteydessä. Myös elektrolyysissä, korroosiossa tai korkeapaineisesta vetykaasusta teräksen sisään pääsevä vety voi aiheuttaa vetyhaurautta.

Vetyhaurausvaara esiintyy käytännössä käytettäessä lujia teräksiä, joiden sitkeys on pieni; kun teräs on vetojännityksen alaisena (ulkoinen kuormitus, sisäiset jännitykset) ja kun teräkseseen on päässyt riittävä määrä vetyä. Vetyhauraus eroaa lohkomurtumasta siinä, että teräs murtuu pienellä kuormitusnopeudella (esim. langan veto), kun lohkomurtuma tapahtuu iskumaisessa kuormituksessa. Edelleen taipumus vetyhaurautteen pienenee lämpötilan laskiessa, koska vedyn liikkuvuus heikkenee tällöin.

Käytettäessä esimerkiksi erikoislujista nuorutusteräksistä valmistettuja pultteja on vetyhaurausvaara ilmeinen; teräksillä on alhainen sitkeys, korkea kuormitustaso (esijännitys + käyttökuormitus) ja sinkitysprosessissa (rasvanpoisto, peittäminen) tai käytössä teräkseseen pääsee vetyä. On havaittu, että on olemassa tietty kynnysmurtolujuus, jonka alapuolella vetyhaurautta ei esiinny. Tämä riippuu vedyn liukoisuudesta ja teräksestä. Hyvin usein esitetään kynnysmurtolujuudeksi yleisenä arvona 1100 MPa, mutta se ei päde kaikissa tapauksissa. Kun on kysymyksessä ferriittiset tai martensiittiset teräkset vedessä, kynnysmurtoraja on luokkaa 1100–1250 MPa, mutta kun samat teräkset joutuvat rikkivety-ympäristöön, kynnysraja onkin vain n. 600 MPa. Erittäin korkeapaineisessa vetykaasussa tai hyvin aggressiivisissa rikkivety-ympäristöissä kynnysmurtolujuus voi olla vieläkin matalampi /5/.

### Vedyn aiheuttamat korroosioilmiöt

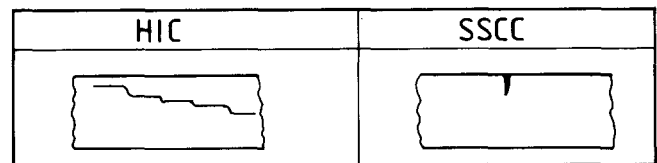
Yleensä on oltu sitä mieltä, että metallin ennenaikainen murtuminen syövyttävässä ympäristössä katodisilla potentiaaleilla

on vetyhaurauden ja anodisilla potentiaaleilla jännityskorroosion aiheuttamaa. Tämä ei kuitenkaan enää ole tyydyttävä kriteeri, sillä olosuhteet etenevän murtuman kärjessä poikkeavat usein huomattavasti metallin pinnalla murtuman ulkopuolella vallitsevista olosuhteista (pH ja elektrodipotentiaali voivat erota huomattavastikin). Vedyn evoluutioreaktio voi tapahtua siten murtuman kärjessä, vaikka itse metallin pinnalla olevissa olosuhteissa se ei termodynaamisesti olisikaan mahdollista. Vetyhaurausmekanismi voi siis toimia usein myös anodisilla potentiaaleilla. Vetyhauraudella ja jännityskorroosiolla on tiettyjä yhtäläisiä piirteitä, mutta kiistely siitä, mikä mekanismi on kulloinkin vallitseva, jatkuu edelleen /8/.

Periaatteessa tunnetaan kahdenlaista vetyhalkeiluun johtavaa korroosiomallia; SSCC-korroosiota (Sulphide Stress Corrosion Cracking) ja HIC-korroosiota (Hydrogen Induced Cracking tai HPIC = Hydrogen Pressure Induced Cracking). Tapahtuakseen nämä korroosioilmiöt vaativat tietynlaisen ympäristön so. ei-hapettavan, happaman ympäristön, esimerkiksi H<sub>2</sub>S-kaasun tai -liuoksen.

SSCC-korroosiossa halkeilu lähtee liikkeelle teräksen pinnasta ja etenee sisäosiin kohtisuorassa teräksen pintaa vastaan (kuva 3). SSCC-halkeilua tapahtuu ulkoisen tai sisäisen jännityksen alaisena olevissa suurilujuuksisissa teräksissä.

HIC-korroosiota esiintyy sekä matala- että suurilujuuksisissa teräksissä jopa ilman ulkoista kuormitusta. Erityisenä ongelmana HIC-korroosion on havaittu olevan ferriittisissä, kontrolloidusti valssatuissa teräsputkissa, joilla on erinomaiset hitsattavuus- ja iskusitkeysominaisuudet. Näissä teräksissä sekä mikrorakenne (voimakas ferriitti/perliittimellirakenne) että sulkeumarakenne (pidentyneet MnS-sulkeumat) suosivat vedyn kerääntymistä ja etenemistä. HIC-korroosio tapahtuu ns. rakkulointimekanismilla (blistering): vety tunkeutuu atomaarisena teräkseseen, diffuutoituu ja kerääntyy eo. vetyloukkuihin, joissa molekylaarisen vedyn paineen kasvaessa yli kriittisen rajan syntyy repeämä, vetyrakkula. Halkeilu voi edetä porrasmaisesti esim. MnS-sulkeumia tai valssausnauhon ja pitkin, jolloin vety saattaa aiheuttaa repeämän koko putken paksuudelta.



Kuva 3. HIC- ja SSCC-halkeamatyypit /6/.  
Fig. 3. The mechanisms of HIC and SSCC /6/.

### Vetyhyökkäys (Hydrogen Attack)

Vetyhyökkäystä esiintyy useimmiten tavallisissa hiili- ja niukkaseosteisissa teräksissä, jotka ovat korkean vetypaineen alaisina korkeassa lämpötilassa (260–540°C) pitkiä ajanjaksoja. Vetyhyökkäystä voi tapahtua korroosion seurauksena tavallisissa paineputkissakin (T ≥ 200°C). Primäärireaktio on luultavasti vedyn reagoiminen teräksen hiilen kanssa, jolloin muodostuu metaania (C + 2H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub>). Reaktio voi tapahtua teräksen pinnalla, jolloin seurauksena on hiilenkato ja lujuustason lasku tai mikäli reaktio tapahtuu teräksen sisäosissa, on seurauksena sekä hiilenkato että säröjen ja halkeamien muodostuminen ja edelleen sekä lujuuden että sitkeyden aleneminen. Vetyhyökkäystä voidaan estää tai sen vaikutukset minimoida käyttämällä seosteräksiä, joihin on seostettu voimakkaita karbidinmuodostajia.

## Hiushalkeamat, suomut, vetyläikät (kalansilmät)

Hiushalkeamat, suomut ja vetyläikät ovat vikoja, joita esiintyy pääasiassa massiivisissa takeissa. Yleensä niiden ajatellaan olevan peräisin sulatusprosessissa teräkseen joutuneesta vedystä ja niitä syntyy vedyn kerääntyessä teräksen epäjatkuvuuskohtiin sen jähmettyessä.

Vetyläikät eivät laajene läpi kappaleen ulottuviksi repeämiksi päinvastoin kuin vetyrakkulat, jotka voivat murtaa metallin kokonaan. Paikallisina sisäisinä säröinä läikät heikentävät kuitenkin teräksen kantokykyä.

## Korkean vetypaineen aiheuttama mikrosyöpyminen

Mikrosyöpyminen on suhteellisen tuntematon ilmiö, jota esiintyy erittäin korkeille vetypaineille alttiina olevissa teräksissä (kompressorit) lähellä huoneenlämpötilaa olevissa lämpötiloissa /5/. Mikrosyöpyminen johtaa pienten halkeamien syntymiseen, jolloin teräs tulee sekä nesteitä että kaasuja läpäiseväksi.

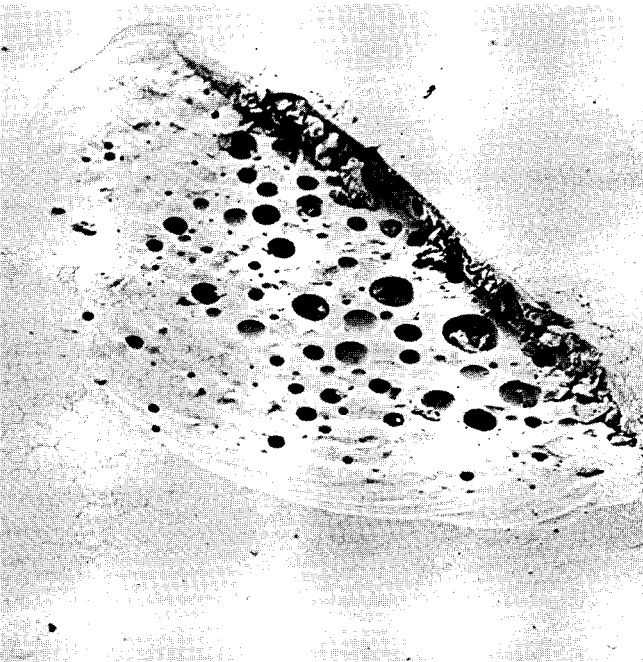
Alhaisin tunnettu vetypaine, jolla ilmiö on havaittu teräksissä, on n. 200 MPa; yleensä tarvittavan vetypaineen on kuitenkin todettu olevan 300-800 MPa.

## Sitkeyden aleneminen ja virumisominaisuuksien huononeminen

Yleisesti kaikissa teräksissä; ferriittisissä, martensiittisissä ja austeniittisissä, esiintyy sitkeyden alenemista vetokuormituksessa sekä virumisominaisuuksien huononemista, kun teräs sisältää vetyä liuenneena. Sitkeyden prosentuaalinen aleneminen on suoraan verrannollinen teräksen vetypitoisuuteen.

## Kalansuomuilu

Eräs erikoistapaus vedyn aiheuttamista haittavaikutuksista pinnoituksen yhteydessä on teräksen emaloinnissa esiintyvä ns. kalansuomuilu (kuva 4).



**Kuva 4.** Vedyn aiheuttama kalansuomu emalipinnalla. 100 x.  
**Fig. 4.** The fishscale defect due to hydrogen on an enamelled steelplate. 100 x.

Kalansuomuvirhe syntyy emalipinnalle, kun teräksessä valmistus- ja viimeistelyprosessista peräisin oleva vety diffuntoituu teräksen ja emalin rajapinnalle levyn jäähtyessä emalin polttolämpötilasta (n. 860°C). Mikäli vedyn paine siinä kasvaa riittävän suureksi, emali irtoaa paikoitellen teräksestä aiheuttaen muodoltaan kalansuomua muistuttavan pintavian. Kalansuomuilun estämisen kannalta on siten edullista, että vedyn diffuusionopeus teräksessä on pieni ja liukoisuus suuri, jolloin vety ei ehdi diffuntoitua ja kerääntyä teräs/emali-rajapinnalle.

## VEDYN VAIKUTUSTEN LIEVENTÄMINEN

Vedyn haittavaikutukset voidaan eliminoida tai niitä voidaan lieventää tapauksesta riippuen joko vaikuttamalla vedyn lähteisiin (sulatusprosessi, hitsausolosuhteet, vetypaine, korrosioympäristö) tai itse teräksen ominaisuuksiin esim. muuttamalla teräksen loukkurakennetta (mikrorakenne, sulkeuma-, karbidi- ja dislokaatorakenne jne.). Seuraavassa muutamia esimerkkejä:

— teräksen valmistuksen yhteydessä sulan metallin vetypitoisuus masuuniprosessin jälkeen voi olla jopa 7 ppm. BOF-prosessin jälkeen pitoisuus voidaan saada n. 3 ppm tasolle, josta se kuitenkin edelleen nousee jatkoprosesseissa, esim. kaasunpoiston ja valun aikana. Tietyissä tapauksissa, esimerkiksi alhaisen rikkipitoisuuden ( $S = 0.001\%$ ) omaavissa putkiteräksissä, sallitaan ainoastaan 1 ppm vetypitoisuus levyn keskiosissa. Valmistuksen yhteydessä teräksen joutuvan vedyn määrää voidaan vähentää mm. pitämällä terässulatteen happipitoisuus korkeana niin kauan kuin prosessi sallii; rajoittamalla deoksidaation jälkeinen seisonta-aika mahdollisimman lyhyeksi, jotta vedyn absorpoituminen ympäristöstä tänä aikana jäisi mahdollisimman pieneksi; käyttämällä kuivia seosaineita ja tarpeen vaatiessa suorittamalla seosaineiden esilämmitys sekä valitsemalla kuiva päivä, jolloin ilman kosteus on alhainen. Edelleen voidaan käyttää ns. vakuumikäsitelyä so. kaasunpoistoa vakuuissa, minkä käyttö on huomattavasti lisääntynyt viime vuosina. Lisäksi tai toisena vaihtoehtona voidaan käyttää klassista diffuusiohehkutusta jähmeälle teräkselle, jolloin terästä pidetään joko vakio- tai lämpötilassa uusissa (600–660 °C) tai teräsaihiot pinotaan eristettyyn lämpösuojaan, jossa ne saavat jäähtyä tavallisesti 1–1.5 °C/h. Koska vedyn liukoisuus ferriittiin on selvästi alhaisempi kuin austeniittiin (kuva 1), hehkutuksen tai kontrolloidun jäähtytyksen alkulämpötilan tulee olla alle 700 °C.

— usein on aiheellista suorittaa sulkeumien modifiointi. Tämä on tarpeellista esim. matalan rikkipitoisuuden ( $S=0.001\%$ ) putkiteräksille, joilta vaaditaan hyviä mekaanisia ominaisuuksia ja HIC-kestävyyttä. MnS-sulkeumien modifiointi tapahtuu yleensä injektioimalla teräksen kalsiumyhdisteitä (CaO-, CaSi-yhdisteet) suhteessa  $Ca:S = 2.5:1$ . Modifioinnilla estetään MnS-sulkeumien venyminen valssauksessa, jolloin niillä pallomaisina on pienempi taipumus kerätä vetyä kuin pidentyneillä sulkeumilla /9/.

— HIC-korroosioon voidaan vaikuttaa myös vaikuttamalla ympäristöön esim. käyttämällä inhibiittoreita ( $Ca^{+}$ -,  $Mg^{+}$ -kationit), jotka rikastuvat korrosiotuotekalvoon teräksen pinnalla ja estävät vedyn tunkeutumisen teräkseen /10/. Putkiteräkseseen voidaan myös seostaa kuparia ( $> 0.2\%$ ), joka niinikään rikastuu teräksen pintaan ja estää vedyn tunkeutumisen teräkseen.

— vetyhyökkäys voidaan estää tai sitä voidaan lieventää käyttämällä teräksiä, joihin on seostettu voimakkaita karbidinmuodostajia, joiden avulla teräksen hiili sidotaan. Edelleen ns. Nelson'in käyrien avulla saadaan turvalliset lämpötila- ja vetyosapainealueet tietyille hiili- ja seosteräksille /5/.

Vedyn haittavaikutukset tulevat siis esille kaikissa vaiheissa

teräksen valmistuksesta sen käyttöön. Se, miten vedyn vaikutuksia lievennetään, riippuu aina tapauksesta ja vaatii tutustumista vedyn vaikutusmekanismeihin.

### VETYDIFFUUSION TUTKIMINEN TERÄKSESSÄ

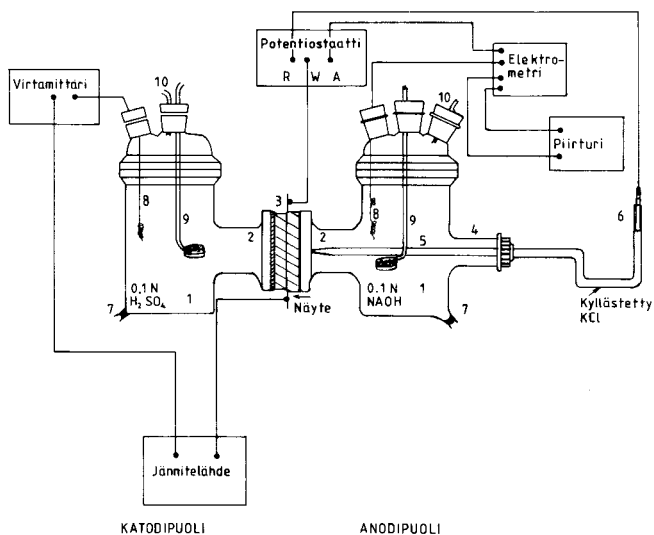
Edellä esitetyn mukaisesti teräkseen pääsevä vety on erittäin haitallista useissa yhteyksissä. Paitsi, että se aiheuttaa teräksen haurastumista, jolloin teräs murtuu murtojännitystä pienemmällä jännityksellä, se on ongelma myös terästä pinnoitettaessa, jolloin esim. kerääntyessään pinnoitteen alle vety aiheuttaa sen irtoamisen ja pinnan vioittumisen. Pyrkimys raaka-aineiden ja energian kulutuksen minimoimiseen on aiheuttanut sen, että teknisten suojauspinnoitteiden merkitys korostuu entisestäänkin. Tällöin pyritään säästämään mm. perusrakennemateriaaleissa, joiden kestoikää pyritään pidentämään pinnoittamalla. Pinnoitemateriaaleissa puolestaan pyritään yhä ohuempiin, tiiviimpiin ja kestävämpiin ns. pitkäaikaispinnoitteisiin kuten esimerkiksi emali.

Pinnoittamisessa kuten myös muissa yhteyksissä esiintyviä vetyongelmia voidaan lähestyä useilla eri tavoilla ja erittäin käyttökelpoisia ovat menetelmät, jotka antavat tietoa vedyn diffuusionopeudesta ja liukoisuudesta materiaaleissa.

Vedyn yksidimensionaalisen diffusion ja varastoitumisen (liukoisuuden) tutkimiseen metalleissa käytetään hyvin yleisesti erilaisia sähkökemiallisia menetelmiä, joista ns. sähkökemiallisen permeaatiomenetelmän periaate on esitetty kuvassa 5.

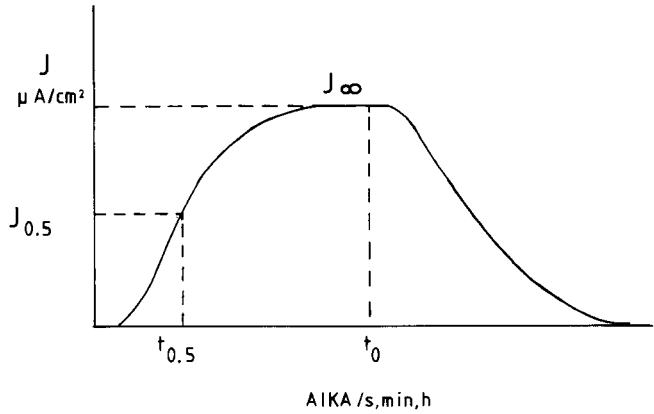
Koelaitteistoon kuuluu kaksi Pyrex-lasista puhaltamalla valmistettua kennoa (tilavuus 1 l) sekä sähkövirtapiirit. Levymäinen (2.8 x 7.5 cm<sup>2</sup>) koekappale toimii bielektrodina kahden kennoliuoksen välillä. Näytteen koepinta-alaksi rajataan ympyränmuotoisten PTFE-tiivisteiden avulla 1.27 cm<sup>2</sup> ja näyte puristetaan tiukasti kennojen väliin PE-muovista valmistetun näytteenpitimen avulla.

Ns. latauskenno (kuvassa 5 vasemmalla) sisältää latausliuoksen (0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ja mittauskenno (kuvassa 5 oikealla) mittausliuoksen (0.1 N NaOH), jotka ovat eräänlaisia "standardiliuoksia" tässä menetelmässä. Vedyn lataus näytteeseen tapahtuu galvanostaattisesti katodisen polarisaation avulla. Anodipuolella (mittauspuoli) levyn läpi tuleva vety ionisoituu ja ionisaatiovirran kasvu rekisteröidään herkän elektrometrin avulla.



**Kuva 5.** Periaatekuva vedyn permeation mittaustaitteistosta sähkökemiallisella permeaatiomenetelmällä /11/.

**Fig. 5.** The principle of electrochemical permeation method in measuring hydrogen permeation /11/.



**Kuva 6.** Tyypillinen diffuusiokäyrä ja siitä saatavat suureet /11/.

**Fig. 6.** A typical permeation curve and the measures /11/.

ja piirturin avulla. Potentiaalinen tulee olla vedyn reversiibelin potentiaalinen yläpuolella, jotta kaikki anodipuolelle tuleva vety ionisoituisi. Molempiin kennoihin puhalletaan kokeen aikana puhdistettua typpeä hapen poistamiseksi. Mittaukset suoritetaan huoneenlämpötilassa.

Mittauksesta saatava diffuusiokäyrä on esitetty kuvassa 6. Kuvan käyrästä on poistettu taustavirta ja elektrometrin rekisteröimä ionisaatiovirta on jaettu näytteen pinta-alalla, jolloin on saatu ionisaatiovirrantiheys (J).

Diffuusiokäyrästä voidaan laskea usealla tavalla diffuusiokvatio. Yksi tapa on käyttää ns. puoliaiikamenetelmää, jolloin

$$D_{0,5} = 0.138 \frac{s^2}{t_{0,5}} \text{ [cm}^2\text{/s]} \quad \text{ja} \\ c_{\infty} = s \times J_{\infty} / D_{0,5} \times F \text{ [mol/cm}^3\text{]}, \quad \text{joissa}$$

$D_{0,5}$  = diffuusiokvatio

$c_{\infty}$  = liukoisuus

$s$  = näytteen paksuus

$F$  = Faraday'n vakio

$J_{\infty}$  = maksimivirrantiheys (kuva 6)

$t_{0,5}$  = virrantiheyttä  $0.5J_{\infty}$  vastaava aika (kuva 6)

Oulun yliopiston materiaaliteknikan laboratoriossa on tutkittu teräksen koostumuksen ja käsittelyn vaikutusta vedyn diffuusiointumiseen teräksessä em. permeaatiomenetelmällä ja saaduista tuloksista esitetään seuraavassa pari esimerkkiä.

### Kylmämuokkauksen vaikutus

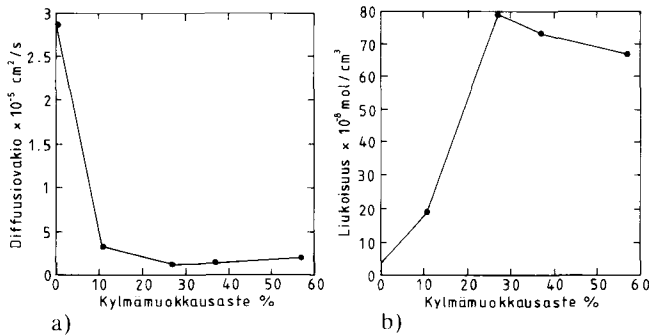
Kylmämuokkauksen ja sen jälkeisen hehkuksen vaikutusta vedyn permeaation tutkimiseen tutkittiin puhtaassa raudassa (Ferrovac E) sekä kahdessa niukkahiilisessä Al-tiivistetyssä teräslevyssä. Materiaalien koostumukset on esitetty taulukossa 1.

Kuvassa 7 on nähtävänä vedyn diffuusionopeuden lasku ja liukoisuuden kasvu puhtaalla raudalla kylmämuokkausasteen kasvaessa. Mittaukset on suoritettu kohtisuorassa valssausuuntaa vastaan. Kuvasta havaitaan, että suurin muutos diffuusiokvatioissa tapahtuu pienillä (< 30 %) kylmämuokkausasteilla, minkä jälkeen ne tasaantuvat. Diffuusiokvatioiden muutos johtuu dislokaatiotilanteen muodostumisesta, koska kylmämuokkauksessa syntyneinä vetyloukkuina toimivat dislokaatioryhmittymien selliseinämiä ympärille muodostuneet jännityskentät. Kun kylmämuokkausaste kasvaa, dislokaatioverkot tiheivät sellisissä ja jännityskentät peittävät toisensa. Lopul-

**Taulukko 1.** Puhtaan raudan (Ferrovac E) ja niukkahiilisten terästen (1 ja 2) koostumukset (%) /11/.

**Table 1.** The compositions (%) of pure iron (Ferrovac E) and low carbon steels (1 and 2) /11/.

Näyte	C	Si	Mn	P	Cu	Ce	Ni	Ti	S	Al	N	V
Ferr.E.	.004	.003	.001	.001	.001	—	.017	.001	.003	—	—	—
teräs 1	.032	.019	.264	.008	.037	.021	.044	.001	.013	.047	.001	.004
teräs 2	.046	.017	.271	.010	.044	.024	.045	.001	.015	.045	.001	.003



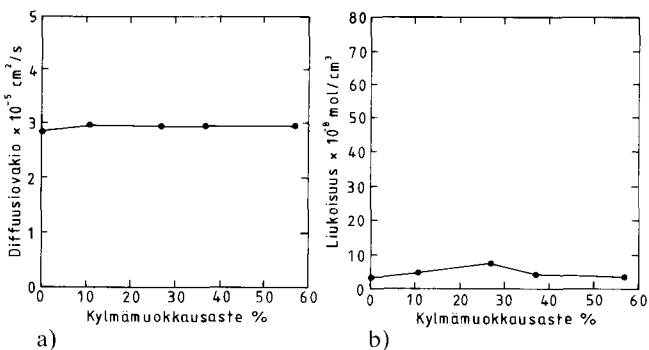
**Kuva 7.** Kylmämuokkauksen vaikutus vedyn a) diffuusiovakioon ja b) liukoisuuteen puhtaassa raudassa (Ferrovac E) /11/.

**Fig. 7.** The effect of cold working on hydrogen a) diffusion and b) solubility in pure iron (Ferrovac E) /11/.

ta muokkausasteen ja dislokaatioitiheyden kasvu eivät enää vaikuta jännityskenttää lisäävästi, jolloin diffuusioarvoissa tapahtuu tasaantuminen /11,12,13,14/.

Kuvasta 8 nähdään, että kun kylmämuokattua puhdasta rautaa hehkutetaan (650 °C; 1h: toipumisherkutus), niin diffuusio- ja liukoisuusarvot palautuvat muokkaamattoman materiaalin arvoja vastaaviin arvoihin. Hehkutuksen vaikutus perustuu siihen, että se aiheuttaa muutoksia selliseinämiä dislokaatioryhmittymissä, jotka järjestäytyvät säännöllisiksi. Samoin keskimääräinen dislokaatioitiheys laskee jatkuvasti toipumisprosessin edetessä ja jännityskentät häviävät /11,13/. Siten puhtaasti dislokaatioista johtuva vedyn loukkuuntuminen on **reversiibeliä**.

Niukkahiilille, Al-tiivistetyille teräslevyille, joiden valmistustapa käy ilmi taulukosta 2, suoritettujen diffuusiomittausten tulokset on esitetty taulukossa 3.



**Kuva 8.** Kylmämuokkauksen ja hehkutuksen (650°C, 1h) vaikutus vedyn a) diffuusiovakioon ja b) liukoisuuteen puhtaassa raudassa (Ferrovac E) /11/.

**Fig. 8.** The effect of cold working and adequate annealing (650°C, 1h) on hydrogen a) diffusion and b) solubility in pure iron (Ferrovac E) /11/.

**Taulukko 2.** Niukkahiilisten terästen kuumavalssaus- ja kelauslämpötilat sekä kylmämuokkausreduktiot /11/.

**Table 2.** The hot rolling and coiling temperatures and cold working reduction of low carbon steels /11/.

Teräs	T <sub>valss.</sub> °C	T <sub>kel.</sub> °C	Reduktio %
teräs 1	850	590	77
teräs 2	860	700	77

**Taulukko 3.** Niukkahiilisten näytteiden diffuusioarvot kuum- ja kylmävalssattuina (+ hehkutus 680°C 12 h + tempervalssaus ~ 1 %) /11/.

**Table 3.** The diffusion values of low carbon steels as hot rolled and cold rolled (+ annealing 680°C 12h + temper rolling ~ 1 %) /11/.

Näyte	D <sub>0,5</sub> × 10 <sup>-6</sup> cm <sup>2</sup> /s	c <sub>∞</sub> × 10 <sup>-8</sup> mol/cm <sup>3</sup>
1 KU	35.8	0.096
2 KU	40.0	0.094
1 KY	2.41	0.78
2 KY	0.37	4.05

KU = kuumavalssattuina

KY = kylmävalssattuina + hehkutettuina

Näytteet valmistettiin laboratorio-olosuhteissa, jolloin valmistusprosessit erosivat toisistaan kuumavalssauksen kelauslämpötilan osalta.

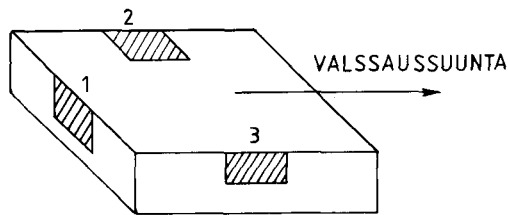
Taulukosta 3 nähdään, että eri kelauslämpötiloista huolimatta levyjen diffuusioarvoissa ei ole suuria eroja kuumavalssattuina. Kylmävalssauksen jälkeen molemmissa levyissä diffuusionopeus on laskenut ja liukoisuus kasvanut huomattavasti, matalassa kelauslämpötilassa tehdyissä näytteissä noin dekadilla ja korkean kelauslämpötilan näytteissä miltei kahdella dekadilla. Siten kylmämuokkaus niukkahiilissä teräksissä vaikuttaa samoin kuin puhtaassa raudassa: se hidastaa diffuusiota ja nostaa liukoisuutta. Vedyn loukkuuntuminen on kuitenkin — toisin kuin puhtaassa raudassa — **irreversiibeliä** so. loukkuuefekti ei häviä kylmämuokkauksen jälkeisessä hehkutuksessa.

Irreversiibelisyys johtuu kylmävalssauksen yhteydessä syntyneestä karbidirakenteesta. Kun raudan seostusaste kasvaa, syntyy siihen muitakin vetyloukkuja kuin pelkät dislokaatioista johtuvat jännityskentät. Kuumavalssauksessa syntyneet karkeat karbidit rikkoutuvat kylmävalssauksessa, jolloin muodostuu epämääräisen muotoisia karbidipartikkeleita. Partikkelit keräävät ympärilleen dislokaatioita ja lisäävät mikrokooppisten halkeamien lukumäärää teräksessä. Tällöin teräkseen liukenee paljon enemmän vetyä, kuin mitä todellinen liukoisuus edellyttäisi /1,11,15,16/.

Taulukon 3 tuloksista voidaan päätellä, että kelauslämpötila vaikuttaa kylmävalssauksessa syntyvään karbidirakenteeseen. Mitä korkeampi on kelauslämpötila, sitä karkeampi on kuumavalssauksessa syntyvä karbidirakenne ja edelleen tällöin rakenteeseen muodostuu kylmävalssauksen yhteydessä enemmän dislokaatioita ja mikrohalkeamia kuin matalamassa lämpötilassa kelaatussa levyssä. Siten esimerkiksi juuri kuumavalssauksen kelauslämpötilaa säätämällä voidaan vaikuttaa kylmävalssatun tuotteen vetykäyttäytymiseen oleellisella tavalla.

### MnS-sulkeumat

MnS-sulkeumien muodon ja suuntaisuuden vaikutusten tarkastelua varten leikattiin kvarttollevyistä eri suunnista näytteitä



**Kuva 9.** Sulkeumanäytteiden irrotus kvarttolevyistä /11/.  
1: näytteen pinta  $\perp$  levyn valssausuunta (sulkeumat vedyn kulkusuunnassa)  
2: näytteen pinta  $\perp$  levyn poikittaissuunta (sulkeumat  $\perp$  vedyn kulkusuunta)  
3: näytteen pinta  $\perp$  levyn paksuussuunta (sulkeumat vedyn kulkusuunnassa).  
**Fig. 9.** The detaching of inclusion specimens /11/.  
1: The surface of specimen  $\perp$  rolling direction (inclusions parallel to hydrogen transport direction).  
2: The surface of specimen  $\perp$  transverse direction (inclusions perpendicular to hydrogen transport direction).  
3: The surface of specimen  $\perp$  thickness of specimen (inclusions parallel to hydrogen transport direction).

tä (kuva 9). Levyjä oli sekä Ca-käsittelemättöminä (pidentyneet MnS-sulkeumat) sekä Ca-käsiteltyinä (rikinpoisto ja sulkeumien pallotus). Näytteiden koostumukset on annettu taulukossa 4.

Kuvista 10 ja 11 nähdään, että niillä näytteillä, joille ei ole suoritettu Ca-käsittelyä, diffuusionopeus riippuu sulkeumien suuntautumisesta; so. suunnassa 2, jossa pidentyneet MnS-sulkeumat ovat kohtisuorassa vedyn kulkusuuntaa vastaan, diffuusio on hitaampaa kuin suunnissa, joissa MnS-sulkeumat ovat vedyn kulkusuunnan kanssa yhdensuuntaisia. Edelleen, kun näytteille suoritetaan Ca-injektointi, suuntien vaikutus diffuusioarvoihin häviää.

Ca-injektoinnin seurauksena teräksen rikkipitoisuus alenee ja pidentyneet sulkeumat palloutuvat, jolloin sulkeumat ovat geometrialtaan samanlaisia kaikissa suunnissa. Diffuusio tosin hidastuu palloutumisen seurauksena, mikä voi johtua siitä, että rakenteeseen syntyy enemmän vedyn kulkua hidastavaa pinta-alaa. Vedyn liukoisuus kuitenkin jää melko pieneksi, vaikka diffuusio hidastuu, mikä viittaisi siihen, että kyseiset sulkeumat eivät ole irreversiibejä loukkuja.

Edellä on esitetty kaksi eri kohdetta, joissa vedyn diffuusio tutkimiseen on käytetty sähkökemiallista permeaatiomenetelmää. Menetelmä on erittäin käyttökelpoinen verrattaessa eri tekijöiden vaikutusta vedyn diffuusioon ja liukoisuuteen metalleissa. On toki huomattava, että tulokset riippuvat paljon laitteistojärjestelystä ja käytetyistä laskentamenetelmistä, joten saatuja mittaustuloksia ei voida pitää absoluuttisina.

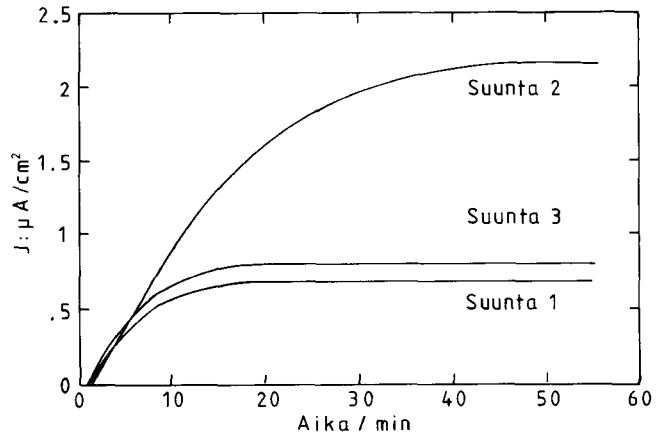
## KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Zappfe, C.A. and Sims, C.E., Journal of the American Ceramic Society 23 (1940) 7, pp. 187-219.
2. Thompson, A.W. and Bernstein, M., Advances in Corrosion Science and Technology, 7(1980). Ed. by M.G. Fontana and R. W. Staehle. Plenum Press, New York.
3. Plusquellec, J., Proceedings JIMI's-2. Hydrogen in Metals. Supplement of Transactions of the Japan Institute of Metals, Vol. 21 (1980), pp. 397-403.
4. Cotton, H.C., Hydrogen in steel, Spring Residential Conference Number 19, April 1982, pp. 119-125.
5. Hirth, J.P. and Johnson, H.H., Corrosion 32 (1976) 1, pp. 3-26.
6. Attermo, L., Vätesulfidinducerad sprickbildning; konstruktionsstål. Stockholm, feb. 1981. Institutet för Metallforskning.
7. Kloos, K.H., Landrebe, R. und Speckhardt, H., VDI-Z Bd. 127 (1985) Nr 19-Okttober, pp. 92-102.
8. Kurkela, M., Diplomityö. Oulun yliopisto 1980.
9. Fitzgerald, F., Hydrogen in steel, Spring Residential Conference Number 19, April 1982, pp. 1-12.

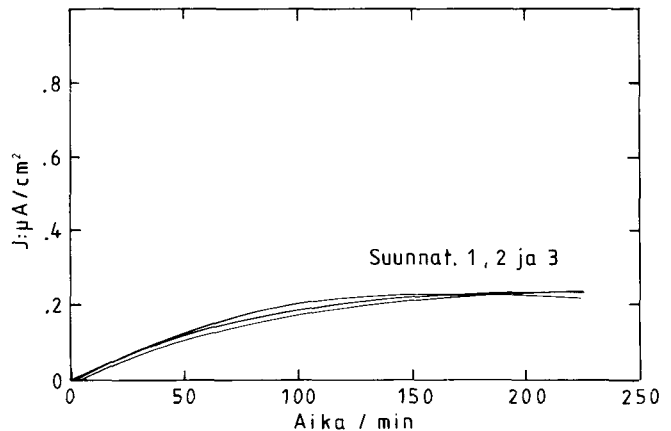
**Taulukko 4.** Sulkeumanäytteiden koostumukset (%) /11/.  
**Table 4.** The compositions (%) of inclusion specimens /11/.

Teräs	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Cu	Cr	Ni	Ti
1	.18	.51	1.42	.023	.019	.041	.033	.08	.029	.03	.04	.003
2	.17	.37	1.41	.014	.006	.046	.040	.10	.024	.04	.04	.003

1: ei rikinpoistoa, S = 0.019 %.  
2: Ca-käsitelty, S = 0.006 %



**Kuva 10.** Teräs 1, ei rikinpoistoa (S=0.019 %) /11/.  
**Fig. 10.** Steel 1, without Ca-treatment (S=0.019 %) /11/.



**Kuva 11.** Teräs 2, Ca-käsitelty (S=0.006 %) /11/.  
**Fig. 11.** Steel 2, with Ca-treatment (S=0.006 %) /11/.

10. Kimura, M., Totsuka, N., Kurisu, T. and Nakai, Y., Transactions ISIJ 24 (1984), p. B-125.
11. Riiipinen, M-M, Lisensiaattityö, Oulun yliopisto 1986.
12. Kunnick, A.J., and Johnson, J.P., Corrosion Nace 38 (1982) 9, pp. 486-493.
13. Hong, G-W. and Lee, J-Y., Acta Metall. 32 (1984) 10, pp. 1581-1589.
14. Keh, A.S. and Weissmann, S., Electron Microscopy and Strength of Crystals, Ed. by G. Thomas and J. Washburn, John Wiley and Sons, New York 1963.
15. Ecker, K., Papp, G., Ernsthofner, G. und Giedenbacher, G., Mitteilungen des Vereins Deutscher Emailfachleute E.V. 29 (1981) 11, s. 143-156.
16. Takahashi, I., Matsumoto, Y. and Tanaka, T., Proc. of 2nd JIM international symposium; Hydrogen in Metals, Minakami, Gunma Pref., Japan Nov. 26-29, 1979. Supplement to Transactions of the Japan Institute of Metals, Vol. 21 (1980), pp. 265-268.



**SUMMARY**

**EFFECT OF HYDROGEN IN STEELS**

Hydrogen is a very important factor in steels, though its effects are often underestimated. Hydrogen may penetrate into steel during manufacturing, refining and in service and the consequences may be severe.

Many terms have been used to describe the effects of hydrogen in steel. These include embrittlement, blistering, hydrogen attack, hydrogen induced cracking, sulphide stress corrosion cracking and others. There is sometimes disagreements regarding the precise role of hydrogen in the mecha-

nisms of these phenomena, but undisputably entry of hydrogen into steel is undesirable.

It is known that when hydrogen penetrates into steel, it diffuses and accumulates in heterogenities (traps) and if the amount of hydrogen is high enough and also depending of the nature of a trap, it may cause a rupture. This hydrogen diffusion and storage can easily be studied by so-called electrochemical methods introduced in the text. Examples of results obtained by the permeation method are given.

<p style="text-align: center;"><b>VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n</b></p> <p style="text-align: center;"><b>VUOSIKOKOUS</b></p> <p style="text-align: center;">pidetään Helsingissä 25.–26.3.1988</p> <p>Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.</p>	<p style="text-align: center;"><b>VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ÅRSMÖTE</b></p> <p style="text-align: center;">hålles i Helsingfors den 25.–26.3.1988</p> <p>Närmare uppgifter meddelas i inbjudan som postas vid en senare tidpunkt.</p>
--	---

**VMY:n Kaivosjaoston jatkokoulutuskurssi**

**Maanalaisen louhintatyömaan sähköistys ja automaatio  
27.–28.1.1988**

**TKK, Materiaalitieteen ja vuoriteknikan laitos  
Louhintateknikan laboratorio**

Tiedustelut: Seija Sundholm puh. 90-434 2801

# In Memoriam



**JYRY SAASTAMOINEN**  
15.2.1930 – 27.9.1987



**ESKO NERMES**  
14.8.1931 – 3.11.1987

Syyskuun lopulla saapui Tervolasta yllättävä ja monia hyvin syvästi riipaiseva suruviesti. Jyry Saastamoinen oli syksyisenä sunnuntaiaamuna menehtynyt rajuun sairauskohtaukseen.

Jyry Markus Saastamoinen syntyi Vimpelissä 15.2.1930. Ylioppilaaksi hän kirjoitti Lapualla 1950. Filosofian kandidaatiksi Jyry valmistui Helsingin yliopistosta v. 1956.

Valmistuttuaan ja suoritettuaan asepalveluksen Jyry siirtyi sovelletun geologian pariin malminetsijäksi Atomenergia Oy:hyn. Tästä alkoi hänen pitkään kestänyt työnsä Pohjois-Karjalan geologian parissa.

Vuosina 1957–61 Jyry toimi uraaninetsijänä Kolin kvartsiittijaksolla hoitaen geologisia kartoitustehtäviä ja eri säteilymittaus- ja menetelmäkehitystehtäviä. Hän jatkoi Kolin uraaninaiheitten tutkimuksia vuodesta 1961 lähtien Outokumpu Oy:n palveluksessa. Jyryn tutkimusalue laajeni 60-luvun alkupuolella ja merkittäviä tutkimuskohteita olivat Muuruvesi ja Paltamo. Helmikuussa 1966 Jyry nimitettiin Pohjois-Karjalan aluegeologiksi. Keskeisimmäksi tutkimuskohteeksi tässä tehtävässä muodostui Outokumpu-jakso, erikoisesti kuitenkin Miihkalin alue. Jyryn verkkoihin jäi Saramäen kuparimalmi Polvijärvellä ja joukko pienempiä sulfidimalmialueita sekä vasta myöhemmin arvoon nousseita talkkiesiintymiä.

Espoossa 70-luvulla Jyry teki valtavan työn muokkaamalla Pohjois-Karjalan kairaustiedot ATK:lla hallittavaan muotoon. Toinen merkittävä työkohte oli sinkkiohjelma, jonka Jyry toteutti varsin pitkälle ennenkuin hänet siirrettiin vielä kerran Outokummun alueelle Outokumpu-projektin päälliköksi 1982. Paluu omille jäljilleen Polvijärven Kylälahteen merkitsi hienoa huipentumaa pitkällä työsaralla, jonka hän oli tehnyt Outokumpu-jaksossa yli 20 vuoden aikana. Eläkkeelle Jyry siirtyi 1.12.1985.

Vuorimiesyhdistys r.y.:n geologijaoston jäsen Jyry Saastamoinen oli vuodesta 1964 lähtien.

Risto Sarikkola

Johtaja Esko Olavi Nermes kuoli marraskuun 3 päivänä Turussa vaikean sairauden murtamana. Hän oli syntynyt Turussa 14.8.1931. Kotikaupungissaan ylioppilaaksi kirjoittamisensa jälkeen hän opiskeli Abo Akademiassa, josta valmistui diplomi-insinööriksi kemiallisteknilliseltä osastolta vuonna 1955.

Hän tuli Outokumpu Oy:n palvelukseen vuonna 1956 Porin tehtaiden elektroyysiosastolle. Kun Outokumpu Oy aloitti nikkelin valmistuksen Harjavallassa 1960, oli Esko Nermes tässä pioneeri-tehtävässä mukana vuori-insinöörinä.

Seuraava haaste odotti yhtiön Kokkolan tehtailla, kun rikkitehdasta käynnistettiin vuonna 1962. Rikkisulatolla vierähti yli kymmenen vuotta. 1.6.1973 hänet nimitettiin Harjavallan tehtaiden teknilliseksi johtajaksi. 1.1.1975 hänestä tuli Harjavallan tehtaitten johtaja. Tässä toimessa hän oli 31.5.1978 saakka, jolloin siirtyi johtamaan yhtiön Metallurgista tutkimuslaitosta Poriin. Viisi vuotta myöhemmin hän siirtyi Helsinkiin hoitamaan yhtiön erikoistehtäviä. Palvelusvuosieläkkeelle hän jäi 1.12.1986.

Esko Nermes tunnettiin Outokumpu Oy:ssä lujatahtoisena, tarmokkaana ja työtä pelkäämättömänä insinöörinä. Hänen erikoisalansa oli liekkisulatusten menetelmä ja ennen kaikkea sen sovellutukset pyriitti- ja lyijyrakasteiden sulatuksessa. Hänen ansiokkaita hydrometallurgian tietojaan tarvittiin myös Sotkamon mustaliuksen hyödyntämistutkimuksissa, joita yhtiön Metallurginen tutkimuslaitos suoritti uscamman vuoden aikana.

Esko Nermes oli kansainvälisissä metallurgiipiireissä tunnettu henkilö, sillä hän osallistui eri puolilla maailmaa alan kongresseihin pitäen lukuisia esitelmiä liekkisulatuksesta ja sen sovellutuksista alan asiantuntijoille.

Esko Nermes oli impulsiivinen, ennakkoluuloton metallurgi, joka ei pelännyt sanoa omaa mielipidettään julki silloin, kun hän katsoi sen tarpeelliseksi. Pohjimmiltaan hän oli kuitenkin herkkä ja hyväntahtoinen ihminen, jolle kaikki hänet lähemmin tunteneet olisivat suoneet pitkän työpäivän jälkeen paljon pitemmän eläkekauden harastustensa — metsästyksen, bridgen ja mökkeilyn parissa. Hänen yllättävä poismenonsa tuli meille käsittelemättömänä viestinä.

Heimo Saarinen

Vuorimiesyhdistys r.y.:n metallurgijaoston sekä rikastus- ja prosessijaoston jäsen Esko Olavi Nermes oli vuodesta 1957.

Toimitus

## UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

### Kokouksessa 27.5.1987

**Lehikoinen, Markku**, Ins. s. 3.8.1953. Rammer Oy, markkinointijohtaja. Os: Laurilantie 9, 15860 KARTANO. Jaos 2.

**Liisanantti, Pekka**, DI. s. 4.4.1946. YIT-yhtymä Oy, osastonjohtaja. Os: Aleksis Kiventie 63 B, 04200 KERÄVA. Jaos 2.

**Lövberg, Curt-Erik**, FM, s. 3.9.1951. Suomen Karbonaatti Oy. Os: Merenlahdentie 49 B 10, 53800 VILLMANSTRAND. Jaos 4.

**Niemi, Kari**, TkL. 13.1.1955. Outokumpu-konserni Kuparituote-teollisuus, tutkimusinsinööri. Os: Valtakatu 30 A 41, 28100 PORI. Jaos 3.

**Ojalehto, Markku**, Ins. s. 22.7.1948. Outokumpu Oy, raaka-ainestaja. Os: Lukupurontie 8 A 12, 00200 ESPOO. Jaos 3.

**Rasilainen, Heikki**, DI. s. 22.9.1958. Oy Algol Ab Lääkeosasto, tuotepäällikkö. Os: Kalevankatu 42 A 11, 00180 HELSINKI. Jaos 4.

**Räsänen, Veikko**, DI. s. 8.3.1949. Oy Tampella Ab Tamrock, tutkimusinsinööri. Os: Rauhaniementie 28 A 12, 33180 TAMPERE. Jaos 2.

**Räsänen, Mikko**, DI. s. 28.10.1960. YIT-yhtymä Oy, kehitysinsinööri. Os: Servin Majantie 6 C 34, 02150 ESPOO. Jaos 2.

**Salmi, Pekka**, DI. s. 6.8.1961. Oy Tampella Ab Tamrock, tutkimusinsinööri. Os: Rauhaniementie 24 A 14, 33180 TAMPERE. Jaos 2.

**Suokas, Arto**, DI. s. 15.6.1958. Outokumpu Oy Pyhäsalmen kaivos, insinööriharjoittelija. Os: Tornitie 3 D, 86900 PÄYHÄKUMPU. Jaos 2.

**Veki (ent. Kalliomäki), Jaana**, FK. s. 26.12.1959. GTK/Suomen luonnonvarain tutkimussäätiö, geologi (malmiosasto). Os: Ounasjoentie 69, 96200 ROVANIEMI. Jaos 1.

### Kokouksessa 10.9.1987

**Baarman, Göran**, Ing. s. 8.7.1938. Ovako Steel Oy Ab, direktör/fjärderteknologi. Adr: Raseborgsvägen 29, 10650 EKENÄS. Sektion 3.

**Gustafsson, Lennart**, Civ.ing., f. 23.1.1935. Outokumpu Oy Kopparproduktindustri, direktör. Adr: Nylandsgatan 2 C 19, 00120 HELSINGFORS. Sektion 3.

**Kerttula, Raimo**, Lääket.lis., s. 2.12.1952. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, työterveyslääkäri. Os: Keinukatu 3, 29220 KILLANMAA. Jaos 3.

**Lappalainen, Kari**, FM, s. 25.2.1954. HTKK Louh.tekn.lab., tutkija. Os: Ajourinmäki 5 B 49, 02600 ESPOO. Jaos 1.

**Lehtinen, Markku**, FK. s. 25.4.1955. Ruskealan Marmori Oy, geologi. Os: Ruskealan Marmori Oy, 58220 LOUHI. Jaos 1.

**Olson, Christer**, DI. s. 2.2.1943. Ovako Steel Hofors Ab, verkstälände direktör. Adr: Hammarvägen 7 A, S-81300 HOFORS, Sverige. Sektion 3.

**Rukajärvi, Jorma**, DI. s. 18.6.1961. Outokumpu Oy Terästeollisuus, tutk. insinööri. Os: Aarnintie 4 B 11, 95420 TORNIO. Jaos 3.

**Suominen, Risto**, DI. s. 11.11.1958. HTKK Mater.tiet. ja vuoriteknikan laitos, tutkija. Os: Laajanityntie 8 F 81, 01620 VANTAA. Jaos 3.

**Vehmas, Sakari**, Ins., s. 12.7.1957. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, tutk. insinööri. Os: Orvokkikatu 2 B 7, 37120 NOKIA. Jaos 3.

**Virrankoski, Risto**, Ekon., s. 11.2.1946. Outokumpu Oy, johtaja ja johtokunnan jäsen. Os: Sepontie 1 N 14, 02130 ESPOO. Jaos 3.

**Åkesson, Jan**, Bergsing., f. 27.8.1940. Ovako Steel Hofors Ab, teknisk chef. Adr: Hammarvägen 30, S-81300 HOFORS, Sverige. Sektion 3.

## UUTTA JÄSENIÄ — NYTT OM MEDLEMMARNA

**Aakala, Harri**, DI. Os.: Tontunmäentie 22 K, 02200 ESPOO.

**Aaltonen, Jarmo**, DI. Kemira Oy, Siilinjärven kaivos, rikastamon osastoinsinööri.

**Ahlstrand, Ralf**, DI. Imatran Voima Oy, toimistopäällikkö.

**Ahnger, Ane**, DI. Os.: Näsinlinnankatu 9 B 35, 33210 TAMPERE.

**Alaniska, Heino**, Ins. Os.: Pohjoiskuja 1 A 1, 94400 LAURILA.

**Anttila, Markku**, DI. Os.: Kansakoulukatu 14, 67100 KOKKOLA.

**Apajalahti, Mikko**, DI. Os.: Haapamaantie 1 A 2, 90450 KEMPELE.

**Auranen, Ilpo**, DI. Os.: Tamrock Blasthole Drills, P.O. Box 270403, DALLAS, TEXAS 75227, USA.

**Bergström, Marianne**, DI. Os.: Otakallio 1 A 9, 02150 ESPOO.

**Björkqvist, Lars-Göran**, DI. Os.: Transamine Services Ltd, 4 Stanhope Gate, W1Y 5LA LONDON, ENGLAND.

**Boström, Rolf**, FK. Oy Partek Ab Perusmateriaalilohko, päägeologi.

**Bäckström, Carl-Fredrik**, DI. Eläkkeelle 1.1.1988.

**Ekberg, Markus**, FK. Os.: Koivikkotie 4 A, 86900 PYHÄKUMPU.

**Ekhölm, Esa**, DI. Os.: Leppäkuja 7 B, 02940 ESPOO.

**Eklund, Juhani**, DI. HTKK Valimotekniikan lab., tutkija.

**Engman, Gösta**, Ing. Dalsbruk Oy Ab, verkstälände direktör.

**Eriksson, Klas-Göran**, DI. Dalsbruk Oy Ab, operativ direktör.

**Erkkilä, Eero**, DI. Eläkkeellä. Os.: Snellmaninkatu 16 C 38, 70100 KUOPIO.

**Eronen, Harri**, DI. Omya GmbH, projekti-insinööri. Os.: Oy Förby Ab, 25640 FÖRBY.

**Eskelinen, Eelis**, DI. Os.: Junamiehenkatu 1, 83500 OUTOKUMPU.

**Eskola, Jaakko-Veikko**, DI. KOP, Kansainvälinen toiminta, asian tuntija. Os.: Klovonrinne 15 C 6, 02180 ESPOO.

**Eskola, Pertti**, DI. Rautaruukki Oy Hämeenlinnan tehdas, putkiryhmän kehitysinsinööri. Os.: Verkkotie 3 C 16, 13210 HÄMEENLINNA.

**Falck, Olof**, DI. Adr.: Grundvägen 19 A 13, 00330 HELSINGFORS.

**Forsberg, Ingmar**, Ing. Adr.: Stallmästarvägen 29 A 3, 02940 ESBO.

**Frii, Jarmo**, DI. Outokumpu Oy Kaivosteollisuus, projekti-insinööri. Os.: Hösmärinkuja 4 A 6, 02760 ESPOO.

**Grundström, Leo**, FL. Os.: Marttilankatu 5, 38200 VAMMALA.

**Grönfors, Teuvo**, TkL. Yksityisyrittäjä.

**Gustafsson, Caj-Erik**, DI. Adr.: Johannesvägen 8 C 42, 00120 HELSINGFORS.

**Haani, Martti**, DI. Projekti-insinöörit Oy, vt. prosessiteollisuussektorin johtaja.

**Haapala, Pentti**, DI. Semera Oy, varatoimitusjohtaja. Os.: Tanhuankatu 4 As. 9, 20540 TURKU.

**Haapamäki, Ilkka**, DI. Kometa Oy, myyntipäällikkö.

**Haavisto, Ilkka**, TkT. Pyrox Oy, toimitusjohtaja. Os.: Jaakonpolku 2, 14300 RENKO.

**Hakkarainen, Jorma**, KTM. Os.: Lyökkiniemi 18 A, 02160 ESPOO.

**Hallanaro, Taneli**, DI. Os.: Otsonkatu 8 As. 7, 15950 LAHTI.

**Harinen, Ritva**, FM. Os.: Mäkipellonkuja 1 B 7, 20740 TURKU.

**Hattula, Aimo**, DI. Os.: Palosaontkatu 15, 83500 OUTOKUMPU.

**Havola, Matti**, FM. Os.: Taivaanpankontie 31 A 8, 70200 KUOPIO.

**Havola, Pekka**, TkL. Os.: Brunnsdäldintie 2 B, 21600 PARAINEN.

**Heikkilä, Lauri**, DI. Personnel Suppor Project for Stamico, projekti-koordinaattori. Os.: P.O.Box 4820, DAR ES SALAAM, TANZANIA.

**Heinonen, Pertti**, DI. Rauma-Repola Oy Metalliteollisuuden kehityskeskus, materiaaliteknikan kehityspäällikkö.

**Heinänen, Kyösti**, FM. Os.: P.O.Box 4820, DAR ES SALAAM, TANZANIA.

**Heiskanen, Sakari**, TkT. Prof. Eläkkeelle 1.2.1988.

**Heiskanen, Voitto**, DI. Os.: Pensarintie 56 A, 67100 KOKKOLA.

**Helelä, Kari**, DI. Os.: Ollinsaarentie 45 K 75, 92120 RAAHE.

**Heljala, Antero**, DI. Outokumpu Oy Engineering, Muokkaustekniikka, myyntipäällikkö.

**Hietanen, Ossi**, DI. Os.: Myrntitie 14 D 4, 00720 HELSINKI.

**Hillberg, Kari**, DI. Os.: Uikunkuja 3, 28100 PORI.

**Hintikka, Väinö**, DI. VTT Mineraaliteknikan lab., erikoistutkija. Os.: Kupariperä 6, 83500 OUTOKUMPU.

**Hinkkanen, Eero**, DI. Oy G. W. Sohlberg Ab, GWS-Canpak, tehdaspäällikkö.

**Hinttala, Juhani**, DI. Säteilyturvakeskus, tarkastaja. Os.: PL 268, 00101 HELSINKI.

**Holopainen, Pentti**, DI. Karhu Titan Oy, tehdaspäällikkö. Os.: 82510 KITEENLAHTI.

**Hooli, Paavo**, DI. Os.: Pirkankatu 4, 95430 TORNIO.

**Hovatta, Heikki**, DI. Os.: Mikkellantie 18, 92140 PATTIJOKI.

**Hovi, Margit**, DI. Os.: Hyljekouku 5 G, 02260 ESPOO.

**Huhta, Pekka**, FK. Os.: Kiiskikuja 2 C 25, 02170 ESPOO.

**Hulkkonen, Kaj**, DI. Oy Tampella Ab Tamrock, Product Systems, manager. Os.: Kirkkokatu 17 B 8, 33950 PIRKKALA.

**Hurmola, Heikki**, DI. Ovako Steel Oy Ab, Imatra, laadunohjausosaston päällikkö.

**Hyle, Matti**, FK. Ovako Steel Oy Ab, ympäristönsuojelupäällikkö. Os.: Korvenkannantie 4, 55100 IMATRA.

**Hyppönen, Hannu**, DI. Aspo Oy Hiiliosasto, myyntipäällikkö.

**Hytti, Pekka**, DI. Os.: Hiram House 2-18-2, UEHARA, SHI-BUYA-KU, TOKYO 151, JAPAN.



**Hyvärinen, Jorma**, DI. Os.: Punahilkantie 4 A 6, 00820 HELSINKI.

**Häggman, Bernt**, DI. Outokumpu Oy Metallurgiska div., area sales manager.

**Hämäläinen, Matti**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen tutkimuslaitos, vanhempi tutkija. Os.: Uusikoivostontie 83 A 23., 28130 PORI.

**Härkki, Jouko**, TkT. Os.: Soukan rantatie 2 F, 02360 ESPOO.

**Härmälä, Olli**, FM. Kemira Oy, Siilinjärven kaivos, geologi ja louhintasuunnittelija.

**Häyrinen, Pekka**, DI. Oy Aga Consulting Ab, projekti-insinööri. Os.: Toukolankatu 5 B 16, 05830 HYVINKÄÄ.

**Ignatius, Heikki**, FT. Eläkkeelle 1.1.1988.

**Inkiläinen, Juha**, DI. Jyki Oy, toimitusjohtaja. Os.: Matinpelto, 42100 JÄMSÄ.

**Isoherranen, Seppo**, DI. Os.: Helsingintie 23 A, 02700 KAUNIAINEN.

**Isomäki, Olli-Pekka**, FM. Outokumpu Oy Vammalan kaivos, kaisvoogeologi.

**Jalasto, Jyrki**, DI. Nokia Oy Informaatiojärjestelmät, tietokone-teennejohtaja. Os.: Turuntien-portti 3 D 8, 02700 KAUNIAINEN.

**Johansson, Stig**, FDr. Neste Oy, chefgeolog.

**Jokinen, Tarmo**, DI. Os.: Lehtii 3 A 2, 02130 ESPOO.

**Judin, Vesa-Pekka**, TkT. Kemira Oy Oulun tutkimuskeskus, epäorgaanisen tutkimusjaoston päällikkö.

**Jutila, Esa**, TkT. Oy Wärtsilä Ab Keskushallinto, kehitysjohtaja.

**Jutila, Heikki**, DI. Neste Oy Exploration and Production, senior petr.eng. Os.: Neste Oy, 30 Charles II Street, SW1Y 4AE LONDON, ENGLAND.

**Jäfs, Gustav**, DI. Os.: Riistatie 3 F, 02940 ESPOO.

**Jämsä, Sirkka-Liisa**, TkL. Os.: 442 So. 1100 Ea, SALT LAKE CITY, UTAH 84102, USA.

**Järvinen, Antero**, TkL. Dalsbruk Oy Ab, vientimyyntipäällikkö. Os.: Solhult 1, 10820 LAPPOHJA.

**Kaasinen, Kirsi**, DI. Neles Oy Lokomo, käyttöinsinööri. Os.: Mäkipäänkatu 25 A 30, 33500 TAMPERE.

**Kajja, Rauno**, DI. Kemira Oy Mineraalitekniikka, projekti-insinööri.

**Kajan, Markku**, DI. Machinery Oy, markkinointijohtaja.

**Kallio, Heikki**, DI. Os.: Lastaajantie 9 C, 88200 OTANMÄKI.

**Kallioinen, Jouko**, DI. Outokumpu Oy Engineering, Kaivos- ja rikastustekniikka, asennusvalvonta- ja käyntiänpäällikkö. Os.: Vilpunkatu 2 D 22, 02230 ESPOO.

**Karesuo, Anu**, FK. Työtön.

**Karhu, Lauri**, DI. Outokumpu Oy Elektroniikka, tuoteasiantuntija.

**Karhunen, Olli**, DI. Laihan Metall Oy, tuotannon- ja laadunkehitysinsinööri. Os.: Laihan Metall Oy, Länsitie, 66400 LAIHIA.

**Karlsson, Kristina**, DI. Adr.: Finby-Gränd, 10600 EKENÄS.

**Karlsson, Pasi**, Ins. Os.: Irislahdenranta 19 F, 02230 ESPOO.

**Karppanen, Tapio**, FK. Outokumpu Oy Enonkosken kaivos, kaisvoogeologi.

**Karstunen, Erkki**, DI. Outokumpu Metals (USA) Inc, toimitusjohtaja. Os.: 124 White Oak CT, SCHAUMBURG, Ill. 60195, USA.

**Kaskela, Erkki**, FK, Ovako Steel Oy Ab, systeemisuunnittelija. Os.: Alinankatu 20, 55100 IMATRA.

**Kauppinen, Pentti**, DI. Os.: Sarastuskujat 1 B, 02200 ESPOO.

**Kemppainen, Markku**, DI. VTT, erikoistutkija.

**Kemppinen, Seppo**, DI. Os.: Vilpunkatu 2 F 40, 02230 ESPOO.

**Kerkkonen, Olavi**, FK. Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas, Tutkimuskeskus. Os.: Ratsukatu 1 R 89, 92150 RAAHE.

**Kerola, Pentti**, Ins. Outokumpu Oy Engineering, Uuden liiketoiminnan projektit. Os.: Itätuulenkujat 7 A 13, 02100 ESPOO.

**Kerola, Pentti J.**, DI. Norsulfid A/S, teknillinen johtaja.

**Keskinen, Kari**, DI. Os.: Kipinäkuja 14, 04230 KERAVA.

**Kettunen, Risto**, DI. Os.: Tapulimäki 4, 02780 ESPOO.

**Kivimäki, Mikko**, Varat. Os.: Kontiontie 1 B, 02110 ESPOO.

**Klemetti, Kari**, DI.: Outokumpu Oy Engineering, prosessi-insinööri. Os.: Madetie 4 D 50, 02170 ESPOO.

**Knuutila, Kari-Hannu**, TkL. Outokumpu Oy Metallurginen tutkimuslaitos, tutkimusinsinööri. Os.: Gallen-Kallelankatu 18 A 12, 28100 PORI.

**Koistinen, Tapio**, FT. University of Dar es Salaam, Senior lecturer. Os.: c/o Embassy of Finland, P.O.Box 4820, DAR ES SALAAM, TANZANIA.

**Koivisto, Harri**, DI. Myllykoski Oy Talkkitekniikka, tuotantopäällikkö.

**Kojo, Ilkka**, TkT. Outokumpu Oy Metallurginen tutkimuslaitos, tutkimusinsinööri. Os.: Jaakontie 13 As. 7, 28500 PORI.

**Kojonen, Kari**, FT. Os.: Maininkitie 6 B 20, 02320 ESPOO.

**Kokkonen, Kari**, DI. Oy Atlas Copco Ab, paikallispäällikkö. Os.: Samoilijantie 3 E 42, 70200 KUOPIO.

**Korhonen, Antti**, TkT. HTKK, vt. professori, metallien muokaus ja lämpökäsittely.

**Korhonen, Pirjo**, FL. Os.: Haapakuja 1 A, 60100 SEINÄJOKI.

**Koskela, Veikko**, DI. Outokumpu Mines Ltd. Canada, project manager. Os.: 4333 Tea Garden Cr., MISSISSAUGA, ONT. L5B 2Z2, CANADA.

**Koskela, Aaro**, DI. Kemira Oy Uudenkaupungin tehtaas, materiaali-päällikkö.

**Koskinen, Kyösti**, DI. Os.: Ida Aalbergintie 4 G 98, 00400 HELSINKI.

**Kostamo, Pertti**, TkL. Dalsbruk Oy Ab, kehitysjohtaja.

**Kotiranta, Valerian**, DI. Eläkkeellä. Os.: Ampiaesentie 6, 28200 PORI.

**Krekula, Jukka**, Ins. Os.: Rautaranta 7, 28400 ULVILA.

**Kukkonen, Esko**, Ins. Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas, myyntijohtaja. Os.: Ouluntie 11 B 12, 92100 RAAHE.

**Kumpula, Mikko**, DI. Neles Oy Lokomon terästehdas, markkinointipäällikkö. Os.: Kaaponkuja 1 D 3, 33820 TAMPERE.

**Kurki, Jaakko**, FK. Os.: Ratakatu 2, 83500 OUTOKUMPU.

**Kuusela, Pekka**, DI. Neles Oy Lokomon terästehdas, prosessimetallurgi. Os.: Pöhtolankatu 71 H 57, 33400 TAMPERE.

**Kuusisto, Erkki**, TkL. Teknillinen tarkastuskeskus/JAL, toimistopäällikkö. Os.: Ratatie 11, 01400 VANTAA.

**Kytö, Markku**, TkL. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sulattojen pyrometallurg. tutkimuspäällikkö.

**Käenniemi, Juhani**, DI ja **Kaarina**, DI. Os.: Kotola, 09220 SAMMATTI.

**Kähkönen, Olavi**, DI. Mikkelin teknillinen oppilaitos, kurssitoimen johtaja. Os.: Sammonkatu 1, 50100 MIKKELI.

**Kärkkäinen, Niilo**, FK. Os.: Aallonkohina 4 C 28, 02320 ESPOO.

**Kärävä, Lauri**, DI. Os.: Vasarosenkatu 13, 15900 LAHTI.

**Laine, Leila**, Ins. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sivutuotetehtaan myynti-insinööri.

**Lampio, Eero**, DI. GTK. Espoo, ATK-suunnittelija. Os.: Lapilantie 8 A 1, 04200 KERAVA.

**Lankila, Arimo**, DI. Rautaruukki Oy Hämeenlinnan tehdas, tehdasmetallurgi.

**Lantto, Heikki**, TkT. Pastori. Oulun diakonissalaitos, johtaja.

**Larsson, Johan**, FK. Oy Partek Ab Perusmateriaalilohko/Mineraalit, johtaja.

**Lehtimäki, Kaija**, DI. Ent. Koskikivi, Kaija.

**Lehtinen, Pia**, DI. Suomen Yhdyspankki Oy Pääkonttori, kamreeri. Os.: Otavantie 7 C 38, 00200 HELSINKI.

**Lehto, Raimo**, Ins. Rautaruukki Oy Hämeenlinnan tehdas, myyntipäällikkö. Os.: Verkkotie 3 C 20, 13210 HÄMEENLINNA.

**Leiritie, Markku**, DI. Oy Partek Ab Rakennusainelohko, johtaja.

**Leppänen, Olli**, DI. Os.: Ampumaradankatu 25, 08150 LOHJA.

**Levonmaa, Raimo**, TkL. Os.: 1184 Massachusetts Avenue, ARLINGTON, MA 02174, USA.

**Leväaho, Jaakko**, DI. Os.: Site 206, Unit 11 R.R.2, CABELL RIVER, B.C. V9W 5T7, CANADA.

**Luukkonen, Kimmo**, DI. Outokumpu Oy Pyhäsalmen kaivos, tutkimusinsinööri. Os.: Nelikylä A 3, 85500 NIVALA.

**Luukkonen, Olli**, DI. Nokia Oy Tietoliikenne, Radiolinkitehdas, tuotantopäällikkö.

**Lymy, Sirpa**, FK. Outokumpu Oy Metallurginen tutkimusinsinööri.

**Lääniläinen, Timo**, DI. Oy Sinebryhoff Ab Pynnikin panimo, laboratoriopäällikkö. Os.: Niemikatu 6-8 B 20, 33230 TAMPERE.

**Majava, Jorma**, DI. Telatek Oy, konepajapäällikkö. Os.: Risteyskatu 31-33 F 1, 11120 RIIHIMÄKI.

**Mannerkoski, Lauri**, DI. Rautaruukki Oy, Helsinki, markkinointijohtaja, Os.: Haukitie 8 A, 02170 ESPOO.

**Mannerkoski, Markku**, TkT. VTT, pääjohtaja. Os.: Hakamaankuja 1 O, 02120 ESPOO.

**Manninen, Tuomo**, FK. Os.: Kansankatu 14 A 2, 96100 ROVANIEMI.

**Markkanen, Heikki**, DI. ECC Pacific Ltd, markkinointipäällikkö. Os.: 25 Orange Grove Road No 03-04, GARDEN APARTMENTS, 1025 SINGAPORE.

**Matikkala, Aaro**, DI. Eläkkeellä.

**Mattelmäki, Matti**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, nikkelitehtaan johtaja. Os.: Nahkiaistie 15, 29200 HARJAVALTA.

**Mattsson, Björn**, DI. Suomen Sokeri Oy, varatoimitusjohtaja (1.1.1988).

**Meriläinen, Markku**, FK. Outokumpu Oy Kemin kaivos, käyttögeologi. Os.: Leinikinkatu 3 A 8, 95430 TORNIO.

**Mikkonen, Antti**, DI. Kemira Oy Siilinjärven tehtaas ja kaivos, tehtaasjohtaja.

**Moisala, Tapio**, TkL. Os.: Brunnsdäldintie 2 A, 21600 PARAINEN.

**Mustikkamäki, Urho**, FK. Os.: Tornitie, 86900 PYHÄKUMPU.

**Mylykoski, Kullervo**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Kokkola, sinkkielektrolyysin osastopäällikkö.

**Mylyniemi, Jukka**, DI. Os.: Punaportinkatu 10, 13100 HÄMEENLINNA.

- Myrskog, Leif**, FK. Adr.: Styrmannen C 6, 67300 KARLEBY.
- Mäkelä, Tuomo**, FK.: 2 First Canadian Place, POB 360, TORONTO, ONT. M5X 1E1, CANADA.
- Mäkelä, Ulla**, DI. Os.: Mechelininkatu 19 A 13, 00100 HELSINKI.
- Mäkinen, Ilpo**, DI. Os.: Hjalmarlundsohuvägen 75 H 1, S-98139 KIRUNA, SVERIGE.
- Mäkinen, Juho**, TkT. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sivutuotetehtaan päällikkö.
- Mäntymäki, Tarmo**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sulattojen johtaja.
- Määttä, Kauko**, DI. Os.: Maikkulanrinne 10, 90240 OULU.
- Mörsky, Pekka**, DI. VTT Mineraaliteknikan laboratorio, erikois-tutkija. Os.: Suutarinkatu 19 C 12, 83500 OUTOKUMPU.
- Natunen, Harri**, DI. Os.: Kuusikkotie 1 B, 86900 PYHÄKUMPU.
- Niemelä, Jouko**, FT. Os.: Kotitontuntie 14 D 24, 02200 ESPOO.
- Nieminen, Mikko**, DI. Os.: Gallen-Kallelankatu 13 B 14, 28100 PORI.
- Nieminen, Pekka**, DI. Oy Tampella AB Tamrock Trackdrills, projekti-insinööri. Os.: Lapintie 9 A 10, 33100 TAMPERE.
- Nikkilä, Risto**, DI. Finncoil-teollisuus Oy, tuotantojohtaja.
- Niskanen, Pentti**, TkT. Outokumpu Oy Pääkonttori, projektipäällikkö.
- Niskanen, Tuomo**, DI. Tamrock (Far East) Ltd, sales manager. Os.: 7 C Middle Lane, MIDVALE VILLAGE, DISCOVERY BAY, HONG KONG.
- Nuojua, Markku**, Ins. Kupari Oy, automaatioinsinööri.
- Nurminen, Jaakko**, Ins. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Kokkola, ATK-suunnittelija. Os.: Rajatie, 67100 KÖKKOLA.
- Nurmisalo, Martti**, DI. Holman Tamrock, toimitusjohtaja.
- Nyrkiö, Juhani**, FK. Eläkkeellä.
- Närhi, Antti**, DI. Os.: Hakalankatu 3, 95420 TORNIO.
- Ojala, Pertti**, Ins. Lahden ammattikoulu, lehtori. Os.: Kalevantie 12, 15540 VILLÄHDE.
- Oksanen, Jarmo**, DI. Ins.tsto Saanio & Riekkola, konsultti.
- Ollila, Seija**, DI. Os.: Putula, 16800 KOSKI HL.
- Paasikoski, Matti**, DI. Os.: Seilikaari 6 D 12, 02180 ESPOO.
- Paatsola, Olavi**, DI. Kemira Oy, Siilinjärven kaivos, avolouhoksen laajennusprojektin päällikkö.
- Pakarinen, Jouko**, FK. Lohja Oy Sipoon Kalkkitehdas ja kaivos, paikallispäällikkö.
- Paloheimo, Risto**, DI. Oy Kreuto Ab, toimitusjohtaja.
- Palomäki, Asko**, DI. Asko Palomäki Oy, toimitusjohtaja.
- Parkkinen, Jyrki**, FT ja **Marjatta**, LuK. Os.: Toppelundintie 3 A 9, 02170 ESPOO.
- Parkkinen, Marjatta**, LuK. Outokumpu Oy Pääkonttori, informaattikko.
- Parkkinen, Rauno**, DI. Outokumpu Oy Engineering, Kaivos- ja rikastustekniikka, projektipäällikkö. Os.: Yökuja 4 A, 02210 ESPOO.
- Patrikainen, Pekka**, FK. Os.: Ins. tsto Y-suunnittelu, Luoteisrinne 4, 02270 ESPOO.
- Patriikka, Jouko**, FM. Trade Commission of Finland, Toronto, kaupallinen sihteeri. Os.: 128 Pemberton Avenue, WILLOWDALE, ONT. M2M 1Y7, CANADA.
- Pekkarinen, Lauri**, FT. Os.: Sompatie 13 B 3, 80230 JOENSUU.
- Peltonen, Aaro**, DI. Eläkkeellä.
- Pesonen, Herkko**, TkL. Oy DN Bioprocessing Ltd, toimitusjohtaja.
- Pesonen, Jukka**, DI. Os.: 1678 Brookdale, Apt.no 14, NAPERVILLE, ILL. 60540, USA.
- Peuraniemi, Vesa**, FT. Oulun yliopisto, Geologian laitos, dosentti.
- Pietiläinen, Lauri**, DI. Eläkkeellä.
- Pietinalho, Jussi**, DI. Dalsbruk Oy Ab, Koverhar, tuotantopäällikkö. Os.: Koivuniemenkatu 46, 10650 TAMMISAARI.
- Pitkänen, Rauno**, DI. Tara Mines Ltd, Irlanti, Technical Consultant.
- Platan, Jorma**, DI. Kansa-Yhtymä Oy, apulaisjohtaja. Os.: Yökuja 6 I, 02210 ESPOO.
- Pojjärvi, Jakko**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sivutuotetehtaan tutkimusinsinööri.
- Porkka, Jorma**, DI. Eläkkeellä. Os.: 46430 TIRVA.
- Pulkkinen, Aune**, DI. Hackman Oy Ab, MKT, toimialajohtaja.
- Putkisto, Juhani**, Ins. Rautaruukki Oy, Hämeenlinna, kehityspäällikkö.
- Puustinen, Kauko**, FT. GTK Malmiosasto, malminetsintäyksikön päällikkö.
- Päärne, Antti**, DI. Insinööriteknikka Oy, energiakonsultti.
- Pönni, Heikki**, DI. Os: Pitkänsillanranta 7 A 11, 00530 HELSINKI.
- Pöntynen, Tomi**, DI. Lonrho Zimbabwe Ltd, Senior Mining Engineer Os.: 4 Napier Avenue, HILLSIDE, BULAWAYO, ZIMBABWE.
- Pöyry, Heimo**, Ins. Outokumpu Oy Enonkosken kaivos, kaivososaston päällikkö. Os.: Annikinkatu 23 B 10, 57200 SAVONLINNA.
- Ranta-Eskola, Arto**, TkT Rauma-Repola Oy, Neles Inc. USA, markkinointi-insinööri. Os.: c/o Aaro Rantala-Eskola, 19320 NIKKARONEN.
- Rantala, Pertti**, DI. Larox Oy, projekti insinööri. Os.: Aionkatu 21 A 11, 53100 LAPPEENRANTA.
- Rantanen, Raimo**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Kokkola, paikallisjohtaja.
- Rautajoki, Heikki**, DI. Exel Group Ltd Oy, toimialajohtaja/industrial composites
- Reinivuo, Raimo**, DI. Teknillinen tarkastuskeskus, ylitarkastaja. Os.: Aallonhuippu 6 H 76, 02320 ESPOO.
- Riipinen, Marja-Maija**, DI. Oulun Yliopisto, assistentti.
- Rinne, Risto**, TkL. Os.: Yläportti 1 A 3, 02210 ESPOO.
- Rinne, Väinö**, Ins. Suonnan Puu Ky, toimitusjohtaja.
- Rissanen, Markku**, DI. Ovako Steel Oy Ab, Billnäs, tuotemyyntipäällikkö.
- Ristimäki, Erkki**, DI. Dalsbruk Oy Ab, Koverhar, tehtaanpäällikkö. Os.: Mannerheimintie 14, 10960 HANKO POHJOINEN.
- Ristolainen, Eero**, DI. Neste Oy Teknologiakeskus. Os.: Räsälänkuja 2 C, 02140 ESPOO.
- Roisko, Timo**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Kokkola, sinkkipasuton osastopäällikkö.
- Roos, Seppo**, FK. Roos Oy, toimitusjohtaja. Os.: Paattistentie, 21360 LIETO AS.
- Rummukainen, Jorma**, Ins. Neles Oy Lokomon tehtaat, projekti-insinööri. Os.: Hikivuorenkatu 12 B 13, 33710 TAMPERE.
- Ruutu, Kari**, DI. Ovako Steel Oy, Imatra, aluevientipäällikkö. Os.: Terästehdas B 99 As. 10, 55610 IMATRA.
- Räikkönen, Hannu**, DI. Os.: Perustie 20 A 8, 00330 HELSINKI.
- Saarikoski, Jaakko**, DI. Eläkkeellä.
- Saarikoski, Lotta**, DI. Vaasan korkeakoulu, opiskelija. Os.: Kp 7, 66400 LAIHIA.
- Saarinen, Heimo**, Ins. Eläkkeellä.
- Saarinen, Reino**, DI. Maa- ja Vesirakennus Haka, tunnelitöiden työpäällikkö.
- Saksa, Pauli**, DI. Ins.tsto Saanio & Riekkola, konsultti. Os.: Pakilantie 103 B 1, 00670 HELSINKI.
- Salimäki, Matti**, DI. Kehitysyhtiö Devecap Oy, toimitusjohtaja.
- Salmi, Veli**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sulattojen tuotantopäällikkö.
- Saltikoff, Boris**, Os.: Sammalkallionkuja 2 F 104, 02210 ESPOO.
- Sammalisto, Juhani**, DI. Ab Sandvik Rock Tools, sektionschef. Os.: Skolgatan 10 Q, S-81133 SANDVIKEN, SVERIGE.
- Sariola, Pekka**, DI. Oy Tampella Ab Tamrock Drills, business development-päällikkö.
- Savolainen, Heikki**, Ins. Os.: Auringonkatu 6 C, 02210 ESPOO.
- Seppälä, Pekka**, FK. Hämeen lääninhallitus, tarkastaja. Os.: Koivistonpolku 3, 12400 TERVAKOSKI.
- Seppänen, Alpo**, DI. Svenska Geologiska Ab, rikastusteknillinen konsultti. Os.: Pyhäjärventie 48 C 8, 86800 PYHÄSALMI.
- Setälä, Jukka**, DI. Os.: c/o Johtamistekniikka Oy, Koulukatu 5 B, 33200 TAMPERE.
- Setälä, Pekka**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sivutuotetehtaan käyttöinsinööri.
- Siikarla, Toivo**, Prof. Os.: Parivaljonkuja 2 A 2, 00410 HELSINKI.
- Siirama, Lauri**, DI. Kemira Oy, Siilinjärven kaivos, kaivoksen päällikkö, louhintaosaston osastoinsinööri.
- Sittanen, Ahti**, DI. Tuotekehitys Oy Tamlink, toimitusjohtaja. Os.: Suuruspuunkatu 13 B 5, 33240 TAMPERE.
- Sipilä, Jussi**, TkT. Ovako Steel Oy Ab., autom. jaospäällikkö. Os.: Kytöpolku 8, 02100 ESPOO.
- Sipilä, Ville**, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Kokkola, sinkkitehtaan johtaja.
- Sivunen, Seppo**, Ins. Rammer Svenska Ab, toimitusjohtaja.
- Soikkeli, Timo**, DI. Oy Tampella Ab Tamrock Blasthole Drills, tuotepäällikkö. Os.: Tesomajärvenkatu 4 H 120, 33310 TAMPERE.
- Sorsa, Ilkka**, DI. Os.: Rautaruukki Oy, 13300 HÄMEENLINNA.
- Sundholm, Seija**, TkL. HTKK Louhintateknikan lab., tutkija. Os.: Aukustinkuja 4 A, 00840 HELSINKI.
- Suppanen, Risto**, DI. Sampo-Yhtiöt, myyntijohtaja. Os.: Näkki 7 B, 02320 ESPOO.
- Taavitsainen, Kalevi**, DI. Ovako Steel Oy Ab, Imatra, markkinointipäällikkö.
- Tahvanainen, Tuomo**, TkL. Os.: Luuvankuja 5, 02620 ESPOO.
- Taipale, Kalle**, FK. GTK, ATK-toimisto, toimistopäällikkö.
- Talvio, Mika**, DI. Oy Aga Ab, sovellusinsinööri.
- Tamila, Juhani**, DI. Os.: Vatakuja 1 B, 00200 HELSINKI.
- Tiitola, Tero**, DI. Outokumpu Oy Kuparituoteteollisuus, Pori, valsaamon tuotantopäällikkö.
- Tiitu, Olli**, DI. Os.: Einoonkuja 5, 39700 PARKANO.
- Toivonen, Eero**, DI. Leinovalu Oy, laatupäällikkö.
- Tulokas, Tapani**, DI. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, ATK-jaospäällikkö.
- Tuomala, Antti**, DI. Os.: 5555 Garden Grove Blvd, 77-100, WESTMINSTER, CA 92683, USA.



**Turunen, Antero**, DI. Rauma-Repola Oy Joensuun konepaja, konepajan johtaja.

**Turunen, Pertti**, FK. Kefinco. Groundwater Engineer. Os.: P.O. Box 774, KAKAMEGA, KENYA.

**Tuutti, Juhani**, DI, MBA. Wihuri Oy, rahoituspäällikkö.

**Tyni, Pertti**, Ins. Rautaruukki Oy Taivalkosken tehdas, valmistus-insinööri. Os.: Harritte 12, 93400 TAIVALKOSKI.

**Uitti, Juhani**, TkT. Ovako Steel Oy Ab, Imatra, valssamojen päällikkö.

**Utala, Juhani**, FK. Outokumpu Oy, yhtiön työhygieenikko. Os.: Koivulantie 6 As. 36, 28360 PORI.

**Uusitalo, Eino**, TkT. Kemira Oy, varapääjohtaja.

**Vaajoki, Jorma**, DI. Kone Oy Hissiryhmä, Director of Escalator Business. Os.: Viertolantie 11, 15880 SORAMÄKI.

**Wahlman, Max**, DI. Colotherm Oy, teknisk direktör. Adr.: Fladabägen 1 E 21, 00840 HELSINGFORS.

**Vainio-Mattila, Tapani**, DI. Rauma-Repola Oy Konepajateollisuus, teollisuusryhmän johtaja.

**Vartiainen, Karri**, Prof. VTT Konepajan tuotantotekniikan laboratorio, laboratorionjohtaja.

**Vauramo, Pekka**, DI. Os.: Jaanintie 34 B, 20540 TURKU.

**Veki, Jaana**, FK. Ent. Kalliomäki, Jaana.

**Venäläinen, Raimo**, DI. Os.: Maininkitie 3 E 23, 02320 ESPOO.

**Westerlund, Alf**, DI. Os.: 66930 KOVJOKI.

**Wickstrand, Olli**, DI. Valmet Paperikoneet Oy, valimon johtaja. Os.: Majajärventie 4 A, 40600 JYVÄSKYLÄ.

**Widholm, Mikael**, DI. Oy Huber Ab, Industrigruppen, marknadsföringschef.

**Vihma, Karri**, DI. Sunds Deliberator, Jylhä Oy, metallurgi. Os.: Rengastie 24 D 21, 37620 VALKEAKOSKI.

**Viitala, Raimo**, DI. Helsingin kaupunki, Geotekninen osasto, kaliorakennussuunnittelija. Os.: Isoistenkuja 8 B, 02200 ESPOO.

**Vormisto, Kauno**, FK. Eläkkeellä.

**Ylikunnari, Erkki**, FM. Oulun teknillinen oppilaitos, opettaja.

**Åberg, Ragnar**, FM, Pensionerad. Adr.: Malmgatan 8 A 3, 10300 KARIS.

**Åhlman, Aimo**, DI. Os.: Sorsakuja 15 A, 23500 UUSIKAUPUNKI.

**Österlund, Kaj**, TkL. Adr.: Mattviksgatan 3 B 9, 02230 ESBO.

VI Vuorinen, A. and Carlson, L., 1985b. Interaction of silica and iron in formation of natural iron oxyhydroxide precipitates. 5th Meet. Eur. Clay Groups, August 31–September 3, 1985, Prague, Czechoslovakia. Proc., Charles University, pp. 235–240.

VII Vuorinen, Antti and Carlson, Liisa, 1985c. Scavenging of heavy metals by hydrous Fe and Mn oxides precipitating from groundwater in Finland. Int. Conf. Heavy Metals Environ., 10–13 September, Athens, Greece. Proc., Ed. Lekkas, T.D. 1: 266–268.

VIII Lahermo, Pertti and Vuori, Antti, 1985. The behaviour of Fe, Mn and other heavy metals in concretion development from groundwater in Finnish Lapland. Int. Conf. Heavy Metals Environ., 10–13 September, Athens, Greece. Proc., Ed. Lekkas, T.D. 1: 263–265.

IX Vuorinen, Antti, 1983. Emission of lead by highway traffic: Lead fixation and speciation. Int. Conf. Heavy Metals Environ., 6–9 September, Heidelberg, FRG. Proc., Ed. Müller, G.: 159–162.

#### Filosofian lisensiaatit:

**Lång, Kaj:** "Kittilän Riikonkosken kuparimineralisaatioalueen geologinen, rakenne-petrofysikaalinen ja litogokemiallinen tutkimus".

Keski-Lapissa sijaitseva Kittilän Riikonkosken kuparimineralisaatiota ja sen ympäristöä on tutkittu geologisista, rakenne-petrofysikaalisista ja litogokemiallisista menetelmin. Alueella ovat enemmistönä magmakivet: basalttinen laava ja tuffi, intermediaariset vulkaniitit, albiittidiabaasi, trondhemiitti sekä muita juonikiviä. Alueen voi katsoa kuuluvaksi spiliitti-keratofyyri assosiaatioon. Sedimenttikivet ovat pääasiassa fylliittejä, mustaliuskeita ja grauvakkoja. Ympäristössä esiintyy nuorempia Kumpu-ryhmän kvartsiitteja ja konglomeraatteja. Spiliitti-keratofyyriassosiaatioon liittyvät muuttumisprosessit ovat tapahtuneet siinä geologisessa kehitysvaiheessa, jolloin alue on ollut kooltaan rajoittuneen meren keskiselänne. Alueetamorfioosion aste on vihreäliuskefasies. Riikonkosken päämineralisaatio on suureksi osaksi distaalinen vulkaanis-ekshalatiivinen massiivinen sulfidimalmi, joka sijaitsee poimun kyljissä, rikkain osa on sijainnut todennäköisesti poimun harjassa, josta eroosio on kuluttanut sen myöhemmin pois. Päämalmimineraaleina esiintyy kuparikiisua, magneetikiisua, arseenikiisua ja rikkikiisua. Lisäksi esiintyy magnetiittia, pentlandiittia, kobolttihohdetta, galenovismutiittia, mackinaviittia ja pieniä määriä kultaa. Varsinainen mineralisaatio esiintyy breksian iskoksessa tai juonissa. Isäntäkivinä on fylliitti, keratofyyrituffi, serisiittiliuske tai mustaliuske. Rakenne-petrofysikaalista tutkimusmenetelmää on selvitetty lyhyesti varsinaisessa tekstiosassa ja laajemmin lisäksi liitteessä. Tällä menetelmällä saatiin tulokseksi: 1) Kompleksinen petrofysikaalinen kerroin ei ole Riikonkosken tapauksessa käytökelpoinen malminetsinnässä, 2) rakenne-petrofysikaalisten korrelaatioryhmien sijoittuminen mineralisaatioalueelle osoitti, että siellä on yhtenäinen vyöhyke, jossa kivet ovat huokoisempia, permcaabilimpia, hauraampia ja heikompia kuin lähiympäristössä, 3) suunnattujen näytteiden tutkimus osoitti, että alueella on ollut useita deformaatioita. Litogokemiallisista tutkimustuloksista voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä: 1) Cu, Ag, Au, Zn, Pb, Mo, Co, Ni ja As-pitoisuudet muodostavat useassa tapauksessa vyöhykkeisyyden, joka on luonteenomaista vulkaanis-ekshalatiivisille massiivisille sulfidimalmeille, 2) vyöhykkeisyyskertoimet tukevat edellistä tulosta, 3) litogokemialliset ja rakennepetrofysikaaliset tulokset yhdessä viittaavat siihen, että mineralisaatioon liittyy sekä syngeneettinen aureoli (Cu) että vyöhykkeinen infiltraatioaureoli (Zn, Pb, Ag, Mo).

**Nikkarinen, Maria:** "Moreenin eri lajitteiden litologinen, mineraloginen ja kemiallinen koostumus Kaasilan malmipuhkeaman läheisyydessä Outokummussa".

Malmin vaikutusta moreenin neljään eri lajitteeseen tutkittiin Kaasilan kohteessa, jossa Outokummun kuparimalmilla on pintapuhkeama. Tutkitut lajitteet olivat: 2000–500 µm, 500–64 µm, 64–2 µm ja alle 2 µm. Tutkimusmenetelminä käytettiin eri lajitteiden ja separoitujen fraktioiden kemiallista analyysiä (AAS) sekä mikroskooppi-, mikroanalyyttori- ja röntgenifraktioiden tutkimuksia. Ni-, Co-, Cr-, Fe-, Cu-, Zn- ja Pb-pitoisuudet määritettiin moreeninäytteiden (22 kpl) lisäksi murskatuista kivilajinäytteistä (6 kpl) tarkoituksena selvittää mitkä piirteet rakkoon mukaisissa alkuainejakaumissa aiheutuvat primääritekijöistä ja mitkä ovat ominaisia vain moreeninäytteille.

Moreeninäytteissä tutkittujen alkuainesten maksimipitoisuudet olivat pääsääntöisesti alle 2µm:n lajitteessa ja minimipitoisuudet useimmiten 500–64 µm:n lajitteessa. Yleisistä jakaumista poikkeasti taustapitoisuustasoa edustava lyijy, jonka pitoisuudet pienivät tasaisesti rakkoon kasvaessa. Selvempiä eroavaisuuksia alkuainesten jakautu-

## SUORITETTUJA TUTKINTOJA — AVLAGDA EXAMINA

### HELSINGIN YLIOPISTO

#### Geologian laitos Geologian ja mineralogian osasto

#### Filosofian tohtorit:

Syyskuun 29. päivänä 1986 tarkastettiin julkisesti FL **Hannu Huhman** väitöskirja "Sm-Nd, U-Pb and Pb-Pb isotopic evidence for the origin of the Early Proterozoic Svecofennian crust in Finland". Vastaväittäjänä toimi FT Olavi Kouvo ja kustoksena prof. Ilmari Haapala. Väitöskirja on julkaistu sarjassa Geological Survey of Finland, Bulletin 337.

Elokuun 29. päivänä 1986 tarkastettiin julkisesti FL **Antti Vuorisen** väitöskirja "Environmental geochemistry of iron manganese and other heavy metals in Finland". Vastaväittäjänä toimi dos. Tapio Koljonen ja kustoksena prof. Ilmari Haapala. Väitöskirja koostuu synopsista ja seuraavista julkaisuista:

- I Vuorinen, Antti, Uusinoka, Raimo and Alhonen, Pentti, 1983. Stratigraphical studies of Lake Iidesjärvi sediments. Part II: Geochemical and mineralogical characteristics of sediment sequences. Bull. Geol. Soc. Finland 55, 2: 141-156.
- II Vuorinen, Antti, Alhonen, Pentti and Suksi, Juhani, 1986. Palaeolimnological and limnogeochimical features in the sedimentary record of the polluted Lake Lippajärvi in Southern Finland. Environ. Pollut. Serie A, (In Press).
- III Vuorinen, Antti and Lahermo, Pertti, 1986. Environmental factors affecting the acid neutralization capacity of Finnish glacial till deposits. Toxicol. Environ. Chem. 11, 1: 61–78.
- IV Vuorinen, A. and Carlson, L., 1985a. Speciation of heavy metals in Finnish lake ores: Selective extraction analysis. Intern. J. Environ. Anal. Chem. 20: 179–185.
- V Hatva, T., Seppänen, H., Vuorinen, A. and Carlson, L., 1985. Removal of iron and manganese from groundwater by re-infiltration and slow sand filtration. Aqua Fennica 15, 2: 211–225.

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

## Tutkimuselosteet: sarja A

A 8	"Jäännösanomalia- ja gradienttikarttojen käytöstä malminetsinnässä"	20,—
A 9	"Rikastamoiden jätealueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,—
A 10	"Kuilurakenteet"	20,—
A 11	"Raakkulaimennus"	20,—
A 14	"Suunnan ja kaltevuuden mittaussyväkairauksessa" (uusi kopio)	30,—
A 17	"Pölyn talteenotto"	20,—
A 18	"Geokemiallisten näytteiden käsittely ja tulosten tulkinna"	50,—
A 19	"Kulutusta kestävä materiaali" — nro 1:n täydennys	20,—
A 20	"Rikastamoiden instrumentointi"	20,—
A 22	"Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—
A 24	"Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus"	20,—
A 25	"Geofysikaaliset kenttätyöt I — Painovoimamittaukset"	20,—
A 27	"Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,—
A 28	"Kalkin käyttö metallurgisessa teollisuudessa"	20,—
A 32	"Seulonta"	40,—
A 34	"Geologisten joukonäytteiden analysointi"	50,—
A 36b	"Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,—
A 39	"ATK-menetelmien käyttö kallioperäkartoituksissa"	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	"Holvautumien purkumenetelmät"	50,—
A 61/I	"Rakeisen materiaalin kosteuden mittauss"	50,—
A 62	"Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtiosuunnitelmista"	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 kalliotiloissa"	50,—
A 67	"Crosshole seismic investigation"	70,—
A 68	"Automation of a drying process"	70,—
A 69	"Rakeisen materiaalin jatkuvatoiminen kosteuden mittauss"	50,—
A 70	"Happamien ja intermediaaristen magmakivien kivilajimäärittäminen pääalkuainekoostumuksen perusteella"	50,—
A 71	"Kallion tarkkailumittaukset"	50,—
A 72	"Elementtimenetelmien käyttö kaivostilojen lujuslaskennassa"	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"	90,—
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,—

## Koulutus- ja seminaarinäytelä, kalliomekaniikan päivien esitelmämonisteen sekä muut julkaisut: sarja B

hintaa		
B	"Kalliomekaniikan päivät 1967-78, 1983-84"	50,—
B 12	"Kalliomekaniikan sanastoa"	10,—
B 14	"Kaivossanasto"	8,—
B 16	INSKO 106-73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"	45,—
B 17	INSKO 49-74 "Skänkmetallurgi-Senkka metallurgia"	45,—
B 18	INSKO 90-74 "Investoinnit ja käyttölaskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa"	45,—
B 19	INSKO 45-75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakysymyksiä metalliteollisuudessa"	45,—
B 23	"Laatokan-Perämeren malmivyöhyke"	40,—
B 24	"Malminkäsittelylaitosten käyttöasteen ja kunnossapidon optimointi"	30,—
B 25	"Raakkulaimennus ja sen taloudellinen merkitys kaivostoiminnassa"	50,—
B 25b	"Waste rock dilution and its economic significance in mining"	50,—
B 26	"Pientunnelisymposiumi"	70,—
B 27	"Uraaniraaka-ainesymposiumi"	50,—
B 28	"Tuuletussymposiumi"	50,—
B 29	"Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"	90,—
B 30	"Teollisuusmineraalisesinaari"	50,—
B 31	"Kaivosten työsuojelu"	50,—
B 32	"Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämissesinaari"	50,—
B 33	"Pultituspäivät 1983"	70,—
B 36	"Kalliotilojen mittaus- ja kartoitusseminaari 1985"	100,—
B 37	"Kaivoskohteiden urakkasopimusjärjestelmä"	50,—
B 38	"Tuotantomineralogian seminaari 16.1.1986"	60,—

VMY:n solmio	{ sininen, 100 % silkki	70,—
	{ viinipunainen, —"	70,—
Vuoriteollisuus — Bergshanterringen lehti		
vuosikerta Suomessa		80,—
vuosikerta ulkomailla		100,—
Eero Mäkinen-mitali		200,—

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

**Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta DI Kalle Vaajoensuu mieluummin kirjallisesti osoitteella:**  
Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.  
**Outokumpu Oy**  
Kaivosteknillinen toimisto  
83500 OUTOKUMPU  
tai puh. 973-561

## ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- ACA SYSTEMS Oy
- Oy ALGOL Ab
- Oy ATLAS COPCO Ab
- Oy FORCIT Ab
- Oy FÖRBY Ab
- Oy HOECHST FENNICA Ab
- Oy HÖGANÄS Ab
- KALLIOSUUNNITTELU Oy, ROCKPLAN Ltd
- KEMIRA Oy, Vihtavuoren tehtaas
- KOMETA Oy
- KUUSAKOSKI Oy
- LAROX Oy
- LEVANTO Oy
- Oy LOHJA Ab
- MACHINERY Oy
- OUTOKUMPU Oy, Terästeollisuus
- OVAKO STEEL Oy Ab
- RAUTARUUKKI Oy
- SANDOZ Oy
- SUOMEN MALMI Oy
- Oy JULIUS TALLBERG Ab, Prosessiteknikka
- Oy TAMPELLA Ab, TAMROCK
- Oy TAMRO Ab
- Oy TRELLEBORG Ab
- WIHURI Oy, WITRAKTOR
- YIT-YHTYMÄ Oy ARA

## OHJEITA KIRJOITTAJILLE

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

**Käsikirjoitukset** on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkia 2-välillä. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuuvilteineen** on 5 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsikirjoitukset palautetaan kirjoittajille korjausta varten. 4 konekirjoitusarkkia = noin 1 sivu.

**Pääotsikot ja alaotsikot** erotetaan toisistaan selkeästi.

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

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

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

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

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

misessa raekoon mukaan moreenissa ja kivilajimurskeissa olivat raudan voimakas rikastuminen moreenin 2000–500  $\mu\text{m}$ :n lajitteeseen ja nikkelin ja kobolttin rikastuminen moreenin alle 2  $\mu\text{m}$ :n lajitteeseen.

Alkuperäisiä malmimineraaleja ei missään moreenin lajitteessa ollut runsaasti, sen sijaan koko moreeniainekseille oli leimaa-antavaa limoniitin runsaus. Runsaimmin limoniittia sisälsi 2000–500  $\mu\text{m}$ :n lajite ja tämä oli ainoa lajite, josta löydettiin malmipuhkeamasta peräisin olevaa mangaanirikasta sinkkivälkettä ja kobolttirikasta pentlandiittia.

Tutkimustulokset osoittivat tähän asti vähän käytetyn 2000–500  $\mu\text{m}$ :n lajitteen olevan suositeltava lajite etenkin kohteellisessa malminetsintävaiheessa.

Filosofian kandidaatit:

**Harle, Sade:** "Metamiktiset gadoliniitit ja Nb-Ta-Ti-oksidit".

**Kohonen, Jarmo:** "Jatulumuodostumien paleosedimentologia Heräjärven alueella Pohjois-Karjalassa".

**Nurmela, Pirkko:** "Seinäjoen Pajuluoman alueen pegmatiteista".

**Siivonen, Markku:** "Oriveden Kutemajärven scriisitiliuske-esiintymä".

**Tarvainen, Timo:** Kuusamon Kouervaaran Co-Au-esiintymän malmiarvio".

**Tumanto, Martti:** "Virtasalmen Harjärven alueen rakenteellinen ja metamorfinen kehityshistoria".

## OULUN YLIOPISTO

Geofysiikan laitos

Filosofian lisensiaatti:

**Pelkonen, Raimo Juhani:** "On numerical Turam and AMT modeling for ore prospecting".

Tutkimuksessa analysoidaan Skandinavian malminetsinnässä tyyppisiä kaksikulotteisia johteita ja niiden käyttäytymistä äärettömän pitkän viivälähteen vaihtovirtakentässä sekä tasoaaltomaisessa vaihtovirtakentässä. Tarkasteltavat geofysiikan menetelmät ovat vastaavasti Turam ja audiomagnetotelluriikka (AMT). Kaksikulotteisten mallien anomaliat on laskettu numeerisesti elementtimenetelmää käyttäen.

Turam-osassa on tutkittu johteen reunavirtojen vaikutusta Turam-anomaliakäyriin. Tietokoneohjelmisto salli käyttäjän valita johteessa ja sivukivessä kulkevien virtojen osuudet. Reunavirtojen vaikutus näkyy anomaliakäyrässä, kun johteessa kulkevan virran osuutta vähennetään. Tuloksia on sovellettu myös maastomittausten tulkintaan. Kun lähetinkaapelin toinen pää maadoitettiin johteeseen, reunavirtoja ei ollut ja mittauskäyrä tulkittiin tavallisella kaksikulotteisella mallilla. Käytettäessä periaatteessa äärettömän pitkää lähetinkaapelia reunavirtojen vaikutus oli ratkaisevaa ja mittauskäyrät tulkittiin mallilla, jossa johteessa kulkevan virran osuutta vähennettiin.

AMT-osassa on laskettu erilaisten kaksikulotteisten mallien AMT-anomaliakäyriä ja selvitetty, mitä virheitä syntyy tulkittaessa nämä käyrät yksikulotteista ns. kerrosmallia käyttäen. AMT-tulosten tulkinnaassa on malminetsintätyössä usein tyydyttävä kerrosmalliin ja sen takia on tärkeää ymmärtää, mitä virheitä kerrosmallitulkinta aiheuttaa erilaisten kaksikulotteisten rakenteiden tapauksessa. Tutkimustuloksia on sovellettu myös käytännön mittausproblemaan Kolarin Hannukaisen malmioiden ympäristöstä. Ristiriitaiseksi osoittautuneet aikaisemmat tulokset on osoitettu etupäässä mallin ulotteisuudesta johtuviksi tulkintavirheiksi.

## TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

Materiaalitieteen ja vuoriteknikan laitos

Tekniikan tohtorit:

Syyskuun 26 päivänä 1987 tarkastettiin julkisesti DI **Seppo Kivivuoren** väitöskirja "Designing extrusion and forging dies taking into account the limitations due to metal flow and formability".

Vastaväittäjinä toimivat TKT Lasse Salonen, Puolustusvoimien Tutkimuskeskus, sekä apul.prof. Erkki Ihalainen, TKK. Kustoksena oli emeritus professori Martti Sulonen.

Väitöskirjassa on selvitetty massiivisten kylmä- ja kuumamuovausmenetelmien asettamia vaatimuksia työkalun suunnittelulle. Onnistuneen suunnittelutyön perustana on tietous materiaalin muovattavuudesta ja muovausmenetelmien asettamista rajoituksista.

Työssä on osoitettu, ettei murtokouroman arvo riittävän tarkasti kuvaa materiaalin kylmämuovausominaisuuksia. Tästä syystä on kylmämuovattavuuden mitaksi ehdotettu tyssäskokeen tilastollista kriittisen reduktion arvoa.

Tämän on kuitenkin todettu riippuvan suuresta määrin muovausprosessin kitkaolosuhteista ja tyssättävän näytteen geometriasta. Sen sijaan näytteen pinnalta ympyräverkkomenetelmällä suoritettava venymäanalyysi johtaa yksiselitteisen rajavenymäpiirroksen syntyyn. Lisäksi sen avulla voidaan visioplastista menetelmää soveltaen selvittää kokeissa havaittujen murtumatyyppien syntyä.

Metallien kuumamuokkauksen tutkimista vaikeuttavat korkeat lämpötilat, suuret muokkausvoimat, korkeat työkalukustannukset sekä työkalujen ja aihion muuntamisen vaikeus.

Työssä on tutkittu muotittamion esiaihiointi- ja pursotustyökalujen suunnittelun suoritusta mallimateriaalitekniikan keinoin. Mallimateriaalitekniikka soveltuikin erikoisen hyvin juuri työkalujen suunnittelun apuvälineeksi. Sen avulla voidaan tuoteajatus kehittää helposti ja halvalla tuotannon aloittamiskelpoiseksi sekä suorittaa määrätietoista prosessi- ja tuotekehitystyötä.

25. päivänä syyskuuta 1987 tarkastettiin virallisesti DI **Jyrki Molarin** väitöskirja "Structure and properties of titanium nitride and zirconium nitride thin films prepared by reactive ion plating". Vastaväittäjinä toimivat dos. Jan-Eric Sundgren, Universitetet i Linköping ja tekn. tri Heikki Sundquist, Oy Lohja Ab. Mikroelektronikka. Kustoksena oli vt. prof. Antti Korhonen.

Työssä tutkittiin reaktiivisella triodi-ionipinnoitusmenetelmällä valmistettuja nitridiohukkalvoja ja niiden ominaisuuksia. Erityisenä tutkimuskohteena olivat titaaniitridi- ja zirkoniumnitridikalvot. Työ koostuu kuudesta julkaisusta sekä suppeasta johdanto- ja yhteenveto-osasta. Titaaniitridipinnoitteiden osalta tutkittiin mm. Ti/N-suhteen sekä prosessiparametrien, kuten bias-jännitteen ja substraatin lämpötilan vaikutusta. Ti/N-suhteesta riippuen löydettiin pinnoitteissa kolmea eri faasia: alfa-Ti, epsilon-Ti<sub>2</sub>N ja delta-TiN<sub>x</sub>. Prosessiparametreilla havaittiin olevan suuri vaikutus kalvojen rakenteen tasaisuuteen ja ominaisuuksiin, joita testattiin mm. lastuavassa työstössä. Zirkoniumnitridikalvoissa löydettiin ylistökiometrisillä koostumuksilla uusi Zr<sub>3</sub>N<sub>2</sub>-faasi. Tämän faasin olemassaolo voitiin varmistaa röntgendiffraktio- ja Auger-mittauksin. Lastuamiskokeissa tutkituista pinnoitteista parhaaksi osoittautuivat ZrN-pinnoitteet ja (Ti, Al) N-pinnoitteet olivat TiN-pinnoitteita parempia, mutta erot eivät yleisesti olleet suuret.

Huhtikuun 24 päivänä 1987 tarkastettiin julkisesti TkL **Klaus Rahnin** väitöskirja "On the relations between cyclic contraction ratio, flowstress and deformation mechanisms in bainitic Cr-Mo-V-steels".

Vastaväittäjinä toimivat PhD William J. Plumbridge, University of Bristol, sekä tutkimusprofessori, TKT Alpo Ranta-Maunus, VTT. Kustoksena oli em. professori Martti Sulonen.

Väitöskirjassa tarkastellaan höyryvoimalaitosten raskaissa turbiniissa ja paineastioissa 1970- ja 1980-luvuilla käyttöönotettujen kuumalujien C-Mo-V-taeterästen väsymismekanismeja. Tekijä on havainnut mitatun suppeumakertoimen (Poisson-luku) epätavanomaista käyttäytymistä tietyissä väsytysolosuhteissa, mm. 0.3CrMo0.25V-teräksellä 550°C käyttölämpötilassa. Tähän liittyy voimakas myötölujuuden lasku ja relaxoitumistaipumuksen lisääntyminen kun venymä ylittää neutseellistä myötölujuutta vastaavan kimmovenymän. Tämä vastaa esim. suht. voimakasta lämpöjännitystä. Pehmenemistä tarkastellaan jännitysaktivoituna toipumisprosessina, joka on voimakkaasti kumuloituva. Venymän vaikutus selitetään mikrorakenteen ja venymämekanismien riippuvuussuhteilla ja rationalisoidaan yksinkertaisella dislokaatioaktiiviteettimallilla.

Työ pohjautuu mm. Yhdysvaltain energiaministeriön rahoittamaan projektiin, jota tekijä oli aloittamassa University of Pennsylvaniassa vv. 1980–1981.

Kesäkuun 4. päivänä 1987 tarkastettiin TkL **Tapio Ruotoistenmäen** väitöskirja "Estimation of depth to potential field sources using the Fourier amplitude spectrum". Vastaväittäjinä olivat Ph.D. Jaswanth Singh Rathore Norjasta ja apulaisprofessori Markku Peltoniemi. Kustoksena toimi professori Heikki Niini.

Potentialikenttien (gravimetrisen ja magneettisen) mittausaineiston amplitudispektriä voidaan käyttää anomaliälähteiden syvyydestul-

kintaan. Ennen tulkintaa spektri pitää korjata taajuudesta riippuvalla tekijällä. Lisäksi spektri täytyy esittää sirontakuvion muodossa. Profiilimuotoiselle mittaussaineistolle täytyy suorittaa ennen tulkintaa päätykorjaus yksinkertaisella eksponentiaalifunktiolla. Analysoimalla kaksisuuntaisen mittaussaineiston spektrin matalataajuisten reunan ja spektrin sisäosien (alipektrin) kulmakertoimia voidaan saada estimaatteja myös monikerroksisen lähdejoukon syvyyksistä. Menetelmä on testattu analysoimalla laskennallisten mallien ja maasto- ja lentodatojen spektrejä. Menetelmän on havaittu antavan tyydyttäviä tuloksia mittaussaineistolla, joissa alucon koko on vaihdellut välillä  $(10 \times 10) \text{ km}^2$  —  $(240 \times 280) \text{ km}^2$  tulkittujen syvyyksien vaihdellessa välillä n. 1 km—55 km.

Kesäkuun 16. päivänä 1987 tarkastettiin DI **Kim R. W. Wallin**in väitöskirja "A quantitative statistical model for cleavage fracture initiation in carbide strengthened steels". Vastaväittäjänä oli Dr. A. R. Rosenfield, USA ja kustoksena toimi vt. professori Antti Korhonen.

Väitöskirjassa esitetään lohkomurtuman ydintymisen mekanismin perustuva tilastollinen murtumismalli. Mallissa oletetaan että lohkomurtuma ydintyy kun särön kärjen edessä olevassa plastisoituneessa tilavuudessa saavutetaan jännityksen ja karbidikoon kriittinen yhdistelmä. Jännitysjakauma särön kärjessä vaihtelee suuresti eri etäisyyksillä särön kärjestä. Siksi todennäköisyys löytää jännityksestä riippuvan kriittisen koon ylittävä murtuva karbidi kontrolloi makroskooppista murtumissitkeyttä.

Paitsi että mallin oikeellisuus verifioidaan, esitetään myös useita mallin sovellutuskohteita. Malli sisältää eräitä yksinkertaistuksia, koska joidenkin lähtötietojen numeerisia arvoja ei tällä hetkellä luotettavasti tunneta. Siitä huolimatta mallin osoitetaan kykenevän kuvaamaan kvantitatiivisesti makroskooppisia lohkomurtumisparametreja makroskooppisten ja metallurgisten lähtötietojen pohjalta.

Malli korreloi makroskooppisen haurasmurtumissitkeysparametrin ( $K_{IC}$ ), makroskooppisten muuttujien ja materiaalin lujuus- ja muokauslujittumisominaisuuksien kanssa. Mallilla voidaan edelleen teoreettisesti selvittää erilaisten metallurgisten parametrien vaikutus murtumissitkeyteen sekä ennustaa haurasmurtumissitkeyden hajonta, sekä lämpötilan ja sauvakoon vaikutus sitkeyteen. Mallia voidaan soveltaa kuvaamaan lohkomurtumistaipumusta missä tahansa säröllisessä tai ehjässä konstruktiossa tai koesauvassa kun tarpeelliset lähtötiedot tunnetaan.

#### Tekniikan lisensiaattit:

**Havola, Pekka:** "Hiiliterästen jäähdytysrakenteet sekä 0,2% hiiltä sisältävien terästen jatkuvaluhalkeamat".

Lisensiaattityössä tutkittiin hiiliterästen jäähdytystä jatkuvavalussa sekä jatkuvaluhalkeamien syntymekanismeja. Työn ensimmäisen osan rakennhävaintojen perusteella todettiin, että matalahiilisen teräksen jäähdytysdeltaferritidendriittien morfologia on sauvamainen kun taas runsahiilisten austeniittidendriittien morfologia on levymainen. Hiilipitoisuudella ei havaittu olevan vaikutusta mangaanin mikro-suotautumaan. Sen sijaan teräksen hiilipitoisuudella oli selvä vaikutus teräksessä esiintyvään sulfidityyppiin.

Työn toisessa osassa voitiin osoittaa, että kuumahalkeamaherkkyys noin 0,2% hiiltä sisältävissä teräksissä on yhteydessä tasapainosta poikkeavaan peritektiseen reaktioon. Alumiiniitiivitettyihin 0,2% hiiltä sisältäviin teräksiin syntyy sitkeyden kannalta epäedullinen eutektinen sulfidityyppi. Teräksen seostetulla boorilla ei voitu osoittaa olevan vaikutusta kuumahaurauteen ja halkeamistaipumukseen.

**Julin, Yrjö:** "Valurautojen ympäys".

Työn tarkoituksena oli sekä termodynaamisten että kineettisten laskennallisten tarkastelujen avulla selvittää valurautojen ympäyksessä syntyvien kiteytymisalustoina toimivien keraamisten sulkeumien syntymistä ja stabiilisuutta sulassa raudassa.

Termodynaamisessa osassa kehitetään laskentamenetelmät korkeahiilisten rautasulien sulkeumien stabiilisuuksien vertailemiseksi 1400° C:ssa.

Kineettisessä osassa osoitetaan ydintymisteorioiden avulla, kuinka raudan pintaenergian pienentäminen parantaa ympäysstehoa ja pidentää sen vaikutusaikaa. Suositus ympäysaineiden kehittämiseksi annetaan tämän teorian pohjalta.

Parhaaksi ympäysaineeksi tuotantomittakaavan kokeissa osoittautui seuraava: 65% Si, 0,5–2% Ca, 5–6% Zr, 1,7% Al ja 7% Mn. Se sisältää myös nitridien muodostajia, joiden osoitettiin termodynaamisessa osassa voivan olla valurautoissa stabiileja. SEM-tutkimuksissa eutektisten sulujen keskustoissa todettiin esiintyvän sekä MnS- ja TiN-tyymiä sekä Al-pitoisia alkuytimiä sulfidien keskustoissa. Nitridi-tyymiä ei ole aiemmin kirjallisuudessa havaittu.

**Lempiäinen, Risto:** "Teräksen jäähdytys ja mikro-suotautuminen".

Työn teoreettisessa osassa tuodaan esille jäähdytystä ja alkuaikien jakaantumista hallitsevat perusilmiöt ja ilmiöiden väliset suhteet tarkastelemalla jäähdytystä ensin makroskooppisella ja mikro-suotautumisella tasolla ja myöhemmin mikro-suotautumisen termodynaamiikkaa ja kinetiikkaa.

Kokeellisessa osassa selvitetään rakennetun suuntaisen jäähdytyslaitteen periaatteet, laaditaan matemaattinen malli kuvaamaan näytesauvassa esiintyvää lämpötilaa sekä suoritetaan tarkempi tutkimus erästä suuntaisesti jäähdytystä näytesauvasta.

Teräksen, C=0,20%, Si=0,30% ja Mn=1,1%, todettiin jäähdytysdeltaferritillä johtavana faasina ja dendriittien kärkien alijäähtymiseksi arvioitiin 1–2 °C. Peritektisen reaktion alkamislämpötilaksi saatiin 1483 °C. Efektiveisen jakaantumiskertoimen suuruudeksi Si:lle ja Mn:lle määritettiin 0,84 ja 0,91. Dendriittien välissä esiintyi pallomaisia mangaanisulfidijonoja, joiden pääteltiin muodostuneen näytteen sammumisen aikana. Dendriittien "nurkkapisteissä" esiintyvät sulkeumat tulkittiin jäähdytymisen aikana syntyneiksi.

**Louhenkilpi, Seppo Juhani:** "Sekundäärijäähdytyksen matemaattinen mallittaminen ja säätö teräksen jatkuvaluvalussa".

Työn yhteydessä on kehitetty yhteistyönä Jyväskylän Yliopiston Matematiikan laitoksen kanssa kaksi sekundäärijäähdytyksen suunnitteluun ja tutkimukseen tarkoitettua mallia (aihion lämpötilamalli ja optimointimalli) sekä sekundäärijäähdytyksen dynaaminen säätömalli.

Mitään yksiselitteistä jäähdytysohjetta sekundäärijäähdytykselle ei voida antaa. Periaatteessa voidaan puhua ns. kovasta ja pehmeästä jäähdytyksestä. Molemmista on tiettyjä etuja ja haittoja. Kova jäähdytys edellyttää käytännössä suhteellisen matalia valunopeuksia ja valukoneen hyvää hallintaa ja kuntoa.

Aihion lämpötilamallilla voidaan laskea lämpötiloja kuoren eri kohdissa valuparametrien ja jäähdytyksen funktiona. Lämpötiloista saadaan edelleen mm. sulakartion pituus ja kuoren paksumuoto. Tulokset ovat hyvinkin tarkkoja, mikäli reunaehdot on tarkasti määritetty. Mallia on sovellettu teollisuuteen.

Optimointimallilla voidaan määrittää vakio-olosuhteissa sellainen jäähdytysmalli, että asetetut jäähdytyskriteerit toteutuvat.

Sekundäärijäähdytyksen säätömalli ohjaa vesijäähdytystä ylälämmön, kokiililämmönsiirron ja valunopeuden funktiona. Malli perustuu lämpötilamallilla laskettuihin taulukoihin.

**Ollila, Seija:** "The investigation of raw iron desulphurization, steel desulphurization and steel dephosphorization".

Työn kirjallisuusosassa tarkastellaan rikinpoiston termodynaamiikkaa, kinetiikkaa ja mekanismeja sekä fosforinpoistotasapainoja erilaisten kalkkipohjaisten kuonien ja teräksen välillä. Kokeellisessa osassa on tutkittu rikinpoistoa hiilikylläisissä rautasulissa sekä rikin- ja fosforinpoistoa puhtaasta raudasta. Kokeissa käytettiin CaO-kylläisiä CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO<sub>n</sub>-kuonia, josta osaan lisättiin BaO:ia ja/tai MgO:ia. Alimmat saavutetut S-pitoisuudet metallissa olivat alle 0,001 %. Matallimmat fosforipitoisuudetkin olivat samaa suuruusluokkaa, kun lähtöpitoisuus oli 0,56% P ja käytettiin hyvin suuria kuonamääriä suhteessa metalliin.

**Ritamäki, Olaus:** "Masuuni - voimalaitos - happitehdas-prosessiketjun energiaoptimointi".

Työn tarkoituksena oli tutkia mahdollisuutta rakentaa energiataloudellinen optimointimalli kompleksille prosessiketjulle: Masuuni — voimalaitos — happitehdas.

Työn teoriaosassa kuvataan ne pääasialliset matemaattiset menetelmät, jotka tulevat kysymykseen ratkaistaessa prosessiin tuotavan energian minimointia.

Työn suoritusosassa kuvataan pääpiirteissään diskreetti prosessimalli ja sen osamallit. Tämän jälkeen esitellään toisistaan riippuvista muuttujista muodostettu kohdefunktio, johon prosessimallin antamat energiamuuttujat yhdessä energiaparametrien kanssa sijoitetaan. Lopuksi esitetään teoriaosasta valittu yksi numeerinen minimin etsintämenetelmä, ja miten sitä on sovellettu ko. prosessimalliin.

Työn tuloksena esitetään toimivan energian optimointimallin antamat tulokset ja verrataan niitä masuunin käyttötietoihin. Tehdyt tarkastelut osoittavat mallin vastaavan hyvin sille asetettuihin vaatimuksiin.

#### Diplomi-insinöörit:

**Hackman, Heikki Rainer:** "Tetraedriitin käyttäytyminen simuloiduissa suspensiosulatusolosuhteissa".



**Karhi, Tiina Maria:** "Impedanssimenetelmän käyttö maalikalvojen tutkimisessa".

**Kilpi, Esa Jorma Sakari:** "Tutkimus kalkopyriitin suspensiosulatusten reaktiokinetiikasta".

**Kokkola, Kari:** "Tutkimus alumiinin muokkauslujittumisesta tilamuuttujien avulla lämpötiloissa 90–295 °K".

**Moustgard, Hans-Aage:** "En analys av zinkmarknaden och zinkmetallens prisutveckling sedan 1950".

**Osenius, Seija Marita:** "Titaanitridipinnoitteen vaikutus puun-työstöterien kulumiskestävyteen".

**Packalen, Jaakko:** "Tutkimus erään martensiittisen ruostumattoman teräksen mikrorakenteesta ja kulumiskestävydestä".

**Palander, Marko Olavi:** "Tulenkestävien materiaalien aiheuttama reoksidatio teräksessä: kinetiikka".

**Pihko, Antti Esko Yrjänä:** "Teknisten muutosten vaikutus kaivoksen talouteen".

**Pitkänen, Temmo Mikael:** "Ti-W-ohutkalvon koostumuksen ja rakenteen vaikutus kantonauhatekniikalla valmistetun Al/Ti-W/Au-liitosrakenteen luotettavuuteen".

**Rossi, Markku:** "Monikomponenttimittaus ja tulosten levymallitulkinta pystyn magneettisen dipolilähteen järjestelmässä".

**Räsänen, Mikko:** "Maanalaisen kaivoksen työkonoiden sähköistämisen".

**Talvitie, Mikko:** "Neomagneettien valmistus".

**Viikari, Matti:** "Maasto-olosuhteisiin soveltuva geofysikaalinen tulokäsittelyjärjestelmä".

**Wilén, Eero:** "Kyanitiitin rikastaminen pneumaattisella tärypöydällä ja hytkyttimellä".

## TURUN YLIOPISTO

### Geologian laitos

#### Filosofian lisensiaatti:

**Sipilä, Pekka:** "Haltitunturin alueen magmakivet".

Enontekiön Haltitunturin seudun magmakivet ovat ohuena, vaakasenoisena, alloktonisena laattana Suomen ja Norjan rajan molemmin puolin. Alue kuuluu Kaledonidien vuorijonovyöhykkeeseen. Tektonostratigrafisesti magmakivet sijoittuvat Finnmarkin ja Skandin orogeeniafaasin nappien rajalle, ilmeisesti Scandian faasiin kuuluvan Vaddas-napin alaosaan.

Haltimassiivin kivet muodostavat kumulatiivisen duniittitroctoliitti-oliiviinigabrosarjan. Massiivi on poimuttunut kaledonidiorogeenian varhaisessa vaiheessa. Kerrosrakenteet ovat itäosissa pystyt ja länsiosissa ne kaatuvat loivasti itään. Massiivin keski- ja länsiosat ovat voimakkaasti amfiboluituneet ennen nappiliikuntoja. Mineralogian kemiallisen koostumuksen ja rakenteiden perusteella Haltimassiivi on ofioliitti. Se on kappale prekaledonidisen Iapetus-valtameren pohjan kumulaattikerrosta, sen pohjaosaa.

Välittömästi Haltin itäpuolella on Riddnitsohkan emäksinen juoniparivalue. Juonien suunta noudattaa Haltimassiivin itäreunaa, ja ne kaatuvat kaikkialla jyrkästi massiiviin päin. Lähellä kontaktia liuskevälikerroksia on vähän, tai ne puuttuvat kokonaan. Kauempana kontaktista liuskeiden osuus on suurempi. Riddnitsohkan juonet ovat geokemialtaan, tektonostratigrafiselta asemaltaan ja kivilajiympäristöltään niiden Kaledonidien juonikompleksien kaltaisia, jotka on tullut intrudoituneeksi Iapetus-valtameren syntyessä avautuneisiin repeämiin.

#### Filosofian kandidaatit:

**Grönholm, Sari:** "Pihtiputaan Ritovuoren suprakrustiset kivet ja niiden turmaliniutuminen".

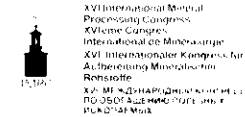
**Koivula, Sakari:** "Pyhäjärven (Ol.) alueen mafiset, intermediääriset ja felsiset juonikivet".

**Mäkelä, Merja:** "Raahen Laivakankaan kvartsi-arscenikiiskultaeesiintymä".

**Peltonen, Petri:** "Peurasuvannon vulkaaninen konglomeraatti Keski-Lapin liuskealucella".

## XVI International Mineral Processing Congress

Stockholm, Sweden, June 5–10, 1988



Lisätietoja antavat:

Prof. Kari Heiskanen

TKK, Mineraalitekniikan laboratorio

puh. 90-4342989

telex: 125161 tkk sf

tai

Stockholm Convention Bureau

Box 1617, S-11186 Stockholm

Sweden

puh: + 46 8 23 09 90

telex: 11556 congress

## KIRJAUUTUUS

**Toimi Lukkarinen:** Mineraalitekniikka osa II, Mineraalien rikastus.

Kirjan ensimmäinen osa, Mineraalien hienonnus, on julkaistu jo aikaisemmin. Molempia voi tilata kustantajalta, Insinööri-tieto Oy:stä.



VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN

*toivottaa kaikille  
lukijoilleen ja  
ilmoittajilleen  
Rauhallista Joulua  
ja*

*Hyvää Uutta Vuotta*

VUORITEOLLISUUS  
BERGSHANTERINGEN

*tillönskar alla sina  
läsare och  
annonsörer  
En Fridfull Jul  
och*

*Ett Gott Nytt År*



# 13th World Mining Congress and Exhibition

Professori Raimo Matikainen, TKK, Louhintatekniikan laboratorio, Otaniemi

Kongressi ja siihen liittyvä kaivoskonenäyttely järjestettiin Tukholmassa 31.5. – 5.6.1987.

Tilaisuutta markkinoitiin yhteispohjoismaisena, sillä isäntämaan lisäksi järjestelyihin osallistuivat monin tavoin myös Suomi ja Norja.

Päävastuun kongressista kantoivat tietysti ruotsalaiset, mutta suomalaisten ja norjalaisten panos oli merkittävä erityisesti näyttelyssä ja ekskursioiden järjestelyissä.

## OSANOTTAJIA 63 MAASTA

Kokonaisuutena kongressi onnistui kaikin puolin hyvin. Tukholman erinomainen messukeskus mahdollisti esitelmien pidon ja näyttelyn samoissa tiloissa.

Osanottajien määrä 1120 kpl vain jäi selvästi suunnitellusta pienemmäksi runsaasta mainostuksesta huolimatta. Pohjoismaisten edustajien lisäksi eniten vieraita oli Länsi-Saksasta ja Englannista. Kaikenkaikkiaan kongressiin osallistui edustajia 63 maasta ja näyttelyssä oli näytteillepanijoita 48 maasta.

Kongressi sattui ilmeisesti erittäin epäedulliseen aikaan kun ajatellaan kaivosten taloudellista tulosta. Metallien ja hiilen hinnat olivat alkuvuodesta todella alhaiset. Merkillepantavaa oli moniin edellisiin kongresseihin verrattuna ilmeisesti maantieteellisistä syistä johtuva hiiliteollisuuden vähäinen edustus kongressissa ja näyttelyssä.

Kaivosteollisuudessa ilmennyt epä tietoisuus tulevaisuudesta oli havaittavissa myös koko kongressin ilmapiirissä.

## KAIVOSKONENÄYTTELY

Näyttelyn kiistatta näyttävin ja laajin yhtenäinen osasto oli Finnminersin Suomi-halli. Käytännöllisesti katsoen kaikki suomalaiset kaivosalan yhtiöt olivat sijoittuneet tähän halliin, joka oli sisustettu yhtenäisesti ja keskellä näyttelytilaa oli yhteen informaatiokeskus.

Suomi ja Finnminers keräsi pisteet kotiin vieraasta maaperästä huolimatta huipputuotteilla, näyttelytilan hyvällä suunnittelulla, Suomi-illalla ja Urho jääsärkijällä järjestetyllä vastaanotolla.

Taloudellisesti näyttely onnistui itse kongressia paremmin.

## ESITELMÄT JA KONGRESSIN ANTI

Esitelmää oli melko paljon so. yli 100 kpl. Yleisteema oli kongressiohjelman mukaisesti "Improvement of Mine Productivity and Overall Economy by Modern Technology".

Tämä jakaantui seitsemään osaan, jotka käsittelevät hyvin monipuolisesti kovan kiven ja hiiliteollisuuden ajankohtaisia kysymyksiä — uusinta tekniikkaa, tietokonesovelluksia ja taloudellisia ratkaisumalleja:

1. Effective use of geological and geomechanical information.
2. Computers in mine planning and operations.
3. Capital requirements, organization and productivity in mechanized mining.
4. Developments in shaft sinking including alternative haulage systems.

THIRD CIRCULAR INVITATION



## 13th World Mining Congress and Exhibition

31.5 5.6 1987 STOCKHOLM SWEDEN

5. Mechanized scaling and rock support.
6. Mining in arctic conditions (permafrost) including applications of artificial freezing.
7. Modelling of mine structures and the control of mine-induced stresses.

Lisäksi järjestettiin ruotsalaisten toivomuksesta hieman yllättäen erityisistunto, joka käsittelee kehitysmaiden kaivosteollisuuden ajankohtaisia ongelmia.

Kaikki suomalaisten seitsemän esitelmää olivat hyviä, käsittelevät uusinta tekniikkaa ja herättivät runsaasti keskustelua. Samaa ei voida sanoa läheskään kaikista muista, sillä esitelmien taso oli hyvin epätasainen, vaikka organisaatiokomitea yritti jo varhaisessa vaiheessa seuloa ehdotukset todella huolella.

Yhteenvetona luennoista ja niitä seuranneesta keskustelusta voi tehdä ainakin seuraavat huomiot:

- geologista ja teknistä esitutkimustietoa kerätään ja arvostetaan, mutta tietojen hyödyntämisessä tuotantoon ja suunnitteluun ollaan vielä alkuvaiheessa.
- tietokoneavusteiset laskentamallit ja menetelmät ovat normaalia käyttötavaraa niin hyvin suunnittelussa kuin taloudellisessa päätöksenteossa. Toistaiseksi valtaosa esitetyistä menetelmistä oli räätälintyönä tehtyjä ja jollekin määrätulle kohteelle.
- kaivosautomaatio ja sähköistys ovat ajankohtaisia monella taholla. Suomalaisilla on tässä kehitystyössä etupään paikka katsotaanpa sitten suunnittelua, kiven irroitusta kuin kiven käsittelyä ja kuljetusta. Kilpailu on kovaa.
- louhinta kylmillä alueilla oli erityisen mielenkiinnon kohteena. Kanadalaisten esittämät sovellutukset olivat todella mielenkiintoisia.

## EKSKURSIOT, KIIRUNA JA HUIPPUVUORET SUOSITUMMAT KOHTEET

Alhainen osanottajamäärä verotti ilmeisesti myös ekskursiohalukkuutta. Odotetusti Huippuvuorille oli runsaasti pyrkijöi-

tä ja Kiiruna tunnettiin jo vanhastaan hyvin. Muut ekskursion kävivät huonosti kaupaksi. Suomeen järjestettiin suunnitellun neljän sijasta vain yksi matka, johon osallistui 21 kongressivierasta.

## YLEISVAIKUTELMA

13. World Mining kongressi, näyttely ja järjestelyt onnistuivat pohjoismaisella rutiinilla hyvin. Tavoitteensa mukaisesti pohjoismaainen teollisuus ja korkeatasoinen kaivostekniikka sai runsaasti huomiota ja toivottavasti aikanaan myös tilauksia. Suomalaiset olivat hyvin näkyvillä.

Näyttää kuitenkin siltä, että tällaisten suurimuotoisten yleisten kaivoskongressien ja näyttelyiden kohdalla on ylitarjontaa. Pienimuotoisemmat ja helpommin järjestettävät erikoiskongressit saavat jatkossa suuremman suosion. Kongressin paikka ja markkinatilanne vaikuttaa luonnollisesti suuresti suosioon.

## 14. WORLD MINING CONGRESS KIINASSA (PEKING) TOUKOKUUSSA 1990

Kongressin pääteemaksi on valittu "Mining for future — trends and expectations".

Se jakaantuu seuraaviin aihepiireihin:

1. Ways of developing mining industry in different countries.
2. New technologies and equipment trends.
3. Management in mining operations and round table discussions.
  1. Effect and prospects of computer applications in mining industry.
  2. Mineral economics and market prediction.

Esitelmäyhennelmien tulee olla organisaatiokomitealla elokuussa 1988. Suomesta voidaan saada tällä kertaa mukaan korkeintaan 2-3 esitelmää.

Prof. Raimo Matikainen pyytää yhtiöitä ja esitelmästä kiinnostuneita huomioimaan tämän melko kireän aikataulun. Tarkemmat ohjeet tullaan toimittamaan yhtiöille keväällä.

## TKK:n Vuoriteollisuusosaston perustamisesta 40 vuotta

Ensimmäisen vuosikurssin opintojaan v. 1947 aloittaneet vuorimiehet muistelivat menneitä 25.9.1987 Helsingissä.

Teknilliseen korkeakouluun perustettiin Vuoriteollisuusosasto syksyllä 1947. Ennen sitä vuoriteollisuuden ammattilaisia opiskeltiin kemian osastoon kuuluvalla vuoriteollisuuden opintosuunnalla. Vuoriteollisuusosaston ensimmäisenä osastonjohtajana toimi professori Risto Hukki.

Kaikki ensimmäisellä vuosikurssilla aloittaneet ja aikanaan osastolta valmistuneet **ensimmäiset täysveriset vuorimiehet** osallistuivat 25.9.1987 yhteiseen kokoukseensa. Ryhmälle on tähän mennessä kertynyt yhteensä oma ammattialansa työvuosia 298 eli keskimäärin 33.1 v./henk. ja henkilökohtaisesti viimeiset 40 vuotta ovat kuluneet näiltä ensimmäisiltä "aidoilta" vuorimiehiltä seuraavasti:

**Nils Arppe**, valmistunut v. 1954 Vm, Oy Partek Ab käyttöinsinööri 55–66, Kolari tuotantopäällikkö 66–72, Oy Partek Ab Muijala paikallisjohtaja 72–86, eläkkeelle v. 1987. Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1955.

**Håkan Hakulin**, valmistunut v. 1954 Vm, Wärtsilä Ab Pietarsaari 54–56, Ovako Ab 56–60, Koverhar Ab 60–67, Outokumpu Oy Tekn. suunn. 67–80, Outokumpu Oy Consulting Engineers pääkonsultti 80- edelleen, Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1955.

**Jyrjö Häyrynen**, valmistunut v. 1953 Vm, Kaapelitehdas Oy 53, TKK valimotekn.ass. 54, Valmet Oy Lentokonetehdas 54–56, Airam Oy Lasitehdas 56–57, Machinery Oy 57–62, Lahden Lasitehdas Oy, lasijalostuksen käyttöpäällikkö 62–83, eläkkeelle v. 1983, Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1962.

**Heikki Konkola**, valmistunut v. 1952 Vk, Outokumpu Oy kaivosins. 54–63, Suom.Työnant. Yl Ryhmä os.pääll. 63–67, Outokumpu Oy pääkontt.joht. 67–76, Suomen Työnantajain Keskl. liitto, hall.joht. 76 - edelleen, Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1955.

**Pekka Lähteenoja**, valmistunut v. 1952 Vk, Outokumpu Oy, Outokumpu kaivos 53–64, Kotalahden kaivos 64–67, Pääkontt. 67–80, Outokumpu Sucursal del Peru v. 80–83, Pääkontt. Ulkomaiset kaivosprojektit 83–84, eläkkeelle v. 1984, Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1954.

**Antti Palomäki**, valmistunut v. 1952 Vk, Oulujoki Oy tutk. ins. 52–55, Outokumpu Oy kairausins. 55–58, Oy Grönbloom Ab apul. os. pääll. 58–60, Oy Tampella Ab os. ap. joht. 60–63, os.joht. 64–66, Paraisten Kalkki Suomen Mineraali Kateaineyks. tekn.joht., yli-ins. ja joht. 66–79, Oy Partek Ab henk.hall.os.pääll. 1979–85, yhtymäkontt. Riskienhall. pääll. 85 - edelleen, Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1952.

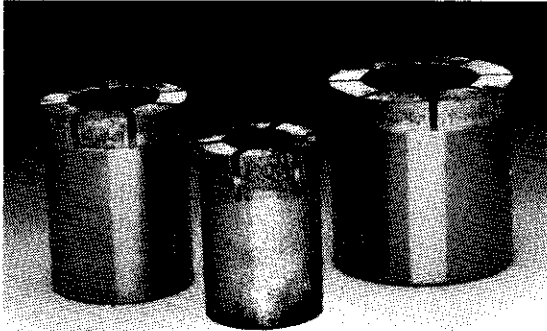
**Matti Saari**, valmistunut v. 1952 Vk, Suomen Mineraali Oy Paakkila tutk. ins. 52, Outokumpu Oy Outokumpu käyttöins. 52–54, Vihanti käyttöins. 54–64, Kokkola, tutk. ja suunn. ins. ja os.pääll. 64–70, Outokumpu Oy Pori, Metallurginen tutkimusl. vanhempi tutkija 70–84, tutk.joht. 84 - edelleen, Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1953.

**Kyösti Torsti**, valmistunut v. 1953 Vm, ekon. -63 HKKK, TKK valimotekn.ass. 55, Raahe Oy valimoins. 55–58, Oy Julius Tallberg Ab myynti-ins. 60–70, Oy Julius Tallberg Ab Koneosasto johtaja 70–84, eläkkeelle v. 1984, Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1955.

**Osmo Vartiainen**, valmistunut v. 1952 Vk, Vm-53, TkL-72, VTT Vuoritekn. lab. tutkimusins. 51–54, Rhodesian Selection Trust Limited North. Rhodesia, Senior metallurgist 54–57, Outokumpu Oy, Pori, tutk. ja suunn.ins. 57–60, Outokumpu Oy Kokkola os.pääll. 60–69, neuv.ins. 69–73, Ovako Oy Imatran Terästehtaan teht.joht. 73–78, Ekono Oy Vuorit. toimialan joht. 1978–85, OV-Eng (Osmo Vartiainen-Engineering Co) toim.joht. 1985–edelleen, Vuorimiesyhdistyksen jäsen v. 1952.

Osmo Vartiainen

## LEVANTO TIMANTTIKAIRAUSTERÄT



Suomalaisia timanttiteriä suomalaisiin kiviin jo vuodesta 1937.

Valmistus ja myynti:



**LEVANTO OY**

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

## KEMIITI -käyttöpaikalla valmistuva nestemäinen räjähdysaine

Kemiitti on suurehkoihin louhintakohteisiin soveltuva, valmistukseltaan ja käytöltään turvallinen louhintaräjähdyksine. Lopullisesti se muodostuu räjähdysaineksi vasta poranreiässä. Jatkuvatoiminen sekoittaa/pumpata -menetelmä mahdollistaa räjähdysaineseoksen muunneltavuuden räjäytyskohteen vaatimalla tavalla.



**KEMIRA OY**  
VIHTAVUOREN TEHTAAT

## Louhintaräjähdyksineet Sytytysvälineet Tarkkuuslouhintaan Massalouhintaan



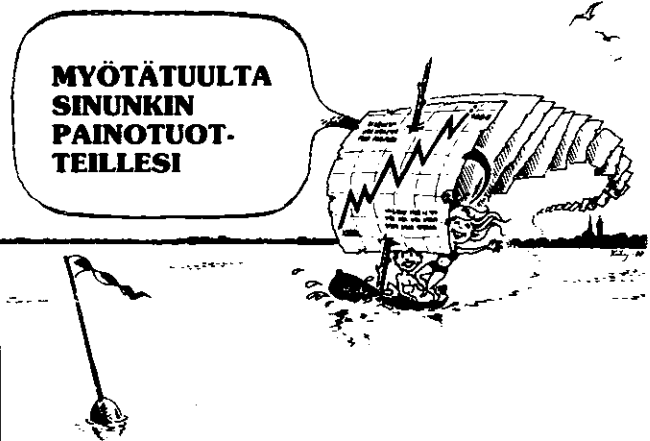
Modernia louhintatekniikkaa  
tarvekilouhimolla.

**OY FORCIT AB**

PL 23. 10901 HANKO  
Puh. 911-86 581



MYÖTÄTUULTA  
SINUNKIN  
PAINOTUOT-  
TEILLES!

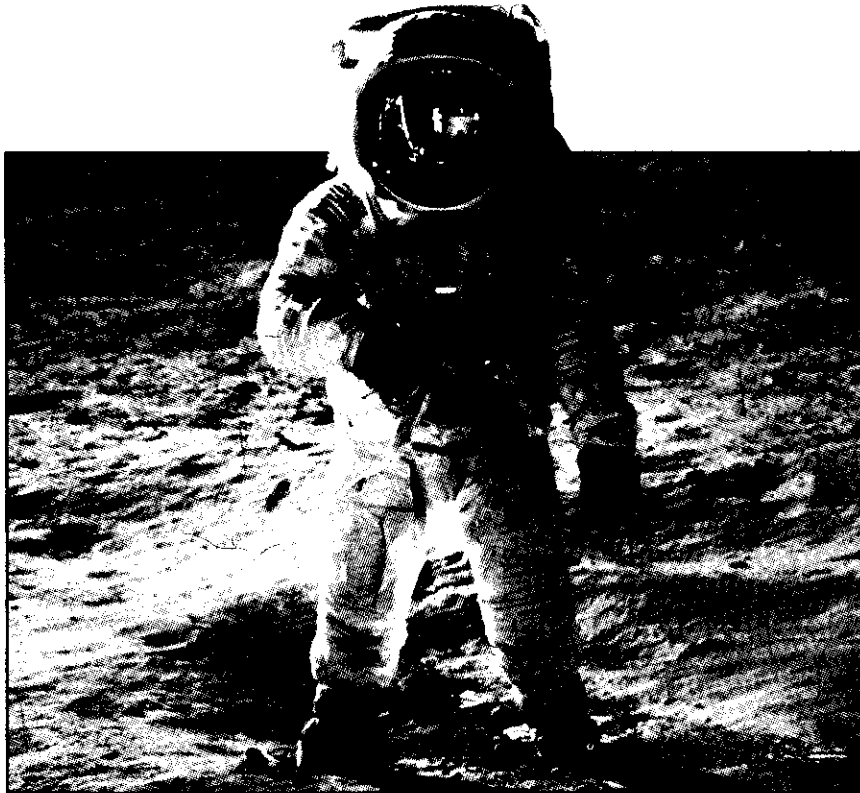


**HANGON KIRJAPAINO OY**

Vuorikatu 15-17, 10900 Hanko  
Puh. 911-84 531







## Tiedämme, mitä on olla ensimmäisenä!

Kymmenen vuotta sitten toimme markkinoille ensimmäiset auto-maattiset painesuodattimet sulfidirikasteiden vedenpoistoon. Tiesimme, että olimme kehittäneet suodatustekniikkaa mullistavan ratkaisun.

Tiesimme myös, kuinka paljon työtä ja ennakkoluottomuutta meiltä oli vaadittu. Ensimmäisenä olemisen riskit ja vastuu olivat meidän.

### **Me teimme siitä käytännön**

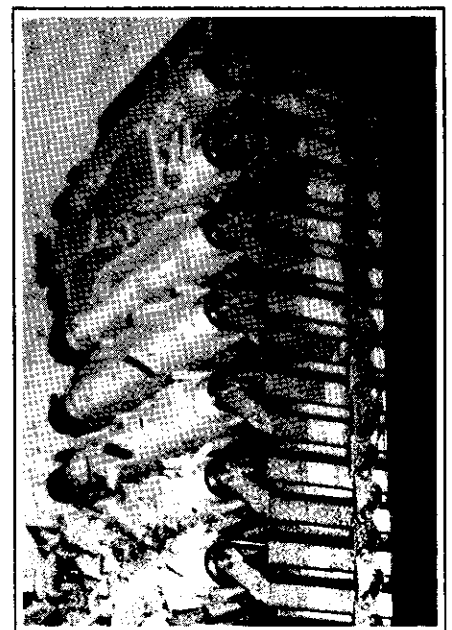
Painesuodatus on meille jo varmaa, kokeiltua käytäntöä. Tänä päivänä jatkuvatoimiset Larox-painesuodattimet PF ja CF hyödyttävät teollisuutta kaikkialla maailmassa. Niiden avulla saa-

daan kuivin mahdollinen suodatinkakku ja kirkas suodos. Jokainen suodatusvaihe on täysin automatisoitu. Tämä merkitsee energia- ja jatkokäsittelykustannusten huomattavaa säästöä.

### **Sorry, Armstrong!**

Laroxin tuotekehitystyö ei ole irrallisia tähdenlentoja, vaan jatkuvaa panostusta. Mitä seuraavaksi ja milloin, siihen emme voi vielä vastata – mutta sen lupaamme, että kaivosteollisuus hyötty jokaisesta uudesta askeleestamme. Siinä olemme astronautteja edellä.

**Pyydä painesuodattimien esittely tai suoraan koesuodatus!**



**LAROX**  
—classification—concentration—  
—filtration—

PL 29, 53101 Lappeenranta  
Puh. (953) 5881, telex 58233, telefax (953) 588 277

# TERÄKSESSÄ ON TULEVAISUUS.

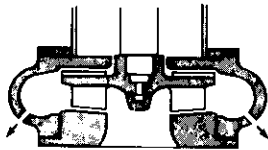
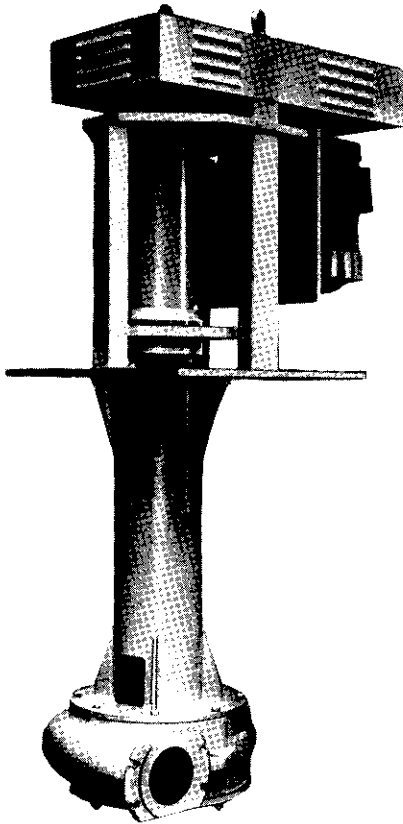
Uutta teknologiaa,  
uusia käyttöalueita:  
Rautaruukki on lujasti mukana  
kaikessa siinä mitä  
teräsmaailmassa tapahtuu  
ja millaiseksi se kehittyy  
huomenna.



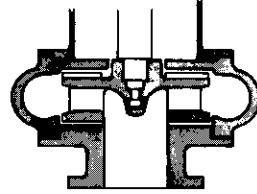
**RAUTARUUKKI OY**

# SALA-LIETTEPUMPPU

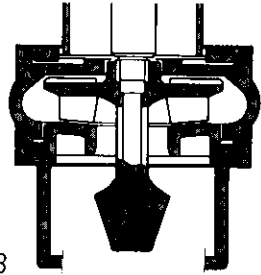
KUOPPAPUMPPU MALLI VASA S<sub>21</sub>



MALLI 1



MALLI 2



MALLI 3

SALA-KUOPPAPUMPUT ON SUUNNITELTU PUMPPAAMAAN KULUTTAVIA LIETTEITÄ. KONSTRUKTIO ON TUKEVA JA HUOLTOTARVE VÄHÄINEN.

#### HELPPO ASENTAA

Pumput asennetaan joko kiinteästi kiinnityslevystä tai riippumaan toimituksen mukana olevasta nostosilmukasta. Laakerointi on normaalisti kiinnityslevyn yläpuolella ja täten kokonaan suojassa pumpattavasta lietteestä. Pumpusta on saatavana myös pidennetty versio, jossa laakerointi on kiinnityslevyn alapuolella. Sala valmistaa myös täysin upotettavia lietepumppuja.

#### EI TIIVISTEPOKSIA

Salan kuoppapumpuissa ei ole tiivistepoksia, akselitiivistettä eikä vedenalaista laakerointia. Konstruktion ansiosta huoltotarve on vähäinen eikä tiivistevettä tarvita.

#### LAAKEROINTI

Tukeva laakerointiyksikkö on varustettu rasvavoideltavilla vierintälaakereilla. Laakerit on mitoitettu yli 60.000 käyttötunnille. Laakerointiyksikkö voidaan säätää akselin suuntaan pumpunpesän ja pyörän välisen välyksen säätöön.

#### KULUTUSOSAT

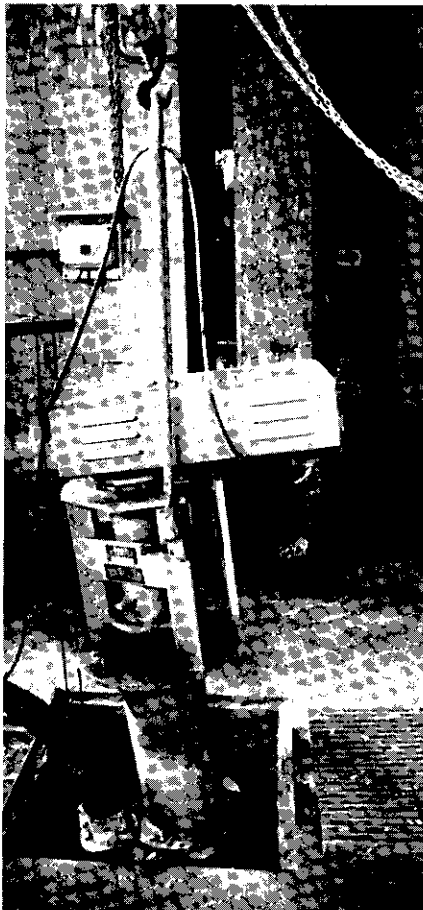
Vakiona kulutusosat ovat joko ni-hard metallista tai kumioidut. Erikoistilauksesta saa myös muista materiaaleista valmistettuja kulutusosia.

#### SALA-KUOPPAPUMPPUJA TEHDÄÄN KOLMEA ERI MALLIA

Malli 1 Puoliavoin juoksupyörä. Pumpunpesässä on sprayreikiä (malli S), joiden kautta osa pumpattavasta nesteestä palautuu hämmentäen imualueetta. Ilma poistuu myös sprayreikien kautta.

Malli 2 Suljettu juoksupyörä. Pumpunpesässä on imupuolella laippa, joka mahdollistaa imuputken asentamisen.

Malli 3 Puoliavoin juoksupyörä. Pumpun jatkettuun akseliin on asennettu sekoitin (malli A). Tämä malli soveltuu erityisesti, mikäli lietteessä on karkeata nopeasti laskeutuvaa kiintoainetta.



# TALLBERG

PROSESSITEKNIikka

PL 27, (KARAPELLONTIE 11), 02611 ESPOO, PUH. (90) 594 011