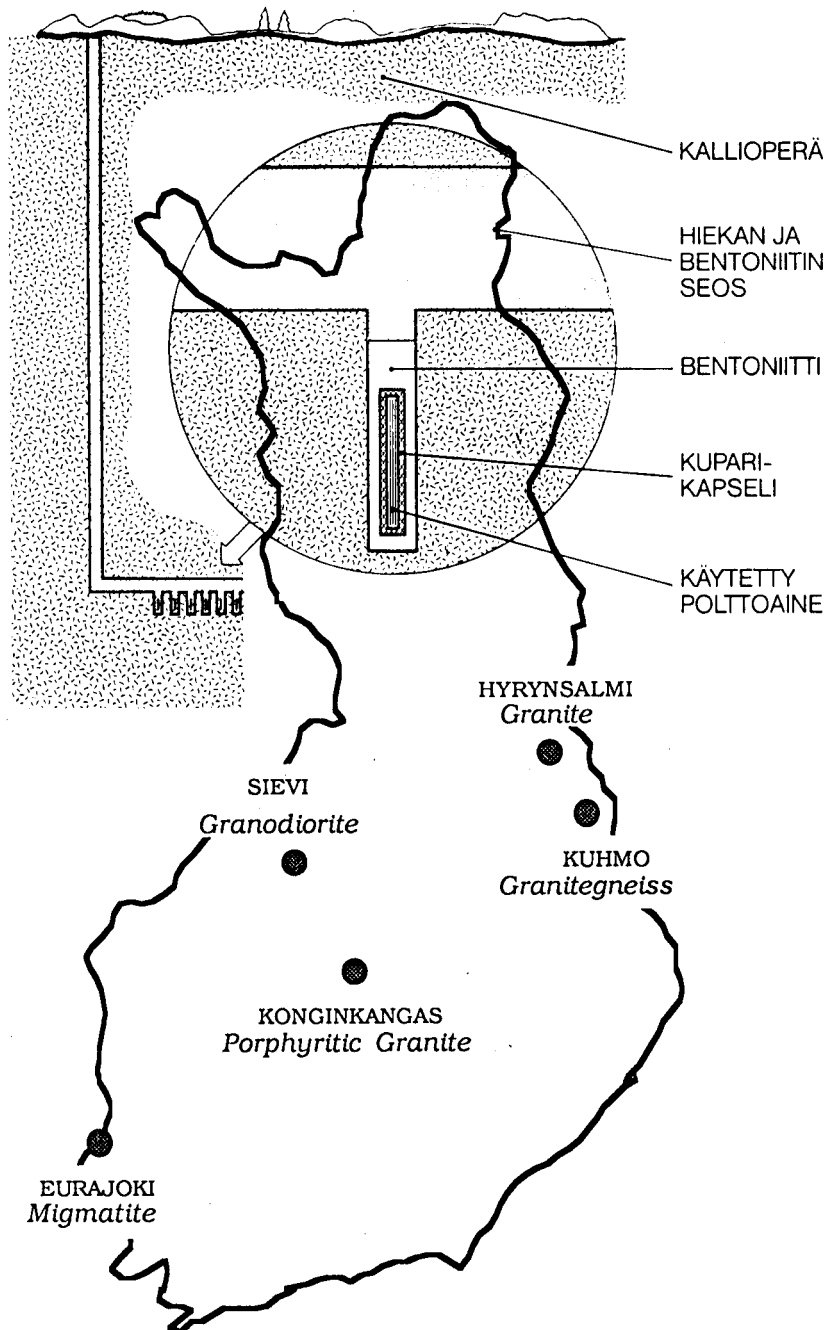


VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 1 1988
46. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.



YDINJÄTTEIDEN SJOITUSMAHDOLLISUUKSIA



SINKKIÄ KAIKKIALLE MAAILMASSA

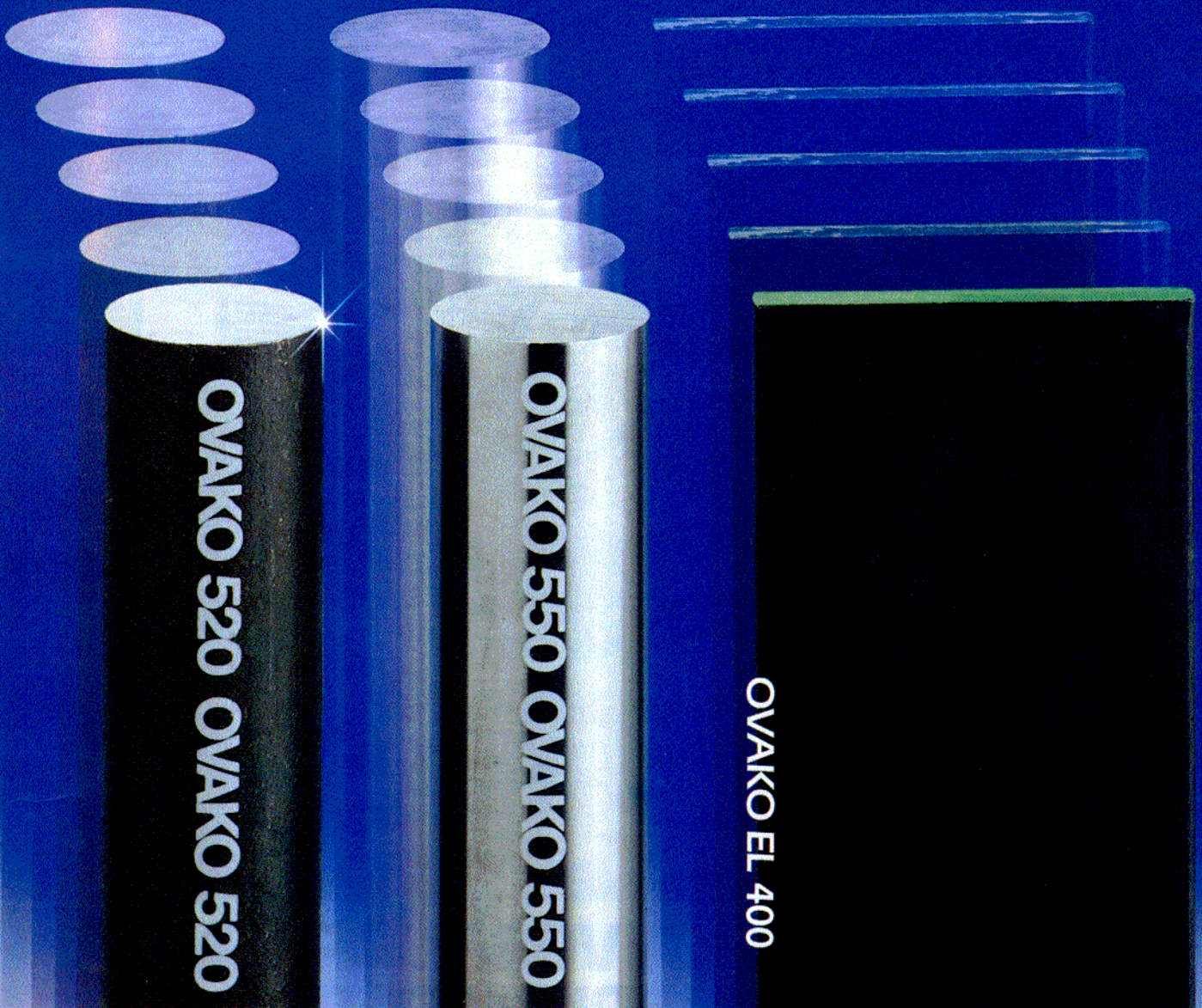
**OUTOKUMMUN METALLURGINEN TEOLLISUUS
TARJOAA ASIAKKAALLE:**

- luotettavat toimitukset
Outokumpu omistaa Euroopan suurimman sinkki-
kaivoksen – Taran kaivoksen Navanissa, Irlannissa
- luotettavan laadun
Täysin automatisoitu sinkin valmistusprosessimme
takaa hyvän laadun
- hyvän palvelun

 **outokumpu**
METALLURGINEN TEOLLISUUS

PL 87, 02201 ESPOO, puh. (90) 4211, tlx 126004 omt sf, telefax (90) 452 2273

RAKENNETERÄSTEN NYKYREALISMIA!



NÄILLÄ TERÄKSILLÄ KATAT KONEPAJASI RAKENNETERÄSTARPEET.

MUSTA PYÖRÖTANKO OVAKO 520.

- Myötölujuus min. 350 N/mm² koko mitta-alueella
- Vähintään C-luokan iskutkeys KV min. 27 J 0°C:ssa
- M-käsitelty teräs
- Fe 52 C:hen verrattuna lastuamisnopeutta voidaan nostaa n. 30%, vaihtoehtoisesti terien kestoikä kasvaa jopa nelinkertaiseksi lastuamisnopeutta nostamatta
- Merkattu tuote
- Mitta-alue Ø 12–220 mm
- TTK:n hyväksyntä paineastiakäyttöön
- Korvaa vanhat teräkset: Fe 37 B, Fe 50, Fe 52 C

KIRKAS PYÖRÖTANKO OVAKO 550.

- Myötölujuus mig. 500 N/mm² Ø 5–55 mm, min. 350 N/mm² Ø 60–120 mm
- M-käsitelty teräs
- Merkattu tuote
- Toleranssi vedettynä h9, sorvattuna h10
- Mitta-alue: Ø 5–120 mm
- Korvaa vanhat teräkset: Fe 37 K, Fe 50 K, Fe 52 K

LUJA LATTATANKO OVAKO EL 400.

- Myötölujuus min. 410 N/mm²
- D-luokan iskutkeys KV min. 27 J –20°C:ssa
- Kylmäsrämmättävä
- Hyvä hitsattavuus
- Mitta-alue: 5–40 mm paksuus, 20–300 mm leveys
- Korvaa vanhat teräkset: Fe 37 B, Fe 50 C, Fe 52 D, EL 450

Ovako Steelin rakenneteräkset kehitettiin vastaamaan tämän päivän ja huomisen vaatimuksia automatisoituvissa konepajoissa. Nyt voit korvata kolmella teräksellä lähes täysin konepajasi rakenneterästarpeen.

ENEMMÄN TERÄKSESTÄ **OVAKO STEEL**

Ovako Steelin tuotteet Suomessa myy
OVAKO TERÄSMARKKINOINTI Oy

Valtuutetut jälleenmyyjät:

KESKOMETALLI, KONTINO, STARCKJOHANN-TELKO

LUOTETTAVA TYÖPARI AVOLOUHOKSIIN JA MAANALAIISIIN KAIVOKSIIN

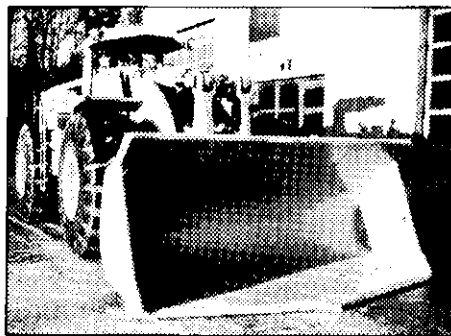


CATERPILLAR KAIVOSKUORMAAJA & KAIVOSDUMPPERI

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)



Kuormaaaja

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

Lokomo panostaa laatuun



Lokomon murskaintehdas on viime vuosina investoinut kymmeniä miljoonia markkoja tuotantoon ja tuotekehitykseen. Se on alansa nykyaikaisin tuotantolaitos maailmassa.

Lokomo-murskaimet edustavat alansa huippua ja tarjoavat monipuoliset vaihtoehdot kaikkeen kovan kiven murskaamiseen.

Yhtenä harvoista murskainvalmistajista Lokomolla on hallinnassaan koko valmistusprosessi raaka-aineista lopputuotteisiin.

Lokomon oman terästehtaan ainutlaatuinen tyhjökonverteritekniikka tuottaa raaka-ainetta, jonka lujuus, sitkeys ja hitsattavuus ovat omaa luokkaansa. Yhdistyneinä valukappaleelle ominaiseen pitkään väsymisikään ne antavat rakenteiden suunnittelijoille aivan uusia mahdollisuuksia.

Lokomon Vaculok-erikoisteräksistä valmistettavat murskaimet vastaavat kaikilta osiltaan korkeimpia vaatimuksia.



RAUMA-REPOLA

Lokomon murskaintehdas

PL 306, 33101 TAMPERE
Puh. (931) 501111
Telefax (931) 501511

Lokomon terästehtas

PL 306, 33101 TAMPERE
Puh. (931) 501111
Telefax (931) 501234

TERÄKSEN MERKKI



Rautaruukki on yksi Euroopan uudenaikaisimmista teräksentuottajista. Jatkuvan tutkimuksen ja tuotekehittelyn ansiosta Rautaruukki pystyy valmistamaan ja jatkojalostamaan terästä yhä vaativimpiin ja monipuolisimpiin tarkoituksiin.

Rautaruukin merkki on vaativan teräksenkäyttäjän merkki.



RAUTARUUKKI OY

Keskuskonttori
Kiilakiventie 1, 90250 OULU
Puh. (981) 327 711
Telefax (981) 327 506
Telex 32109 steel sf

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, Kokkola 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***

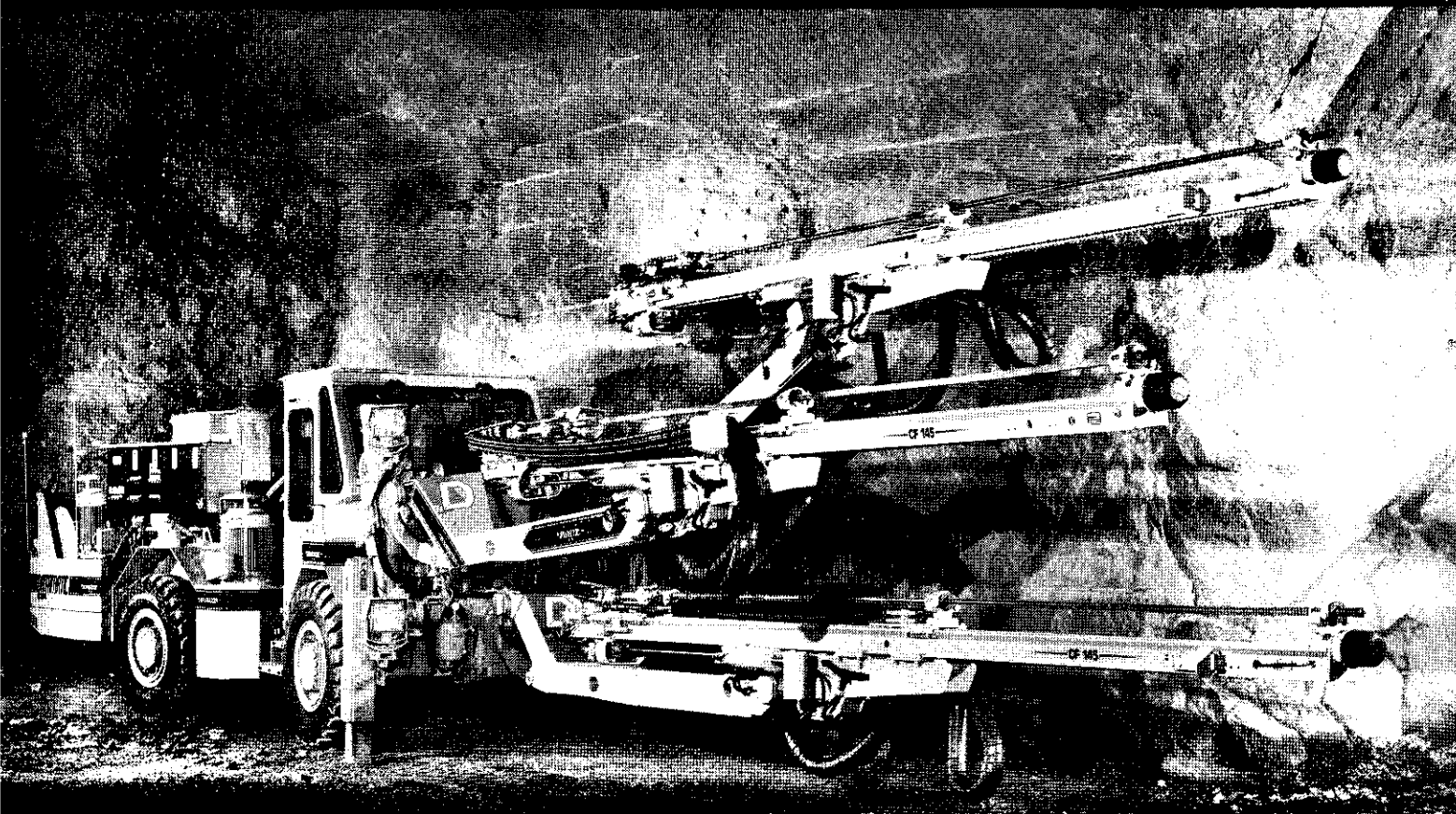
LIEBHERR

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 Trellfix 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.

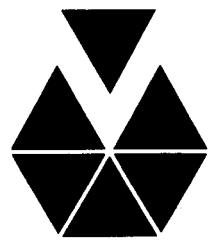
It's virtually as good as gold.

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 1 1988
46. 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
Materiaali- ja kalliotekniikan laitos
02150 Espoo

Toimittaja — Editor:

Dos. Heikki Laapas 90-434 21
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja kalliotekniikan laitos
02150 Espoo

Toimitussihteeri ja ilmoituspäällikkö —
Managing Editor and Advertising Sales
Director:

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

Toimitusneuvosto — Editorial Board:

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

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

Yli-ins. Rolf Söderström 921-742 111
Oy Partek Ab
21600 Parainen

FM Marjatta Virkkunen 90-4693 387
Geologian tutkimuskeskus
02150 Espoo

DI Olli Korhonen 90-4 211
Outokumpu Oy, Engineering
PL 86
002201 Espoo

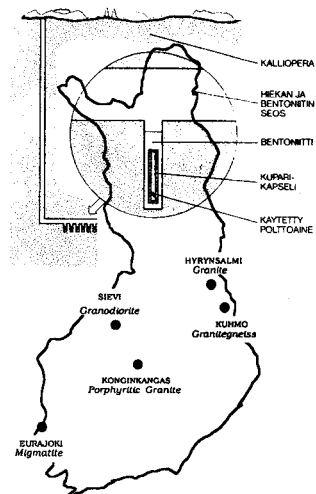
Ilmoitushinnat vuodelle 1988

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,-
Irttonumero = 45,- \diamond ulkomaille = 55,-

SISÄLTÖ ■ INNEHÅLL

Markku Mannerkoski: Vuoriteollisuuteen liittyvä tutkimus- ja kehitystyö	9
Pentti Kettunen: Korkeakoulujen ja talouselämän välinen yhteistyö ja tulevaisuuden näkymät	12
M. H. Tikkanen: Korkeakoulun ja teollisuuden välinen yhteistyö ja sen tulevaisuuden näkymät	17
Pasi Eilu, Heikki Papunen, Jouni Reino: Pyhäsalmen malmin kullasta	20
Paavo Vuorela: Ydinjätteiden loppusijoitukseen liittyvät geologiset tutkimukset	25
Eero Laatio, Pekka Lovén, Seppo Lähteenmäki: Tara Mines Ltd., Irlanti	28
Andrzej Zablocki: Small scale mining in Chile	36
Tuomo Tiainen: Mekaaninen seostus — amorfisten metallien uusi valmistusmenetelmä	39
Veikko Lindroos, Risto O. Toivanen: Suprajohteet — Kehitys nopeutuu	42
Matti Hiltunen: Rikinpoisto AHLSTRÖM PYROFLOW-kattiloissa	48
Timo Talonen, Valentin Tinnis: SULFRED-menetelmä savukaasujen rikin poistamiseksi	51
Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y. Acta Metallurgica, Inc.:in yhdistysjäseneksi	55
J. Herbert Hollomon Award	55
In Memoriam	56
Suomen Malmigeologia — Metalliset malmiesiintymät	57
Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y. Hallituksen toimintakertomus vuodelta 1987	58
Jaostojen ja tutkimusvaltuuskunnan toimintakertomukset vuodelta 1987	59
Uusia jäseniä — Nya medlemmar	62
Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmar	62
Suoritettuja tutkintoja — Avlagda examina	64
VASARA — 50 vuotta geologiaa	66
Kalliotekniikan laboratorion koetunneli	67
Eero Mäkinen — ansiomitalin jako 25.3.1988	68
Röntgenanalytiikan yhteistyötä Rautaruukin ja Outokummun välillä	68
Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1987	70



Kansikuva: Ydinjätteiden mahdollisia loppusijoituspaikkakuntia.

Cover: Possible final disposals for spent nuclear fuel.

VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS
25.3.1988

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

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

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

DI Ismo Suominen 923-27161
Ovako Steel Oy Ab
PL 16
32201 LOIMAA

TkT Erkki Räsänen 982-301
Rautaruukki Oy
Raahen rautatehdas
PL 93
92101 RAAHE

Yli-ins. Rolf Söderström 921-742 111
Oy Partek Ab
21600 PARAINEN

Johtaja Jan Owren 912-4511
Oy Lohja Ab
08700 VIRKKALA

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

DI Asko Ojanen 939-358111
Outokumpu Oy
Harjavallan tehtaas
29200 HARJAVALTA

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

Prof. Jouko Talvitie 90-46931
Geologian tutkimuskeskus
02150 ESPOO

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

II DI Martti Järvenpää 90-4565584
Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT
Metallurgian laboratorio
02150 ESPOO

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

Geologijasto
DI Pekka Mikkola, pj. 90-460633
Suomen Malmi Oy
Otakaari 11
02150 ESPOO

LuK Marjatta Parkkinen, siht. 90-4031
Outokumpu Oy
PL 280
00101 HELSINKI

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

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

Metallurgijasto
DI Matti Ketolainen, pj. 982-301
Rautaruukki Oy
Raahen rautatehdas
PL 93
92101 RAAHE

Ins. Eero Parviainen, siht. 982-301
Rautaruukki Oy
Raahen rautatehdas
PL 93
92101 RAAHE

Rikastus- ja prosessiteknikan 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
Johtaja Tom Bröckl, pj. 921-742111
Oy Partek Ab
21600 PARAINEN

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

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

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

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien
sihteeri:
FM Ole Lindholm 981-302296
Teknillinen korkeakoulu
Materiaali- ja kallioteknikan laitos
Louhintateknikan laboratorio
Vuorimiehentie 2
02150 ESPOO

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

DI Kalle Vaajoensuu sköter om Bergmannaför-
eningens medlemsregister. Om er adress, arbets-
uppgifter eller tjänst har ändrats, anhåller vi om
ändringsanmälan, helst skriftligt, till "Nytt om
medlemmarna" spalten.

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

Vuoriteollisuuteen liittyvä tutkimus- ja kehitystyö

Pääjohtaja Markku Mannerkoski, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo

Esitelmä Vuorimiespäivillä 25.3.1988

Suomessa eletään parhaillaan tutkimusmyönteistä aikaa. Tämä johtuu pääosin siitä, että meidän kuten muidenkin teollistuneiden maiden talouspolitiikassa on hyvin oivallettu aineettomien investointien yhä kasvava merkitys. Samalla kun uusien tuotteiden ja tuotantomenetelmien kehittämisen tärkeys on vuosien varrella korostunut, siltä vaadittava tieteellisyys on olennaisesti lisääntynyt. Niinpä tiede-, teknologia- ja talouspolitiikka ovat nyt meilläkin läheisessä keskinäisessä yhteydessä ja vuorovaikutuksessa, mikä on hyvä saavutus.

Tilastoidun tutkimustyön henkilötyövuosina mitattu volyyymi on Suomessa kasvanut 1970-luvun alusta lähtien yhteensä noin 150 %:lla. Ns. sofistikaation eli kalliimman välineistön tarpeen ja käyttömahdollisuuksien vuoksi tutkimukseen kaikkiaan käytettävät varat ovat lisääntyneet vielä tätä vauhtia nopeammin eli reaaliarvoltaan yli kolminkertaisiksi. Me kuulummekin nyt pienten OECD-maiden kärkiryhmään, kun vertaillaan tutkimus- ja kehitystyön BKT-osuuksia ja niiden kasvuvauhteja. Ero suurempiin maihin on tarkoitus kuroa umpeen vuosituhannen loppuun mentäessä, ns. big science -sijoituksia lukuun ottamatta. Voi myös todeta, että maamme tiede- ja teknologiapolitiikkaa luova hallintojärjestelmä on nyt nykyaikainen ja pätevissä käsissä. Jos jatkamme niin kuin pääministerin johtaman valtion tiede- ja teknologianeuvoston tuoreiden suositusten mukaan on tarkoitus, eli T&K:n BKT-osuuteen 2,7 % vuonna 2000, olemme saamassa sekä teollisuutemme että yleensä yhteiskuntamme kehittämislle vähitellen vankan pohjan, mitä tutkimustyöhön ja sen edellytyksiin tulee. Tästä on tullut osaksemme myös kansainvälistä kiitosta OECD:n arviointiraporteissa, joskin niihin tulee tietyn vieraskoreuden vuoksi suhtautua jossain määrin pidättyvästi.

Tutkimusmyönteisen ilmapiirin säilyttämiseksi on jatkuvasti työskenneltävä. Tässäkin pätee hyvin vanha sanonta, jonka mukaan hedelmistään puu tunnetaan. Myös tutkimus- ja kehitystyöhön tehdyille sijoituksille on tietysti saatava riittävä taloudellinen tuotto niiltä osin kuin sijoituksia sillä perustellaan. Lisäksi on pidettävä huoli siitä, että teknologiaa kehitettäessä kiinnitetään jatkuvasti asianmukainen huomio sen kaikkiin vaikutuksiin, paitsi myönteisiin päävaikutuksiin, myös haitallisiin sivuilmioihin. Myös meidän vuorimiesten tulee karistaa itsestämme sellaisen ajattelutavan mahdolliset rippeetkin, jonka mukaan esimerkiksi ympäristöongelmiin tarttuminen ei olisi oikein miesmäistä insinööriä, kun taas esimerkiksi työvoiman vähentäminen sinänsä sitä olisi. On mitä luonnollisintakin, että vanhentuneiden tuotantoyksiköiden

poistuksessa käytöstä korvausinvestoinnit ja tietenkin uusinvestoinnit tehdään myös muodollisesti ja asiallisesti välttämättömät ympäristökriteerit oma-aloitteisesti huomioon ottaen. Ne kuuluvat nyt kaikilla teollisuudenaloilla itsestään selvänä osana tuote- ja tuotantoteknologiaan. Ei pidä antaa näiden asioiden luisua pois omista käsistä, koska tulos olisi silloin varmaankin lopulta teollisuuden kannalta huonompi. Teknillinen kehitys vaikuttaa myös työvoiman kysyntään. Tuottavuuden jatkuva kohottaminen on kilpailukyvyn kannalta välttämätöntä. Niinpä teollisuutemme välitön työvoiman tarve ehkä vielä supistuu, eivätkä keinotekoiset yrityskohtaiset työllistämismelot ole paikallaan. Yhteistyö julkisen vallan kanssa työllisyysongelmien ratkaisemiseksi sen sijaan on.

Tiede- ja teknologiapolitiikan tärkeä tehtävä on resurssien riittävyyden sekä niiden tarkoituksenmukaisen ja tasapainoisen kohdistumisen varmistaminen. Mitä riittävyyteen tulee, voi todeta että valtion tiedeneuvoston aikanaan hyväksymät, vuoteen 1990 ulottuvat ohjelmat ja tavoitteet ovat toteutuneet kohtalaisen hyvin. Erityisesti yrityssektori on lisännyt panostustaan ja siten myös osuuttaan voimakkaasti tällä vuosikymmenellä. Tehdasteollisuuden T&K-panostus on lisääntynyt reaalisesti 12–13 % vuodessa eli volyymiltaan yli kaksinkertaistunut ja sen suhde tuotannon jalostusarvoon on kohonnut 3,5 %:iin. Valtion puoli on laahannut suunnitellusta vauhdista jäljessä, mistä johtuen julkisen sektorin osuus maan kaikista tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoista on painunut 38 %:n paikkeille. Siitä sen ei tulisi enää laskea. Paitsi korkeakouluihin ja tutkimuslaitoksiin, valtion tulee edelleen lisätä panostustaan myös teollisuuden tutkimus- ja kehitystoimintaan. Onhan julkisen sektorin rahoitusosuus teollisuuden T&K-menoista meillä nyt vain 6–7 %:n paikkeilla, kun se monissa kilpailijamaissamme on tähän verrattuna kaksinkertainen, erityistapauksissa vielä suurempikin.

RESURSSIEN KOHDISTAMISESSA MONIA PERUSTEITA

Resurssien mahdollisimman tarkoituksenmukainen kohdistaminen on tietysti mitä tärkeintä. T&K:n luonteeseen kuuluu, että panostuksesta saavutettava hyöty vaihtelee suuresti kohteittain ja että valinnat ovat vaikeita. Tasapainossa on pysyt-

tävä monin tavoin. Ensinnäkin perustutkimuksen, soveltavan tutkimuksen ja kehitystyön on kunkin saatava osakseen riittävä huomio. On päätettävä, missä määrin resursseja ohjataan tieteen yleiseen edistämiseen ja missä määrin teollisuuden ja muiden yhteiskunnan osa-alueiden välittömään kehittämiseen. Kehitystyön resurssit taas tulee jakaa teknologioittain kaukonäköisesti, sekä tuotteisiin, tuotantomenetelmiin ja yhteiskunnan infrastruktuuriin kohdistuvien hankkeiden kesken sellaisin painotuksin, että yhteiskunnan kokonaisuhyöty pitkällä aikavälillä maksimoituu. Teollisen prosessin jalostusketjun eri osien oikea painotus on tietysti mitä tärkeintä, kuten myös voimavarojen jako sen kysynnän muutokset huomioon ottaen, joka teollisuuden eri toimialojen tuotteisiin maailmanmarkkinoille kohdistuu.

Kaiken tällaisen resurssijaon perusteet tietenkin muuttuvat jatkuvasti. Mikä on tilanne nyt ja miten tässä kaikessa suuntaamisessa ja dynaamisessa tasapainottamisessa voidaan edetä ja onnistua? Mitä johtopäätöksiä olisi nyt tehtävä vuoriteollisuuteen liittyvän tutkimus- ja kehitystyön kohdalla?

Kuten sanottu, niin meillä Suomessa kuin yleensä muissakin OECD-maissa nimenomaan teknillis-tieteelliseen tutkimus- ja kehitystyöhön on panostettu viime aikoina suhteellisen paljon. Prosentuaalisesti kasvu on ollut meillä nopeinta suoraan teollisuuden edistämiseen tarkoitettujen tutkimusmenojen kohdalla. Valtion panos on näiltä osin noussut reaaliarvoltaan lähes kymmenkertaiseksi vuoden 1970 jälkeen, minä kautena puolestaan yleiseen tieteen edistämiseen osoitettavat määrärahat ovat kohonneet kaksinkertaisiksi. Tällaisista eroista on voitu vetää johtopäätös, että asianmukaisesta tasapainosta olisi poikettu. On kuitenkin huomattava, että kysymyksessä olevat teollisuuden edistämiseen tarkoitettut tutkimusvarat ovat olleet muiden rinnalla uusi menoerä ja kun lähökohta on ollut matalalla, prosentuaalisen kasvun on oltavaakin hyvin voimakasta, jotta ylipäänsä voidaan päästä merkittävälle tasolle. Toiseksi on selvää, että kysymyksessä ei ole nollasummapeli. Tutkimusjärjestelmän muut osat eivät voi tietenkään katsoa, että teollisuuden aineettomien investointien tueksi tarkoitettuja ja välttämättä tarvittavat julkiset varat olisivat siirrettävissä niiden hyväksi. Sama koskee vielä selvemmin yrityssektorin omia tutkimusvaroja. Eivät ne ole pois perustutkimukselta. Vastakkainasettelu ei olisi asianmukaista.

Korkeatasoinen perustutkimus tuottaa välttämätöntä tieteellistä tietoa ja asiantuntemusta ja sen yhteydessä tapahtuva tutkijakoulutus on tuloksellista. Teknillinen kehitystyökään ei voi pitkällä tähtäyksellä onnistua ilman sitä. Niinpä on aivan oikein korostaa perustutkimuksemme vahvistamisen tärkeyttä sinänsä, kuten esimerkiksi Suomen Akatemian äskettäin julkistamassa tiedepoliittisessa asiakirjassa tehdään.

Vuoriteollisuutemme voi olla alaan liittyvän perus- ja soveltavan tutkimuksen mahdollisuuksiin varsin tyytyväinen. Ensinnäkin geologista tutkimusta tehdään Geologian tutkimuskeskuksen ohella peräti viidessä korkeakoulussa. Mitä tutkimuksen ja tutkijakoulutuksen mahdollisimman tehokkaaseen järjestämiseen tulee, tässä voisi sanoa olevan muutama liikaakin. Joka tapauksessa voi suositella yhteistyön edelleen tiivistämistä. Kaivos- ja rikastusteknillisen sekä prosessimetallurgian tutkimuksen kohdalla ei hajanaisuus ole samalla tavoin vaivana. Näiden alojen perusvirkoja on Teknillisessä korkeakoulussa ja VTT:lla suhteellisen runsaasti. Valikoivalla panostuksella voitaisiin ehkä lisätä niiden asioiden määrää, joissa korkeakoulujen ja VTT:n laboratoriot ovat näillä aloilla vetäjän roolissa. Erinomaisia esimerkkejä on.

Myös fyysikaalisen ja mekaanisen metallurgian koulutusta ja tutkimusta on meillä lisätty 1960-luvulta lähtien suhteellisen paljon. Osa kapasiteetista on sittemmin suunnattu ns. uusiin materiaaleihin, metallien ulkopuolellekin.

ALAN TUTKIMUSRESURSSIT SUHTEELLISEN HYVÄT

Kaiken kaikkiaan voi sanoa, että vuoriteollisuuteen liittyvän perus- ja soveltavan tutkimuksen kapasiteettiin on viime vuosina kiinnitetty huomiota paremminkin mahdollisena luovuttavana kuin saavana osapuolena siinä keskustelussa, joka tähtää korkeakoulujen ja valtion tutkimuslaitosten resurssien jatkuvaan uudelleenkohdentamiseen. Meillä tämä keskustelu on ollut vielä laimeata, osin harjoittamamme kokonaisvaltaisen suunnittelun johdosta, mutta eräissä maissa se on johtanut hyvinkin merkittäviin resurssiirtoihin. Alan edustajilla oli suunnitelmia ja he olivat tukijoineen kiittävästi liikkeellä kun korkeakoulu- ja tiedepoliittisen korkeasuhdanteen aikana 1960-luvulta 1970-luvun puoliväliin lisättiin voimakkaasti luonnontieteen ja tekniikan opetus- ja tutkimusvirkoja. Vuotuiset lisäykset ovat sittemmin olennaisesti vähentyneet, mutta uusia tarpeita tietenkin ilmenee. Kun korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten tulosvastuu oletettavasti yhä terävöityy, on näissä uusissa olosuhteissa valmistauduttava jatkuvasti osoittamaan nimenomaan saavutetuilla tuloksilla, että resurssit on aihetta pitääkin alan sisällä. Erään keinon tähän tarjoavat riittävän suurin tutkijaryhmin toteutettavat, pitkäjänteiset tutkimusohjelmat ja projektit yhteistyössä teollisuuden ja muiden rahoittajien kanssa. Voimavarat tulisi ilmeisesti saada keskityksi sellaisiin yhä paremmin.

Kun tarkastelee vuoriteollisuutemme liittyvän T&K:n jakautumista teollisen jalostusketjun eri osille, ei voi välttyä vaikutelmalta, että painoa on nyt varsin paljon ketjun alkupäässä. Perusprosessien on oltava ajanmukaisia ja niiden kehittämiseen liittyy myös merkittäviä liiketoimintamahdollisuuksia, mutta varmaankin on syytä lisätä tutkimus- ja kehitystyötä, joka tähtää uuteen liiketoimintaan mahdollisimman pitkälle jalostetuin tuottein niiden pohjalta. Vaikka kaivosyhtiöt ovat jossain määrin rationalisoineet esimerkiksi malminetsintäänsä ja panostuksen kasvu on laantunut, siihen sijoitetaan maassa kaikkiaan n. 110 Mmk vuodessa. Tämä oli viime vuonna suuruusluokaltaan lähes yhtä paljon kuin Teknologian kehittämissäkeskuksen käytettävissä olleet avustusvarat (130 Mmk) kaiken teollisuutemme tutkimus- ja tuotekehitystoimintaan yhteensä. Prosenttiosuutena näköpiirissä olevan kaivostoiminnan tuotannon arvosta tämä on niin paljon, että monikaan high-tech-ala ei vastaavaan taida yltää, jos mikään. Sinänsä käsite "high-tech" on hieman harhaanjohtava. Huipputekniikka on huipputekniikkaa siitä riippumatta, mikä siihen liittyneen T&K:n osuus liikevaihdosta tms. on ollut. Tilanne on metallisten malmien osalta heikko.

Malminetsijöitä ei millään muotoa tule moittia. Heidän tasonsa on maassamme korkea. Puolen vuosisadan aikana meillä on avattu kaikkiaan peräti 34 metallimalmikaivosta ja pisin katkos avausten välillä on vain nelisen vuotta. Uusien esiintymien metallisisältö on kuitenkin toistuvasti ollut pieni. Suureksi luokiteltavia malmeja ei ole löydetty neljännesvuosisataan ja on pelättävissä, että vuosituhannen vaihteessa Suomessa louhitaan ehkä enää vain Pyhäsalmen ja Kemin kaivosten malmeja. Aina 1970-luvun puoliväliin saakka, jolloin hintojen ja kustannusten väliset suhteet alkoivat öljykriisin laukaisemat yllättävät muutoksensa, meillä kyettiin löytämään jatkuvasti enemmän uutta malmia kuin sitä louhittiin ja etsinnän kustannusten voi katsoa tulleen katetuksi. Ei tietenkään ole perusteltua väittää, että kaikki käyttökelpoiset malmit olisivat jo löytyneet eikä myöskään uskoa, että mitään nyt reservissä olevia potentiaalisia malmeja ei voitaisi ottaa käyttöön vastaisuudessaakaan. Yhä kehittyneemmät menetelmät, esimerkiksi geokemiaan perustuva maaperäkartoitus ja syväalmien etsinnän tehostus lisäävät tietenkin onnistumisen mah-

dollisuuksia. Myöskään teollisuusmineraalien tarjoamia mahdollisuuksia ei pidä unohtaa.

Kuitenkin meidän tulee rohjeta kysyä itseltämme muun muassa, onko todennäköistä, että runsaan sadan miljoonan vuotuinen panostaminen malminetsintään antaa tuoton, joka on vertailukelpoinen muihin mahdollisiin T&K-hankkeisiin verrattuna. Mielestäni toiveita ei metallimalmien osalta kannata virittää kovin korkealle. On paikallaan jatkaa kaivosyhtiöittemme asiassa nyt aloittamaa linjaa. Sen mukaanhan osa malminetsintään käytettävistä voimavaroista on päätetty kohdistaa Suomen ulkopuolella tapahtuvaan toimintaan ja myös kokonaan muunlaisiin T&K-hankkeisiin, aloille joilla onnistumisvarmuus on suurempi. Ulkomaiset omat tai osakkuuskäivokset ja rikasteostot ovat välttämättömyys ja niille tulee luoda hyvät edellytykset, myös kauppapolitiikan kannalta.

RESURSSIEN UUELLEENKOHDENTAMINEN VAIKEATA MUTTA VÄLTÄMÄTÖNTÄ

Tutkimus- ja kehitystyön resurssien jatkuva uudelleen kohdistaminen muuttuvien tarpeiden ja mahdollisuuksien mukaan on välttämätöntä. Siihen liittyy tietenkin myös haittoja. Yksi suurimmista on vähälle kasvulle jäävien tai supistuvien alojen tutkijoiden mahdollinen motivaation lasku. Tämä tulee pyrkiä kaikkiin keinoin välttämään. Malminetsijöilläkään ei ole nyt mitään syytä pukeutua säkkiin ja tuhkaan. Takavuosina alalle osoitetusta voimakkaasta erityispanostuksesta ollaan nyt vain luopumassa ja palaamassa normaalina pidettävälle tasolle. Toimintamahdollisuudet ovat säilymässä valtion tuella kansainvälisesti vertaillen edelleen melko hyvinä. Toiveita pitävät yllä seuraavat tekijät, jotka ovat yhä voimassa: Maamme kal-

lioperä on laajoilta alueilta vain ylimalkaisesti tutkittu, mutta geologiset muodostumat ovat samankaltaisia kuin malmirikkailla kilpialueilla Ruotsissa, Kanadassa ja Etelä-Afrikassa. Tunnetaan lukuisia ns. pitkämatkaisia lohkkareita, joiden emäkalliota ei toistaiseksi ole löydetty. Geokemiallisessa ja matala-aerogeofysikaalisessa kartoituksessa on tullut esille jopa tuhansia anomalioita, joita ei ole aikaisemmin tunnettu eikä vielä ehditty tutkia, ja atk:n kehittyminen on tehnyt mahdolliseksi luotettavien malmipotentialikarttojen valmistuksen.

Tutkimus- ja kehitystyön resurssien kohdistamisessa joudutaan vertaamaan keskenään pitkälti yhteismitattomia asioita. Arvostukset vaihtelevat suuresti sen suhteen, mikä on hyödyllistä ja mikä ei. Niilläkin elämänaloilla, joilla markka tarjoaa selvän yksikön paitsi käytetyn panoksen myös saavutetun hyödyn mittaamiseen, eri hankkeiden ja niiden tarjoamien mahdollisuuksien vertailu on hankalaa. Onhan tutkimustyöhön sijoitettaessa kysymys suurten riskien alaisesta investoimisesta ja hankkeiden arvioimisesta paljolti intuition varassa. Tutkimusvarojen mahdollisimman onnistunut suuntaaminen edellyttää joka tapauksessa asiantuntemusta. Asiantuntijoiden kiintymys omaan alansa ja lojaalisuus sitä kohtaan merkitsevät kuitenkin sitä, että eri portaiden päätöksentekijöiden on yleensä helppo saada perusteluja ja kannattajia yhä uusille tutkimuskohteille mutta vaikeampaa saada ketään myöntämään oman alansa toissijaisuus johonkin muuhun nähdessä olosuhteiden selvästi muuttuessaan. Tästä huolimatta tulee pyrkiä tarkastelemaan myös kokonaisuuksia niiden osalueiden asiantuntijoiden voimin ja saamaan siltä pohjalta aikaan tärkeysjärjestyksiä. Voi nimittäin otaksua, että tarkoituksenmukaisimmat ja parhaiten yhteistä etua palvelevat ratkaisut esimerkiksi vuoriteollisuuteen liittyvän tutkimus- ja kehitystyön suuntaamisongelmiin ovat saatavissa alan itsensä sisältä. Tämä puolestaan edellyttää avointa, jatkuvaa keskustelua.

SUMMARY

RESEARCH AND DEVELOPMENT IN THE MINING AND METALLURGICAL INDUSTRY

In the paper, the establishment of priorities on R&D within Finnish mining and metallurgy is discussed.

The atmosphere in Finland is very favourable for technological research, but continuous work is required to maintain it as such. It is important that R&D investments should produce an adequate economic yield and that continuous attention should be paid to all influences of technological develop-

ment upon society.

In addition to a sufficiency of resources, policies regarding science and technology should ensure that the allocation of resources is appropriate and well balanced. A great deal of emphasis is being placed at present on the early parts in the processing chain in R&D within our mining and metallurgical industries, for example.

Korkeakoulujen ja talouselämän välinen yhteistyö ja tulevaisuuden näkymät

Professori Pentti Kettunen, Materiaaliopin laitos, Tampereen teknillinen korkeakoulu

Teknillisten korkeakoulujen toiminnalle on Suomessa ollut tyypillistä läheinen yhteistyö teollisuuden ja yleensä talouselämän kanssa sekä opetuksen että tutkimuksen alueella. Tätä yhteistyötä esiintyy opintojen suuntauksessa, uusien professuurien ja opintoalojen perustamisessa, opinnäytetöiden rahoituksessa, mutta ennen kaikkea ns. palvelututkimuksessa. Tässä mielessä Suomen teknillisten korkeakoulujen toiminta poikkeaa melkoisesti Länsi-Euroopan ja jossain määrin myös muiden Pohjoismaiden teknillisten korkeakoulujen sekä USA:n yliopistojen vastaavasta toiminnasta.

Tämän kiinteän yhteistyön syynä ovat olleet maamme rajoitetut resurssit, mutta se ei ole itsestään kehittynyt tämän "köyhyyden" seurauksena vaan siihen on tarvittu määrätietoista työtä sekä korkeakoulujen että talouselämän puolelta, mutta lisäksi myös ymmärtäväistä tukea valtiovaltan taholta. Koska omat kokemukseni asiasta ulottuvat vain 1950-luvun loppupuolelle, viittaan vanhempien vuosien osalta professori Tikkasen esittämään aineistoon. Siten korkeakoulujen ja talouselämän välisellä yhteistyöllä, niin palvelututkimuksen osalta kuin muutenkin, on Suomessa melko pitkät perinteet, vaikka se viimeisen vuosikymmenen aikana ehkä onkin tullut yleisemmin tunnetuksi ja sitä tietä osaksi yleistä tutkimus- ja kehityspolitiikkaa.

Seuraavassa käsittelemme tämän yhteistyön mahdollisuuksia, rahoituksen ja muiden resurssien kehitysnäkymiä sekä muuta asiaan liittyvää lähinnä palvelututkimuksen näkökulmasta. Tämä palvelututkimus, kuten muukin yhteistoiminta, on saanut hieman eri muotoja eri korkeakouluissa ja siksi tarkastelen asiaa Tampereen teknillisen korkeakoulun kannalta ja silloinkin lähinnä Materiaaliopin laitoksen näköpiiristä.

PALVELUTUTKIMUKSEN LUONTEESTA

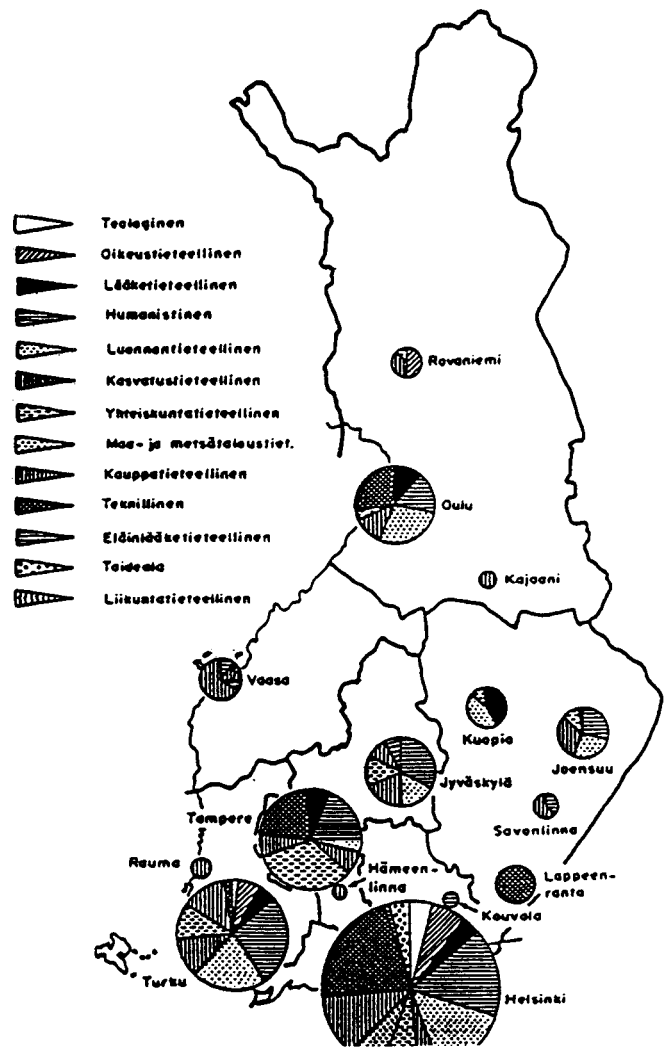
Valtaosa teknillisen korkeakoulun palvelututkimuksesta suoritetaan erilaisina opinnäytteinä, ts. projekteina, joiden tutkijoilla on oikeus kirjoittaa projektin tuloksista itselleen opinnäyte, so. diplomi- tai lisensiaattityö tai väitöskirja. Siten palvelututkimus on kiinteä osa korkeakoulun antamaa opetusta ja poikkeaa tältä osin oleellisesti VTT:n tai muiden tutkimuslaitosten palvelututkimuksesta.

Tämän perusosan rinnalla esiintyy jossain määrin myös sellaista palvelututkimusta, joka ei liity opinnäytteisiin, mutta sen osuus on pientä edelliseen verrattuna ja sen projektit tai tehtäväksiannot ovat kestoiltaan lyhyitä.

Palvelututkimuksen rahoitus tulee yleensä erilaisilta yrityksiltä tai niihin verrattavilta yhteisöiltä. Koska valtio tukee yritysten tutkimus- ja kehitystoimintaa, tietty osa tästä yritysten kautta tulevasta rahoituksesta on itse asiassa lähtöisin valtion erilaisilta organisaatioilta (ministeriöt, TEKES, SITRA, KERA, jne.). Tietyissä kansallisesti tärkeissä hankkeissa tai yritysten tulevaa tuotekehitystä pohjustavissa projekteissa rahoitus voi tulla kokonaankin valtion organisaatioilta.

Yleensä palvelututkimus on ollut kotimaista, mutta poh-

joismaisen ja viime vuosina voimistuneen eurooppalaisen yhteistyön vaikutuksesta palvelututkimus on saanut enenevässä määrin myös kansainvälistä väriä. Pohjoismaisesta yhteistyöstä mainittakoon esimerkkinä Jernkontoretin ja Nordiska Industrifondin rahoittamat projektit, länsi-eurooppalaisesta taas EFTA:n ja EY:n yhteiset COST-projektit sekä EY:n BRITE-, EURAM-, EUREKA-, jne. projektit sekä itä-eurooppalaisesta SEV-projektit ja Suomen Akatemian ja SNLT:n tiedeakatemian väliseen sopimukseen perustuvat projektit. Länsi-eurooppalaisten projektien osalta on syytä mainita, että ne hyvin usein ovat laajoja, kokonaisrahoituksen ollessa kymmeniä tai satoja miljoonia markkoja. Siten pienellä suomalaisella panoksella saatava kokonaistieto voi olla todella laajaa.



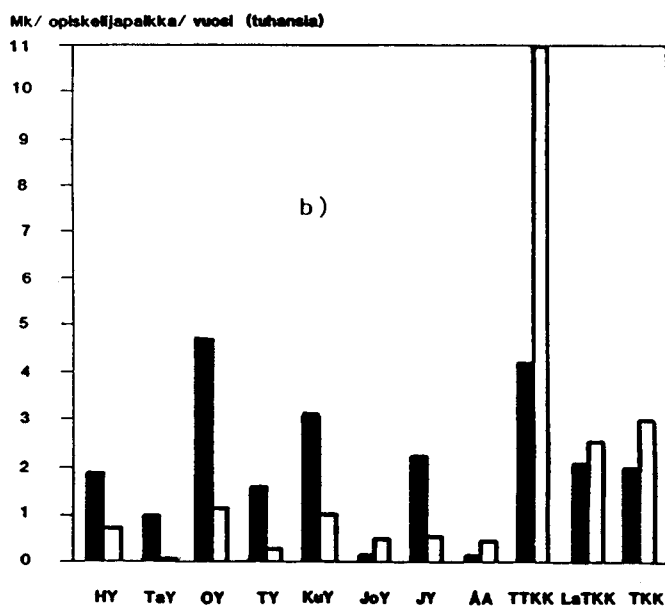
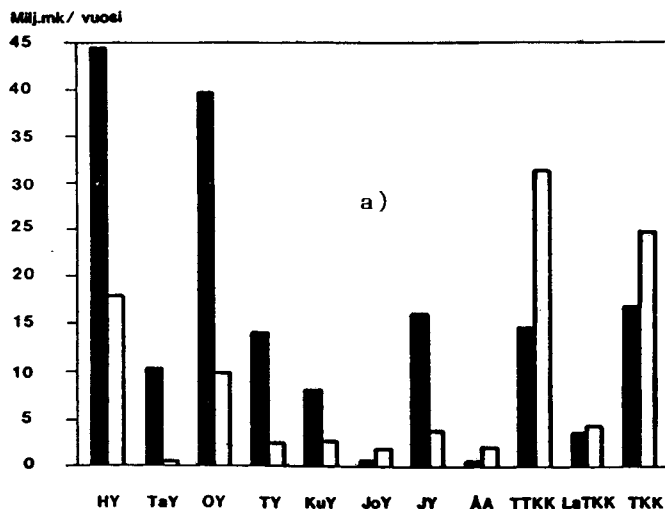
Kuva 1. Korkeakoulupalvelujen tarjonta Suomessa /1/.
Fig. 1. University services offered in Finland /1/.

Sen lisäksi suomalaista tutkimusta ja teollisuuden valmistuskykyä saadaan tehtyä tunnetuksi kansainvälisillä markkinoilla.

Esimerkkejä palvelututkimuksen sekä koti- että ulkomaisista muodoista on löydettävissä mm. TTKK:n Materiaaliopin laitoksen vuosikertomuksista.

PALVELUTUTKIMUS KORKEAKOULUN NÄKÖKULMASTA

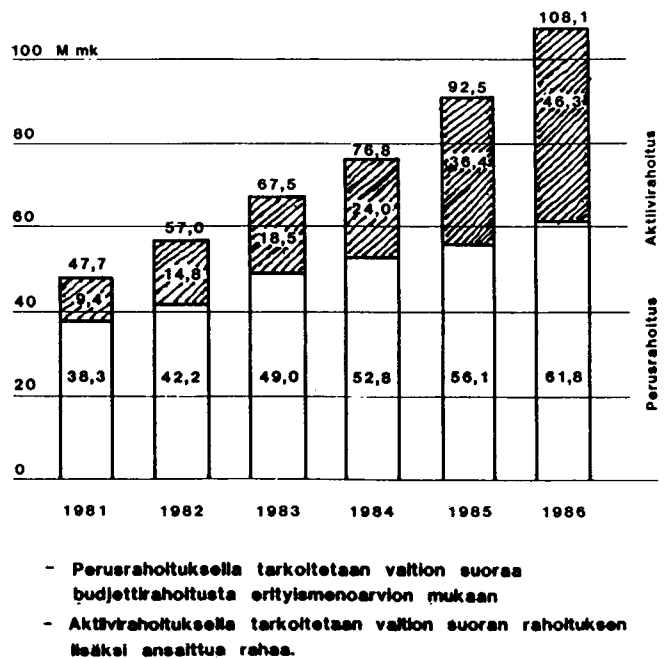
Korkeakoulupalveluja tarjotaan tämän päivän Suomessa monilla paikkakunnilla, kuten kuva 1 osoittaa. Tavalla tai toisella näihin palveluihin liittyy nykyään myös palvelututkimus. Teknilliset korkeakoulut poikkeavat yliopistoista kuitenkin siinä mielessä, että niissä tehtävän palvelututkimuksen rahoittavat pääosaltaan yritykset, kun yliopistoissa sen tekee julkinen rahoitus. Kuva 2 havainnollistaa tilannetta v. 1986.



Kuva 2. Suomen korkeakoulujen palvelutoiminta v. 1986 rahoituslähteiden mukaan jaoteltuna (tumma pilari = julkinen rahoitus, vaalea pilari = elinkeinoelämän rahoittama): a) markkamääräisenä, b) korkeakoulun oppilasmäärään suhteutettuna /2/.

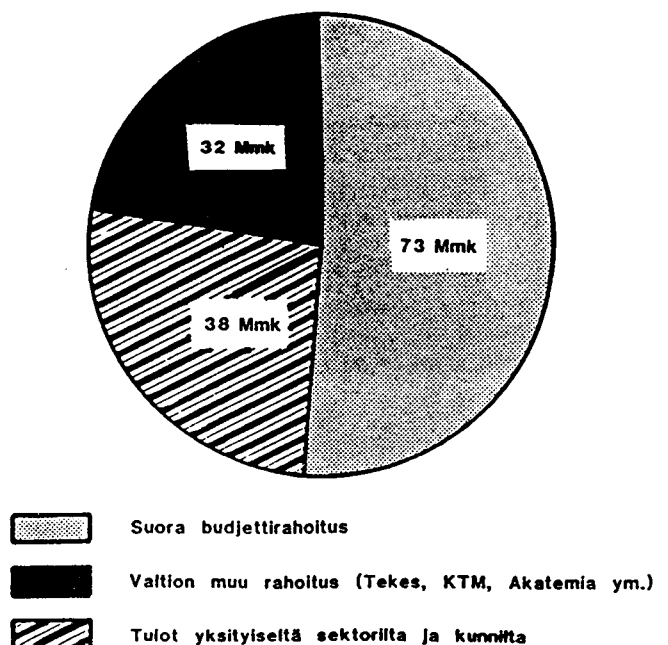
Fig. 2. External services offered by the Finnish universities in 1986 distinguished according to their financing (dark column = public financing, white column = financing from enterprises): a) in Finnish marks, b) related to the number of students /2/.

Palvelututkimuksen merkitys korkeakoulun toiminnan rahoituksessa on kasvanut jatkuvasti. Kuva 3 havainnollistaa kehitystä Tampereen teknillisessä korkeakoulussa v. 1981–1986. Vastaavasti kuva 4 havainnollistaa tilannetta v. 1987. Kuten kuva 4 osoittaa, palvelututkimus ja muu ulkopuolinen rahoitus on lähes puolet korkeakoulun kokonaisrahoituksesta. Siten palvelututkimuksesta on todella kehittynyt merkittävä tekijä korkeakoulun toiminnan perusrahoittajana.



Kuva 3. Tampereen teknillisen korkeakoulun toimintarahotus v. 1981–1986 /3/.

Fig. 3. Financing of Tampere University of Technology in the years 1981–86. Darkened portion from external services /3/.



Kuva 4. Tampereen teknillisen korkeakoulun rahoitusrakenne v. 1987 /2/.

Fig. 4. Financing of Tampere University of Technology in 1987 /2/.

RAHOITUKSEN NÄKÖALAT

Taloudellisesti 1980-luku on ollut maallemme jatkuvan nousun aika. Tämä on tietenkin heijastunut yritysten tutkimushalukkuuteen ja sitä tietä myös korkeakoulujen palvelututkimukseen. Kun yritykset v. 1980 käyttivät tutkimukseen ja kehitykseen n. 1.1 mrd.mk, vastaava luku viime vuonna oli yli 4 mrd.mk.

Vastaavana ajanjaksona myös valtiovallan panostus yritysten tutkimus- ja kehitysohjon on lisääntynyt niin, että se v. 1987 oli suuruusluokkaa 300 milj.mk eli n. 7 % yritysten omasta panoksesta. Valtion kokonaispanostus teknilliseen tutkimukseen oli v. 1987 n. 800 milj.mk.

Tästä huolimatta Suomen kokonaispanos tutkimukseen ja kehitykseen oli v. 1987 vain 1.7 % bruttokansantuotteesta eli kansainvälisesti tarkasteltuna läntisten teollisuusmaiden keskitasoa. Eräiden muiden indikaatioiden perusteella teknologian tasomme olisi vielä eurooppalaisen keskitason alapuolella. Valtion tiede- ja teknologianeuvosto onkin suosittelut yllä olevan johdosta, että maamme tutkimus- ja kehityspanos nostettaisiin taulukon 1 mukaisesti vuoteen 2000 mennessä 2.7 %:iin BKT:sta.

Tältä pohjalta näyttäisi edessä oleva aika suhteellisen valoisalta teknillisen tutkimuksen osalta. Kriittikinä asiaan voidaan kuitenkin huomauttaa, että:

- kuten kuva 5 osoittaa, v.:n 2000 tilanne vastaisi sitä, missä johtavat teollisuusmaat ovat jo tällä hetkellä. Olisimme siten vielä v. 2000 kymmenkunta vuotta jäljessä johtavista teollisuusmaista.
- huonojen taloudellisten vuosien aikana teollisuuden on tapana supistaa tutkimusmenoja voimakkaasti. Yrityssektorin supistuksen kompensoimiseksi julkisen rahoituksen osuutta tulisi lisätä enemmän kuin tasainen kasvu edellyttää. Tuleeko näin tapahtumaan, sen näemme edessä olevina vuosina, jotka ennusteiden mukaan tulevat olemaan taloudellisesti viime vuosia heikompia.

KORKEAKOULUJEN KEHITYKSEN NÄKÖALAT

Valtioneuvoston 19.2.1987 hyväksymän kehittämissuunnitelman mukaan tullaan korkeakoulujen resurssija momenteilla 01,21,29,50 ja 70 lisäämään vuosittain reaalisesti 15 % aina vuoteen 1992 saakka. Nämä momentit koskevat lähinnä ope-

tus- ja tutkimusmenoja sekä apurahoja ja tutkimusvälineitä. Lisäksi luvataan lisätä myös muilla momenteilla olevia resurssija vuosittaisin päätöksiin. Resurssija pyritään toisaalta ohjaamaan niihin kohteisiin, missä tutkimus on tehokasta, tehostamaan tutkijakoulutusta, tuomaan korkeakouluihin tavoitteellista johtamista, lisäämään korkeakoulujen opiskelupaikkoja, jne.

Teknillinen korkeakouluopetus ja -tutkimus on tässä kehittämissuunnitelmassa hyvin esillä, sen opiskelupaikkoihin luvataan n. 10 % nousua suunnitelmakautena, resurssien jälkeenyääneisyys eri korkeakouluissa luvataan korjata, jne. Tämän edessä olevan kehityksen olettaisi heijastuvan positiivisena myös palvelututkimukseen ja yleensä teknillisten korkeakoulujen ja talouselämän väliseen yhteistyöhön.

TUTKIMUSYHTEISTYÖN HAITTATEKIJÖITÄ

Edellä esitettyjä suhteellisen valoisia kehitysnäkymiä himmentäviä tekijöitä esiintyy sekä yleisessä kehityspolitiikassa että korkeakoulujen ja yritysten toiminnassa ja pyrkimyksissä.

Valtakunnallisessa, mutta myös korkeakoulun sisäisessä resurssienjaossa aktiivinen toiminta palvelututkimuksessa on tähän saakka heijastunut resurssija vähentävänä tekijänä, ts. palvelututkimusta tekevää laitosta tai korkeakoulua on "saketettu" palvelututkimusta tekemättömiin yksiköihin verrattuna. E.m. korkeakoulujen kehitysohjelmassa tähän on luvattu muutosta, mutta minkälaista ja -tasoista se tulee olemaan, sen näemme vasta lähivuosina.

Julkiset rahoitusjärjestelmät ovat saaneet paljon hyvää aikaan yritysten ja korkeakoulujen välisessä yhteistyössä ja ilmeisesti näin tulee jatkumaan myös vastaisuudessa. Silti tätäkin toimintaa voidaan sekä kehittää että edistää sen nykyiseltä tasolta. Tällä hetkellä julkinen rahoitus lähes poikkeuksetta vaatii rinnalleen tietynasteista yritysrahoitusta, joten julkinen rahoitus kohdistuu vain projekteihin, joihin yritykset ovat halukkaita panostamaan voimavarojaan. Kun yritysten tehtävä on aikaansaada panostuksellaan tuottoa suhteellisen lyhyellä aikavälillä, yritykset myös tutkimustoiminnassa yleensä panostavat projekteihin, joista ne odottavat tuottoa suhteellisen pian, 3–5 vuoden kuluessa. Tästä on seurauksena tutkimuksen voimakas keskittyminen jo olemassa olevan tekniikan kehittämiseen ja parantamiseen. Sen sijaan uuden tekniikan

Taulukko 1. Valtion tiede- ja teknologianeuvoston suositus tutkimusmäärärahojen lisäykseksi vuosina 1989–1991 sekä tasaisen kehityksen mukainen tilanne vuosina 1995 ja 2000 (milj. mk vuoden 1988 rahana).

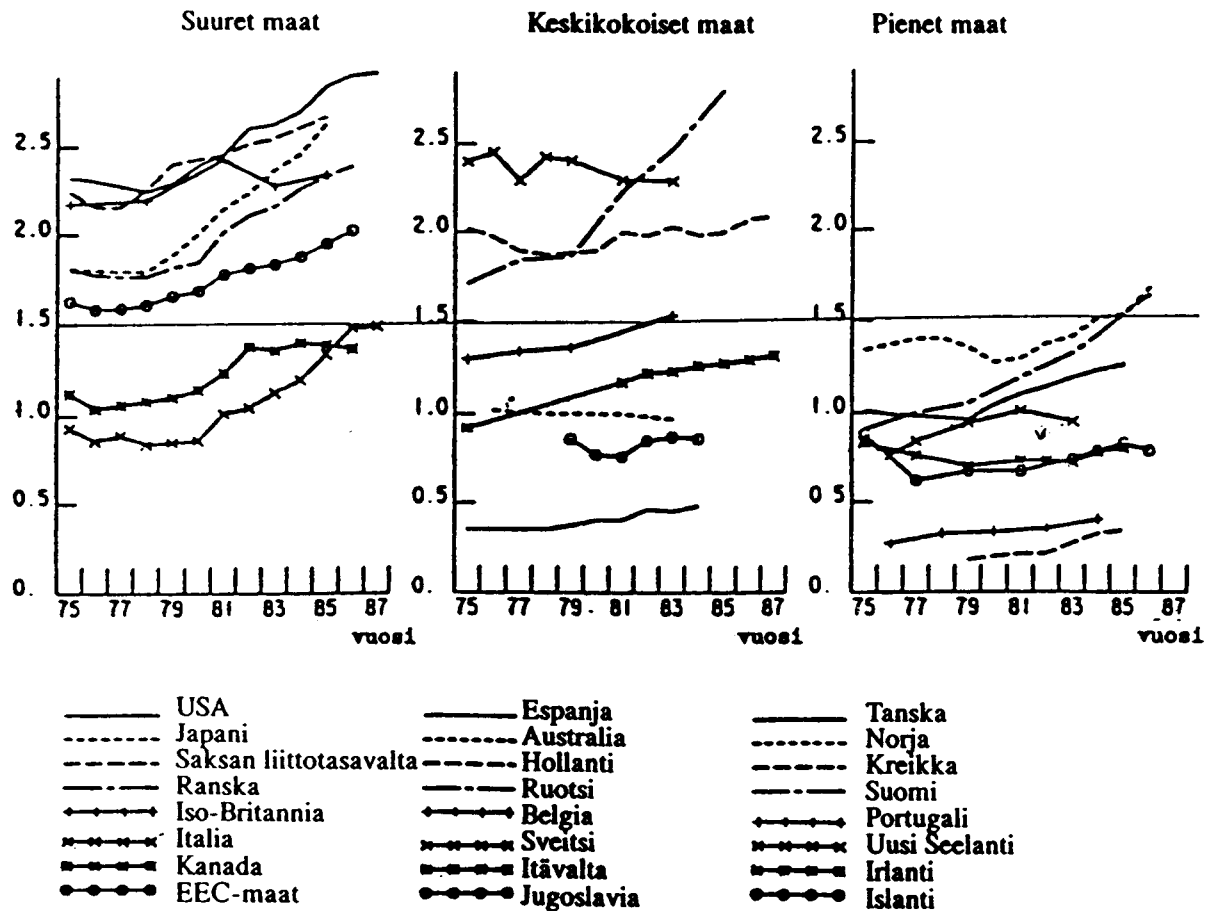
Table 1. Recommendation of the Finnish Council of Science and Technology for the development of research appropriations in 1989–91, and the situation after a steady-state growth in 1995 and 2000 (as millions in the 1988 currency)

	1988	1989	1990	1991	1995	2000
BKT(mrd mk)	411	423	436	449	505	586
T & K, % BKT:sta	1,8%	1,9%	2,0%	2,1%	2,45%	2,7%
T & K, volyyymi	7 300	8 000	8 700	9 400	12 300	16 000
Valtio, volyyymi budjettianalyysin mukaan	3 200	3 530	3 860	4 190		
Valtio, lisäys % vuodessa		10%	9%	9%		
Valtio, lisäys ed. vuodesta ¹⁾		330	330	330		

Lisäyksen jakautuminen:

Opetusministeriö	135	135	135
Kauppa- ja teollisuusministeriö	155	155	155
Muut ministeriöt	40	40	40
	330	330	330

¹⁾ Ei sisällä palvelututkimustoiminnan määrärahojen budjetoitua kasvua.



Kuva 5. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot eri maissa esitettyinä %:na bruttokansantuotteesta /4/.
Fig. 5. Costs of research and development in different countries as percentage of the gross national income /4/.

luomiseen tähtäävä tutkimus, jonka tuotto yleensä on 10–20 vuoden päässä, kiinnostaa yrityksiä heikommin ja jää usein vaille myös julkista rahoitusta.

Tilannetta voidaan verrata terveydenhoitoon, missä ihmisikää lisätään parannetuilla terveys- ja sairaalapalveluilla, mutta missä syntyvyydestä huolehtiminen on unohdettu.

Samalla tavoin kuin ihmisikää on rajoitettu, myös jokaisella tuotteella ja teollisuuden käyttämällä tuotantomenetelmällä on oma rajallinen käyttöaikansa. Sitä voidaan erilaisin parannuksin jatkaa, mutta ei loputtomasti. Jossain vaiheessa se pitää vaihtaa uuteen kilpailukykyisempään versioon. Jotta näitä kilpailukykyisempiä versioita olisi tarvittaessa käytettävissä, tietty osuus teknillisestä tutkimuksesta tulee ohjata myös uutta tuottavan tekniikan synnyttämiseen. Tietenkin uutta tekniikkaa saadaan myös lisensejä ostamalla, mutta silloin ollaan aina jäljessä johtavista teollisuusmaista ja enemmän tai vähemmän niiden "armoilla". Tilannetta voidaan verrata siihen, että oman syntyvyyden puutteessa tarvittava työvoima tuodaan ulkoa siirtotyöläisinä. Tietyin aikaa se onnistuu, mutta ennen pitkää se johtaa yhteiskunnan liian voimakkaisiin muutoksiin, jopa sairaisiin ilmiöihin. Eräs esimerkki tilanteen synnyttämistä tutkimuksen "sairaista" ilmiöistä on, että johtavissa teollisuusmaissa jo käytössä olevan tekniikan kopioimista kutsutaan teknilliseksi perustutkimukseksi ja rahoitetaan perus- tai tavoitetutkimuksen määrärahoista.

Tutkimusyhteistyötä haittaavia tekijöitä löytyy myös korkeakoulujen sisäisestä toiminnasta. Mielestäni merkittävin näistä liittyy professorin virkojen täyttöön. Talouselämän

kanssa tehtävän tutkimusyhteistyön kannalta tärkeintä olisi, että professorin virkaan saataisiin mahdollisimman pätevä tutkija, jonka tutkimusten johtotaito kattaisi mahdollisimman hyvin laitoksen tai laboratorion toimintakentän. Tämä edellyttäisi, että professorin viran opetusala eli toiminta-ala, jonka puitteissa hakijan tieteellinen pätevyys arvostellaan, olisi mahdollisimman hyvin yhteneväinen laitoksen tai laboratorion suunnitellun toimintakentän kanssa. Näin ei suinkaan nykyisin ole asianlaita, vaan päinvastoin hyvin usein opetusala supistetaan hyvin kapeaksi. Menetelmällä saadaan ei-toivotut hakijat eliminoiduksi ja "sopiva" hakija korotetuksi ylitse muiden. Yleensä tämä kuitenkin tapahtuu tutkimustehokkuuden ja siten myös talouselämän kanssa tehtävän tutkimusyhteistyön kustannuksella. Hyvät tutkijat ovat valitettavasti melko usein särmikkäitä ja siten kaikkea muuta kuin "sopivia", varsinkin nuoremmalla iällä. On kuitenkin muistettava, että terävätkin särmät hioutuvat ajan oloon. Pienenä kansakuntana meidän tulisi kuitenkin arvostaa enemmän tuloksia kuin ulkoista esiintymistaitoa ainakin sellaistaen professorinvirkojen tapauksessa, joiden tutkimustyön tuloksista riippuu teollisuutemme kehitys ja kilpailukyky.

Professorien omia firmoja tai professorin kytkeytymistä hyvin läheisesti johonkin yhtiöön voitaneen myös pitää korkeakoulun ja talouselämän välistä tutkimusyhteistyötä haittaavana tekijänä, ainakin tietyissä tapauksissa. On vaikeaa kuvitella, että professori pystyy johtamaan tai tekemään puolueetonta tutkimusta yritykselle, joka on hänen oman firman- sa tai häntä lähellä olevan firman kilpailija.

HAITTATEKIJÄIN POISTOEHDOTUKSIA

Kuten edellä mainittiin, uusi korkeakoulujen kehittämissuunnitelma pyrkii ohjaamaan resursseja tutkimuksen osalta tehokkaisiin kohteisiin. Oikein toteutettuna tämä merkitsee myös palvelututkimusta tekevien laitosten ja korkeakoulujen "sakottamisen" loppumista. Tuleeko näin tapahtumaan, sen näemme lähivuosina. Joka tapauksessa tämä haittatekijä on poistettava Opetusministeriön ja korkeakoulujen omien päätösten avulla.

Teknillistä tutkimusta ja kehitystä tukevassa rahoituksessa esiintyvää haittatekijää pienennetään tehokkaimmin perustamalla teknillisen taustatutkimuksen rahasto, jonka rahoittaman tutkimuksen tulee selvittää:

- löytyykö esitetyille uusille ajatuksille talouselämän kannalta käyttökelpoisia sovellutuksia
- jos löytyy, niin millä ehdoilla ja mitä tietä niistä muodostuu taloudellisesti kilpailukykyisiä.

Jotta tämän rahaston tukema tutkimus ei liiaksi keskittyisi jo olemassa olevaan tekniikkaan, sen rahoituksen tulisi olla vapaa yritysten osarahoitusvaatimuksesta. Sen sijaan yritykset voisivat osallistua eri projektien seurantaryhmiin, ja joutuisivat korvaamaan rahastolle täydellisesti sen panostuksen (ml. pääoman korot), kun he soveltavat omassa kehitystoiminnassaan rahaston rahoittamien projektien tuloksia.

Eräänä esimerkkinä tällaisesta rahastosta voisi olla Japanin kauppa- ja teollisuusministeriön, MITIn, vastaavaan tarkoitukseen v. 1969 perustama rahasto. Rahaston tehtävät tulee tietenkin muotoilla Suomen olosuhteiden mukaisiksi. Itse rahasto voisi olla osa nykyistä TEKESiä (vrt. tilannetta Ruotsin STU:ssa), SITRAa tai muuta vastaavaa yksikköä, siis se ei välttämättä vaadi uutta virastoa. Tärkeintä olisi, että se olisi organisaatioltaan pienimuotoinen, mutta käyttäisi hyväkseen maan parhaita tutkijavoimia rahoitettavien projektien valinnassa. Toisaalta rahaston ei suinkaan tarvitse kapasiteetiltaan olla dominoiva teknillisen tutkimuksen kentällä, esim.

10–15 %:n osuus olisi sopiva. Uusien teknillisten sovellutusten lisäksi rahasto tehostaisi myös nykyisten tavoite- ja tuotekehitystyyppisten rahastojen toimintaa, koska niitä voitaisiin entistä paremmin kohdistaa sellaisiin sovellutuksiin, joiden kilpailukykyisyys on jo selvitetty.

Viime aikoina on yleensä korostettu kilpailun merkitystä talouselämän tervehdyttäjänä. Tämä ajatus tulisi ulottaa myös tutkimukseen. Professorien palkkaus tulisi ainakin tietyssä määrin kytkeä tuloksellisuuteen, jolloin ehkä professorien kiinnostus omien yritysten perustamiseen pienenis. Toimialojen ja resurssien päällekkäisyyden liiallinen pelko, ja sitä kautta monopolisten reviirien muodostaminen tulisi saada aisoihin, koska sopivalla lomittumisella saadaan juuri tarpeellista kilpailua tutkimuksen ja opetuksen kentälle. Hyvin päällekkäisetkin toiminnot saadaan lomitettua toisiaan inspiroiviksi ja täydentäviksi. Samoin korkeakoulujen ja valtion tutkimuslaitosten välistä kilpailua tulisi kannustaa tai ainakin sallia. Tässä mielessä korkeakoulujen palvelututkimuksen rinnastaminen maksuasetuksen kautta valtion tutkimuslaitosten palveluihin on sekä kilpailua rajoittava että virheellisiin lähtökohtiin perustuva. Kuten esityksen alussa mainitsin, korkeakoulujen palvelututkimus on kiinteä osa niiden antamaa opetusta, jota valtion tutkimuslaitosten palvelut eivät yleensä ole.

Yritysten osalta parhain keino nykyisten haittatekijäin poistamiseksi olisi, jos niiden kiinnostus täysin uutta tekniikkaa tuottavan tutkimuksen tukemiseen saadaan lisääntymään. Yleensä näissä projekteissa epäonnistumisen riski on suurempi kuin olemassa olevaa tekniikkaa parantavissa, mutta onnistuneissa tapauksissa myös tuotto on suurempi. Toisaalta juuri tällaiset uutta luovat projektit parhaiten kouluttavat tutkijoita ja jatko-opiskelijoita ennakkoluulottomuuteen ja vaikeidenkin probleemien ratkaisemiseen. Siten ne jo sellaisenaan ovat arvokkaita talouselämän tulevien johtajien koulutuksessa, heidän oman know-how'nsa luomisessa ja erityisalueiden löytämisessä, jotka ominaisuudet juuri ovat tärkeitä talouselämän kansainvälisen kilpailukykyyn ylläpidossa ja edistämises-

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Korkeakoululaitoksen katsaus 1981–1986, Opetusministeriö, Korkeakoulu- ja tiedeosasto, Helsinki, 1987
2. Tilastotietoja, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Hallintovirasto, Tampere, 1987
3. Tilastotietoja, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere, 1986
4. OECD, STIID Data Bank, 1986.

SUMMARY

COLLABORATION BETWEEN UNIVERSITIES AND ECONOMICAL ENTERPRISES TODAY AND IN THE NEAR FUTURE

Traditionally, the collaboration between technical universities and economical enterprises has been close and manyfolded. Recently, the collaboration has spread also to normal universities and it has become an essential portion of research policy. Simultaneously, collaboration has become also more international, especially due to the European cooperation in

research and development. The collaboration is viewed mainly from the point of contract research as it appears in Tampere University of Technology in the recent past as well as in the near future. Some obstacles or hindering points of the collaboration are mentioned together with suggestions for their removal.

Korkeakoulun ja teollisuuden välinen yhteistyö ja sen tulevaisuuden näkymät

Professori emeritus M. H. Tikkanen

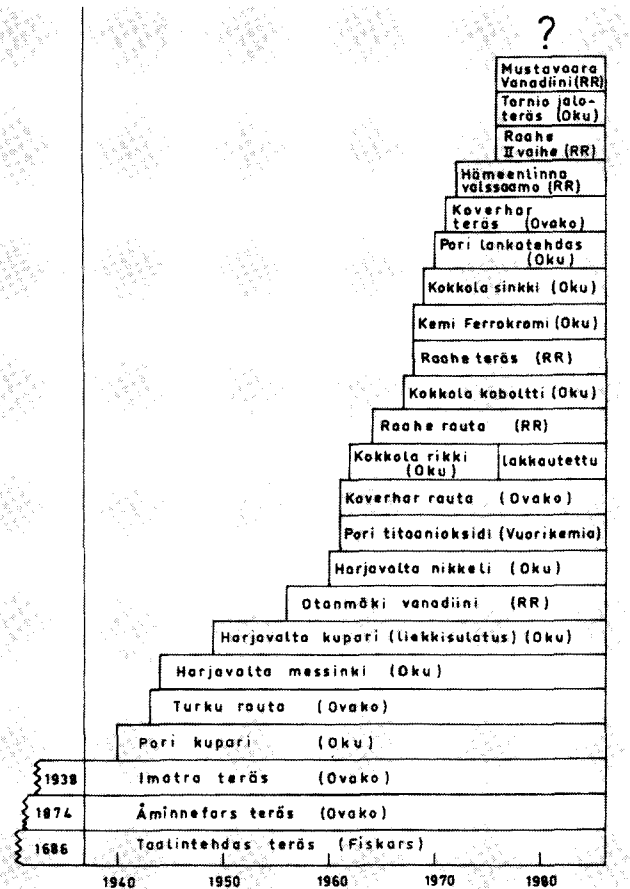
Pakina pidetty Vuorimiesyhdistyksen kokouksessa 25.3.1988

Viime syksyn julkisessa informaatioasteessa esiintyi aineksia, jotka alkoivat kiinnostaa minua tavattomasti. Niistä selvisi, että nyt oli vihdoinkin löydetty uusi keino maamme teollisuuden kilpailukyvyyn parantamiseksi kansainvälisillä markkinoilla. Kyseessä oli heti aloitettava **yhteistyö korkeakoulujen ja teollisuuden välillä**. Se seikka, että tämä oli jotakin todella uutta, oli ilmeinen tosiasia, koska sanomalehdissä niin kirjoitettiin! Totesin, että tämä oli selvästi sitä kotimaista perestroikkaamme, jossa asia kuin asia ratkaistaan kertaheitolla. Tosin välillä välähti mielessä kerettiläinen epäily ettei vaan ollut asialla se glasnostin alalaatu, jota toisinaan kutsutaan sovelletuksi semantiikaksi, mutta järkevänä ihmisenä jätin kaikki epäilyt toistaiseksi sikseen.

Meteli asian ympärillä laimeni ilmeisesti joulumarkkinoiden takia ja meikäläiselle jäi aikaa miettiä, mistä todella oli kysymys. Ryhdyin muistelemaan aikoja menneitä ja palasin mielessäni aikakauteen, jolloin maamme metallurgian teollisuus todella alkoi kasvaa ja kehittyä voimallisesti (kuva 1). Kun vuonna 1949 palasin naapurimaasta hoitamaan sitä virkaa, jota nykyään kutsutaan prosessimetallurgian professuuriksi, olin päättänyt keskittyä kaikessa tutkimuksessa tehtäviin, jotka liittyisivät maamme teollisuuden kehitykseen. Tähän tarjoutuinkin mitä sopivin kohde; OKU:n liekkisulatusprosessi, joka oli samana vuonna otettu käyttöön suurtuotannossa, menetelmä, joka tuli viemään Suomen ja Outokummun nimen koko teollisen maailman tietoisuuteen.

Selvää oli että sormeni syyhyivät päästä osallistumaan tämän uuden menetelmän kehitystyöhön, mutta heti aluksi sain kuulla, että menetelmä oli jo täysin valmis, mitään tutkimuksia ei enää tarvittu ja "sormet pois pelistä!". Syytä tähän ei tarvinnut hakea, sillä siihen aikaan meillä oli käynnissä oma pieni "kylmä sotamme", jonka perimmäisenä tavoitteena oli kysymys siitä kuka oli silloisista kahdesta vuorineuvoksesta se todellinen! Tämän takia tutkimustaivaan peitti tumma pilvi, jonka läpi ei päässyt minkäänlaista valonpilkahdusta. Tutkimuskohteita oli siten haettava muualta kuin tältä normaalkentältä.

Kaikeksi onneksi oli Otanmäen kaivostoiminta päässyt alkuun ja sen magnetiittirikaste tullut myyntiin. Tiesin, että sen epäpuhtautena oli vanadiinioksidi, joka huomattavasti laski rikasteen hintaa Keski-Euroopan markkinoilla. Tässä oli uusi kohde, johon tartuimme innokkaina ja voinkin kertoa, että siitä kehittyikin erinomaisen opettava ja menestyksellinen tutkimuskohde. Siinä selvitettiin ensimmäisen kerran kuularullauksen eli pelletisoinnin teoreettiset perusteet. Samoin kehitettiin tuotantomittakaavassa toimiva pelletisointilaitos. Edelleen tutkittiin ne teoreettiset kemiallis-metallurgiset perusteet, joiden pohjalta varsinainen tuotantolaitos aikanaan rakennettiin. Samassa yhteydessä kehitettiin prosessissa välttämätön kuivamagneettinen erottaja, kehittäjänä nykyinen akateemikkomme Erkki Laurila. Pienenä anekdoottina kerrottakoon, että tärkeimmän diploomityön tässä yhteydessä



Kuva 1. Suomen metallurgisen teollisuuden kehitys vuoteen 1978.

Fig. 1. Development of the Finnish metallurgical industry until 1978.

teki teekkari Kauko Kaasila, joka myöhemmin toimi OKU:n pääjohtajana. Tässä oli ensimmäinen todellinen yhteistyö teollisuuden ja korkeakoulumme kesken. Se onnistui, koska teollisuutta edustivat ensimmäiset metallurgisen koulutuksen saaneet insinöörit. Vastustusta toki oli, koska paikallinen johto koostui kokonaan kaivosmiehistä, joille kaikkalainen kemialle tuoksuva tekniikka oli peräti vastenmielistä.

Selvää oli, että muita kohteita tarvittiin, koska innokkaita tekijöitä riitti. Monen vuoden aikana tutkimme rautasienipro sessien teoriaa yhdessä Höganäs-yhtiön kanssa, koska sillä alkoi olla kiinnostusta myös Otanmäen magnetiittirikasteen hyväksikäyttöön. Voinkin nyt kertoa ensimmäisen kerran, että meillä oli valmiina täydellinen suunnitelma ja jopa valtion perusrahoitus Otanmäkeen rakennettavaa rautasienilaitosta varten. Tämä homma luhistui hetkessä kun silloinen kauppa-

ja teollisuusministeri tapaturmaisesti sai surmansa auto-onnettomuudessa.

Kun sitten taivas aikanaan kirkastui, alkoi erinomaisen inostava yhteistyö metallurgian teollisuuden jatkuvasti kasvassa ja kehityksessä. Niinpä OKU:n nikkeli-rikki- ja kobolttitehtaiden suunnitteluvaiheissa tehtäviä oli jatkuvasti. Tosin välillä 1960-luvulla olimme pakotettuja hankkimaan tehtäviä Ruotsista silloiselta Svenska Metallverkeniltä, joka nykyisin on täysin OKU:n omistama. Näihin aikoihin tutkittiin silloin varsin uusia komposiittimateriaaleja, jotka nyt ovat jälleen putkahtaneet esille uuden materiaali tekniikan puitteissa. Kun kobolttitehdas alkoi tuottaa tätä silloin erittäin kysyttyä metallia, panin alkuun laajan tutkimuksen selvittääkseni millä tavoin voisimme valmistaa meillä kovametallin valmistuksessa välttämätöntä kobolttihienopulveria. Tämä saatiinkin liikelle pohjoismaisena yhteistyöprojektina, jossa kaikkeksi onneksi rahoittajana oli Ruotsin valtio! Tämäkin oli erinomaisen opettava ja mielenkiintoinen tutkimus, sillä siinä oli yhdistetty sekä hydrometallurgiset että pyrometallurgiset prosessit. Tuloksena oli, että aikanaan Kokkolaan rakennettiin hienopulverilaitos, joka on edelleen toiminnassa, vaikka varsinainen kobolttitehdas on suljettu kannattamattomana. Kuriositeettina mainittakoon, että kun jouduimme valmistamaan sata kiloa hienopulveria kansainvälistä testausta varten tämän tehtävän hoitivat teekkarit ilta- ja yötoina, jonka tuloksena aikaansaatiin ensimmäinen vuoriteekkarien ekskursion Yhdysvaltoihin ja johon ei tarvittu minkäänlaista henkilökohtaista rahoitusta! Tämä pohjoismainen yhteistyö jatkui erinomaisen tehokkaana kautta 1970-luvun, jota voidaan pitää laitoksemme tehokkaimpana aikakautena. Tällöin saattoi näissä tutkimuksissa olla yli kolmekymmentä tutkijaa mukana teekkareina, insinööreinä, lisensiaatteina ja tohtoreinakin. Väki oli todella innostunutta ja mikä tärkeätä niinä aikoina, rahoitus oli järjestyksessään.

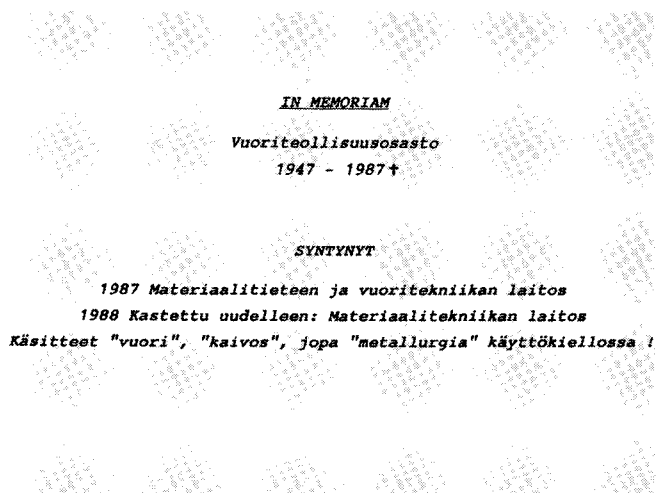
Monista sen ajan suurista projekteista mainittakoon masuunin alkaliprobleemin selvittäminen, jossa kysymys aluksi selvitettiin teoreettisissa tutkimuksissa ja myöhemmin yhteistyössä Rautaruukin ja OVAKON kanssa käytännössä. Todetakaan, että maamme masuunit ovat jo kauan olleet huippuluokkaa maailmassa. Toinen suuri tutkimuskohde oli keraamisten uunivuorausten kulumisen selvittäminen. Siinä saavutettiin tuloksia, joista oli paljon hyötyä käytännössä kuten ne, jotka aikanaan olivat tekemisissä Puolan Glogovin kuparitehtaan käynnistämässä, hyvin muistavat. Eräs vuosia kestänyt tutkimusprojekti koski Gränges Metallverkenin Finspångin tehtaan puhtaan kuparin sulatukseen käytettyjen induktiouunien vuorausproblemeja. Ne ratkaistiin ja odotankin nyt onko OKU:lla mitään uusia tarjolla! Kolmas suuri tutkimuskohde oli raakakuparin raffinoimistutkimus. Silloin oli jo odotettavissa, että kun omat puhtaat kuparirikasteemme alkavat loppua, edessä on mahdollisuus, että joudumme käyttämään epäpuhtaita rikasteita, joissa mukana on arseeni, antimoni ja vismutti, jotka kaikki on eliminoitava perusteellisesti. Tässä yhteydessä tehtiin erittäin korkeatasoista perustutkimusta, joka aikanaan saatiin julkaistua maailmalla. Tulokset olivat siksi lupaavia, että päätökseksi suoritettiin kaksi viikkoa kestänyt koeajo suurmittakaavassa, joka osoitti, että tämä ensimmäisen kerran kuparimetallurgiassa käytetty injektio metallurginen prosessi oli käyttökelpoinen.

Paljon olisi kerrottavaa tältä kaudelta, mutta aika ei anna myöten. Tilanne alkoi hitaasti muuttua huonompaan suuntaan 1980-luvulla, sillä yhteisiä projekteja ei enää saatu kuten aikaisemmin. Syitä tähän oli useitakin, mutta niihin ei ole syytä puuttua tässä yhteydessä. Ainoa todella suuri ja merkittävä yhteistyöprojekti, joka on edelleen käynnissä on nk. "kuuden kopian" projekti. Tässä maailmanlaajuisessa yhteisprojektissa ovat mukana Suomi, Ruotsi, Länsi-Saksa, Belgia, Kanada ja

USA. Tämä kuparin elektrolyysiä tutkiva projekti osoittaa, että ainakin sovelletun sähkökemian alalla olemme edelleen korkeata luokkaa.

Tällä kaikella olen halunnut kertoa, että korkeakoulun ja teollisuuden välinen yhteistyö ei ole mitään uutta ainakaan metallurgian alalla. Tämä yhteistyö on ollut erinomaisen onnistunutta ja miellyttävää. Toteankin, että ilman sitä prosessimetallurgian laitoksen tasosta ei kannattaisi paljoakaan puhua. Kaikkialla maailmassa olen voinut todeta, että missään muualla ei tilanne ei ole ollut eikä tule olemaankaan niin hyvä kuin meillä. Tästä kiitos alamme teollisuuden johdolle!

Tehtäväni on vielä palata kylmään arkipäivään ja siihen, mitä se antaa odottaa nimenomaan metallurgian alalta. Minulla on ollut vaikeuksia löytää sanoja, millä aloittaa tämä loppuosa esityksestäni. Siksi pyydänkin teitä kohottamaan katseenne valkokankaalle (kuva 2), josta näette mikä on tämän hetken tilanne sen yhteisön, Vuoriteollisuusosaston, osalta, jossa suurin osa teistä on aikanaan opiskellut ja valmistunut tehtäviinne. Vuoriteollisuusosasto kuoli nuorena, mutta sen elinaika oli todella mahtavaa aikanaan. Uusi suun-



Kuva 2. Vuoriteollisuusosasto ja sen tulevaisuus.
Fig. 2. The Department of Mining and Metallurgy and its future.

taus on nyt viemässä tilanteeseen, jossa koko huomio kohdistuu materiaali tekniikkaan, nimenomaan nk. uusien materiaalien osalta. Kuvassa 3 näemme, miten asiat ovat kehityksessä käytännössä. Tämä uusi materiaalitutkimusinstituutti sijoitettiin entiseen vuoriteollisuusosastoon, koska "siellä on kautta aikojen harrastettu materiaalitutkimusta". Eräs huomio noteerattakoon: instituutin perustajien joukossa ei ole ketään alamme teollisuudesta!

Mainittakoon, että instituutin johtajaksi on nimitetty prof. Kai Lilius seuraavaksi kolmivuotiskaudeksi.

Tänä keväänä alkaa erillinen materiaali tekniikan opetus, johon opiskelijat voivat keskittyä jo toisen vuosikurssin alusta lähtien. Tämä kaikki on luonnollisesti uutta ja tarpeellista, mutta samalla tällaisen suuren muutoksen yhteydessä herää kysymyksiä. Onko todella näin radikaalinen nimenmuutos paikallaan, kun ajatellaan, että edelleenkin täällä valmistuvat kaikki maamme kaivos- ja rikastusmiehet, kaivosgeologit ja pääosa kaikista metallurgeista?

Onko ajateltu minkälaiseen vinosuuntaukseen uusi linja voi johtaa, jos ei pidetä huolta siitä ettei liian suuri osa opiskelijoista siirry sille? Tosiasiaan on, että nykyajan nuoria vetää puoleensa kaikki uusi, varsinkin jos se on high-tech-luokkaa! Jo nyt on metallurgeista tavatonta pulaa ja tilanne

Yksi juhla kaksi aihetta ?

Materiaalitekniikan instituutti ja Teollisuuden akatemia



Allekirjoittajat johtaja Uusitalo ja pääjohtaja Pessi Kemirasta sekä rehtori Hyyppä ja professori Niinistö TKK:sta

Kuva 3. Materiaalitekniikan instituutin perustamistilaisuus.
Fig. 3. Organization of the new Institute of Material Science.

pahenee jatkuvasti. Tilanne ei suinkaan rajoitu meikäläisiin oloihin. Kuvassa 4 näette "hätähuudon" Englannista, jossa sama kansainvälinen uusien materiaalien ylimitoitettu propaganda on jo aikaansaanut suurta hallaa.

Hyvät metallurgit! Muistakaa, että Suomessa valmistetaan rautaa, terästä, jaloteräksiä, kuparia ja nikkeliä kuten tähänkin saakka ja, että niissä hommissa tarvitaan todellista high-techiä, jotta voimme pysyä kilpailukykyisinä tulevaisuudessa.

SUMMARY

CO-OPERATION BETWEEN THE INSTITUTION OF PROCESS METALLURGY AND THE METALLURGICAL INDUSTRY YESTERDAY, TODAY AND TOMORROW

During the last thirty years almost every research project in the Institution of Process Metallurgy was carried out in co-operation with the metallurgical industries in Finland. One of the largest one was the development of the vanadium extraction process in Otanmäki mine. Another one was of the same kind: the development of the extra-fine cobalt powder process

Shortage of traditional metallurgists

from Dr J A Charles

A very serious situation is developing in the study of materials in the university sector in relation to traditional metallurgical content and the needs of important sectors of industry. With the necessary expansion of undergraduate teaching into a more broadly-based materials context covering polymeric materials, electronic materials, ceramics and composites, there has been a reduction in the thermodynamics, kinetics, process chemistry and process engineering taught, and less emphasis on the structure and properties of such an important and ubiquitous material as steel. Where options exist within a syllabus the more traditional metallurgical options are often less favoured by students. It is not difficult to see why this should be:

Kuva 4. "Hätähuuto Englannista".

Fig. 4. "Cry of Distress from England!".

Miettikää sanomaani ja puhukaa siitä työpaikoillanne. Vielä ei ole mahdotonta korjata sellaista, mikä on turhaa ja tarpeetonta. "Temokratiassahan" kaikki on mahdollista!

in Kokkola. During the years 1970-80 this co-operation was very intensive. Later on a kind of stagnation has begun. The next years are going to change much of the traditional teaching and research climate. A new era has begun, and nobody knows how it will change the "late" Department of Mining and Metallurgy!

Pyhäsalmen malmin kullasta

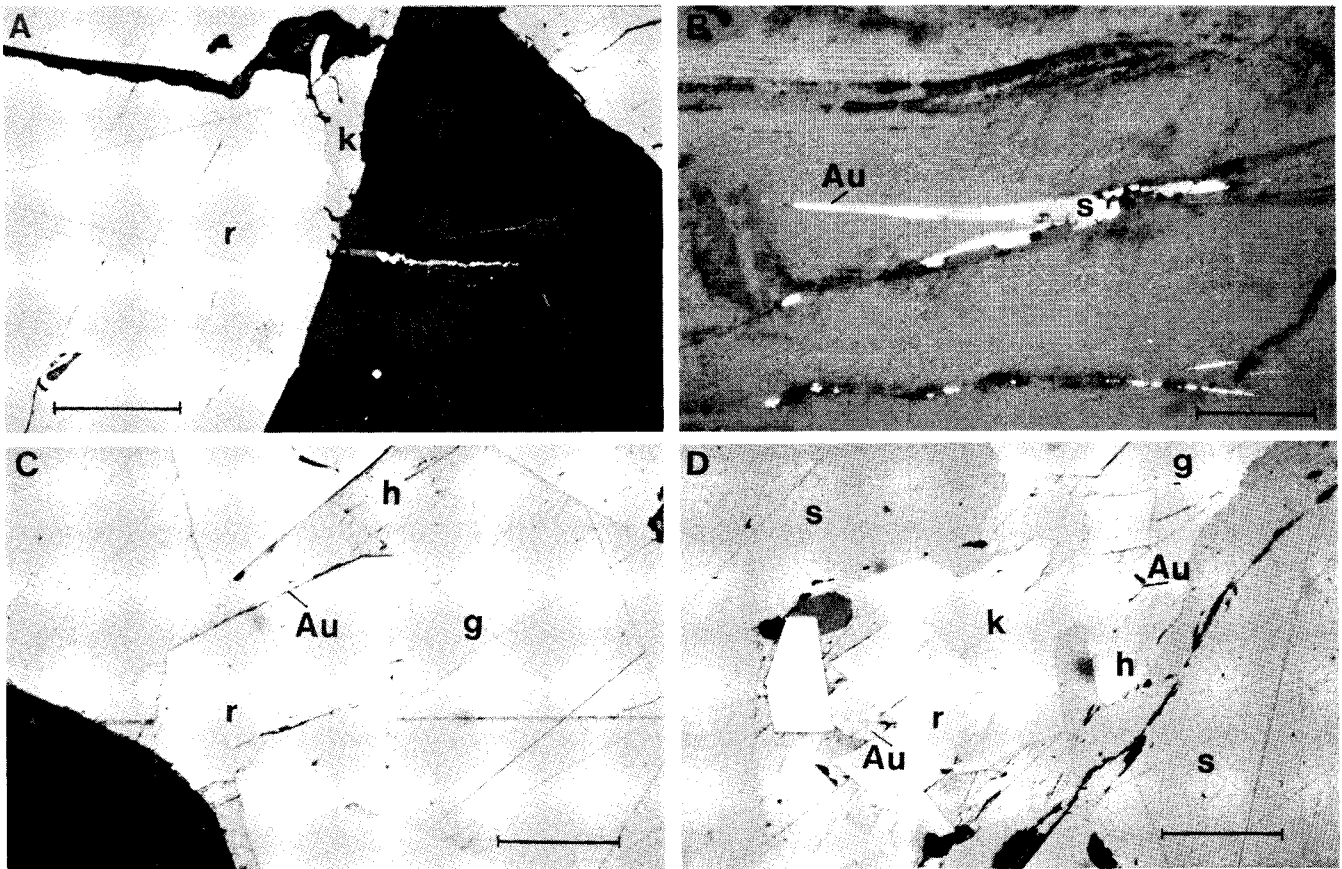
Fil. kand. Pasi Eilu ja prof. Heikki Papunen, Turun yliopisto, Geologian ja mineralogian osasto, Turku
Fil. kand. Jouni Reino, Kaivosteknillinen toimisto, Outokumpu Oy, Outokumpu

JOHDANTO

Pyhäsalmen massiivinen Cu-Zn-rikkikiisumalmi sisältää malmityypin luonteen mukaisesti myös merkittäviä määriä jalometalleja. Jo ensimmäisessä malmiarviossa määritettiin esiintymän kultapitoisuudeksi 0,3 g/t. Yksistään analyysitietojen perusteella ei kullan esiintymisestä kuitenkaan saatu selvää kuvaa: Korkeimpia kultapitoisuuksia määritettiin lyijyhohteen ja falertsin karakterisoimista karsileptiittisulkeumista; sen sijaan massiivisissa rikkikiisumalmeissa kultaa oli sangen

vähän. Sinkkivälkkeen ja/tai kuparikiisun luonnehtimissa malmin osissa oli pitoisuustaso vaihteleva. Analyysit eivät myöskään antaneet vastausta rikastuksen kannalta tärkeään kysymykseen kullan raekoosta.

Kullan saantitason nostaminen oli keskeisenä tavoitteena siinä tutkimuksessa, jota tehtiin Pyhäsalmen kaivoksen ja Turun yliopiston yhteistyönä useissa eri vaiheissa vuosina 1981–1985. Ensinnä selviteltiin runsaasti kultaa sisältäneen



Kuva 1. Kultarakeita erilaisissa mineraaliseurueissa Pyhäsalmen malmissa. A — kuparikiisua sisältävä rikkikiisumalmi, jossa on hienorakeista kultaa (ja sinkkivälkettä) raontäytteenä silikaatissa (kuvan oikeassa puoliskossa oleva musta rae); B — pirotemalmi, jossa on kultaa kiilteen sulkeumana yhdessä sinkkivälkkeen kanssa; C — kultaa sulkeumana lyijyhohteen karsileptiittipohjaisessa malmissa; D — karsileptiittisulkeuma, jossa lyijyhohteen ja hessiitin yhteydessä kultaa. Merkinnät: Au-kultaa, g-galena, r-rikkikiisu, h-hessiitti, k-kuparikiisu, s-sinkkivälke; kaikissa kuvissa mittajana on 50 μm.

Fig. 1. Gold grains in various mineral assemblages of the Pyhäsalme ore deposit. A — pyrite ore with fine-grained gold enclosed in the fracture of a gangue mineral (black), B — disseminated ore with gold inclusion in mica; C — gold in galena, calc-silicate rock inclusion in the ore; D — gold associated with hessite and galena, calc-silicate rock inclusion in the ore. Au-gold, g-galena, r-pyrite, h-hessite, k-chalcopyrite, s-sphalerite; scale bar is 50 μm.

karsileptiittisulkeuman mineraaliseurueet ja kullan esiintymisen niissä. Seuraavaksi tutkittiin satunnaisotoksen perusteella syötteen ja jätteen kultapitoisuuksia. Viimeisessä vaiheessa tehtiin tilastollinen analyysi kullan esiintymisestä malmissa ja sen perusteella valittiin runsaimmin kultaa sisältänyt malmityyppi yksityiskohtaisen mikroskooppisen tutkimuksen kohteeksi. Tutkimusta tekivät harjoitustöinä Turun yliopiston geologian ja mineralogian osastossa seuraavat opiskelijat: Hannu Kujala, Olli Härmälä, Jukka Kousa, Pekka Sipilä ja Pasi Eilu. Seuraavassa esitetään yhteenveto tuloksista.

Pyhäsalmen malmin kultarakeet sisältävät vaihtelevan määrän hopeaa ja mineraalin väri on mikroskoopissa yleensä vaalean keltainen. Mineraalia tulisi näinollen ainakin joissain tapauksissa kutsua elektrumiksi, mutta koska tämän työn puitteissa ei mineraalin hopeapitoisuuksia ole tarkemmin määritetty, kutsutaan mineraalia seuraavassa yksinkertaisuuden vuoksi vain kullaksi.

KARSILEPTIITTISULKEUMAN JALOMETALLIMINERALISAATIO

Malmissa on terävärajaisina murskaleina vaihtelevan kokoisia karsileptiittiksi luonnehdittuja sulkeumia. Suurimmat sulkeumat ovat olleet muutamien kymmenien tonnien suuruusluokkaa. Niitä oli runsaimmin esiintymän leveässä pintaosassa, mutta sulkeumia on esiintymän vahvan keskiosan alueella myös syvemmillä tasoilla. Aivan vastaavaa karsiosia sisältävää leptiittiä ei ole todettu malmin ulkopuolelta. Sulkeumissa on satunnainen kiisupirote ja massiivisia ohuita kiisujouonia. Kuparikiisu, lyijyhohde ja falertsit (tennanttiitti ja tetrahedriitti) ovat sivukivisulkeumien luonteenomaisia sulfidimineraaleja.

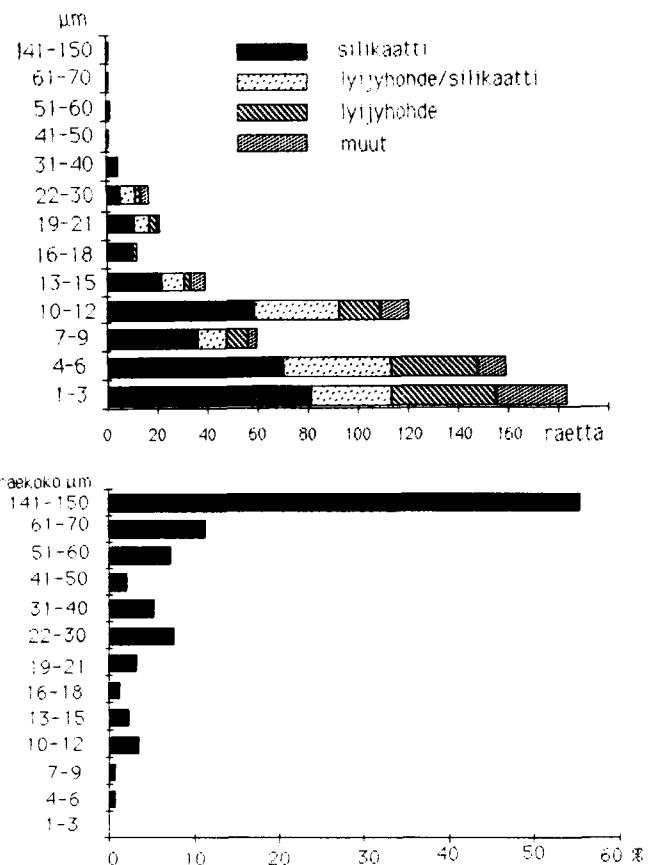
Vuonna 1981 valittiin eräästä louhitun malmin sisällä olleesta karsileptiittisulkeumasta näytesarja (20 näytettä), josta tehtiin mineraloginen tutkimus. Analyysin mukaan näytesarjassa oli kultaa 10 g/t ja hopeaa 300–400 g/t. Mikroskooppisesti todetun mineraalikoostumuksen perusteella tässä malmityyppissä oli runsaasti myös Pb, Zn, Cu, As, Sb, Bi ja Te.

Lyijyhohteen ja rikkikiisun lisäksi mineraaliseurueeseen kuului päämineraaleina sinkkivälke, markasiitti, arsenikiisu, falertsit ja kuparikiisu; satunnaisesti oli jordaniittia, bournoniittia ja seligmaniittia. Hessiitti oli tavallinen mineraali lyijyhohteessa ja metallinen arseni ja wehrliitti olivat ohuina sulkeumina lyijyhohteessa; magneettikiisua ja magnetiittia oli mineraaliseurueessa vain sangen harvoin.

Tutkituissa 20:ssä pintahiessä oli kultaa 18:ssä hieessä 1–156 raetta hiettä kohti. Hieiden tutkittu kokonaispinta-ala oli n. 125 cm² ja kultarakeiden yhteenlaskettu pinta-ala vastaavasti 103.700 μm² siis likimain 0,1mm². Kullan osuus tilavuudesta arvioitiin kahdeksaksi miljoonasosaksi, joka painosuhteina vastaa n. 30 g/t. Kullan raekoko vaihteli laajoissa rajoissa: 1–150 μm. Lukumääräinen raekokojakautuma osoittaa voimakasta painottumista pieneen raekokoluokkaan sillä noin puolet todetuista rakeista oli raekooltaan alle 6 μm ja erityisesti silikaattien sulkeumina oli hienojakoista kultaa, kun taas hessiitin yhteydessä lyijyhohteessa oli suuria tasapintaisia kultarakeita (Kuvat 1C ja 1D). Kullan mineraaliseurue oli vaihteleva: määrällisesti runsaimmin rakeita oli harmemineraalien sulkeumina tai harmemineraali-sulfidi-rajapinnoilla.

Kuva 2 esittää kullan mineraaliseurueita. Raekokojakautuman lisäksi on kuvassa 2 esitetty myös määrällinen jakautuminen eri raekokoluokkiin tilavuusprosentteina koko kultamäärästä. Siitä todetaan isojen kultarakeiden määrävän merkittäviltä osin kullan käyttäytymisen.

Karsileptiittisulkeumasta tehtiin Pyhäsalmen kaivoksella myös rikastuskoe, jonka tulos on taulukossa 1. Analyysin mukaan malmityyppissä oli kuparia ja sinkkiä hyvin vähän



Kuva 2. Kultarakeiden määrät eri raekokoluokissa isäntämineraalin mukaisesti (ylempi kuva) ja kullan määrällinen jakautuminen eri raekokoluokkiin (alempi kuva). Huom: raekokoluokkien jako ei ole lineaarinen.

Fig. 2. Frequency distribution of gold grains in grain size classes by host mineral (upper), and frequency distribution of gold content in grain size classes (lower).

(0,23 ja 0,04 painoprosenttia) ja lyijyä noin 1,3 painoprosenttia. Rikastuskokeesta saadusta rikasteesta pyrittiin erottamaan kultarakeet erilaisin menetelmin. Raskasmineraaliseparoinnin ja magneettisen erotuksen annettua epätydyttäviä tuloksia osoittautui parhaaksi keinoksi rikasteen sirotteleminen veteen, jolloin kultarakeet jäivät suuren pintajännityksen ansiosta kellumaan, ja näin voitiin rikasteesta erottaa useita itsenäisiä kultarakeita. Ne olivat kooltaan pienempiä kuin 100 μm ja rakeet olivat muodoiltaan levymäisiä ja valssautuneita.

Taulukko 1. Karsileptiittisulkeumasta tehdyn rikastuskokeen tulos.

Table 1. Concentration test of a calc-silicate-bearing felsic volcanic rock.

	Cu%	Zn%	Pb%	S%	Au g/t	Ag g/t
syöte	0,23	0,04	1,3	1,75	15	400
rikaste	1,6	0,12	7,0	5,30	86	2400
jäte	0,07	0,02	0,13	1,10	6,7	150
saanti	70%	50%	90%		55%	63%

JÄTTEEN KULTAPITOISUUDEN TUTKIMUS

Syötteen ja jätteen keskinäisten kultapitoisuuserojen tutkimiseksi kerättiin syöttestä satunnaisotoksena hihnalta näytteitä kymmenessä erässä ja vastaavasti otettiin rikastamon jätteestä näytteet kahden tunnin kuluttua hinnanäytteenotosta. Syötteen palanäytteet jaettiin viiteen malmityyppiin taulukon 2 mukaisesti. Kaikista malmityypeistä tutkittiin useita pintahieitä kullan esiintymisen selvittämiseksi. Jäte fraktioitiin rae-koon (+39 µm, -39 µm), mineraalien tiheyden ($\rho=2,8 \text{ g/cm}^3$) sekä magneettisuuden perusteella.

Kultaa löytyi tutkituista 39:stä pintahieestä vain kahdesta, joissa kummassakin oli harmeminaalin sulkeumana hienojakoinen kultakasautuma. Palanäytteinä otettujen syötteen malmityyppien sekä jätteestä fraktioitujen jakeiden analyysit ovat taulukossa 2.

Tutkimuksen keskeisenä tuloksena oli malmin osalta se, että kultaa esiintyy runsaimmin kuparikiisurikkaissa malmin osissa. Myös pirotomalmeissa kultamäärä oli massiivista rikkikiisumalmia korkeampi. Jätteen kultapitoisuus oli lähes syötteen luokkaa. Tätä työtä tehtäessä ei rikastuksessa erotettu rikkikiisurikastetta, mikä näkyy jätteen korkeina S- ja Fe-pitoisuuksina. Jätteen kulta fraktioituu lievästi vahvamagneettiseen fraktioon yhdessä magnetiitin ja magneetikiisun kanssa. Aikaisemman jäteanalyysin perusteella kulta rikastuu lievästi myös kevyeen fraktioon, mikä todistaa harmeminaalien sulkeumana olevan kullan merkityksen jätteen korkeille kultapitoisuuksille. Kun vahvamagneettista fraktiota oli vain n. 0,5 painoprosenttia koko jätemäärästä, ei siihen rikastuvalla kullalla ole määrällisesti suurta merkitystä. Karkeassa fraktiossa on hieman enemmän kultaa kuin hienossa fraktiossa.

KULLAN ESIINTYMINEN ”NORMAALIMALMISSA”

Kullan esiintymistä Pyhäsalmen muissa tavallisissa malmityypeissä selvitettiin myöhemmin laajalla näytteenotolla ja analy-

tiikalla. Näytteenoton suuntaamiseksi nimenomaan kultaa sisältäviin malmityyppisiin tehtiin vanhan kairanreikäanalytiikan perusteella kullan esiintymisestä tilastollinen tarkastelu. Tämä tarkastelu käsitti yhteensä 869 analysoitua näytettä, jotka oli otettu 55 kairanreiästä Pyhäsalmen esiintymän inventointikairauksessa vuosina 1958–1959.

Metallipitoisuuksien perusteella analyysiaineisto jaettiin 9 luokkaan, jotka vastasivat päämalmityyppiä. Tulokset on esitetty taulukossa 3. Tarkastelu osoitti, että 54,9 % koko aineiston kullasta oli näytteissä, joiden Cu-pitoisuus oli >1% luokan osuuden ollessa 31,3% koko aineistosta. Kun kupari-pitoisuuden rajaksi otettiin >1,5% oli luokan osuus koko aineistosta 16,1% ja se sisälsi kullasta 42,2%. Yli 1 g/t kultaa sisältävän luokan osuus koko aineistosta oli vain 6,5%, mutta se sisälsi 57,2% koko aineiston kullasta kuparipitoisuuden ollessa 2,04%.

Analyysitarkastelun perusteella suoritettiin näytteenotto, jossa 12 näytettä valittiin yllä mainitusta aineistosta kulta- ja kuparirikkaista malmiesiintymän osista sekä 126 näytettä uusista kairareikäistä kaivoksen syvemmistä osista edustamaan runsaasti kuparia sisältävää malmityyppiä. Näytteet luokiteltiin seuraaviin malmityyppisiin:

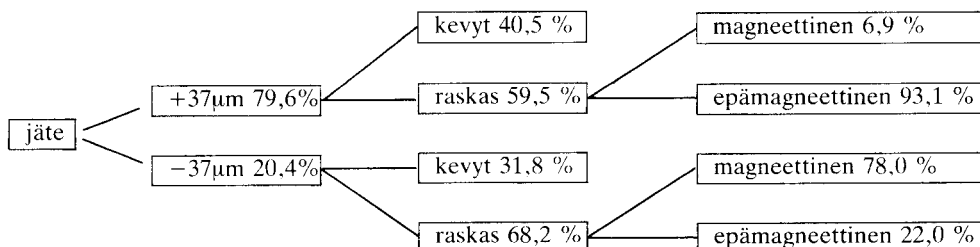
1. massiivinen rikkikiisumalmi, jossa kuparikiisu-magneetikiisu-sinkkivälkeseurue breksioi rikkikiisua: 91 näytettä, joista 32:sta löydettiin kultaa.
2. massiivinen kuparikiisubreksia tai -juoni (sekundäärisesti mobiloitunut?): 6 näytettä, joista 3:ssa oli kultaa.
3. hienorakeinen kuparikiisu-lyijyhohde-sinkkivälkero tai hiusjuoniverkosto silikaatti- tai karbonaattikivessä (useimmiten lehtiitti- tai kalkkikivisulkeumia); sulfidien raekoko on aina selvästi alle 0,1 mm: 25 näytettä, joista 19:ssä todettiin kultaa.
4. rikkikiisuvaltainen karkeahko pirote runsaasti serisiittiä sisältävässä sivukivessä, raekoko on yli 0,2 mm: 16 näytettä, joista yhdessä todettiin kultaa.

Kulta oli tutkituissa hieissä sangen epätasaisesti jakautunut. Sitä todettiin noin joka kolmannessa hieissä. Usein kulta

Taulukko 2. Hinnanäytteenotossa todettujen malmityyppien ja jätteen analyyseja.
Table 2. Analyses of ore types and tailings.

MALMITYYPPI	Cu%	Zn%	Pb%	Fe%	S%	Au g/t	Ag g/t
sinkkirikas porfyriin malmi	0,15	10,8	0,12			0,20	4,3
rikkikiisu-sinkkivälkemalmi	0,33	1,8	0,056			0,20	13
rikkikiisumalmi, satunn. kuparik.	0,50	0,74	0,016			0,12	9,8
rikkikiisumalmi, runs.kuparik.	1,5	0,42	0,016			0,52	7,6
pirotomalmi, runsaasti kuparik.	1,8	0,04	0,022			0,36	6,4
alkuperäinen jäte +37µm	0,058	0,15	0,018			0,36	6,4
alkuperäinen jäte -37µm	0,088	0,20	0,025			0,24	3,8
fraktioitu jäte:	ppm	ppm	ppm				
käsimagneettinen fraktio	1515	2860	149	17,4	12	0,32	10,9
-37µm-raskas fraktio	871	1950	162	17,2	21	0,12	5,0
+37µm-raskas fraktio	630	1680	165	16,6	20	0,18	6,3
-37µm-magneettinen fraktio	898	1660	145	22,7	28	0,08	9,1
+37µm-magneettinen fraktio	682	1500	155	13,9	16	0,24	5,8
-37µm-epämagn. fraktio	888	1820	151	22,5	28	0,12	4,9
+37µm-epämagn. fraktio	588	1480	170	14,3	17	0,11	4,4

Jätenäytteen jakautuminen eri fraktioihin oli seuraava



Taulukko 3. Näyteaineiston jako erilaisiin luokkiin ja luokkien koostumustietoja.

Table 3. Classification of the samples into ore types and their chemical compositions.

Luokka	Luokan osuus koko aineistosta%	Cu%	Zn%	Pb%	S%	Au g/t	Luokan osuus koko aineiston Au:sta %
Zn ≥ 10%	2,7	0,39	11,84	0,11	35,7	0,123	1,2
Zn > 5%	23,0	0,59	7,71	0,09	37,7	0,125	10,1
Cu 0,5-1,0% Zn 1-5%	10,3	0,72	2,71	0,04	43,0	0,292	8,6
Cu 0,5-1,0% Zn < 1% S ≥ 35%	10,5	0,78	0,30	0,02	46,7	0,281	8,2
Cu < 0,5% Zn < 1% S ≥ 35%	10,2	0,24	0,15	0,01	44,6	0,105	2,9
Cu > 1%	31,3	1,81	1,69	0,04	41,6	0,570	54,9
Cu > 1,5%	16,1	2,31	1,54	0,06	41,4	0,827	42,2
Au ≥ 1 g/t	6,5	2,04	1,62	0,26	29,2	2,64	57,2
S < 20%	9,9	0,83	0,79	0,22	10,3	0,99	36,3
koko aineisto		0,89	2,76	0,06	39,4	0,345	

oli raekasautumina, joissa saattoi olla satoja erillisiä pikkurakeita (Kuva 1A). Kullan isäntämineraaleina olivat silikaatit, joista amfiboli oli malmityyppissä 1 tavallisin ja kiille tyyppissä 3 (Kuva 1B), sekä karbonaatit, kuparikiisu, sinkkivälke, magneetikiisu, lyijyhohde ja magnetiitti. Kaikissa näytetyypeissä suurin osa kullasta oli silikaateissa ja karbonaateissa. Mikrokooppikuvia kullan esiintymistä eri isäntämineraalien yhteydessä on kuvassa 1.

Kullan jakautumista eri malmityyppien ja eri isäntämineraalien sekä raekokoluokkien kesken esitetään taulukoissa 4 ja 5. Taulukoissa kullan määrä on esitetty pitoisuusyksikkönä, joka on saatu laskemalla kultarakeiden pinta-alat suhteessa isäntämineraalin ja koko hieen pinta-alaan ja kertomalla alasuhte kullan ja matriisin tiheyssuhteella. Luvut siis vastaavat pitoisuuksia g/t. Taulukossa 4 on näytteiden laskennalliset kultapitoisuudet erilaisten isäntämineraalien suhteen eri malmityypeissä. Ylemmät luvut ovat laskennallisia pitoisuusarvoja (g/t) ja suluissa ovat vastaavat prosenttiosuudet koko kultamäärästä. Pitoisuudet on painotettu koko näytemäärän pinta-alan suhteen ja erilliset tapaukset kunkin malmityyppin näytepinta-alan suhteen.

Noin viidennes pintahieissä havaitusta kullasta oli massiivisessa rikkikiisumalmissa. Siinä, kuten myös kaikissa muissa malmityypeissä, oli merkittävä osa kullasta silikaattien, karbonaattien ja magnetiitin yhteydessä. Sulfidimineraaleista magneetikiisun osuus isäntämineraalina on tässä ryhmässä huomattavan korkea, mikä johtuu yhdessä näytteessä magneetikiisussa olleesta isosta kultarakeesta. Sinkkivälkkeessä ja lyijyhohdeessa on n. 9 prosenttia tämän malmityyppin kullasta. Sinkkivälke ja lyijyhohde ovat remobiloituneet hijsuoni-verkostoksi rikkikiisurakeiden rakoihin.

Massiivisen kuparikiisun yhteydessä oli kohtalaisesti kultaa, mutta tämän malmityyppin pieni osuus kokonaismäärästä alentaa sen merkitystä. Itsenäisinä rakeina kuparikiisun yhteydessä oleva kulta oli merkittävä esiintymistapa.

Suurin osa koko näyteaineiston kullasta oli silikaattipohjai-

Taulukko 4. Eri malmityyppien laskennalliset kultapitoisuudet.

Table 4. Calculated gold contents of ore types.

Malmityyppi	Isäntämineraali					Painotettu pitoisuus
	hermeminer.	kuparikiisu	magneetikiisu	sinkkivälke	lyijyhohde	
1	0,5 (15,4)	0,01 (0,3)	0,06 (1,8)	0,04 (1,0)	0,03 (0,8)	0,4 (19,3)
2	0,6 (1,1)	0,3 (0,5)	0,005 (0,01)	0,2 (0,3)	0,01 (0,02)	0,05 (2,0)
3	6,6 (54,1)	0,5 (4,1)	0,1 (1,3)	2,1 (17,5)	0,2 (1,8)	1,9 (78,0)
4	0,006 (0,03)	-	-	-	-	0,001 (0,03)
painotettu pitoisuus	1,7 (70,7)	0,1 (4,9)	0,07 (3,0)	0,4 (18,7)	0,06 (2,8)	2,3 (100)

Taulukko 5. Kullan jakautuminen raekokoluokkiin malmityyppin ja isäntämineraalin mukaan (prosentteina malmityyppin koko kultamäärästä).

Table 5. Distribution of gold grain sizes by ore type and host mineral.

Raekokoluokka µm	Isäntämineraali					Yhteensä
	hermeminer.	kuparikiisu	magn.kiisu	sinkkivälke	lyijyhohde	
Malmityyppi 1: massiivinen rikkikiisumalmi						
< 2	2,4	-	-	-	-	2,4
2 - 5	23,5	2,9	0,5	3,4	0,9	31,2
5 - 10	13,2	-	-	2,2	-	15,4
10 - 20	17,7	-	-	8,8	-	26,5
20 - 30	-	24,5	-	-	-	24,5
30 - 40	-	-	-	-	-	-
40 - 100	-	-	-	-	-	-
yhteensä	56,8	27,4	0,5	14,4	0,9	100,0
Malmityyppi 2: massiivinen kuparikiisumalmi						
< 2	2,7	0,07	-	0,2	0,06	3,0
2 - 5	13,0	0,8	0,7	1,1	0,5	16,2
5 - 10	16,5	0,5	2,3	2,9	1,8	23,9
10 - 20	23,3	-	3,6	0,9	1,8	29,6
20 - 30	10,0	-	2,5	-	-	12,5
30 - 40	14,7	-	-	-	-	14,7
40 - 100	-	-	-	-	-	-
yhteensä	80,2	1,4	9,1	5,1	4,2	100,0
Malmityyppi 3: hienorakeinen sulfidipirote						
< 2	1,8	0,1	-	0,1	-	2,0
2 - 5	12,0	0,6	0,5	0,8	0,2	14,1
5 - 10	15,6	0,8	0,9	2,0	0,4	19,6
10 - 20	20,1	1,8	0,2	1,8	0,4	24,3
20 - 30	9,8	-	-	1,8	1,2	12,9
30 - 40	6,0	1,9	-	-	-	7,9
40 - 100	3,5	-	-	-	-	3,5
> 100	-	-	-	15,7	-	15,7
yhteensä	68,7	5,2	1,6	22,2	2,3	100,0

sessä hienorakeisessa kuparikiisu-lyijyhohde-sinkkivälkepirotteessa (malmityyppi 3). Siinä todettiin sinkkivälkkeen yhteydessä kookas, 100 x 160 µm kultarake, joka yksinään jo aiheutti koko näytemäärään n. 0,3 g/t pitoisuuden.

YHTEENVETO

Pyhäsalmen malmassa on kaksi malmityyppiä, jotka sisältävät keskimääräistä runsaammin kultaa: 1) lyijyhohde-falertsimeneraaliseurie karbonaattikivissä ja malmin karsileptiittisulkeumissa sekä 2) kuparikiisuvaltainen malmityyppi, joka voidaan edelleen luokitella neljään alaryhmään: I) massiivinen rikkikiisumalmi, jossa on kuparikiisu-sinkkivälke-magneettikiisubreksiaa, II) massiiviset kuparikiisuojuonet, III) hienorakeiset kuparikiisu-sinkkivälke-lyijyhohdepirotteet leptiitti- ja kalkkikivisulkeumissa ja IV) karkeahkot rikkikiisu-kuparikiisupirotteet serisiittiliuskeissa.

Kullan raekoon vaihtelu on sängen laaja: alle 1 µm:stä aina 160 µm:iin. Useimmat rakeet ovat kooltaan hyvin pieniä, mutta muutamat harvat isot rakeet määräävät surella paino-

osuudellaan koko kullan käyttäytymisen.

Karsileptiittisulkeumissa kulta esiintyy sekä silikaattien (ja karbonaatin sekä magnetiitin) että sulfidimineraalien yhteydessä, mutta runsaimmin kuitenkin sulfidien yhteydessä. Erityisesti hessiitti-kultaseurie on luonteenomainen tälle malmityypille.

Kuparivaltaisessa malmityypissä kultaa on silikaattimateriaalien yhteydessä määrällisestikin merkittävästi. Kuitenkin muutamat harvat suuret rakeet voivat tässäkin malmityypissä selittää suuren osan kullan analyttisestä käyttäytymisestä. Vaikka malmityyppi onkin kuparikiisuvaltainen, on sinkkivälke kuitenkin merkityksellinen kullan seuralaissulfidi.

Jätteen kultapitoisuus oli siihen aikaan, kun rikkikiisurikastetta ei tehty, likimain syötteen kultapitoisuuden luokkaa. Kulta rikastuu jätteestä tehtyyn vahvamagneettiseen fraktioon yhdessä magnetiitin ja magneettikiisun kanssa. Myös kevyt fraktio sälsi runsaammin kultaa kuin jäte keskimäärin osoittaen, että jätteen kulta on suurelta osin silikaattien ja karbonaattien yhteydessä. Raekoon mukainen jako rikasti kultaa karkeampaan fraktioon. Suuria kultarakeita ei jätteestä löydetty.

SUMMARY

DISTRIBUTION OF GOLD IN THE PYHÄSALMI ORE DEPOSIT

The distribution of gold in the Pyhäsalmi massive pyrite-Cu-Zn ore deposit was studied with microscopic methods, separation of mineral fractions and chemical analyses. Two ore types display Au concentrations that exceeded the average value of the deposit: 1) the galena-fahlerz assemblage in carbonate rocks and in calc-silicate-bearing felsic volcanic rock inclusions in the ore, and 2) the chalcopyrite-rich ore. The grain size of gold varies within wide limits from 1 µm to 160 µm. Most of the grains are small, less than 10 µm in size, but the few large grains are important for the economy of gold

extraction. Gold occurs both in gangue minerals and in sulphides. Gold is frequently accompanied by galena and hessite in the galena-fahlerz ore, whereas sphalerite is the most common associated sulphide mineral in the chalcopyrite-rich ore. In the fractions separated from the waste, gold favours the magnetic fraction together with magnetite and pyrrhotite. The total amount of magnetic fraction was only 0,5 wt.%. The light fraction also included more gold than waste on average, indicating that the gangue minerals host most of the gold grains in the waste.

Ydinjätteiden loppusijoitukseen liittyvät geologiset tutkimukset

Projektipäällikkö, fil.lis. Paavo Vuorela, Geologian tutkimuskeskus, Ydinjätteiden sijoitustutkimukset

Lyhennelmä esitelmästä Geologiliitto ry:n symposiossa 24.3.1988 "Geologiset tutkimukset ydinjätteiden loppusijoituksen suunnittelussa"

JOHDANTO

Samana vuonna ensimmäisen suomalaisen ydinvoimalan käynnistymisen kanssa 1977 perustettiin Geologian tutkimuskeskukseen (GTK) kauppa- ja teollisuusministeriön toimeksiannosta projekti ydinjätteiden loppusijoitustutkimuksia varten. Projektin tehtäväksi annettiin ydinjätteiden sijoitukseen vaikuttavien tekijöiden tarkka selvittäminen aina sijoituspaikan valintaa, suunnittelua ja rakentamista myöten. Tarkoituksena oli myös asiantuntemuksen turvaaminen viranomaisten edellyttämiä geologisia arvioita ja asiantuntijalausuntoja varten.

Ydinjätteistä ovat Suomen lain mukaan vastuussa jätteiden tuottajat, siis voimayhtiöt. Teollisuuden Voima Oy (TVO) ja Imatran Voima Oy (IVO) perustivatkin Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunnan (YJT) vuonna 1978 vastamaan ydinjätteiden loppusijoitukseen liittyvän kehitys- ja tutkimustoiminnan koordinoimista.

IVO:n kahden ydinvoimalaitosyksikön käytetty polttoaine viedään sopimuksen mukaisesti Neuvostoliittoon. TVO:n käytetty polttoaine on aiemmin suunniteltu vietäväksi ulkomaille, mutta tämän hetken näkemysten mukaan se tullaan sijoittamaan Suomen kallioperään. Huomattavaa on, että myös mahdollisesti ulkomaille lähetetyn käytetyn polttoaineen korkea-aktiivinen jälleenkäsittelyjäte palautettaisiin normaalitapauksessa takaisin Suomeen loppusijoitettavaksi.

Käytetyn polttoaineen lisäksi kaikkien voimalaitosyksiköiden tuottamat laitos- ja lopulta laitosten purkujätteet tullaan sijoittamaan Suomen kallioperään. Näiden pääasiassa ns. matala- ja keskiaktiivisten jätteiden aktiivisuus on polttoainejätteeseen verrattuna vähäinen ja välttämätön säilytysaika lyhyempi. Geologisesti ei tänä aikana kallioperässä ole odotettavissa muutoksia.

GTK:ssa suoritettavat ydinjätteiden loppusijoitustutkimukset liittyvätkin pitkäikäisen käytetyn polttoaineen loppusijoituksen turvallisuuteen vaikuttavien geologisten tekijöiden selvittelyyn.

GEOLOGINEN PERUSTUTKIMUS

Voimayhtiöiden teettämien loppusijoituksen paikanvalintatutkimusten rinnalla on GTK:n ydinjätteiden sijoitustutkimusryhmä keskittynyt KTM:n energiaosaston julkisella rahoituksella turvallisuuteen mahdollisesti vaikuttavien geologisten perustekijöiden selvittelyyn. Geologisen perustutkimuksen pääkohteet ovat kallioperän rakenteen ja mahdollisten liikuntojen tutkimukset sekä toisaalta kallioperässä olevaan pohjaveteen liittyvät tutkimukset.

Kallioperän rakenne

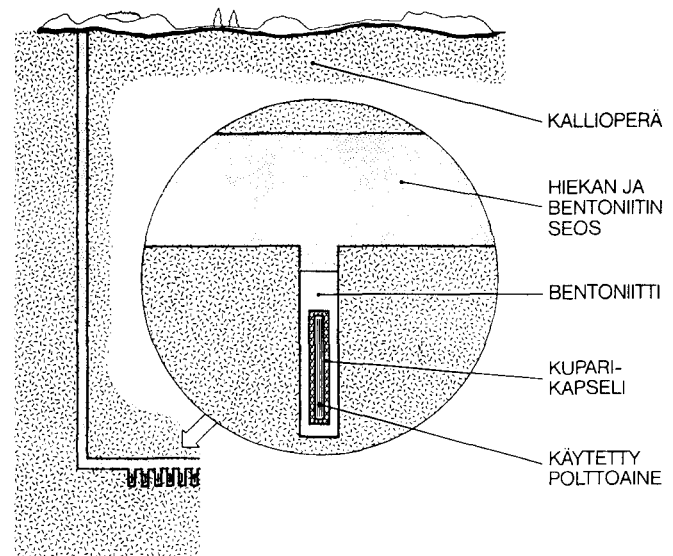
Sekä päätelmä Suomen kallioperän soveltuvuudesta käytetyn

polttoaineen loppusijoitukseen että aluevalintatutkimuksiin sovellettu näkemys Suomen kallioperän mosaiikkimaisesta lohkorakenteesta perustuivat jo tunnettuun geologiseen perustutkimusaineistoon.

Kallioperän rakennetutkimuksissa pyritään rakenneanalyysien lisäksi mittaamaan kallioperän nykyisten horisontaali- ja vertikaaliliikuntojen määrä. Nykyisillä liikuntovyöhykkeillä tapahtuvat todennäköisimmin myös tulevaisuuden voimakkaammat kallioperäliikunnot. Nykyliikuntojen tuntemisen myötä kallioperän käyttäytymisen ennustettavuus paranee. Pohjoismaisena yhteistyönä on tutkittu postglasiaalisia siirroksia tarkoituksena selvittää uusien siirrostien syntymahdollisuudet tulevien jääkausien yhteydessä /1, 2/.

Kalliopohjavesitutkimukset

Kallioperän rakennetutkimusten perustavoitteena on hoitaa ydinjätteiden loppusijoitus niin, että sekä 500 metrin syvyydessä sijaitseva loppusijoitustila että ydinjätteitä sisältävät kuparikapselit säilyvät ehjinä tulevissa kallioperän liikunnoissa (kuva 1).



Loppusijoituksen periaate ja radioaktiivisten aineiden eristämisestä huolehtivat esteet.

Kuva 1. Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen periaate ja radionuklidien vapautumisen ja kulkeutumisen geologiset ja tekniset esteet.

Fig. 1. Principle for final disposal of spent fuel and geological and technical barriers preventing release and transport of radionuclides.

Jos kapselit rikkoutuvat, liuenneiden ydinjätteiden ainoa tapa päästä kallioperän pintaan, on kulkeutua sinne pohjavesivirtausten mukana.

Pohjaveden alueelliset virtaukset keskittyvät ruhjevyöhykkeisiin yleensä topografiasta aiheutuvan painegradientin ajamana. Syvien kairareikien lämpötilamittauksilla on pyritty selvittämään eri kivilajien radiogeenisestä lämmöntuotosta aiheutuvia lämpögradientteja pohjaveden virtaukseen vaikuttavana tekijänä /3/. GTK:ssa kehitetyllä näytteenottolaitteistolla on ollut mahdollista saada kalliopohjavesinäytteet yli kilometrin mittaisista malminetsinnän kairausrei'istä. Makeiden vesikerrosten alta on löytynyt voimakkaastikin suolaisia (10 %) pohjavesikerrostumia, jotka ovat iältään ilmeisesti hyvin vanhoja ja lähes liikkumattomia /4/. Uudella tiedolla on merkitystä ydinjätteiden loppusijoituksen kannalta. TVO suorittaa laajoja pohjavesitutkimuksia tutkimusalueillaan. TVO:n ja GTK:n kalliopohjavesitiedot yhdistettynä tulevat lähivuosina antamaan uuden kuvan Suomen kallioperän syvien pohjavesien koostumuksesta ja virtauksesta.

Migraatiotutkimukset

On todettu, että kalliopohjaveden virtaus tapahtuu yleensä kallion rakoihin muodostuneita kanavia pitkin. Tällöin radionuklidien pidättymisessä kallioperään ratkaiseva osuus on raontäyteenä olevien mineraalien sorptio-ominaisuuksilla. Raontäyteen ja rakomineraalit koostuvat suurelta osin verkosilikaaiteista, kiilteistä ja kloriitista ja jopa paisuvahilaisista mineraaleista. Näiden mineraalien radionuklidien pidätysominaisuudet ovat muita mineraaleja huomattavasti paremmat. Eri kivilajien, mineraalien ja luonnollisten rakopintojen pidätysominaisuuksia tutkitaan GTK:n ja Helsingin yliopiston radiokemian laitoksen välisenä yhteistyönä /5/.

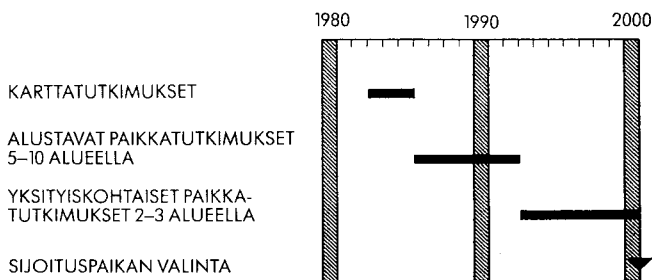
KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUKSEN ALUEVALINTA

Geologian tutkimuskeskuksessa 1980-luvun alussa tehdyissä geologisissa yleisselvityksissä todettiin, että käytetyn polttoaineen turvallinen loppusijoittaminen Suomen kallioperään on mahdollista, joskin yksityiskohtaisemmat lisätutkimukset ovat tarpeen /6, 7/.

Valtioneuvoston marraskuussa 1983 tekemän ydinjätehuollon pitkän aikavälin periaatepäätöksen mukaan voimayhtiöiden oli ensimmäisenä välitavoitteenaan esitettävä vuoden 1985 loppuun mennessä Suomesta useita loppusijoituksen jatkotutkimuksiin soveltuvia alueita (taulukko 1).

Yleisselvitysten perusteella voitiin todeta, että mm. loppusijoitusmuodostuman kokoa, homogeenisuutta ja loppusijoi-

Taulukko 1. Sijoituspaikatutkimusten aikataulu.
Table 1. Schedule for site selection studies.



tussyvyyttä koskevat suositukset voidaan Suomen kallioperässä toteuttaa, eikä useidenkaan jääkausien aiheuttama eroosio kuluta kallioperää niin syväälle, että sillä olisi loppusijoituksen kannalta oleellista merkitystä /6/.

Suomen kallioperä on ainekseltaan lujaa ja tiivistä ja sen vesipitoisuus on alhainen. Ruhjevyöhykkeissä kallioperän rikkonaisuus on kuitenkin runsasta ja vedenjohtavuus ympäristöä suurempi. Loppusijoituksen geologisista soveltuvuustutkimuksista suuri osa keskittyykin kallioperän liikuntoja ja pohjaveden virtausta hallitsevien ruhjevyöhykkeiden sijoittumisen ja rakenteen selvittelyyn.

Aluevalintatutkimukset 1983–1985

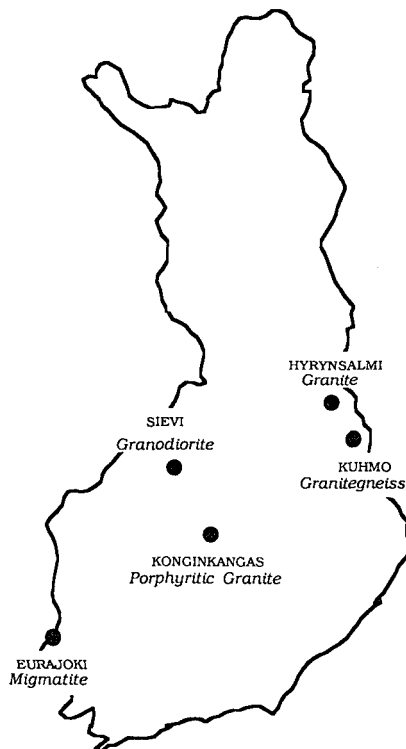
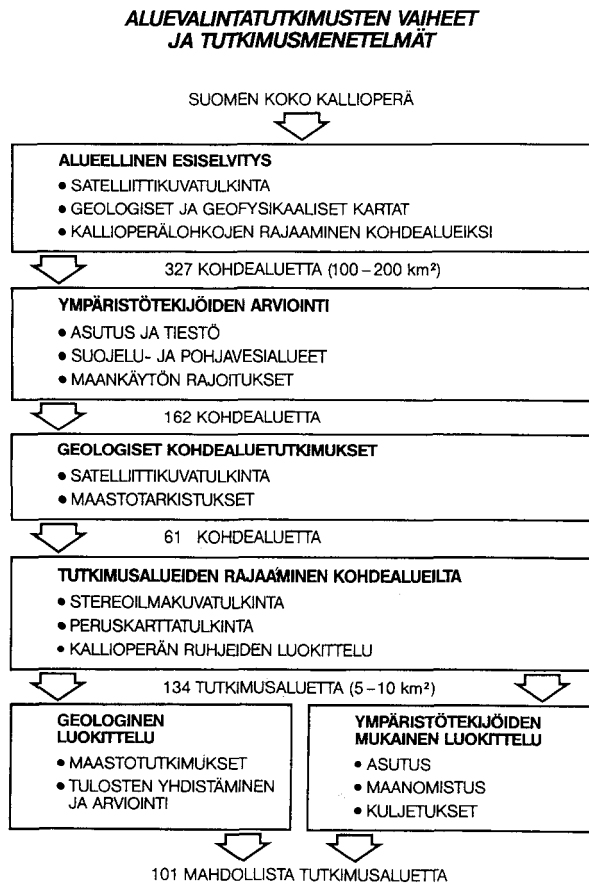
Loppusijoituksen tutkimusaluevalinnan lähtökohtana on maamme kallioperän rakenteellinen analyysi pienimittakaavaisista satelliittikuvista (1:1 000 000–400 000). Ne ilmentävät parhaiten Suomen kallioperän mosaiikkimaista lohkorakennetta, jossa ruhjeiden ympäröimät ehjät lohkot ottavat osaa pääasiassa maankohoamisesta aiheutuviin kallioperän liikuntoihin. Satelliittikuvista on edetty suurimittakaavaisten karttojen (1:50 000–20 000) ja stereoilmakuvien (1:60 000) tarkasteluun. Pienessä mittakaavassa valittujen laajojen kohdealueiden (yleensä yli 100 km²) sisältä on määritetty lähinnä stereoilmakuvatulkinnan perusteella pienempiä lohkoja, joiden koko (minimikoko noin 5 km²) täyttää alustavassa tarkastelussa loppusijoituspaikalle asetettavat geologiset vaatimukset /8/.

Aluevalinta perustui lisäksi koko maan kattavaan valikoimaan geologisia ja geofysikaalisia karttoja. Käytössä oli myös joukko erikoiskarttoja mm. luonnonvarat, malmitiedosto, pohjavesivarat, harjut, maannousu, suo- ja vesistökartat sekä peruskartta-aineisto yleensä.

Tutkimusohjelman (taulukko 2) alkuvaiheessa otettiin geologisten tekijöiden lisäksi huomioon myös ympäristötekijät mm. tiestö, kaupungin läheisyys, luonnonsuojelualueet jne. /9/. Tällöin 327 kohdealueesta hylättiin noin puolet. Jäljelle jääneistä alueista valittiin 61 tutkimuksiin parhaiten soveltuvaa kohdealuetta, joiden sisältä valittiin 134 tutkimusaluetta, jotka edelleen luokiteltiin neljään luokkaan jatkotutkimuksiin soveltuvuutensa mukaan. Valintakriteereinä käytettiin mm. alueiden rikkonaisuutta, topografiaa, peitteisyyttä ja muodostuman kokoa. Arviointikriteerien merkitys vaihtelee; mm. peitteisyys aiheuttaa sen, että alueen soveltuvuuteen ei vähäisen informaation vuoksi voida ottaa kantaa. Lähes tärkein kriteeri käsittelee alueen rikkonaisuutta, rakoilun määrää ja ruhjevyöhykkeiden läheisyyttä. Myös topografiavaihtelu ilmentää rikkonaisuutta ja tämä stabiilisuden ja pohjaveden liikkuvuuden kannalta tärkeä tekijä tulee valinnassa korostetusti esiin. Kuva tutkimusalueista jää 2-ulotteiseksi ja esim. vaaka- tai loiva-asentoisten rako- ja siirrosvyöhykkeiden toteaminen ilman kairauksia ei yleensä ole mahdollista. Tutkimusaluevalinnan neljäs luokka hylättiin heikosti soveltuvana.

Vuonna 1985 valituista 101 tutkimusalueesta hylättiin vielä 17 aluetta ympäristöministeriön esityksestä. Vuoden 1987 alussa TVO valitsi viisi tutkimusaluetta jatkotutkimuksia varten. Eurajoki valittiin valintaohjelman ulkopuolelta vertailualueeksi, koska myös alustavassa turvallisuusanalyysissä on tätä aluetta käytetty mallina. Valitaanko tutkimuksiin lisäalueita ja löytyykö nyt valittujen alueiden joukosta riittävän hyvä alue, tullaan näkemään viimeistään vuoteen 1992 mennessä. Tällöin valitaan 2–3 aluetta tarkempia tutkimuksia varten. Loppusijoituspaikan valinta tapahtuu vuonna 2000 ja sen jälkeen on tutkimuksiin aikaa vielä 10 vuotta.

Taulukko 2. Aluevalintatutkimusten päävaiheet vuosina 1983–1985.
Table 2. Stages in selection of investigation areas in 1983–1985.



Kuva 2. Vuoden 1987 keväällä valitut 5 tutkimusalueita.
Fig. 2 In the spring 1987 five sites were selected for further investigations.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Vuorela, P., Kuivamäki, A. and Paananen, M., Neotectonic bedrock movements. A preliminary survey of the Pasmajärvi fault. Geological Survey of Finland, Nuclear Waste Disposal Research, Report YST-57, 1987. 15 p.
2. Paananen, M., Venejärven, Ruostejärven, Suasseljän ja Pasmajärven postglasiaalisten siirrostien geofysikaalinen tutkimus. Geologian tutkimuskeskus, Ydinjätteiden sijoitustutkimukset, YST-59, 1987. 97 s.
3. Kukkonen, I.T., Terrestrial heat flow and groundwater circulation in the bedrock in the Central Baltic Shield. Manuscript, submitted to Tectonophysics. 1987.
4. Blomqvist, R., Lahermo, P., Lahtinen, R. and Halonen, S., Geochemical profiles of deep groundwater in Precambrian bedrock in Finland. Geological Survey of Finland, Nuclear Waste Disposal Research, Report YST-58, 1987. 29 p.
5. Suksi, S., Kämäräinen, E.-L., Siitari-Kauppi, M. and Lindberg, A., Sorption and diffusion of cobalt, nickel, strontium, iodine, cesium and americium in natural fissure surfaces and drill core cups studied by autoradiography, III. Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies, Report YJT-87-17, 1987. 69 p.
6. Niini, H., Hakkarainen, V. ja Patrikainen, P., Korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoituksen geologiset tekijät. Geologian tutkimuskeskus, Ydinjätteiden sijoitustutkimukset, Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta, Raportti YJT 82-36, 1982. 189 s.
7. Vuorela, P. ja Hakkarainen, V., Suomen kallioperän soveltuvuus korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoitukseen. Geologian tutkimuskeskus, Ydinjätteiden sijoitustutkimukset, Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta, Raportti YJT 82-58, 1982. 67 s.
8. Salmi, M., Vuorela, P. ja Kuivamäki, A., Käytetyn ydinpoltoaineen loppusijoituksen geologiset aluevalintatutkimukset. Geologian tutkimuskeskus, Ydinjätteiden sijoitustutkimukset, Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta, Raportti YJT 85-27, 1985. 37 s.
9. Ryhänen, V., Aikäs, T. and Vuorela, P., Site investigations for final disposal of spent nuclear fuel in Finland. Proceedings of an International Symposium on the Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes, IAEA, Hannover, 3-7 March 1986. p. 329-340.

SUMMARY

GEOLOGICAL INVESTIGATIONS IN PLANNING OF NUCLEAR WASTE DISPOSAL

According to general geological investigations in 1980's as well as international geological recommendations the Finnish bedrock has been determined as suitable for the final disposal of the spent nuclear fuel. In 1983 the Industrial Power Company Ltd. (TVO) commissioned the Geological Survey of Finland to carry out regional geological investigations in whole Finland to find several suitable areas up to the end of 1985 for further site selection investigations. This was the first stage in the Governments decision in principle made in 1983 according to which a repository site shall be selected by the end of 2000.

In site selection investigations hundreds of regional bedrock blocks were evaluated. Inside the bedrock blocks 134 smaller investigation areas were found. The classification of the chosen areas was mainly based on geological criteria. 101 investigation areas were accepted for further site selection and in 1987 five investigation sites were chosen for more detailed study.

Until the end of 1987 the groundwater from about 40 drill holes, mainly made for explorational purposes, has been investigated by the Geological Survey of Finland. The results indicate that layered groundwater structures, with a more saline layer under a fresher one, are common in Precambrian crystalline bedrock areas. Terrestrial heat flow measurements have also been made in deep drill holes to measure temperature gradients which may possibly cause regional groundwater flow in crystalline bedrock. A composition and flow pattern of the groundwater as well as a dynamic model of the bedrock are geological factors which have an effect on the planning of the nuclear waste disposal.

Tara Mines Ltd., Irlanti

DI Eero Laatio, DI Pekka Lovén ja DI Seppo Lähteenmäki, Outokumpu Oy / Tara Mines Ltd.

YLEISTÄ

Tara Exploration and Development Co. Ltd., joka omistaa Tara Mines Ltd.:n, perustettiin vuonna 1953 Kanadassa. Ihmeellinen sattuma oli, että yhtiön ensimmäinen kaivos löytyi vain noin 10 km:n päästä kuuluisista Taran kukkuloista Irlannissa. Taran kukkuloilla ei siis ole mitään tekemistä itse kaivoksen nimen kanssa. Kaivos sijaitsee Navan-nimisessä, noin 20.000 asukkaan kaupungissa, joka on 50 minuutin ajomatkan päässä luoteeseen Dublinista, Irlannin pääkaupungista (kuva 1).

Vuodesta 1962 alkaen yhtiön malminetsintä perusmetallien löytämiseksi oli erittäin voimakasta koko Irlannin alueella. Vuonna 1967 säädetty laki myönsi suuria verohelpotuksia uusille kaivoksille. Tarkoitus oli edistää malminetsintää Irlannissa. Tämän lain seurauksena myös Tara Exploration aloitti uudelleen voimakkaan malminetsinnän, ja vuonna 1970 aloitettiin kairaukset Navanin alueella. Malmin löytyessä yhtiö työskenteli vuoden 1940 Minerals Development Act -lain pohjalta. Tämä laki takasi valtiolle oikeuden kontrolloida kaikkia kaupallisia mineraaliesiintymiä niin, että yksityisille maanomistajille piti maksaa korvauksia mineraalioikeuksista. Maaliskuussa 1971 yksityinen yhtiö Bula Ltd. antoi lehdistödotteen, missä se ilmoitti hankkineensa maatalan mineraalioikeuksien alueelta, missä malmi tuli pintaan. Lukuisten oikeuskäsittelyjen jälkeen tuli päätös, että Bula omistaa alueen mineraalioikeudet. Taran alkuperäinen kairaus osoitti alueella olevan noin 8 miljoonaa tonnia korkeapitoista sinkkimalmia, mikä näin ollen menetettiin. Alueella ei ole vielääkään kaivos-toimintaa.

Taran kokonaiskairaus vahvisti Navanin malmiesiintymän suuruudeksi noin 60 miljoonaa tonnia, pitoisuuksien ollessa noin 10,1 % Zn ja 2,6 % Pb.

Oikeudenkäyntien aikana vuonna 1973 Irlannin valtio perui 20 vuoden verohelpotuksen. Kaivosyhtiöt joutuvat maksamaan verot, ja siellä, missä valtio omistaa mineraalit, myös royalty-maksut on maksettava. Tämä muutos rasitti kaivoksen alkua taloudellisesti erittäin paljon.

Vaikka sinkkiteollisuudessa elettiin voimakkaan nousun aikaa, Tara Mines Ltd.:llä oli suuria vaikeuksia saada sovitukset ehdoista malmin louhimiseksi valtion kanssa. Lopullisesti sopimus syntyi helmikuussa 1975, mutta vasta syyskuussa samana vuonna se vahvistettiin allekirjoituksilla.

Sopimusehtojen mukaan Irlannin valtio omistaa 25 % osakkeista ja saa hyödykseen 4,5 % vuotuisen royalty-maksun tuloista ennen veroja.

Vuotuisiksi malmin louhinnaksi sovittiin 2.300.000 tonnia malmia ja sopimus on voimassa 25 vuotta.

Tara Mines Ltd.:n omistaa siis 25-prosenttisesti Irlannin valtio ja loput 75 % omistaa Tara Exploration Co. Ltd., jonka puolestaan Outokumpu Oy omistaa kokonaan.

Tuotanto Euroopan suurimmalla sinkkikaivoksella alkoi kesäkuussa 1977, kuusi ja puoli vuotta malmin löytymisen jäl-



Kuva 1. Yleiskuva kaivosalueesta.
Fig. 1. General view of the Tara mine area.

keen. Kokonaisinvestoinnit kaivoksen käynnistämiseksi olivat noin 150 milj. USD.

Tuotanto alkoi vaatimattomasti. Lukuisten teknisten ja geologisten vaikeuksien takia tuotanto vuonna 1978 oli vain 1.390.000 t. Vuoden 1980 aikana tuotanto saatiin jo tasolle 2.135.000 t, mutta vuonna 1981 helmikuussa alkanut lakko, joka kesti aina helmikuuhun 1982, sotki tuotantosuunnitelmat uudelleen. Vuoden 1982 jälkeen on tuotantotavoitteet saavutettu, ja vuonna 1986 rikastamon syöttö oli 2.535.000 t malmia, mikä oli 35.000 t yli tavoitteen. Pitoisuudet olivat suunnitelman mukaiset eli 8,31 % Zn ja 1,86 % Pb.

Kokonaishenkilövahvuus elokuussa 1987 oli 836 henkeä. Kaivoksen kokonaisvahvuus on 392 henkeä, rikastamon 82 ja kunnossapidon 266 henkeä. Loput hieman yli 90 henkeä työskentelee erilaisissa hallinnollisissa tehtävissä.

Henkilöstö on pääasiassa Irlannista, ja vain noin 10 % työvoimasta on maan rajojen ulkopuolelta lähinnä kaivoskokemuksen saamiseksi paikkakunnalle. Irlannissa ei ole varsinaista kaivosinsinööriä koulutusta.

Tara tuottaa n. 300.000 t sinkkirikastetta pitoisuuden ollessa noin 55 %. Tämä vastaa noin 20 % koko Euroopan tuotannosta ja hieman yli 10 % koko Euroopan kulutuksesta. Kaivoksen liijyutuotanto on noin 58.000 t rikastetta pitoisuuden ollessa noin 63 %. Tämä puolestaan vastaa noin 8 % koko Euroopan liijyutuotannosta. Sinkistä saatavat tulot ovat kaivokselle luonnollisesti merkittävämmät eli noin 93 % tuloista.

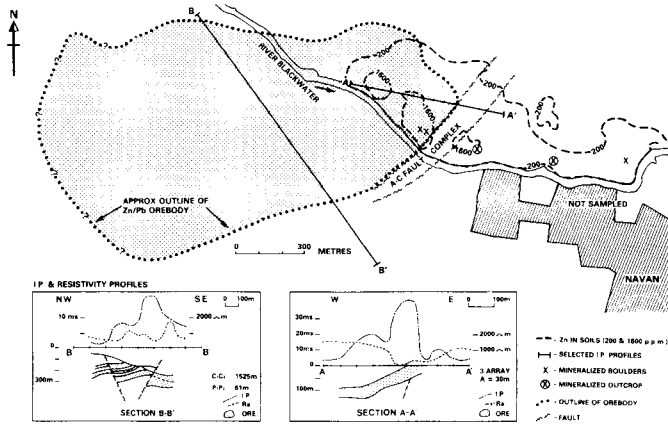
Taran kaivos on hyvä esimerkki nykyaikaisesta kaivoksesta, missä ympäristö on otettu tarkoin huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Malmiesiintymiä löytyi aivan kaupungin vierestä, minkä takia melu- ja värinänormit ovat tiukat, ja niitä myös kontrolloidaan jatkuvasti kiinteiltä asemilta. Ympäröivä maa-

seutu on tasaista, mikä huomioitiin rakennuksia suunnitel-
taessa. Esimerkiksi korkea rikastamorakennus louhittiin 3
metriä kallion sisään, jotta maisema säilyisi mahdollisimman
ehjänä. Rakennusten väritys koko alueella on suunniteltu so-
veltumaan ympäröivään maisemaan. Ympäristösuojeluun
kiinnitetään kaiken kaikkiaan paljon huomiota.

LÖYTÖHISTORIA

Malmintsintä Navanin alueella alkoi vuonna 1969 suoritetu-
lla alueellisella geokemiallisella näyteenotolla. Näyteväli oli
tuolloin 152 m ja tyypillinen näytesyvyys noin 15 cm. Tutki-
muksella löydettiin anomalia River Blackwater -joen pohjois-
puolelta. Anomalia oli kooltaan noin 900 m x 400 m ja huip-
pitoisuudet olivat noin 5.000 ppm Zn ja 2.000 ppm Pb vas-
taavien tausta-arvojen ollessa 90 ppm Zn ja 45 ppm Pb.
Näyteenottoa tihennettiin (30 m näyteväli), jolloin käsitys
anomaliasta vahvistui ja se samalla laajeni (kuva 2).

Kesän 1970 aikana tehdyllä kartoituksella ja lohkar-etsin-
nällä löydettiin paljastuma ja mineralisoituneita lohkaraita
joen pohjoispuolelta. Tehdyt geofysikaaliset mittaukset osoit-
tivat muodostuman jatkuvan joen eteläpuolelle ja ulottuvan



Kuva 2. Navanin malmiesiintymän geokemialliset ja geofysi-
kaaliset anomaliat.

Fig. 2. Summary of geochemical and geophysical anomalies
near Navan orebody.

ainakin 290 m syvyyteen.

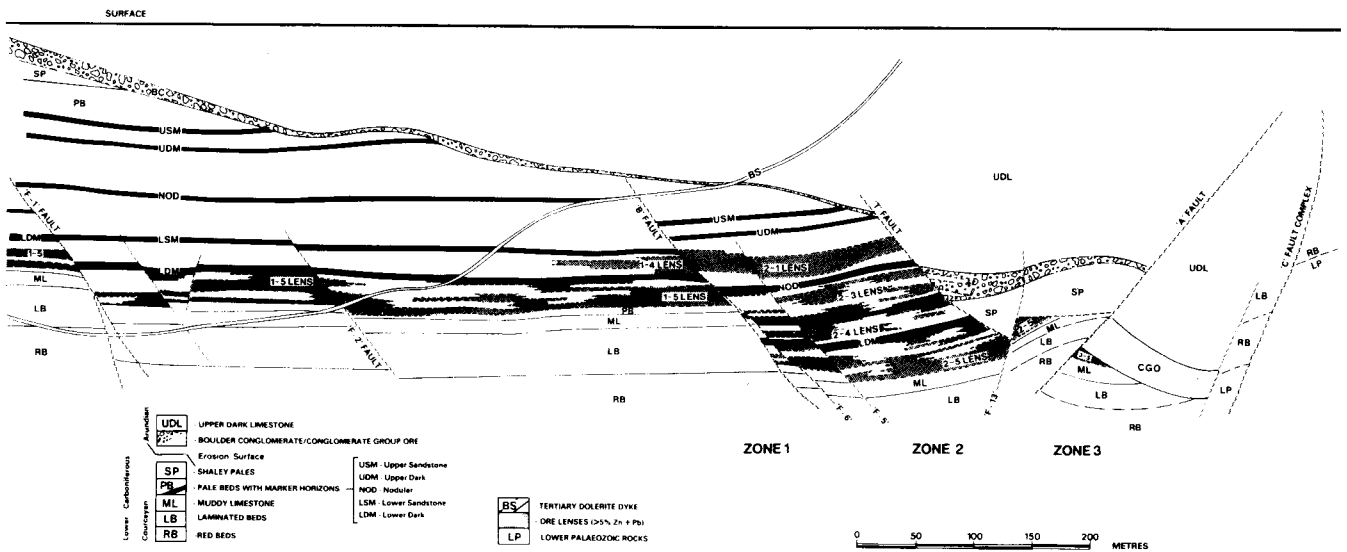
Ensimmäinen timanttikairareikä lävisti marraskuussa 1970
12 m paksun mineralisoituman, jossa oli 8,5 % sinkkiä ja lyijy-
jä yhteenlaskettuna. Kun neljännellä ja viidennellä reiällä
lävistettiin paksu (37 m ja 32 m) mineralisaatio, jossa yhteen-
lasketut sinkki- ja lyijypitoisuudet olivat 13,8 % ja 30,1 %, käynnistettiin laaja kairausohjelma, joka kesti vuoden 1972
elokuuhun asti. Tuona aikana kairattiin kaikkiaan 355 reikä.
Kairausohjelmalla löydettiin 69,9 Mt malmia, jonka pitoisuudet
olivat 10,9 % Zn ja 2,63 % Pb (cut-off -pitoisuus 4 % Zn
+ Pb).

Maanomistusoloista johtuen Tara menetti muodostuman
pohjoisosan. Kaivoksen avaustyöt alkoivat vuonna 1973 muo-
dostuman eteläosassa, joka käsittää valtaosan esiintymästä.
Tuotanto käynnistyi vuonna 1977. Malmiesiintymän rajoja ei
vielä tunneta läntisiltä osilta.

GEOLOGIASTA

Malmin isäntäkivenä on vaalea kalkkikivikerrostuma (Pale
Beds), jonka paksuus vaihtelee 30 - 120 m, ja jonka kaade on
noin 20° - 40° SW. Pale Beds -kerroksen yläpuolella on sarja
kerrostuneita tummia kalkkikiviä ja liuskeisia mustia kalkki-
kiviä. Tämän kerroksen (Upper Dark Limestones) paksuus
vaihtelee 60 - 200 m. Pale Beds -kerroksen alapuolella on
noin 5 - 15 m paksu kompetenttikerrokseen, jota kutsutaan nimel-
lä Muddy Limestones. Tämän kerroksen alapuolella on noin
40 m paksu kerros nimeltään Laminated Beds. Edelleen alas-
päin mentäessä tullaan punaiseen konglomeraatteja ja hiek-
kakiveä sisältävään Red Beds -kerrokseen, joka on lujuudeltaan
erittäin heikkoa. Kalliomekaanisilta ominaisuuksiltaan
parhaat ovat Pale Beds- ja Muddy Limestones -kerrokset.
Vaikka Upper Dark Limestones -kerroksen kiviaines itses-
sä on lujaa, aiheuttaa etenkin kerroksen alaosan voimakas
liuskeisuus paikoitellen louhosten katon pysyvyyso ongelmia.

Malmiesiintymä jakaantuu kolmeen siirrosten erottamaan
vyöhykkeeseen: Zone 1, joka on B-siirroksen pohjoispuolel-
la, Zone 2, joka on B- ja A-siirrosten välissä ja Zone 3, joka
on A-siirroksen eteläpuolella. Suurin osa mineraalisaatiosta
on Pale Beds -kerroksen alaosassa muodostuen sarjasta ker-
rosmyötäisiä linssejä. Tulkinnan helpottamiseksi linsit määri-
tellään stratigraafisesti suhteessa Pale Beds -kerroksessa ole-
viin johtohorisontteihin (kuva 3). Esimerkiksi Zone 2:n alim-



Kuva 3. Kulun suuntainen leikkaus malmiosta.
Fig. 3. Strike section through Navan orebody.

mainen linssi on malmin jalkapuolen ja Lower Dark Marker -horisontin välissä, ja sitä kutsutaan nimellä 2-5 Lens. Stratigraafisesti ylinä oleva malmi on eroosiopinnan, joka on Pale Beds -kerroksen ja Upper Dark Limestones -kerroksen välissä, yläpuolella olevassa Bolder Conglomerate-kerroksessa. Tälle malmille on tyypillistä korkea rikkikiisupitoisuus ja sitä kutsutaan Conglomerate Group -malmiksi. Malmi on paksuimmillaan esiintymän itäosassa oheten asteittain länteenpäin mentäessä. Minerologiaaltaan malmi on yksinkertainen. Arvominaaleina ovat sinkkivälke ja lyijyhohde suhteessa 5 : 1. Hopeaa esiintyy pieninä määrinä ja se saadaan talteen lyijyrakasteeseen.

MALMIARVIO

Malmivarat on jaettu kolmeen kategoriaan: todettuihin, todennäköisiin ja mahdollisiin malmeihin. Todettuihin malmivaroihin kuuluvat ne louhoksissa ja pilareissa olevat malmit, jotka on kairattu maan päältä ja maan alta vähintään 15 - 20 m profiilivälein. Todennäköisiin malmeihin kuuluvat ne malmit, jotka ovat todettujen malmien ulkopuolella ja jotka on kairattu maan päältä ja maan alta tutkimusperistä vähintään 40 m pisteväliltä. Mahdollisiin malmeihin kuuluvat ne malmit, jotka on kairattu pelkästään maan päältä, tavallisesti 80 m profiilivälillä. Malmiarviolaskelmat tehdään geostatistisesti tietokoneen avulla.

Tällä hetkellä tunnetut malmivarat on esitetty taulokossa 1.

Taulukko 1. Malmiarvio 31.12.1986.

Table 1. Ore reserves 31.12.1986.

	Tonnia	Zn %	Pb %
Todettua malmia	8.765.000	11,52	2,50
Todennäköistä malmia	16.640.000	8,40	2,13
Mahdollista malmia	27.674.000	7,80	3,07
Yhteensä	53.079.000	8,60	2,68

KAIIVOS

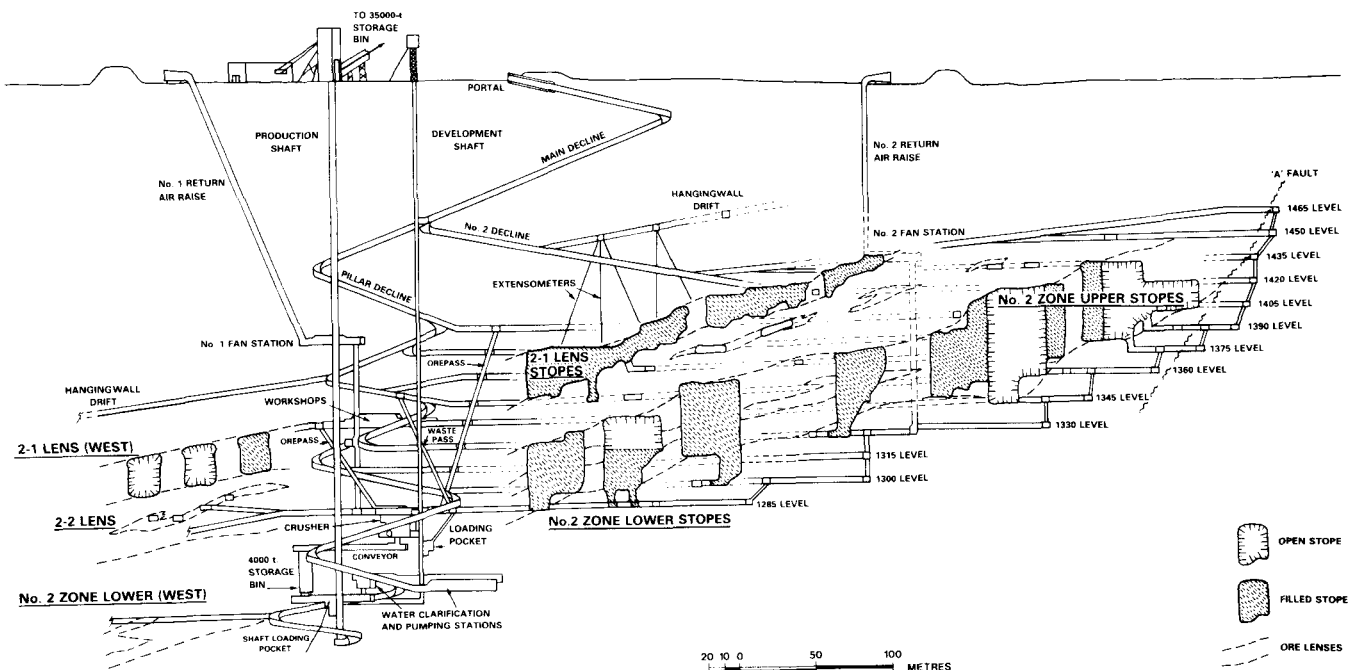
Kaivoksen avaustyöt alkoivat vuonna 1973 Knocumberissa, 2 km länteen Navanin kaupungista. Vinotie, poikkileikkaukseltaan 5,5 m x 3,5 m ja kaltevuudeltaan 20 %, ajettiin malmin läpi kattopuolelta jalkapuolelle, jolloin malmin tarkempi geologinen kartoitus voitiin aloittaa. Vinotietä jatkettiin aina tulevien kuilujen pohjatasolle asti. Apukuilun ajo aloitettiin heinäkuussa 1973. Kuilu palveli alussa valmistavien töiden malmin ja raakun nostossa. Nykyään apukuilua käytetään henkilökuljetuksiin ja raakun nostoon.

Kaivossuunnittelu jatkui vuoden 1974 aikana, vaikka kaikki muut työt olivat pysähdyksissä 13 kk:n ajan, kun neuvotteluja louhintaoikeuksista käytiin viranomaisten kanssa.

Tuotantokuilu ajettiin ja varustettiin vuosien 1976 ja 1977 aikana. Kuilu on halkaisijaltaan 5,03 m ja se on betonipinnoitettu. Ensimmäinen malmikapallinen nostettiin huhtikuussa 1977.

Johtuen malmin jalkapuolen heikoista kivistä kaikki pysyvät tilat on rakennettu malmin yläpuolelle tai malmissa oleviin pilareihin. Kuilupilarissa on kaksi kuilua, yksi kolmesta tuuletusasemasta, murskaamo, maanalainen korjaamo ja päävinotunneli. Kuilupilarin lisäksi malmissa on useita kuljetuspilareita, jotka jakavat malmin louhinnallisiin lohkoihin (kuva 4).

Valmistavat työt (noin 18.000 m³ vuonna 1987) jakaantuvat yleisiin valmistaviin töihin ja louhinnan valmistaviin töihin. Perät pyritään ajamaan malmissa lukuunottamatta kattopuolelle ajettavia tutkimusperiä, jotka palvelevat kairauksen lisäksi mm. täyttöä, tuuletusta ja kalliomekaanisia seurantamittauksia. Peränajossa käytetään pneumaattisia kolmipuumisia jumboja. Reiät panostetaan ANO:lla lukuunottamatta reuna-reikiä, joissa käytetään voimakasta räjähtävää tulilankaa (80 g/m). Perät lujitetaan käyttäen 2,1 m:n sementti- tai hartsijotettuja harjateräspultteja. Jonkin verran käytetään myös mekaanisia kärkiankkuripultteja. Pulttustyö on mekanisoitu



Kuva 4. Kaivoksen pituusprojektiio.
Fig. 4. Longitudinal projection of mine workings.

(2 kpl Eimco-Secoma Pluton 17 pultitusjumboa) osittain. Pultteja käytetään keskimäärin 3,5 yksikköä/perämetri. Ruis-kubetonia joudutaan käyttämään huonoimmissa paikoissa, etenkin Zone 3 -alueella. Ruisbetonin kulutus on noin 100 m³/kk.

LOUHINTAMENETELMÄT

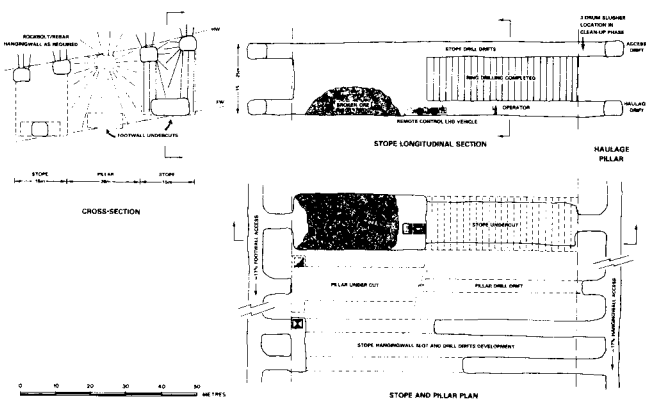
Louhintamenetelmäksi valittiin alunperin pengertäyttölouhinta pengerkorkeuden ollessa 15 m. Louhosleveys oli 12,5 m ja pituudet vaihtelivat 50 - 100 m. Louhoksen jalkakontaktiin ajettiin lastausperä ja 15 m ylemmäksi porausperä, joka levitettiin koko louhoksen levyiseksi, pultitettiin ja verkotettiin. Porausperästä porattiin Ø 57 mm reikiä yhdensuuntaisesti käyttäen 2,1 m:n reikäväliä edun vaihdella 1,8 - 2,1 m. Jokaisen räjäytyksen jälkeen louhus rusnattiin ja lastattiin tyhjiin LHD-koneella. Kun koko pengeri oli louhittu, se täytettiin kovettuvalla jätetäytöllä porausperän tasolle asti. Seuraava pengeri louhittiin vastaavasti lastauksen tapahtuessa täytteen päältä.

Louhinnan rytmityksessä ilmenneiden vaikeuksien takia pengertäyttölouhinta korvattiin välitasolouhinnalla paksuissa malmin osissa. Louhosleveys säilyi 12,5 m:nä korkeuden vaihdella 30 - 80 m. Viuhkaporauksessa käytettiin Tamrockin paineilmatoimisia Solotrack-porausvaunuja. Ohuemmissa malminosissa, missä koko malmin paksuus (10 - 20 m) voidaan louhia penkereenä, pengertäyttölouhinta sovelletaan edelleen. Louhosleveys vaihtelee nykyään 12,5 - 30 m tilanteen mukaan. Kattoperää ei enää levitetä, vaan poraus tapahtuu viuhkaporauksessa. Lastausperä sen sijaan levitetään 10 m levyiseksi. Porauksessa käytetään edelleen Solotrackeja. Käytössä on lisäksi kaksi Tamrockin hydraulista Solo H606 -pitkäreikäporauslaitetta. Lastaus tapahtuu etenevän rintauksen alta kauko-ohjattuja LHD-koneita käyttäen.

Pilarit, jotka jäävät kovettuvien täytteen väliin, louhitaan periaatteessa samalla tavalla kuin ensimmäisen vaiheen louhoksetkin. Pilarit täytetään pelkällä luokitetulla jätteellä (kuva 5).

Room-and-Pillar -menetelmää sovelletaan ohuimpiin malmin osiin. Pilareihin jää noin 18 % malmista.

Räjähdyksineen käytetään ANO:a ja dynamiittia. Sytytys tapahtuu nykyään Nonel-järjestelmää käyttäen. Tyypillinen kertäräjätys pengertäyttölouhinnassa on noin 3000 - 4000 t malmia. Momentaanista räjähdysainemäärää säätelee paikallisten viranomaisten kaivoksen välittömässä läheisyydessä oleville rakennuksille asettama heilahdusnopeuden raja-arvo



Kuva 5. Louhintamenetelmä.
Fig. 5. Mining method.

(7,62 mm/s). Momentaaninen räjähdysainemäärä voi tämän rajan puitteissa vaihdella räjäytyspaikasta riippuen 15 - 100 kg.

MALMIN KÄSITTELY

Louhe lastataan 4 m³:n ja 6 m³:n LHD-koneilla ja kuljetetaan 25 t:n dumperilla kaatonousuihin tai suoraan murskaimelle. Tällä hetkellä on käytössä kaksi maanalaista murskaamoja, joista toinen sijaitsee kuilupilarissa ja toinen malmin pohjoisosassa. Murskaimilta malmi kuljetetaan hihnakuuljettimilla varastosiilon, jonka kapasiteetti on 3.600 t. Varastosiilosta malmi siirretään kahdella hihnakuuljettimella tuotantokuilun mittataskuihin. Malmi nostetaan kahdella 17 t:n pohjasta tyhjentävällä kapalla pieneen siiloon, josta edelleen hihnakuuljettimella maanpäälliseen varastoon, jonka vetoisuus on 35.000 t.

Louhinnan painopisteen siirtyessä länteen päin, on rakenteilla tällä hetkellä kaksi uutta maanalaista murskaamoja.

TÄYTTÖ

Louhokset täytetään luokitetulla rikastamojätteellä, joka kuljetetaan hydraulisesti louhoksiin putkilinjoja ja täyttöreikiä myöten. Rikastamon jätteestä noin 60 % saadaan kaivostäytteeksi. Kovettuvassa täytössä jätteeseen lisätään kuonasementtiä (30 % Portland-sementtiä, 70 % kuonaa). Seossuhde vaihtelee 1 : 15 - 1 : 40.

Sementtijättesuhde määräytyy täytettävän louhoksen korkeuden mukaan ja vaihtelee louhoksen sisällä. Täytteen laatua valvotaan päivittäisillä suotautumisnopeustesteillä ja puristuslujuusmäärityksillä. Suotautumisnopeus pyritään pitämään täyttöaseman syklooneita säätämällä 7,5 cm/h ja 10 cm/h välillä. Kaivostäytteen tyypillinen hienous on n. 35 % alle 200 mesh.

Täytteen puristuslujuus (112 vrk) vaihtelee 850 - 100 kN/m² riippuen sementti - jäte - suhteesta (1:10 - 1:30).

Jätetäytön lisäksi käytetään valmisteleivissa töissä syntyvää raakkaa täytteeksi aina, kun sopiva louhos on riittävän lähellä raakun syntymispaikkaa.

TUULETUS

Tuuletusjärjestelmä on periaatteeltaan imevä. Tällä hetkellä käytössä on kolme tuuletusasemaa; kaksi maan alla ja yksi maan päällä.

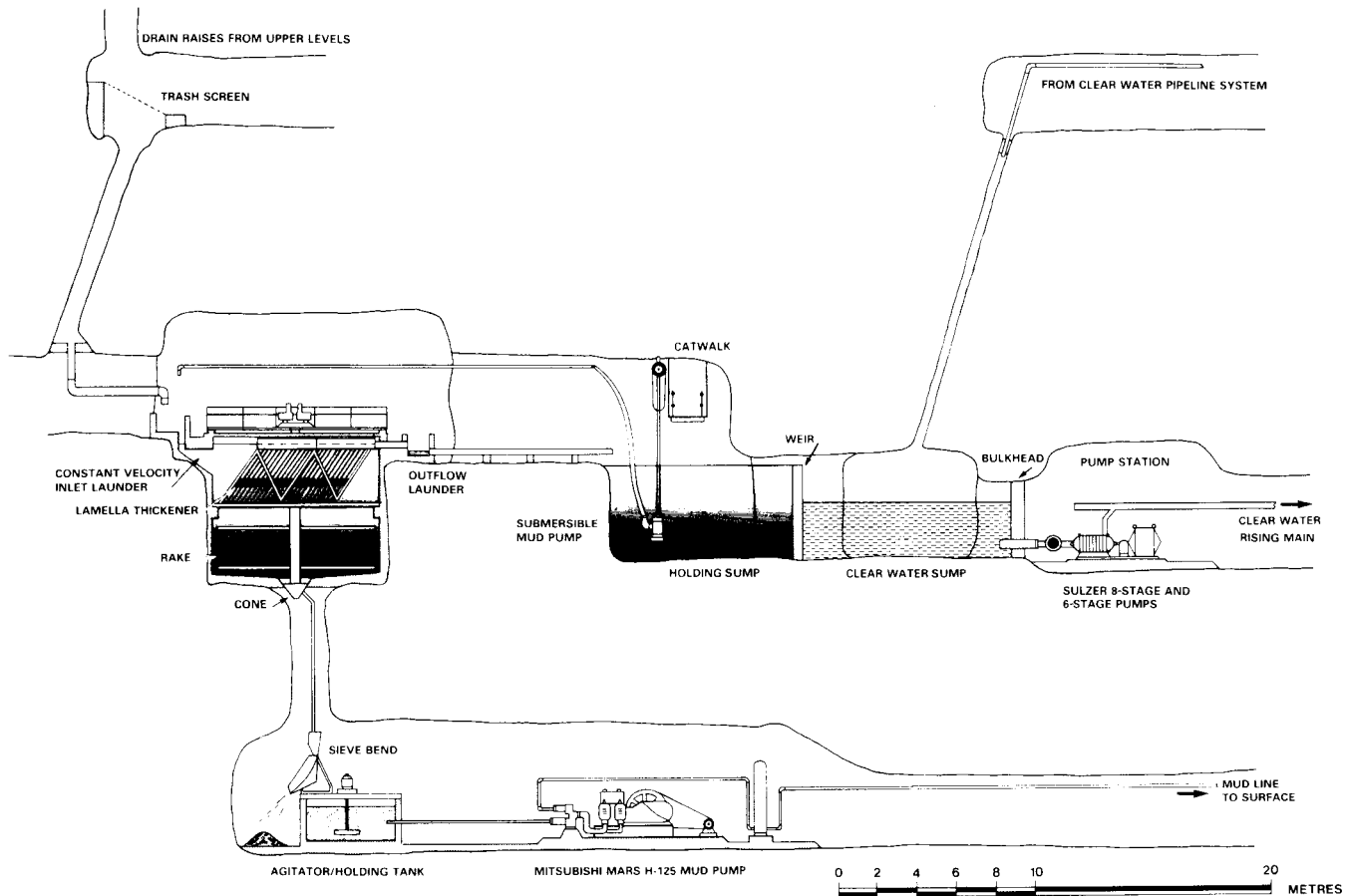
Kumpikin maanalainen asema on varustettu kahdella 2,24 m halkaisijaltaan olevalla aksiaalipuhaltimella. Yhdessä puhaltimista on hydraulinen siipikulman säätömahdollisuus. Kunkin puhaltimen nimellisilmamäärä on 118 m³/s 1,8 kPa:n paineella.

Kolmas asema sijaitsee maan päällä ja se palvelee kaivoksen luoteisosia. Asema on varustettu kahdella säteittäispuhaltimella halkaisijaltaan 2,94 m. Puhaltimien nimellisilmamäärä on 118 m³/s 2,75 kPa:n paineella.

Kaivoksen poistoilmansuujen yläpäät on varustettu äänenvaimentimilla ja lisäksi ne on suunnattu vaakasuorasti maavallia vasten melutason alentamiseksi. Viranomaiset ovat asettaneet melurajaksi kaivosalueen rajalla 45 dB A.

Raitis ilma kaivokseen menee vinotietä, tuotanto- ja apukuilua sekä kolmea halkaisijaltaan 3,66 m olevaa raitisilmansuaa myöten.

Tuuletuksen laatua valvotaan jatkuvilla ilmamäärän ja epäpuhtauksien mittauksilla.



Kuva 6. Veden- ja liejunpoistojärjestelmä.
Fig. 6. Water clarification and pumping system.

VEDEN- JA LIEJUNPOISTO

Kokonaisvedentulo kaivokseen on noin 6,8 m³/min. Pohjaveden osuus on 63 %, täyttövesien 19 % ja muun käyttöveden 18 %.

Puhdas vesi, esimerkiksi timanttikairareijistä tuleva, pyritään johtamaan putkistoa myöten suoraan puhtasvesialtaaseen selkeytysjärjestelmän ohi. Kuvassa 6 on esitetty kaivosveden- ja liejunpoistojärjestelmä.

Selkeysjärjestelmään tulevasta vedestä seulotaan ensin + 6 mm aines, esim. puunpalat jne. Seulan alite menee lamelliselkeyttimeen. Lamelliselkeytin koostuu kahdeksasta lamellipakasta, jotka on asennettu selkeytysaltaan yläosaan. Selkeyttimen kapasiteetti on 125 l/s vettä, jossa on keskimäärin 0,75 p-% kiintoainetta (lyhytaikaisesti 1,5 p-% kiintoainetta). Lamelleilta kiintoaines laskeutuu altaan alaosaan, joka on halkaisijaltaan 8,5 m oleva harasakeutin. Sakeuttimen alite menee liejupumpun valmentimeen seulan kautta, joka poistaa + 2 mm aineksen parantaen pumpun venttiileiden ja putkien kestoa. Liejupumpuna on Mitsubishi Mars H-125, jonka kapasiteetti on 13 l/s ja paine 5,3 MPa. Lietetiheys on noin 40 p-% kiintoainetta. Lieju pumpataan Ø 100 mm putkilinjaa pitkin ylös tuotantokuilusta rikastamon jätepumpun kaivoon. Kokonaisnostokorkeus kertyy 406 m.

Selkeyttimen ylite ohjataan kaksiosaiseen altaaseen, jossa ensimmäinen osa toimii toisen vaiheen selkeyttimenä ja toinen osa puhtasvesialtaana.

Selkeytetty vesi pumpataan kahdella kuusivaiheisella Sulzer-pumpulla (kapasiteetti 47 l/s), kahdella kahdeksanvaiheisella Sulzer-pumpulla (kapasiteetti 94 l/s) ja tarvittaessa käy-

tettävissä on lisäksi kolme K.S.B.-pumppua kukin kapasiteetiltaan 22 l/s. Dynaaminen kokonaisnostokorkeus on 416 m.

MUUT TOIMINNOT

Kaivoksen tarvitsema sähkö saadaan valtakunnan verkosta 110 kV:n linjalla, josta se muunnetaan kahdella 20 MVA:n muuntajalla 6.600 V:n jännitteelle sisäistä jakelua varten. Maanalaisen kaivoksen tarvitsema sähköenergia (n. 6 MVA) siirretään 6.600 V:n jännitteellä maanalaisille muuntajille, joissa se muunnetaan 380 V:n käyttöjännitteelle.

Kaivoksen tarvitsema paineilma tuotetaan kolmella Atlas Copco ER9 -kompressorilla, joiden kunkin kapasiteetti on 1.560 l/s ja kahdella Ingersoll-Rand Contact -kompressorilla kapasiteetillaan 2.200 l/s.

Kompressorien kokonaistuotto on 9.100 l/s. Kaivoksen keskimääräinen paineilman kulutus on noin 5.600 l/s huipun ollessa noin 8.500 l/s.

RIKASTAMO

1. YLEISTÄ

Tara Minesin rikastusprosessin suunnitteli kanadalainen Kilborn Engineering Ltd. yhteistyössä Taran henkilöstön kanssa. Suunniteltu malminkäsittelykapasiteetti oli 6.800 t/vrk, ja rikastamon suunniteltiin käyvän seitsemän päivää viikossa.

Virtauskaavio ja rikastuslaitteiden valinta perustuivat pääasiallisesti Galigher-yhtiön Lakefield Researchissa Kanadassa kairasydännäytteillä tekemiin laboratoriokokeisiin ja mineralogiin tutkimuksiin sekä myöhemmin tehtyyn malmin koe-

ajoon em. tutkimuslaitoksessa. Suunnittelun päämääränä oli rakentaa sekä investoinneiltaan että käyttökustannuksiltaan taloudellisesti kilpailukykyinen rikastusprosessi; konetyyppiä valittaessa tästä syystä pyrittiin käyttämään mahdollisimman suuria käytännössä jo taloudellisesti toimiviksi todettuja yksikköjä.

Rikastamo käynnistyi kesäkuussa 1977 kuusi ja puoli vuotta malmiesiintymän löytymisen jälkeen.

Taulukossa 2 on esitetty rikastustulokset v. 1986.

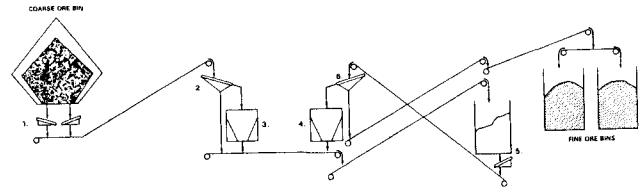
Taulukko 2. Rikastustulokset v. 1986.
Table 2. Mill performance in 1986.

	Analyysit					Saanti		
	t	t/h	Zn, %	Pb, %	Ag, g/t	Zn	Pb	Ag
Malmi	2.516.959	342,5	8,07	1,90	14			
Pb-rikaste	57.772	7,9	8,01	62,94	142	2,3	75,9	22,8
Zn-rikaste	331.017	45,1	54,89	2,34	42	89,4	16,2	38,8
Jäte	2.127.390	289,5	0,79	0,18	6	8,4	8,0	38,5

2. RIKASTUSPROSESSI

2.1 Murskaus (kuva 7)

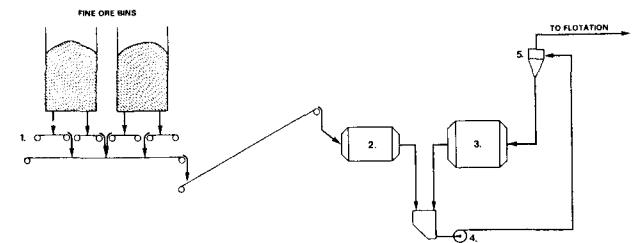
Kaivoksessa karkeamurskattu malmi nostetaan kahdella kappalla maanpinnalla olevaan 35.000 tonnin karkeamurskesiiloon. Siilon alle sijoitetulla neljällä vaunusyöttimellä (1) ja hinnakuljettimella malmi kuljetetaan rikastamoraakennuksen sisällä sijaitsevalle hienomurskaamolle. Hienomurskaamolla malmista seulotaan (2) karkea osa (+ 30 mm) sekundäärimurskaimeen (3) ja seulan alite johdetaan murskesiiloihin. Murskattu malmi kuljetetaan 400 tonnin välisiiloon, josta se siirretään kahdella tärysytimellä (5) tertiärisiilulle (6) menevälle hinnakuljettimelle. Seulan ylite (+ 30 mm) joutuu tertiärimurskaimeen (4) ja alite 4.000 tonnin murskesiiloihin (2 kpl). Murskaamon kapasiteetti on n. 500 t/h.



Kuva 7. Murskaamon virtauskaavio.
Fig. 7. Crushing flowsheet.

2.2 Jauhatus (kuva 8)

Hienomurskattu malmi syötetään murskesiiloista säädettävällä nopeuksilla hinnasyöttimillä (1) tankomyllyyn vievälle hinnakuljettimelle. Kaksivaiheinen jauhatuspiiri käsittää tankomyllyn (2) (Ø 4,1 m x 6,1 m) ja luokitusyklonien (5) kanssa suljetussa piirissä toimivan kuulamylyn (3) (Ø 4,9 m x 6,9 m). Jauhatushienous 60 % - 74 µm säädetään käytössä olevan raekokoanalyysaattorin avulla (Autometrics).



Kuva 8. Jauhatuksen virtauskaavio.
Fig. 8. Grinding flowsheet.

2.3 Vaahdotus (kuva 9)

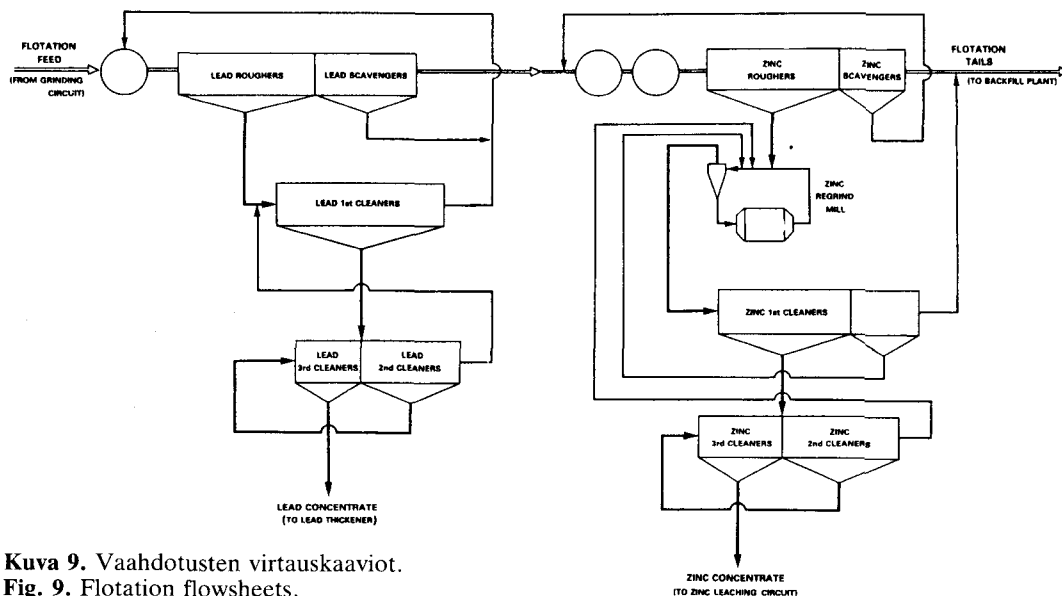
Malmin vaahdotus tapahtuu kahdessa eri vaiheessa: lyijyvaahdotus ja sinkkivaahdotus.

Lyijyn esi- ja ripevaahdotus tapahtuu pH:ssa 8 neljässätoisessa Denver DR 400 vaahdotuskoneessa (tilavuus 11,3 m³/kenno). Saatu esirikaste kerrataan kolmesti kahdessakymmenessä Denver nro 30 sub-A-kennossa (tilavuus 2,8 m³/kenno). Sinkin esi- ja ripevaahdotus tapahtuu kahdessa kennorivissä.

Alkuun kummassakin rivissä oli kaksitoista Denver DR 400 -kennoa. Huhtikuussa 1987 korvattiin yksi neliosainen Denver DR 400 -kenno kaksiosaisella OK-38 -kennolla.

Esirikaste kerrataan kolmesti kuudessakymmenessä DR 200 ja DR 100 -kennossa.

Esirikaste, ensimmäisen kertauksen riperikaste ja toisen kertauksen jäte palautetaan välituotemyllyyn (Ø 3,35 m x 4,3 m) lisäjauhatus varten.



Kuva 9. Vaahdotusten virtauskaaviot.
Fig. 9. Flotation flowsheets.

Taulukossa 3 on esitetty rikastamon jauhinkappaleiden kulutus, eri vaahdotuskemikaalit ja niiden kulutus sekä vedenpoiston eri kemikaalien kulutus v. 1986.

Taulukko 3. Jauhinkappaleiden ja eri kemikaalien kulutus rikastamolla v. 1986.

Table 3. Summary of usage of mill consumables in 1986.

Tangot (Ø 100 mm)	142	g/malmitonni
Kuulat (Ø 50 mm)	104	"
Cylpepsit (Ø 28 mm)	94	"
ZnSO ₄	15	"
Syanidi	8	"
SIPX	30	"
MIBC	12	"
CuSO ₄	374	"
PAX	44	"
Kalkki	559	"
DS-20	1	"
Flokkulantti	4	g/t Zn-rikastetta
Suodatinapuaine	435	" "
Väkevä H ₂ SO ₄	20.585	" "
Polttoöljy	7.241	" "
Suodatinapuaine	440	g/t Pb-rikastetta
Polttoöljy	511	" "

2.4. Liuotus (kuva 10)

Sinkkirikasteen dolomiittipitoisuuden alentamiseksi sinkkirikaste käsitellään kolmivaiheisessa rikkihappoliuotusprosessissa (1).

Sinkkirikasteen MgO-pitoisuutta alennettiin liuotuksella v. 1986 0,50 % → 0,31 %.

2.5 Rikasteiden vedenpoisto ja varastointi (kuva 10)

Lyijyrikaste sakeutetaan Ø 17,5 m sakeuttimessa (8) ja sakeuttimen ylitevesi johdetaan jauhatuspiiriin. Alite pumpataan valmenninpumppukaivoon (9), minne lisätään myöskin suodatinapuaine. Rikaste suodatetaan kiekkosuotimella (10) ja rikasteen kuivaus 7 %:iin tapahtuu kuivausrummussa (11).

Sinkkirikaste sakeutetaan vastaavasti Ø 29 m sakeuttimessa (2), mihin lisätään myöskin flokkulantti. Ylitevesi yhdistetään lyijysakeuttimen yliteveden kanssa ja pumpataan jauhatuspiiriin.

Alite pumpataan valmenninpumppukaivoon (3), mihin lisätään suodatinapuaine. Rikaste suodatetaan kolmella kiekkosuodattimella ja rikasteen kuivaus 9 %:n loppukosteuteen tapahtuu kuivausrummulla (5).

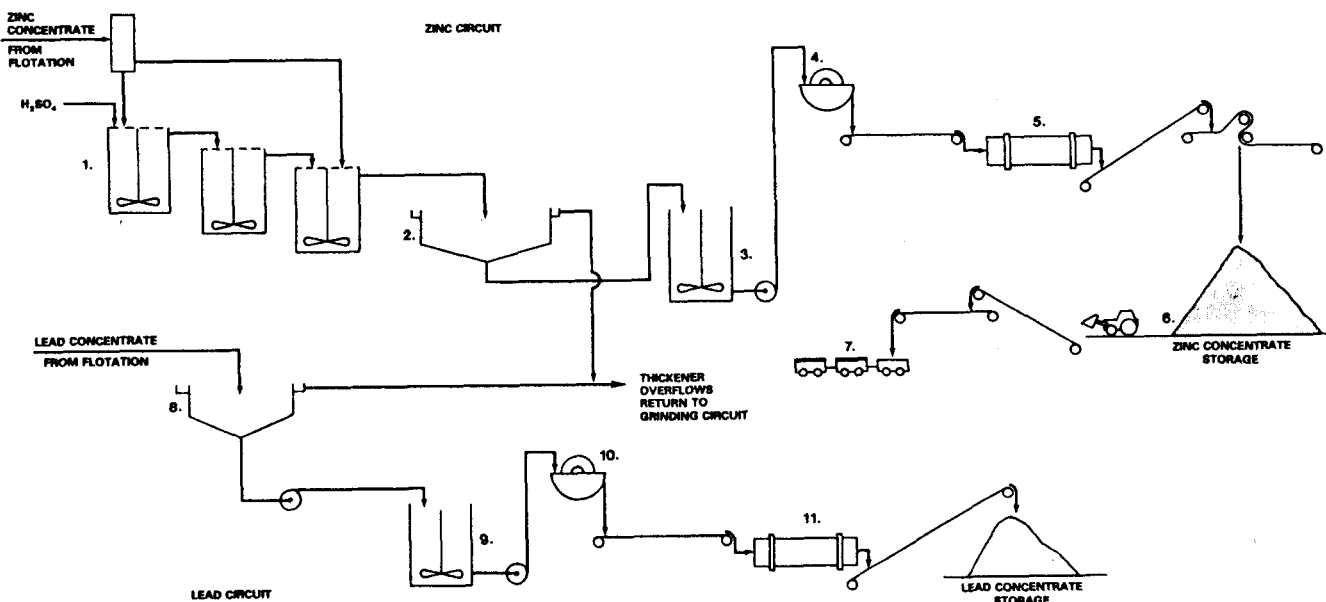
Kuivattujen rikasteiden väliavarastointi tapahtuu katetuissa rikastevarastoissa (6) rikastamon välittömässä läheisyydessä. Rikasteet kuljetetaan rautateitse Dublinin satamaan 55 tonnin rautatievaunuissa. Vaunut on katettu pölyhaittojen ja rikastehäviöiden välttämiseksi. Tara omistaa em. vaunut, mutta Irlannin Valtionrautatiet huolehtii kiskojen kunnossapidosta ja junaliikenteen suorittamisesta.

2.6 Jätteen ja jätevesien käsittely (kuva 11)

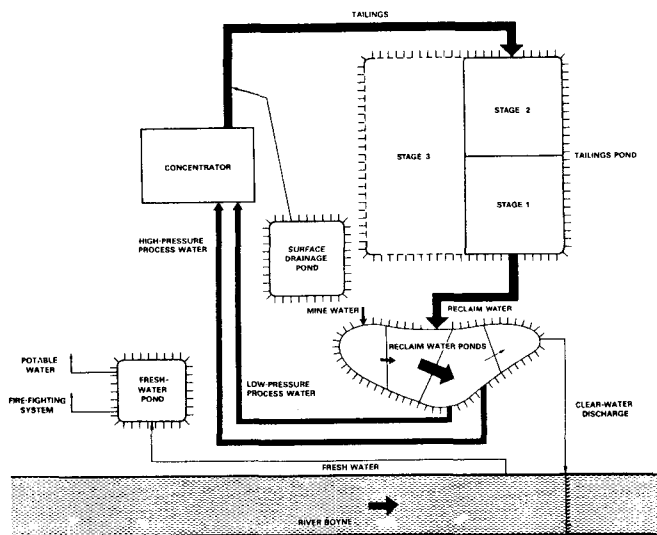
Jäte pumpataan rikastamolta 5 km:n päässä olevalle jätealueelle.

Jätealue on rakennettu kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäinen allas otettiin käyttöön v. 1977 rikastamon käynnistyttyä ja toinen v. 1982. Kolmas laajennusosa otetaan käyttöön alkuvuodesta 1988. Kolmannen vaiheen käyttöönoton jälkeen jätealueen pinta-ala on 160 ha.

Prosessivesi pumpataan jätealueelta kaksivaiheiseen palau-



Kuva 10. Liuotus - vedenpoisto - lastaus virtauskaaviot.
Fig. 10. Leaching - dewatering - load-out flowsheets.



Kuva 11. Vesikaavio.
Fig. 11. Water system.

tusvesialtaaseen. Kaivosvesi pumpataan kaivosvesialtaaseen, mistä se virtaa ylivuotona ensimmäiseen palautusvesialtaaseen.

Ylimäärävesi johdetaan Boyne-jokeen toisesta palautusvesialtaasta puhdasvesialtaan kautta laskulupaehtojen sallimissa rajoissa. Tuore vesi pumpataan Boyne-joesta tuorevesialtaaseen, joka samalla toimii palosuojelun vara-altaana.

3. PROESSIN OHJAUS

Jauhatuksen ja vaahdotuksen valvonta tapahtuu keskusvalvomossa. Murskaamon toimintoja seurataan murskaamon valvomossa, joka on keskusvalvomon välittömässä läheisyydessä. Vedenpoiston ja jätteenkäsittelyn seuraamiseksi on kummallekin rakennettu oma valvomonsa lähelle em. prosessivaiheita.

SUMMARY

TARA MINES Ltd., IRELAND

Tara Mines Ltd. Zinc Mine was founded after a base metal deposit was discovered in 1970 in the surroundings of Navan, 60 kilometers north-west of Dublin. Tara began development of the Navan orebody in 1973 and production commenced 4 years later during June 1977.

The ore reserves are estimated to be about 53 million tons with average content of 8,6 % Zn and 2,7 % Pb. The mine is fully mechanized.

The main mining method is stope and pillar mining with benching. All underground voids are filled with hydraulic backfill.

Annual production is about 2,6 million tons of ore contain-

COURIER 300 röntgenanalysointilaitteita asennettiin rikastamolle jo rakennusvaiheessa ja PROSCON 20/200 prosessisäätöjärjestelmä otettiin käyttöön v. 1981. Järjestelmän pääkomponentit ovat PROSCON 20 MC -mittaus- ja säätöasemat ja PROSCON 200, joka koordinoi koko järjestelmän toimintaa ja hoitaa mm. tietojen keruun, tilastoinnin, raportoinnin, prosessitietojen näytön sekä kommunikoinnin prosessiohjaajan kanssa.

4. LABORATORIO

Pinta-alaltaan 700 m²:n analyttinen laboratorio on jaettu neljään osastoon: näytteiden käsittely, röntgen-fluoresenssi, märkä analysointi ja ympäristönsuojelu.

Laboratorion käytössä olevista laitteista mainittakoon Philipsin jatkuvatoiminen röntgenspektrometri, Perkin Elmerin liekkiatomiabsorptiospektrometri ja Perkin Elmerin hiilianaalysointilaitteita. Laboratorio tekee keskimäärin 125 näytteestä 450 analyysiä päivittäin.

5. KUSTANNUKSET

Rikastamon käyttökustannukset vuonna 1986 on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Rikastamon käyttökustannukset v. 1986.
Table 4. Mill costs in 1986.

	mk/malmitonni	%
Palkat	5,33	15,5
Kemikaalit, tangot, kuulat	5,53	16,0
Kunnossapito	5,33	15,5
Sähkö	9,50	27,5
VR-rahdit	3,70	10,7
Satama	3,64	10,5
Muut	1,50	4,3
<u>Yhteensä</u>	<u>34,53</u>	<u>100,0</u>

ing 8,5 % Zn and 2 % Pb. The two-stage wet grinding circuit is fed from the fine ore bins and the slurried product passes directly to the flotation circuits. A lead concentrate is extracted first followed by zinc concentrate. The zinc concentrates are composed mainly of sphalerite and yield typical assays of 54 - 55 % Zn. The lead concentrates consist mainly of galena and assay 60 - 65 % Pb. An Outokumpu COURIER 300 onstream analyzer was installed when the plant was built and an Outokumpu PROSCON 20/200 process control computer system in 1981.

The total number of employees is about 840.

Small scale mining in Chile

M.Sc. (Mining Engineer), Marketing Manager Andrzej Zablocki, Atlas Copco Chilena S.A.C.

INTRODUCTION

It is well known that the Third World Countries produce 40 to 50 % of many key minerals like e.g. bauxite, copper, cobalt, and over 20 % of other important minerals. Even more, the major part of the world's reserves of these minerals can be found in these countries. For most of them, mining products are also the most important ones for the economy of the country, being the main income of foreign currency and important source of employment. Chile belongs to one of them.

Historically there were many minerals that had great importance in economical development of Chile. Gold was dominating during the Colonial Time, silver in XIX and copper from the mid of XIX century. Among the non-metallic minerals, nitrates were the most important up to the moment of synthetic replacement after 1921.

Depressed international prices of copper, gold and silver that could have translated into a negative result in 1985, were countered in Chile by increases in production of those metals and there is no doubt that the country plays today a very important role in the world's mining industry (fig. 1).

Most of the copper deposits in Chile are to be found in the central and northern part of the country, this also applies to other important minerals (fig. 2).

The heavy weight of the mining is certainly in big copper mines, both open pit and underground. 80 % of the copper production belongs to a large state owned company Codelco.

CHILEAN POSITION, WORLD MINING INDUSTRY

Main minerals

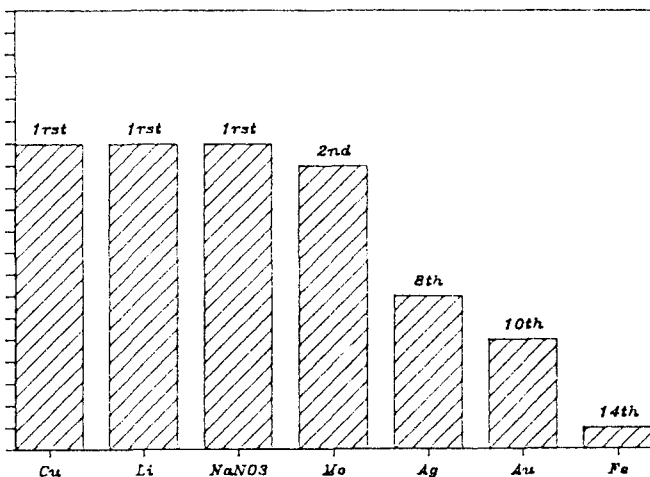


Fig. 1. The Chile's share of the world's production of the main minerals mined in Chile.

Kuva 1. Chilen osuus siellä louhittavien päämineraalien maailmantuotannosta.

In the shadow of this world known producer are several smaller interesting companies operating.

It is also known that the world minerals excavations and smelters' capacity is increasing at a lower speed than the demands. This will lead into the increase of the metal prices in the long run. However, at the moment not only low prices of metals but also difficulties to obtain financing make it impossible to start up big projects. This also gives better chances to develop, modernize and to expand small and medium size mines, especially in the Third World Countries.

Provided, that sufficient exploration work is done and modern excavation methods and equipment are used, small and

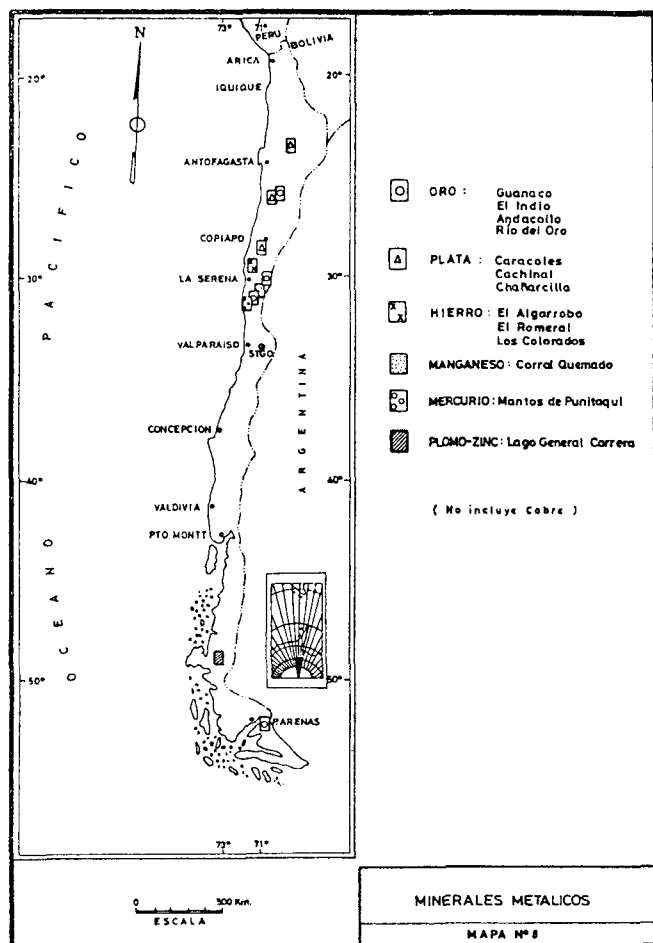


Fig. 2. The most important metal mining areas of Chile.

Kuva 2. Chilen tärkeimmät metallikaivokset.

medium size companies may stay competitive. This is also the case of Chile. There are for instance 15 Diamec — fast hydraulic core drilling machines — working in private mines. 12 small and medium size underground mines are excavating around 19 % of total metallic ore against only 3 big mines of Codelco. In copper production they represent more than 22 %, since they are mining higher grades than Codelco. 19 % of metallic ores perhaps seems to be little, but 10 Mt is about the same as the total mine production e.g. in Finland, including open pit mines.

What interests us is about 10 small underground mines with production between 150.000–600.000 tons/year. Apart of that, there are many "mini" mines with production below 150.000. Altogether, this small sector of underground mining excavates around 5 million tons of ore each year.

The mining industry has a capacity to make economical revolutions and is capable of making very deep changes affecting a great number of people and big regions. The Chilean experience with the mining of famous nitrates in the thirties and heavy dependance of the copper production today also gives a chance to develop other than traditional mining sectors. One of the examples is the growing production of gold where Chile recently became the second largest producer in South America, after Brazil.

One thing is sure — independent on the percentage it will represent — small scale mining will always be of importance in Chile and will grow.

MINING METHODS AND EQUIPMENT

Six of the most important small size mines are mining copper with grades varying between 1,2–4 %.

Up to the end of 1970's, the mines have had very poor knowledge of the ore reserves and were concentrating to mine the richest part of the ore bodies.

Tocopilla mine in the northern part of Chile (close to Antofagasta) represents probably still the traditional system used in different mines characterized by application of different mining methods depending on rock conditions and the shape of the ore body.

Today most of the mines are using sub-level stoping method, either so called conventional or big hole blasting version.

Generally the distance between the sub-levels is between 20–40 m and 20 m crown pillars are left in between.

Blast holers are of 51 mm diameter in the case of pneumatic and of 64 mm diameter in the case of hydraulic drilling. So far there is only one (Punta del Cobre) mine using hydraulic power to drill the holes for both production and development. Application of big hole blasting is getting very popular. Normally top heading and benching is used. Holes of 3½" to 4½" in sizes are drilled with ITH hammers mounted on wagon type or crawler chassis. Drifts at the top are 4–5 m wide and pillars are left in between in the case of wide ore bodies. Development work in most of the cases is done using jack leg drills. When the ore body is horizontal, room and pillar method is used.

There is only one mine in Chile where the ore is hoisted by shaft. Natural conditions allow to have the access to the ore-body by horizontal or incline tunnels.

Because the rock conditions are rather good, the drift can be of large sizes to allow the ordinary front-end loader to load the ore from the draw points. Transport is done using standard 15–20 ton trucks. In some mines where the transport distance is 1,5–2 km, train haulage is used.

Finally, one may say that above mentioned does not differ very much from what is normally applied in any developed country except maybe still a high percentage of hand held light rock drills.

Even bigger ore bodies are many times assisted by rather rich lences and those are sometimes excavated using interesting incline raise enlarging method.

VEIN MINING

Mechanized operation

Generally in Chile the veins are rather narrow close to the surface and get wider with the increasing depth and after a certain distance (maybe several hundreds of meters) are shrinking again.

There are two important gold mines in Chile:

El Bronce de Petorca is situated in the traditional gold mine area. The average gold content is about 6 g/t. The vein has a width of 3–8 m.

Up to 1982 shrinkage stoping was applied having productivity around 2,5–3 t per manshift. At the moment big hole blasting is used and productivity was raised to 10 t/manshift. 3–4" diameter blast holes are drilled with ITH crawlers. 1–3 holes are drilled in a row depending on the width of the vein. Maximum 2 rows are blasted at one time, burden being of 3 m. Because of the side wall dilution, sub-level distances will probably be reduced to 30 m.

Development is done with jack leg drills but the mine is now deciding to use hydraulic small jumbos. Loading is handled by small (1,5 m³) LHD low profile machines and the train is used for main haulage.

El Indio mine, situated at an altitude of 4.000 m, belongs to one of the richest in the world. Production from both open pit and underground is a little more than 0,5 million t/year.

Except gold, the mine produces also silver and copper. It was discovered in 1975 and St. Joe Minerals Corporation have purchased 80 % of the property and production started in 1979. Average grade is 0,3 oz/t of gold, 3,4 oz/t of silver and 5 % copper apart of so called high grade direct shipping ore (DSO) containing 6 oz/t of gold and 4,3 oz/t of silver.

Primary mineralization is of two basic types. Quartz veins with or without native gold, normally 2 m wide (DSO) dipping 65°, and the sulphide veins which are wider (up to 10 m and dip more gently -45°).

There are two open pits at El Indio, located between 4.100 and 4.200 m above sea level. The mining is done in 6,5 m benches. The ore is dumped into Nr. 3 ore pass which feeds to the main haulage level, at 3.900 m where it is hauled by an electric trolley locomotive in 5,5 ton capacity Granby cars.

Cut and fill mining is the normal underground procedure. Three meter horizontal cuts are drilled and blasted down.

Mucking is done with slushers or CAVO 310 loaders and in wide veins with electric scoops. Dry crushed waste is used for fill which is then floored with timber in preparation for the next cut. Raise-bored ore passes are inclined at 60° and are 1,8 m in diameter. The ore is hauled via the same tunnel as the ore from the pit to the coarse ore storage area on the surface.

Productivity is claimed to be high — 17 t/manshift. When getting deeper the vein gets wider (up to 30–40 m) and the mine is planning to use big hole stoping method. The only mechanized equipment underground used at the moment (apart of LHD loaders) is an Atlas Copco PT 50 scaling rig but the first hydraulic drill jumbo is to be soon delivered.

SMALL VEIN MINING OPERATIONS

When it comes to small scale vein mining the main problems with this kind of operation in Chile (and probably in all South American countries) are:

- the veins are small
- very little exploration work has been done
- lack of capital
- located at high altitude

Exploration of the mineral involves investment. It is easy to say that many times the properties are overdrilled to bring the probability to a too high level (fig. 3) and cost can be considerably reduced if lower level is accepted. This applies for developed countries. There is simply no money available in poorer countries to make any kind of exploration work. On the other hand the veins are not so difficult to find and normally are followed with the tunnel that works for both: exploration and excavation.

Lack of balance of the above mentioned main problems is resulting in very poor utilization of the reserves because exploration is limited to zones with high grades only. This of course leads to premature exhaust of the orebody, leaves workings that will be difficult (or dangerous) to reach for the future operation in deeper levels, etc.

There is a trend today to improve this situation and there are some studies made in Chile to develop the proceeding system to mine small veins of the width up to 1 m. Maybe it is interesting to follow some ideas involved with this subject.

Normally the narrower the vein, the richer it is, which justifies a certain width of the dilution. The maximum width of dilution is a balance between the geometrical characteristics of the ore and technical-economical analysis. The optimum for the amount of dilution and the reserves is presented in fig. 4. It can be seen that the point (d, b) is determining the maximum dilution (d) at maximum benefit (b). The maximum width of dilution is a width at which the mineral can be excavated at a maximum profit, with the method that is technically possible. Of course this width will mean the decrease of the average grade and increase in volume of the material to be hoisted (transported). The width of dilution is expressed by the following formula:

$$Ad = Pv \frac{L_M - L_R}{L_{EU} - L_R}$$

where: Ad = width of dilution (m)
Pv = average width of vein (m)
L_M = average grade of vein (g/t)
L_{EU} = economic grade of the excavation unit (g/t)
L_R = grade of the waste rock (g/t)

To find the mentioned balance between the veins geometrics and economics, evaluation is to be done taking different excavation alternatives into consideration.

CONCLUSION

The existing small scale mines at the production level of 150.000 to about 500.000 tons/year are getting more and more mechanized in Chile. There are many efforts made to increase productivity and to solve existing problems (exploration in advance, dilution, fragmentation) and their future looks rather bright.

Lack of capital is an important limitation to develop the smaller operations in new interesting projects. This leads to the artezanian type of exploration of very low productivity and very discontinuous operation, meaning greater costs.

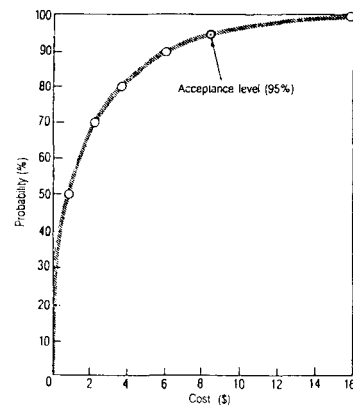


Fig. 3. Probability vs. cost in exploration.
Kuva 3. Malminetsinnän kustannukset vs. varmuus.

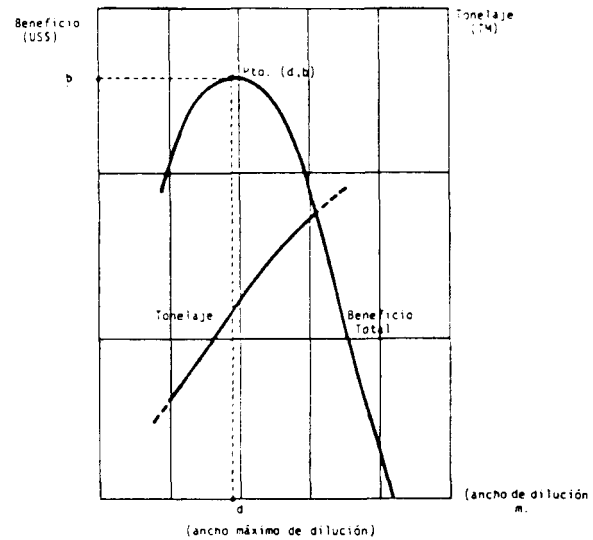


Fig. 4. Correlation between dilution and benefit.
Kuva 4. Raakkulaimennuksen ja tuoton välinen riippuvuus.

Of course suitable equipment is needed to fit especially small vein mining operations. There are hundreds of small deposits and new projects waiting for the development, but without proper financing, they have very little chances. At the moment the owners association of the small mines and properties have purchased a bank and are looking for partners in foreign countries to improve the situation.

YHTEENVETO

PIENTEN KAIVOSTEN TOIMINTAEDELLYTYKSET CHILESSÄ

Chilen pienten kaivosten (150.000 - 600.000 t/an) mekanisointiaste kasvaa jatkuvasti. Kaivosten tuottavuutta on pyritty parantamaan ongelmia (esim. raakkulaimennus) tutkimalla ja poistamalla. Pienten kaivosten tulevaisuus näyttää tällä hetkellä valoisalta.

Pääomien puute on rajoittava tekijä pienten kaivosten kehittämiskohteiden aloittamisessa. Tämän vuoksi tuottavuus pysyy alhaisena ja tuotantokustannukset korkeina.

Erityisesti kaivataan sopivia laitteita juonimalmien louhintaan. Maassa on satoja pieniä kaivoksia, joiden modernisointia rajoittaa pääomien puute. Pienten kaivosyritysten omistajien liitto onkin hankkinut itselleen pankin ja he etsivät ulkomaalaisia yhteistyökumppaneita parantamaan rahoitustilannetta.

Mekaaninen seostus – amorfisten metallien uusi valmistusmenetelmä

Apulaisprofessori Tuomo Tiainen, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Materiaaliopin laitos

Amorfiset metallit on perinteisesti valmistettu sulan metalliseoksen erittäin nopean jäädyttämisen, ns. sulasammutuksen kautta. Sulan aikaansaamiseen ja käsittelyyn liittyvien vaikeuksien vuoksi korkealla sulavien metalliseosten amorfisointi on tällä menetelmällä hankalaa. Mekaanista seostusta käyttäen voidaan metalliseoksia amorfisoida kiinteässä tilassa. Tällöin vältetään sulasammutukseen liittyvät vaikeudet ja voidaan valmistaa esim. korkean kiteytymislämpötilan amorfisia metalliseoksia.

AMORFISTEN METALLIEN VALMISTUS SULASAMMUTUSMENETELMIN

Amorfiset eli kiteettömät metallit ovat erittäin kiinnostavia tulevaisuuden materiaaleja niiden poikkeuksellisten lujuus- ja kovuus- sekä magneettisten ominaisuuksien samoin kuin korroosionkestävyyden ja katalyyttisen käyttäytymisen vuoksi. Amorfiset metallit on perinteisesti valmistettu jäädyttämällä metalliseos suurella (seoksesta riippuen $10^5 - 10^8$ K/s) nopeudella sulasta tilasta alas huoneenlämpötilaan eri menetelmin. Näiden, ns. sulasammutusmenetelmien etuna on suuri tuotantonopeus, mutta haittana taas ovat sulan muodostamiseen ja käsittelyyn liittyvät vaikeudet etenkin korkean sulamispisteen metalliseoksilla. Lisäksi suuresta jäähtymisnopeusvaatimuksesta johtuen muodostuvan tuotteen yksi dimensio on aina pieni, luokkaa 0.02 – 0.05 mm. Muodoltaan sulasammutusmenetelmällä valmistettavat tuotteet ovat siten nauhoja, kuituja, hiutaleita tai pulvereita, joista lopullinen, makroskoopinen tuote on valmistettava erilaisia kompaktointimenetelmiä soveltaen. Koska sulasammutusmenetelmillä vaivattomasti valmistettavien amorfisten metalliseosten kiteytymislämpötilat ovat verrattain alhaiset, parhaimmillaan luokkaa 450 – 550°C, ei perinteisen pulverimetallurgian sintrausmenetelmiä voida sellaisenaan soveltaa niiden kompaktointiin.

AMORFISOINTI MAHDOLLISTA MYÖS KIINTEÄSSÄ TILASSA

Viimeisten viiden vuoden aikana on havaittu, että määrätty edellytykset täyttävissä metalliseoksissa amorfinen rakenne muodostuu myös kiinteässä tilassa tapahtuvan reaktion välityksellä /1/,/2/. Nykyisen käsityksen mukaan amorfisoitumisreaktio tapahtuu kahden, atomaarisessa kosketuksessa olevan metallin välisellä puhtaalla rajapinnalla, mikäli a) ko. metallien sekoittumisentalpia on voimakkaasti negatiivinen, b) niiden diffusiviteetit toistensa hilassa poikkeavat voimakkaasti toisistaan ja c) ne eivät muodosta keskenään stabiileja yhdisteitä, joissa suuremman seosatomien alihilan rakenne on läheisessä suhteessa ko. puhtaan metallin kiderakenteeseen /1/,/3/,/4/. Kiinteän olomuodon amorfisoitumisreaktion matala tapahtumislämpötila takaa yleensä riittävän kineettisen esteen metallien välisten yhdisteiden ydintymiselle ja pysäyttää reak-

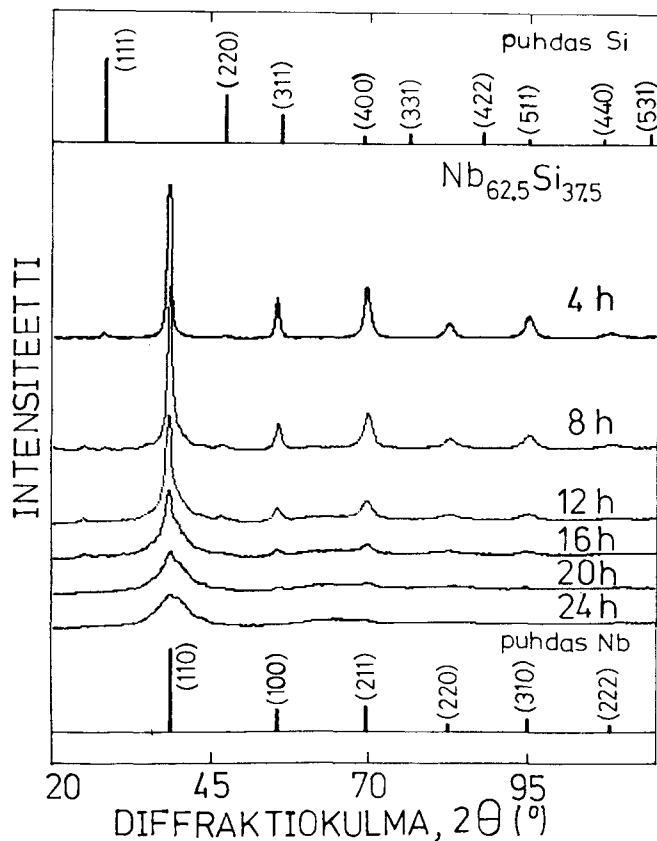
tion metastabiiliin amorfisen faasin muodostumiseen.

Kiinteän olomuodon amorfisoitumisreaktion perustuen on kehitetty uusia amorfisten metallien valmistusmenetelmiä, kuten ns. monikerroskalvotekniikka /5/,/6/, mekaaninen seostus /7/,/8/, komposiittimenetelmä /8/ ja ns. spontaanin amorfisoitumisen menetelmä /2/. Lähimpänä käytännön sovellutuksia näistä voimakkaan tutkimuksen kohteena olevista menetelmistä on tällä hetkellä mekaaninen seostus. Sen yhdistäminen perinteisen pulverimetallurgian menetelmiin tarjoaa jo nyt mahdollisuuden tiheydeltään lähes 100-prosenttisten ”makroskoopisten” amorfisten metallien valmistamiseen /9/,/10/.

MEKAANISEEN SEOSTUKSEEN PERUSTUVA AMORFISOINTI – UUSI SOVELLUTUS VANHALLE MENETELMÄLLE

Luonteeltaan mekaaninen seostus on metallipulverien suuri-energistä kuulamylytystä. Lähtömateriaaleina käytetyistä puhtaista metallipulvereista valmistettu, halutun koostumuksen mukainen seos suljetaan suojakaasuatmosfäärissä kaasutiiviseen teräs- tai kovametallisynteriin, johon lisätään sopiva määrä sylinterimateriaalista valmistettuja kuulia. Ravisteltaessa sylinteriä suurella nopeudella muokkautuvat toisiinsa ja sylinterin seinämiin törmäävien kuulien väliin jäävät partikkelit voimakkaasti. Samalla partikkelit hitsautuvat toisiinsa ja muodostuneet hitsausliitokset murtuvat toistuvasti prosessin kestäessä. Pulverin paakkuuntumisen ja kiteisten faasien ydintymisen estämiseksi prosessi suoritetaan yleensä huoneenlämpötilan alapuolella. Aika ajoin prosessi keskeytetään ja sylinteri avataan suojakaasussa mahdollisten paakkuuntumien irrottamiseksi ja murskaamiseksi sekä amorfisoitumisen seuraamiseksi sopivin menetelmin. Edellytykset täyttävien metalliseosten täydellinen amorfisoituminen vaatii yleensä luokkaa 10-12 tuntia olevan prosessiajan. Tarvittaessa voidaan paakkuuntumista vähentää ja amorfisoitumista nopeuttaa sopivien prosessiväliaineiden käytön avulla.

Nykyisen käsityksen mukaan amorfisoituminen puhtaiden metallipulverien mekaanisessa seostuksessa tapahtuu yllä kuvattun kiinteän olomuodon reaktion välityksellä /7/,/11/. Partikkelien muokkautuminen ja hitsautuminen toisiinsa suojakaasuatmosfäärissä takaa tarvittavien puhtaiden rajapintojen muodostumisen reaktion toteuttamiseksi. Partikkelien jatkuva murtuminen ja uudelleen hitsautuminen muodostavat jatkuvasti uusia rajapintoja materiaaliin. Siten materiaali seostuu ja homogenisoituu prosessin kestäessä, kunnes sen rakenne tulee riittävän hienojakoiseksi amorfisoitumisreaktion täydelliseksi läpiviemiseksi. Amorfisoituminen saadaan tapahtumaan myös käytettäessä mekaanisen seostuksen lähtöaineena metallien välisistä stabiileista yhdisteistä jauhettuja pulvereita /12/. Ilmeisesti tässä tilanteessa muokkauksen rakenteeseen



Kuva 1. Koostumusta $Nb_{62.5}Si_{37.5}$ vastaavan, puhtaiden Nb- ja Si-pulvereiden muodostaman seoksen amorfisoituminen mekaanisen seostusajan funktiona. Puhtaan Nb:n ja Si:n röntgendiffraktion intensiteettimaksimit on esitetty kuvassa.

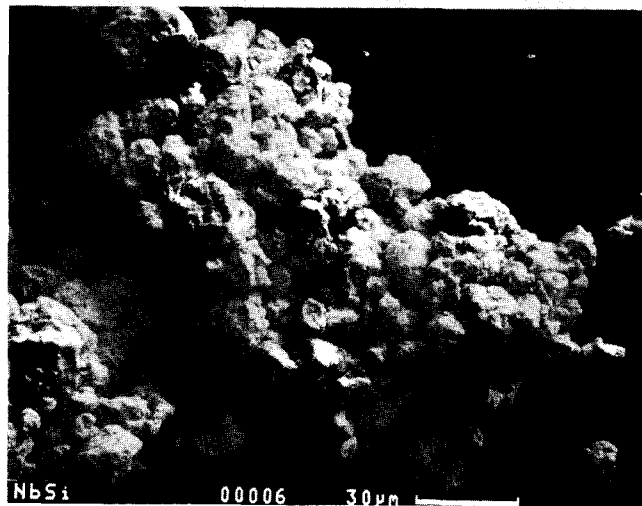
Fig. 1. The amorphization of the powder alloy $Nb_{62.5}Si_{37.5}$ as a function of the mechanical alloying time. Note the X-ray intensity maxima of pure Nb and Si.

varastoima ylimääräinen energia ja hilavirheet toimivat amorfista faasia stabiloivina tekijöinä.

Kuva 1 esittää röntgendiffraktion avulla tarkasteltua amorfisoitumisen kulkua seostusajan funktiona koostumukseltaan $Nb_{62.5}Si_{37.5}$ (atomiprosentteja) olevassa, puhtaista lähtöainepulvereista valmistetussa seoksessa. Lyhyiden seostusaikojen jälkeen diffraktiokäyrissä on nähtävissä kiteisten Nb- ja Si-pohjaisten jähmeiden liuosten intensiteettimaksimit. Si-maksimien mataluus johtuu piin pienestä sirontatekijästä. Prosessiajan kasvaessa kiteisten faasien intensiteettimaksimit häviävät vähitellen, kunnes tuloksena 24 tunnin prosessiajan jälkeen on lähes 100-prosenttisesti amorfinen seos. Pitkä prosessiaika tässä tapauksessa johtuu seoksen koostumuksen sattumisesta lähelle amorfisen faasin stabiilisuusalueen piivaltaista päätä ja kiteisen Nb_5Si_3 -yhdisteen ydintymisestä prosessin kestäessä. Kuva 2 esittää mekaanisen seostuksen tuloksena syntyneen amorfisen $Nb_{86}Si_{14}$ -pulverin partikkelirakennetta 12 tunnin prosessiajan jälkeen. Kuvasta käy ilmi tälle seokselle tyypillinen pulveripartikkelien agglomeroituminen seostuksen aikana.

MEKAANINEN SEOSTUS AMORFISOINTIMENETELMÄNÄ

Koska mekaaninen seostus toimii kiinteässä olomuodossa ja matalissa lämpötiloissa, on sen avulla mahdollista valmistaa amorfisia metalleja myös korkealla sulavien refractory-met-



Kuva 2. Mekaanisesti seostetun amorfisen $Nb_{86}Si_{14}$ -pulverin partikkelien rakenne pyyhkäisyelektronimikroskoopilla tarkasteltuna.

Fig. 2. The morphology of the powder particles of the amorphous $Nb_{86}Si_{14}$ -alloy produced by mechanical alloying.

lien seoksista. Koska amorfisen metallin kiteytymislämpötila yleensä on verrannollinen ko. seoksen sulamispisteeseen, on tällaisilla seoksilla usein korkea kiteytymislämpötila. Esimerkiksi yllä mainitun amorfisen $Nb_{86}Si_{14}$ -seoksen kiteytymislämpötila on $890\text{ }^\circ\text{C}$. Siten mekaaninen seostus tarjoaa mahdollisuuden ”korkean lämpötilan amorfisten metallien” valmistamiseen; näiden metallien hapettumis- ja korroosio-ominaisuudet korkeissa lämpötiloissa ovat toistaiseksi kartoittamaton, mielenkiintoinen alue.

Mekaanisen seostuksen avulla on sulasammutuksen tapaan mahdollista laajentaa seosaineiden liukoisuutta tasapainopiirrosten osoittamista arvoista. Esimerkiksi mekaanisesti seostetussa $Ni_{1-x}Sn_x$ -pulverissa ($0 < x < 0.25$) olevan nikkelivaltaisen jähmeän liuoksen röntgendiffraktiotuloksista määritetty tinapitoisuus oli 21.5 %, kun tasapainopiirroksen ennustama maksimiliukoisuus on vain 0.05 % /9/. Tätä mekaanisen seostuksen liukoisuusalueita laajentavaa ominaisuutta voidaan käyttää esim. perinteisillä valmistusmenetelmillä saavuttamattomissa olevien uusien metalliseosten valmistamiseen.

Mekaanisen seostuksen tuloksena saatavan amorfisen metallipulverin partikkelikoko on yleensä luokkaa $5\text{--}80\text{ }\mu\text{m}$. Näillä pulvereilla on erinomaiset virtaus- ja puristuvuusominaisuudet /13/; siten niiden kompaktointi tiheydeltään lähes 100-prosenttiseksi makroskooppisiksi kappaleiksi on mahdollista pelkän kiteytymislämpötilan alapuolella suoritettavan kuumapuristuksen avulla /9/. Korkean kiteytymislämpötilan amorfisten metalliseospulvereiden kompaktointiin voidaan todennäköisesti soveltaa myös perinteisen pulverimetallurgian sintrausmenetelmiä.

Mekaaninen seostus on tällä hetkellä olemassa olevista kiinteän tilan amorfisointimenetelmistä potentiaalisin sovellettavaksi teolliseen tuotantoon. Prosessin yksinkertaisuus ja matala toimintalämpötila mahdollistavat myös muilla menetelmillä vaikeasti valmistettavien amorfisten metalliseosten tuottamisen. Tuloksena saatavien amorfisten pulvereiden hyvät kompaktointiominaisuudet mahdollistavat makroskooppisten amorfisten kappaleiden tuottamisen yksinkertaisin menetelmin.

Häittäpuolena mekaanisella seostuksella ovat lähinnä amorfisointiin tarvittava pitkäaikainen prosessointiaika sulasammutus-

menetelmiin verrattuna sekä prosessin aikana tarvittavat lisätoimenpiteet täydellisen amorfisoitumisen turvaamiseksi. Näitä haittatekijöitä voidaan kuitenkin merkittävästi pienentää sopivan prosessiväliaineen käytöllä /14/.

YHTEENVETO

Mekaaninen seostus on kiinteän olomuodon menetelmä uusien, koostumukseltaan ja ominaisuuksiltaan poikkeuksellisten amorfisten ja mikrokiteisten metalliseosten valmistamiseksi. Menetelmän luonne ja matala toimintalämpötila mahdollistavat korkealla sulavien sekä kovien ja hauraiden materiaalien prosessoinnin ja tekevät sitä kautta mahdolliseksi esimerkiksi korkean kiteytymislämpötilan amorfisten metallien valmistamisen. Mekaanisen seostuksen yksinkertaisuus ja tuloksena olevien pulverien hyvä kompaktointavuus tekevät sen potentiaaliseksi menetelmäksi amorfisten metallien ja metallituotteiden teollisuusmittakaavaiseen tuotantoon.

SUMMARY

MECHANICAL ALLOYING — A NEW METHOD FOR AMORPHOUS METAL ALLOY PRODUCTION

Mechanical alloying is a solid state method for producing novel amorphous and microcrystalline metal alloy powders. The low process temperature allows the production of amorphous alloys from refractory metals which are not readily processable by melt quenching. The resulting amorphous alloys

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Schwarz, R.B ja Johnson, W.L., Phys. Rev. Lett., 51 (1983) 415.
2. Blatter, A., von Allmen, M. ja Baltzer, N., Journal Appl.Phys., 62 (1987) 276.
3. Schwarz, R.B., Wong, K.L., Johnson, W.L. ja Clemens, B.M., Journal Non-Cryst. Solids, 61&62 (1984) 129.
4. Schwarz, R.B., MRS Bulletin, 11 (1986) 55.
5. Clemens, B.M., Phys. Rev. B, 33 (1986) 7615.
6. Clemens, B.M. ja Suchoski, M.J., Appl. Phys. Lett., 47 (1985) 943.
7. Schwarz, R.B., Petrich R.R. ja Saw, C.K., Journal Non-Cryst Solids, 76 (1985) 281.
8. Hellstern, E. ja Schultz, L., Proc. 6th Int. Conf. on Liquid and Amorphous Metals, Garmisch-Partenkirchen (1986), (painossa).
9. Tiainen, T.J. ja Schwarz, R.B. Proc. Conf. on Solid State Amorphizing Transformations, Los Alamos, elokuu 1987. J. Less-Common Metals, (1988) (painossa).
10. Johnson, W.L., Progr. Mat. Sci., 30 (1986) 81.
11. Schwarz, R.B. ja Koch, C.C., Appl. Phys. Lett., 49 (1986) 146.
12. Yermakov, A.Ye., Yurchikov, Ye.Ye. ja Barinov, V.A., Fiz. Met. Metallov., 52 (1981) 1184; 54 (1982) 935.
13. Politis, C. ja Johnson, W.L., Journal Appl. Phys., 60 (1986) 1147.
14. Tiainen, T.J. ja Schwarz, R.B., julkaisematon tutkimus, 1987.

may have unusual properties such as exceptionally high crystallization temperatures. The simple process of mechanical alloying and the good compaction properties of resulting powders suggest a great potential for the industrial fabrication of amorphous metal products.

**VUORIMIESYHDISTYS —
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n**

VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 17.–18.3.1989

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS —
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s**

ÅRSMÖTE

hålls i Helsingfors den 17.–18.3.1989

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

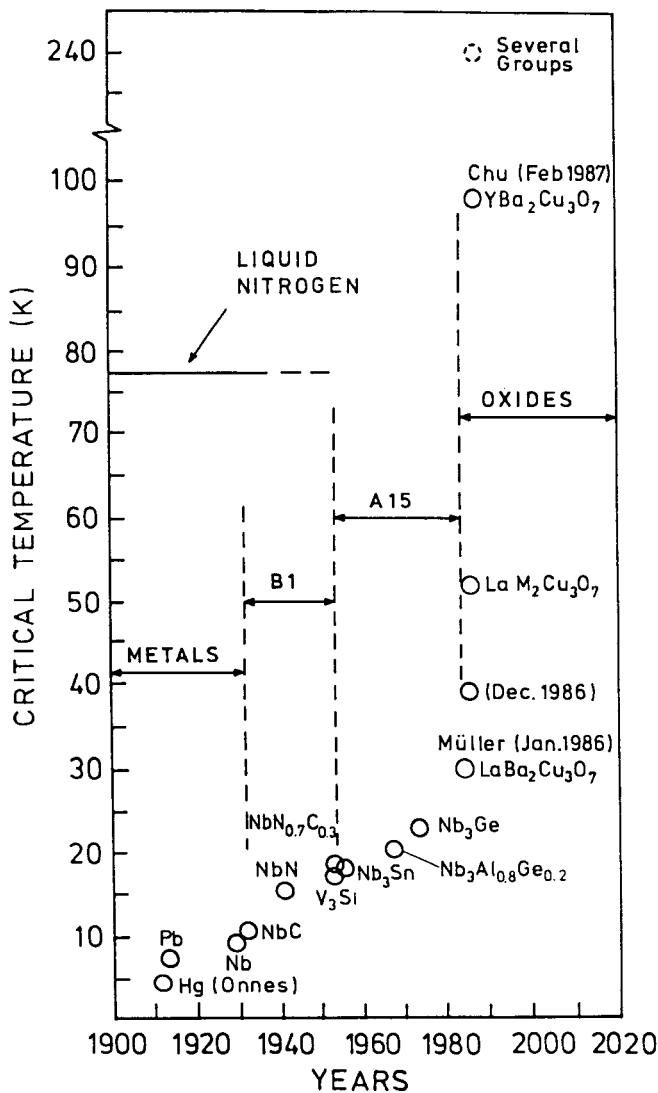
Suprajohteet — Kehitys nopeutuu

Prof. Veikko Lindroos ja DI, FM Risto O. Toivanen, Teknillinen korkeakoulu,
Metalli- ja materiaaliopin laboratorio, Otaniemi

SUPRAJOHTEIDEN HISTORIAA

Suprajohtavien materiaalien historia alkoi vuonna 1911, jolloin hollantilainen **H.K. Onnes** havaitsi, että elohopea menettää sähköisen vastuksensa lämpötilan 4.25 K alapuolella, kuva 1. Ilmiö koettiin erittäin merkittäväksi, sillä vastuksettomuuden odotettiin tarjoavan huikeita mahdollisuuksia magneettikenttien synnyttämiseen. H.K. Onnesin vuonna 1913 saaman Nobelin palkinnon jälkeen ilmiö pysyi pitkään arvoituksena, kunnes amerikkalaiset **J. Bardeen**, **L. Cooper** ja **J.R.**

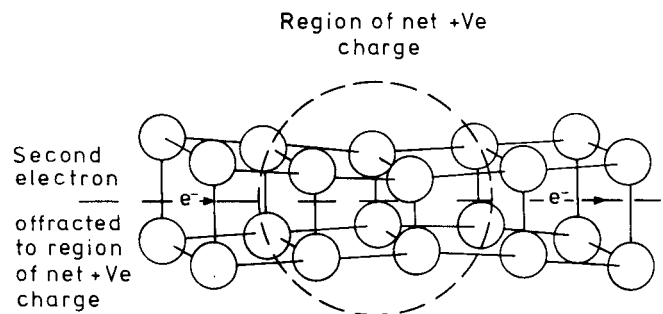
Schreiffer julkaisivat vuonna 1957 suprajohtavuuden teorian. Tämä BCS-teoria palkittiin Nobel-palkinnolla vuonna 1972 ja sen mukaan vastukseton sähkö kulkee elektronipareina. Suprajohteiden materiaalitieteellinen peruskehitystyö eteni 1950-luvulta alkaen ja 1970-luvulla se siirtyi tutkimuksen piiristä teollisuuteen. Tässä yhteydessä osa alalle jääneistä tutkijoista suuntautui ennustettujen korkean lämpötilan suprajohteiden etsimiseen. Tämä työ tuotti tulosta vuonna 1986, jolloin **K.A. Müller** ja **J.G. Bednorz** IBM:n tutkimuslaboratoriossa Sveitsissä ohittivat LaBaCuO-yhdisteen avulla pitkään säilyneen kriittisen lämpötilan rajan 23 K ja saavuttivat uuden ennätyksen 35 K. Tämän löydön johdosta korkean lämpötilan suprajohteiden etsiminen kiihtyi hetkeksi kultakuumeen tavoin. Vuoden 1986 loppuun mennessä kriittisen lämpötilan arvot kohosivat LaBaCuO-yhdisteiden osalta 40.2 K:iin ja vuoden 1987 helmikuussa löydettiin YBaCuO-yhdisteet ja lämpötila kohosi yli 90 K:iin. Kriittisen lämpötilan kilpailussa on sittemmin päästy reilusti yli 100 K:n, mutta varsinainen tutkimuksen mittelo on käyty virrantiheyksien kohottamisessa, jossa on jo nestetyypen lämpötilassa saavutettu ennätykselliset 60 000 A/mm². Fysiikan Nobel-palkinto myönnettiin K.A. Müllerille ja J.G. Bednorzille korkean lämpötilan suprajohteiden löytämisestä vuonna 1987, vain vuosi heidän tekemänsä perushavainnon jälkeen.



Kuva 1. Suprajohteiden kriittisen lämpötilan kehitysvaiheet.
Fig. 1. Time evolution of the critical temperature.

SUPRAJOHTEIDEN TAUSTAA

Suprajohtavuus on ilmiö, missä materiaalin normaali tila on muuttunut sähköjohtavuudeltaan lähes vastuksettomaksi. Tämä faasimuutos liittyy oleellisesti elektroneihin ja poikkeaa merkittävästi metallurgien perinteisesti tuntemista kidemuotoihin ja mikrorakenteisiin liittyvistä faasimuutostapahtumista. Suprajohtavassa tilassa johtavuuselektroneina toimivat vastuksettomat elektroniparit ja faasimuutos tapahtuu pariumattomien ja pariutuneiden elektronien välillä, kuva 2.



Kuva 2. Suprajohtavuuden BCS-teoria.
Fig. 2. BCS-theory of superconductivity.

Suprajohtavuuden terminen stabiilisuus on yleensä heikko ja se edellyttää hilavuorovaikutuksesta johtuen alennettuja lämpötiloja. Pariutuneiden elektronien faasin vapaa energia asetuu riittävän alhaisissa lämpötiloissa juuri ja juuri pariutumattomien elektronien vapaan energian alapuolelle, jolloin materiaalin normaalitila vaihtuu energian minimoitumisen periaatteiden mukaisella tavalla edullisemmaksi suprajohtavuustilaksi. Tässä faasimuutoksessa kiderakenne, mikrorakenne ja hilamitat säilyvät oleellisesti muuttumattomana. Lämpötilan alentaminen ei ole suprajohtavuustilalle riittävä eikä välttämätön ehto, sillä uusilla kerrosmaisilla korkean lämpötilan suprajohteilla hilavuorovaikutus on heikompi ja ilmiön terminen stabiilisuus voi alkaa jopa huoneenlämpötilan yläpuolelta. Vastaavasti on olemassa myös sellaisia materiaaleja, jotka lämpötilaa riittävästi alennettaessa palaavat suprajohtavan tilan jälkeen uudelleen normaalitilaan.

Kriittiset ominaisuudet

Käytännön työssä suprajohtomateriaalin stabiilisuusominaisuuksia ei mitata elektroniparien säilyvyydellä, vaan sillä, kuinka suprajohte kestää kriittiseksi katsottuja ulkoisia kuormituksia;

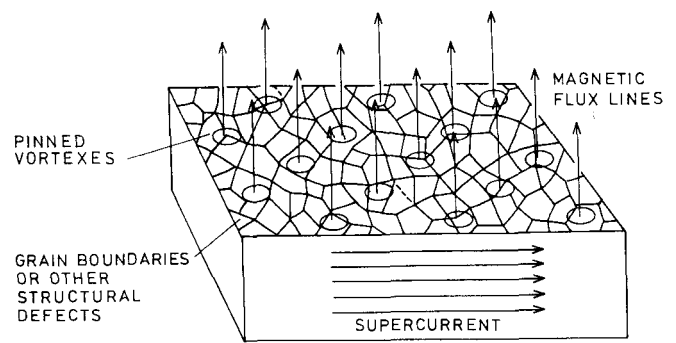
- lämpöä,
- sähkövirtaa ja
- magneettikenttää.

Hyvä suprajohte kestää samanaikaisesti kaikkia rasituksen aiheuttajia, mutta huonolta puuttuu ainakin jokin konstruktiotekniikan kannalta keskeinen kestävyys.

Suprajohtavan tilan lämpötilankestävyyden tutkimukset ovat materiaalitieteen löytöretkiä. Niiden avulla on pyritty löytämään aineita, joiden suprajohtavuuden terminen raja olisi mahdollisimman korkea. Kriittisen lämpötilan ennätyskilvassa dominoivat aluksi seostamattomat metallit aina 1930-luvulle asti. Tämän jälkeen kestävimmit löydetty aineet olivat 1950-luvulle asti B1-tyyppisiä karbideja, nitridejä ja karbonitridejä, jotka kohottivat kriittisen lämpötilan ennätyskyn rajaa 18 K:n tasolle. BCS-materiaalien kolmas kehitysvaihe kuului A15-tyyppisille yhdisteille, joiden kriittisen lämpötilan huippuarvo 23 K saavutettiin vuonna 1973. Samalla vuosikymmenellä suuri määrä perinteisten suprajohteiden tutkijoita siirtyi uusien suprajohteiden alueelle etsimään molekyyli-polarisaatioon perustuvia 100 K:n ylittäviä kriittisiä lämpötiloja. Näiden alueelta löydettiin 1986 ennätyskyläiseen kehitykseen johtaneet kerrosmaisat perovskitti-tyyppiset rakenteet, joiden avulla LaBaCuO-yhdisteillä saavutettiin 40.2 K:n kriittinen lämpötila ja vuoden 1987 alussa YBaCuO-yhdisteillä 98 K:n kriittinen lämpötila. Useilla kuparioksidiyhdisteillä on tämän jälkeen kirjattu 100 K:n ylityksiä stabiileilla rakenteilla, mutta metastabiileilla korkean lämpötilan suprajohteilla on tehty jopa huoneen lämpötilan yläpuolelle yltäviä havaintoja. Suprajohtavuuden perusteorian kehittäjä Screiffer arvelikin eräässä haastattelussa, että kriittisellä lämpötilalla ei ole mitään fyysikaalista ylärajaa. On kuitenkin selvää, että kriittisen kohdan määrittäminen tulee jälleen lämpötilan kohotessa teknisesti hankalammaksi.

Ominaisuuksien yhteisvaikutus

Käytännön tarkoituksiin tulevilta materiaaleilta edellytetään useita ominaisuuksia. Konventionaalisten teknisten suprajohteiden kriittinen lämpötila on ollut riittävän hyvä ja sähkönkuljetuskyky on luonnostaan erittäin suuri. Ominaisuuksien kehittämisessä onkin voitu suuntautua teknisten sovellutusten kannalta tärkeämpään magneettikentän ja sähkövirran yhteisvaikutukseen. Sen kontrolloinnissa on keskeistä, että Lorentz-voiman vaikutuksesta siirtymään pyrkivä vuohila kiinnitetään samankaltaisella metalliopillisilla periaatteella kuin dis-



Kuva 3. Suprajohtavuus vuohilan kiinnittämisen periaatteet.
Fig. 3. Principles of the flux pinning.

lokaatioiden liike lukitaan materiaalin lujuutta nostettaessa, kuva 3. Näin suprajohteessa vähennetään äkillisen normaalitilaan siirtymisen riskiä. Käytännössä materiaalin vuohilan kiinnittämiseen tarvitaan lähtömateriaaliksi niobititaanin tai niobitinan kaltainen metalliseos tai metalliyhdiste, missä johdemateriaalin edulliset ominaisuudet optimoidaan seostuksen ja termomekaanisten hehkutus- ja muokkauksittelyjen avulla. Syntyvä optimoitu erkauma- ja raekokojakauma nautaa vuohilan paikalleen. Suprajohteen ominaisuudet muuttuvat tällä tavoin edullisiksi ja materiaalista saadaan toiminta-alueeltaan laajempi ja sen suprajohtavuuden faasiraja kohoaa sähkövirran ja magneettikentän suhteen turvallisen korkealle.

SUPRAJOHTEIDEN STABILOINTI

Suprajohteiden kehittämistyöhön sisältyy aina komposiiteille ominaisella tavalla kokonaisvaltainen näkökulma; johdemateriaalin ohella parannetaan matriisi- ja kontaktimateriaaleja, rajapintoja ja muita rakenteen osia sekä näihin liittyvää mitoitus- ja tilansäilyttämiseen liittyviä tekijöitä ovat,

- vuohyppystabilointi,
- vaihtovirtastabilointi,
- kryogeeninen stabilointi ja
- kemiallinen stabilointi,

ja ne vaikuttavat oleellisesti suprajohtekomposiitin geometriaan ja materiaalitieteelliseen toteuttamiseen.

Rakenteellinen stabilointi

Vuohyppystabiloinnilla huolehditaan virran äkillisistä liikkeistä joko adiabaattisesti korvaamalla häiriölämpö ominaislämmön nousulla tai dynaamisesti siirtämällä lämpö pois häiriön etenemistä nopeammin. **Vaihtovirtastabiloinnilla** huolehditaan virran ja magneettikentän muutosten aiheuttamasta lämmöstä. Magneettikentistä indusoituvat poikkisuuntaiset kytkentähäviöt minimoitetaan johtimien kierrolla. Käyttövirrasta syntyviä itseiskentän häviöitä vähennetään johtimien pienellä poikkipinta-alalla ja valmistamalla kaapeleita kertaamismenetelmällä. Muuttuvien magneettikenttien hystereesihäviöt minimoitetaan (hitaasti muuttuvia toroidalisovellutuksia lukuunottamatta) johtimien pienellä poikkipinta-alalla. Tuki- ja kontaktirakenteisiin indusoituvat pyörrevirtahäviöt minimoitetaan johtavien tukiosien määrää vähentämällä. **Kryogeenisessä stabiloinnissa** johtimien häiriönsietävyyttä kohotetaan, jolloin se pystyy virtaa poiskytkemättä palautumaan häiriötilasta suprajohtavaan tilaan, ja samalla varmistetaan, että matriisimateriaalin jäähdysteho kompensoi häirön synnyttämän Joulen lämpenemisen.

Kemiallinen stabilointi

Kemiallinen stabiilisuus on keskeinen ongelma sekä konventionaalisissa että korkean lämpötilan suprajohteissa: **Konventionaalisissa suprajohteissa** hyvälaatuisuus on pitkän kehityksen tulosta. Edullisen materiaalin aikaansaamiseksi valmistuksen sulatus- ja seostusvaiheissa minimoidaan erityisesti valikoivaan mekanismiin liittyviä haitallisia suotautumistapahtumia sekä niobin ja titaanin hapettumista ja komposiitin pakkausvaiheessa rajapintojen kontaminoitumista vähennetään puhdistilakäsittelyjen avulla. Tarkasti optimoiduilla muokaus- ja hehkutuskäsittelyillä synnytetään ja stabiloidaan oikeanlainen pysyvä erkauma- ja raerakenne.

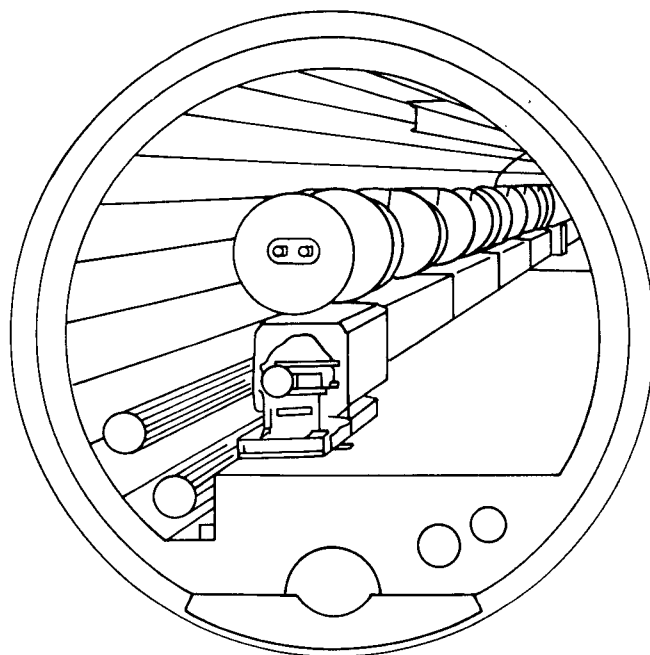
Korkeanlämpötilan suprajohteen kemialliset stabiilisuusongelmat ovat toisenlaisia sillä materiaalin ainesosat erityisesti barium — reagoivat haitallisella tavalla ilman kosteuden kanssa ja lisäksi hapella on hyvin voimakas poistumistaipumus. Näitä vastaan materiaalia on toistaiseksi pyritty parantamaan mm. kapseloinnin avulla, jolloin suprajohtemateriaalin kanssa kontaktiin asetetaan happiesteriksi ohut hopeakerros ja tämän päälle matriisimateriaaliksi ja vetyesteeksi paksumpi kuparikerros. Kerrosmaisten suprajohteiden kolmas kemiallisen stabiilisuuden ongelma liittyy voimakkaaseen suotautumistai-pumukseen, mikä tapahtuessaan poistaa koko kerrosrakenteella saavutetun suprajohtavuuden edun. Ilmiön nopeus liittyy läheisesti atomien normaaliin diffuusioon ja se voidaan ehkäistä pitämällä materiaali jatkuvasti esimerkiksi nestety-pen lämpötilassa.

SUPRAJOHTEIDEN KÄYTTÖKOHTEITA

Suprajohteiden valmistus ja käyttö on merkittävää teollisuutta sekä Suomessa että muualla ja tällä hetkellä se perustuu kokonaan konventionaalisin suprajohteisiin, joita käytetään erilaisina langoista käämittyinä magneetteina. Sovellukset painottuvat magneettikuvauslaitteisiin, MHD-generaattorien rakentamiseen ja suurenergiafysiikan laitteisiin; muita konventionaalisten suprajohteiden käyttökohteita ovat huokeat pienmagneetit, fuusiokoelaitteiden rakentaminen ja eräät muut koelaitteet.

Tutkimuslaitteet

Ydinmagneettiseen resonanssiin perustuvat **magneettikuvauslaitteet** ovat lukumääräisesti laajin suprajohtemagneettien sovellutuskohde. Magneettikuvauslaitteessa protonien spinit orientoidaan erittäin homogeenisella magneettikentällä. Lyhyellä sähkömagneettisella radiotaajuuspulsilla spinit virittyvät ja palaavat relaksaatioajan jälkeen takaisin tasapainoon lähettämällä samalla resonanssitaajuista signaalia, jonka intensiteetti on verrannollinen kudostyypille ja sen aineenvaihdunnalle. Tietokoneella tehdään arvioita ja johtopäätöksi kudosten tilasta ja toiminnasta. Sama tekniikka soveltuu myös hiilen, hapen, fluorin, natriumin ja fosforin spektroskopiaan. **Suurenergiafysiikan laitteilla** tarkoitetaan erillisiä hiukkaskiihdyttimiä, varastorenkaita ja kuplakammioiden kaltaisia ilmaismia. Suurimmat normaaleilla sähkömagneeteilla toteutetut laitteet tarvitsevat tehoa enemmän kuin yksi ydinvoimalaitos voi tuottaa. Taloudellisista syistä johtuen kiihdyttimiä on alettu rakentaa suprajohtemagneeteilla, jolloin energian jatkuvaa kulutusta voidaan vähentää jopa kertaluokkaa pienemmäksi, kuva 4. Ensimmäinen suprajohtavia magneetteja käyttävä suurkiihdytin, Tevatron, otettiin käyttöön U.S.A:ssa vuonna 1985 ja siitä saadut myönteiset kokemukset ovat vaikuttaneet muiden uusien kiihdyttimien suunnitteluun. **Pienet suprajohtavat magneetit** ovat tyypillisimmillään solenoidimagneetteja, joiden sisähalkaisija on vain muutaman senttimetrin suuruinen. Ne asetetaan yleensä toimintatilaan upottamalla

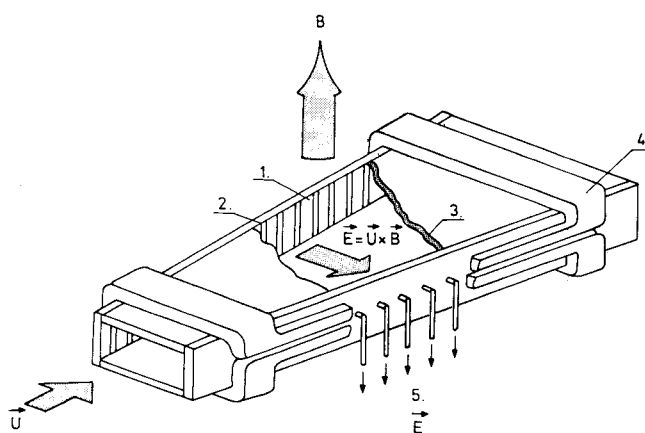


Kuva 4. Partikkelikihdyttimen renkaan yksityiskohtia.
Fig. 4. Structural details in a modern particle accelerator.

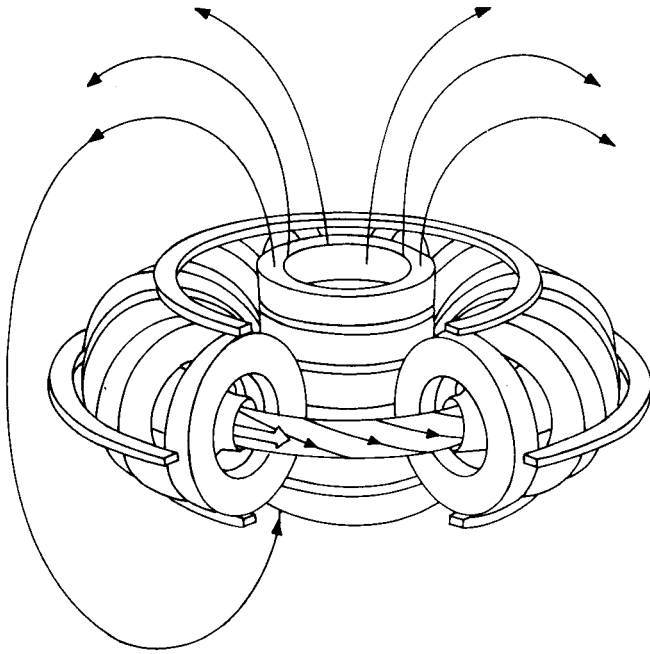
nesteheliumiin. Näitä magneetteja käytetään tutkimustarkoituksiin fysiikan, kemian, biologian ja materiaalitieteen piirissä. Voimakkaan magneettikentän ohella niillä on edullinen hinta ja pieni koko.

Energian perushuolto

MHD-generaattorissa kuuma sähköjohtava plasma pakotetaan suurella nopeudella kanavaan, missä on virtausta vastaan kohtisuora magneettikenttä, kuva 5. Indusoituva sähkökenttä hyödynnetään vastakkaisilla seinämällä olevien elektrodien avulla tasavirraksi. Kaupallisen kokoluokan laitteissa generaattorikanava on kymmeniä metrejä ja näin suureen tilavuuteen vaadittava magneettikenttä voidaan tehdä vain suprajohtavien magneettien avulla. Neuvostoliitossa rakenteilla olevan ensivaiheessa maakaasua käyttävän laitoksen MHD-yksikön teho on 250 MW ja sen odotetaan käynnistyvän ensi vuosikymmenen alussa. **Fuusiovoimalla** on uskottu olevan keskeinen merkitys tulevaisuuden energianperushuollossa. Nykyisen

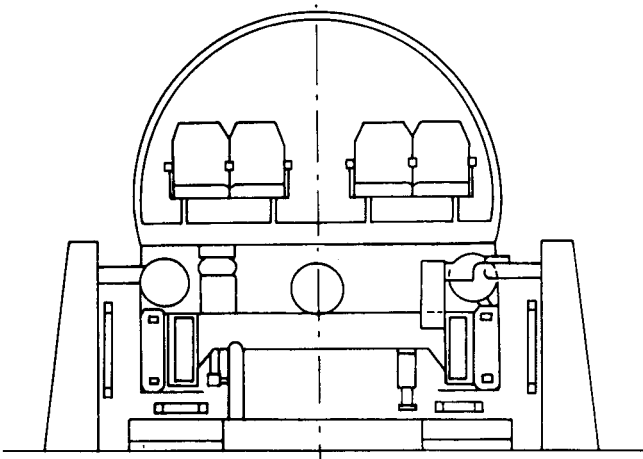


Kuva 5. MHD-generaattorin periaate.
Fig. 5. Principles of the MHD-generator.



Kuva 6. Tokamak-tyyppisen fuusioplasmarenkaan rakenne.
Fig. 6. Structures of the Tokamak-type fusion plasma ring.

kehityssuuntauksen mukaan fuusioituvan plasman valjastamiseen aiotaan käyttää suureen tilavuuteen synnytettyä magneettikenttää. Kehitystyössä tarvittavien kokeilulaitteiden, kuten tokamak- ja peilireaktoreiden suunnittelu ja rakentaminen on hidasta. Saatava 98-99 % pienempi magneettien sähkönkulutus on viitoittanut tulevien koelaitteiden suunnittelua suprajohdemagneettien suuntaan ja ensimmäisen suprajohdemagneeteilla varustetun suurkoelaitoksen, neuvostoliittolaisen Tokamak 15:n, odotetaan käynnistyvän tänä vuonna (1988), kuva 6. Suprajohteilla toteutettu **energian varastointi** on niinkään kiintoisa sovellutusmahdollisuus, koska staattisen magneettikentän ylläpito tarvitsee vain lämpövuotoja korvaavaa energiaa, mikä on suurissa yksiköissä toteutettuna edullisinta. Varastointimahdollisuutta voitaisiin harkita mm. energian perustuotannon kulutushuippujen ja nopeasti käytöön otettavan varavoiman tarpeisiin. Suprajohteista on paljon myönteisiä kokemuksia myös sähkömoottoreiden ja levitaatiokulkuneuvojen kohdalla, kuva 7. Materiaalitieteessä tapahtunut valtava kehitys saattaa tässäkin muuttaa aiemmin selvinä pidettyjä kehitystrendejä.

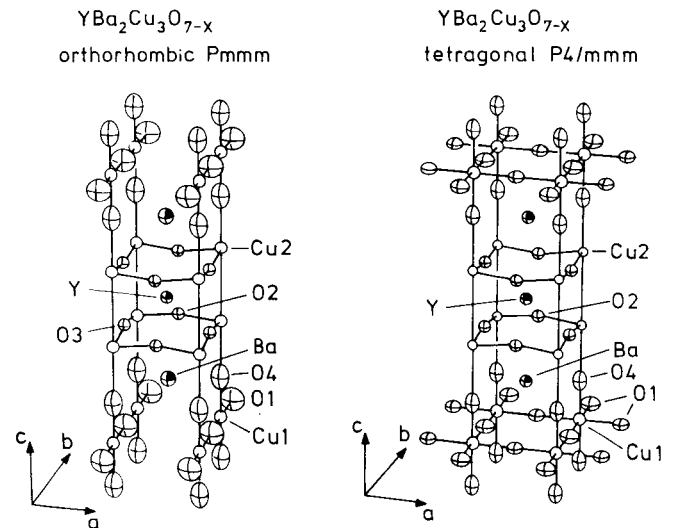


Kuva 7. Levitaatiojunan rakenne.
Fig. 7. Magnetic levitation car.

KORKEAN LÄMPÖTILAN SUPRAJOHTEET

Korkean lämpötilan suprajohteiden kehityshistoria on ollut lyhyt. Se on kestänyt vain vajaat kolme vuotta. Lyhyestä ajasta huolimatta näiden materiaalien tutkiminen on ollut voimakkaasti panostettua ja tuloksellista. Tähänastinen kehitys on edennyt vaiheittain vuosijaksoina; v. 1986 1.-sukupolven suprajohteet, v. 1987 2.-sukupolven suprajohteet ja v. 1988 3.-sukupolven suprajohteet.

Vanhimpia 1.- ja 2.-sukupolven konventionaalisia korkean lämpötilan lantaani- ja yttriumpohjaisia suprajohteita kutsutaan 1-2-3 -tyypin suprajohteiksi, koska niiden koostumusta kuvaavat kaavat ovat lähellä stökiometrisiä yhdisteitä: $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ ja $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, kuva 8. Varhaisempien lantanipohjaisten suprajohteiden kausi oli löytövuonna 1986. Yttriumpohjaisia suprajohteita tutkittiin voimakkaasti viime vuonna (v. 1987). Kolmannen polven korkean lämpötilan suprajohteet tulivat tutkimuksen piiriin tämän vuoden (v. 1988) alussa ja ne ovat kemiallisesti kestäviä kalsiumpohjaisia suprajohteita, joiden kemiallinen koostumus on $\text{Bi}_2\text{Sr}_{3-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+y}$ tai $\text{Bi}_2\text{Ca}_1\text{Sr}_2\text{Cu}_2\text{O}_{9-x}$. Viime aikoina ovat useat tutkijat arvelleet, että suprajohteiden alueella saatetaan pian löytää vielä aivan uusikin suprajohtavuusilmio, joten alalla tapahtuva kehitys on varsin kiintoisassa vaiheessa.



Kuva 8. YBaCuO-tyyppisen suprajohteydhydisteen hilaraken-teita.

Fig. 8. Lattice structures of the YBaCuO-based superconductor.

Uusia ominaisuuksia

Korkean lämpötilan suprajohteet omaavat monia kerrosmateriaalien ja perinteisten suprajohteiden piirteitä: Korkean lämpötilan suprajohteet ovat normaalitilassa huonoja johteita, mikä myös konventionaalisissa suprajohteissa liittyy korkeaan kriittiseen lämpötilaan. Ennätyslämpötiloihin yltyvät materiaalit ovat mikro- ja atomirakenteellisesti metastabiileja, kuten on asianlaista myös konventionaalisilla ennätys suprajohteilla. Kaikkein korkeimpiin kriittisen lämpötilan arvoihin yl-tävät vain suprajohtavuusanomaliaita tuottavat materiaalien osa-alueet. Suprajohtavuuden aikaansaamisessa tarvittavia elektronirakenteita voidaan modifioida kerrosrakenteilla. Iso-tooppieffekti, joka liittyy kynnyksysymyksen tavoin konventionaalisen suprajohtavuuden mekanismiin, esiintyy uusim-

pien tutkimusten mukaan erittäin voimakkaana myös korkean lämpötilan suprajohteissa.

Korkea kriittinen lämpötila on yhteydessä virrankuljetuskykyyn ja magneettikentän kestävyteen: Suurimmat korkean lämpötilan suprajohteilla saavutetut sähkövirrantiheydet ovat nestetyypen lämpötilassa (77 K) jo kymmeniä tuhansia ampeereja neliömillimetrillä (Sumitomo 60 000 A/mm²). Lisäksi virrantiheydet säilyvät korkeana myös suurissa magneettikentissä (35 000 A/mm², 1 T) ja materiaali pysyy suprajohtavana ainakin 43 T:n magneettikentässä. Ennätyskelliset virrantiheydet on tuotettu pienentämällä (vuonkiinnittäjinä toimivien) faasirajojen etäisyyttä (koherenssipituutta vastaavaan suhteeseen). Virrantiheyden optimoimiseen ja virheettömän suprajohteen aikaansaamiseen tarvitaan oikeanlaisia kiteenkasvatuspohjia, jollaisena on käytetty mm. strontiumtitaanioksiidia SrTiO₃ ja edullista magneesiumoksiidia MgO. Sähkövirrankestävyyttä on parannettu myös säteilyn avulla tuotetuilla koherenssipituutta vastaavilla defektirakenteilla. Suprajohteiden liittämässä on niinkään tapahtunut merkittävää kehitystä, sillä kuparioksidin kannalta affinisempaa hapetettua hopeaa käyttäen liitosvastus on saatu laskemaan arvoon 2×10⁻⁸ ohm/cm², joka on miljoona kertaa aikaisemmin käytettyä indiumia parempi.

Konventionaalisten korkean lämpötilan suprajohteiden kemiallisen stabiilisuuden ongelmat liittyvät heikkoon lämpösyklien kestävyteen ja bariumin voimakkaaseen taipumukseen reagoida ilman kosteuden kanssa. Tämä ongelma on ratkaistu kolmannen polven korkean lämpötilan suprajohteissa, joissa barium on korvattu kestävämmällä kalsiumilla. Tällaisten suprajohteiden kemiallinen koostumus on Bi₂Sr_{3-x}Ca_xCu₂O_{8+y} tai Bi₂Ca₁Sr₂Cu₂O_{9-x}. Näiden materiaalien uuden hilarakenteen (joka on todennettu läpivalaisuelektronimikroskooppilla) on arveltu liittyvän havaittuun hyvään lämpösykliin kestävyteen. Täydellisen kalsiumilla korvaamisen rinnalla esiintyy myös hyvätaoisia bariumkalsiumsekarakenteita, jotka sisältävät esimerkiksi talliumia, bariumia, kalsiumia, kuparia ja hopeaa.

Uusia käyttökohteita

Uusien korkean lämpötilan suprajohteiden tulevalle hyödyllisyydelle on asetettu suuria toiveita. Erittäin korkeiden sähkövirran ja magneettikentän kestävyden sekä korkean toimintalämpötilan perusteella niiden potentiaalisia **korvaavia käyttöalueita** on etsitty kylmäteknikkaa käyttävien konventionaalisten suprajohteiden perinteisiltä sovellutusalueilta. Uusien suprajohteiden nykyiset ominaisuudet ylittävät nestetyypen lämpötilassa monin verroin konventionaalisten suprajohteiden nesteheliumin suoritusarvot, mutta niitä ei vielä voida käyttää magneettikuvauslaitteissa, MHD-generaattoreissa, suurenergiafysiikan sovellutuksissa, fuusioenergian koelaitoksissa, suurtehomagneeteissa, tutkimuskäytössä olevissa pienmagneeteissa, sähkömoottoreissa, leijujunissa tai energianvarastokämeissä, koska sovellutuksissa tarvittavien johtimien valmistustekniikan kehittämisen on arvioitu kestävän noin kahdeksan vuotta.

Korkean lämpötilan suprajohteiden ennätyskelliset ominaisuudet on kehitetty ohutkalvotekniikkaa käyttäen ja tästä syystä näille materiaaleille löytyy runsaasti **uusia** elektroniikkaan liittyviä **käyttöalueita**, joilla voidaan tavoitella esimerkiksi nopeuden lisäämistä, kohinan pienentämistä, herkkyyden lisäämistä tai lämpötehon vähentämistä. Suprajohtavien elektroniikkakomponenttien suunnittelussa on luonnollisesti ratkaistava monia konventionaalisten erityispiirien kaltaisia peruskysymyksiä, mutta myös kuviointi ja siltaliitokset tarvitsevat kehitystyötä. Lisäksi suprajohtavuus sinänsä ja siihen liittyvät ilmiöt aikaansaavat erilaisia omia erityispiirteitä, ku-

ten epälineaarisuutta, heikkoa vaimentuvuutta ja rakenneläpöteitä voimakasta keskinäistä vuorovaikutusta. Suprajohteet voivat johtaa merkittäviin sovellutuksiin jopa yksinkertaisilta tuntuissa käyttökohteissa, kuten antenneissa, resonattoreissa ja magneettikenttäsuojissa. Perinteisten suprajohtekomponenttien Josephson-ilmiöön perustuva mallittaminen soveltuu myös korkean lämpötilan suprajohtesovellutusten kehittämiseen, mikä avaa mahdollisuuksia erilaisten ilmaisimien ja pitemmällä aikajaksolla myös tietokoneiden valmistamiselle. Ensimmäiset sovellutukset voivat olla nollaindikaattoreita, jännitstandardeja tai taajuusindikaattoreita. Vuosien kuluttua voidaan mahdollisesti odottaa SIS-sekoittajia ja erittäin nopeita oskilloskooppeja. Uusia suprajohteita voidaan mahdollisesti käyttää myös uusien mittaus- ja ilmaisulaitteiden, kuten epäelastisten tunneli- ja fononispektroskopialaitteiden sekä uusien infrapunakuvauslaitteiden sekä röntgenilmaisimien kehittämiseen. Ensimmäisiä yksinkertaisia kaupallisia elektroniikkasovellutuksia odotetaan markkinoille tämän vuoden aikana.

SUPRAJOHTEIDEN TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Suprajohteiden materiaalitieteelliset tulevaisuudennäkymät ovat verrattain kiintoisat ja erityisesti uudet korkean lämpötilan suprajohteet joutuvat tiukasti kilpailemaan sovellutusalueista sekä kehitettyjen hyvälaatuisten konventionaalisten suprajohtemateriaalien kanssa että myös nopeasti kehittyvien muiden uusien materiaalien, kuten uusien suurtehoisten keskomagneettimateriaalien, optisten tiedonsiirtomateriaalien, elektroniikkamateriaalien sekä uusien optisten tietokonemateriaalien kanssa.

Suprajohteisiin liittyvälle yritystoiminnalle on arvioitu suuria kasvuennusteita erityisesti korkean lämpötilan suprajohteiden voimakkaan kehityksen ansiosta. Konventionaalisten suprajohteiden suurhankkeisiin liittyvän epävarmuuden arvelaan normalisoituvan verrattain nopeasti ja viivästyneitä hankkeita tullaan toteuttamaan karsitussa muodossa. Konventionaalaisia suprajohteita tultaneen ainakin kymmenen vuotta käyttämään johtimia tarvitseissa sovellutuksissa magneettikuvauslaitteissa, MHD-generaattoreissa ja suurenergiafysiikan laitteissa sekä fuusiokoelaitteissa ja pienissä koemagneeteissa.

Korkean lämpötilan suprajohteisiin erikoistuneita pienyrityksiä perustetaan tällä hetkellä markkinaboomiennusteiden houkuttelemisena koko ajan lisää ja ilmiössä on samoja piirteitä kuin konventionaalisten suprajohteiden pioneerikaudella. Yritystulokkaat keskittyvät konsultti- ja insinööritoimistotyypisiin tehtäviin. Alkuvaiheessa ne tekevät erilaisia markkinaselvityksiä, piirisuunnitteluja ja pieniä liittämiskysymyksiä sekä antureiden ja ilmaisimien valmistamiseen liittyviä materiaalitieteellisiä osatutkimuksia suurten alan tutkimusta eteenpäin vievien elektroniikka- ja tietokoneyritysten toimeksiannoista. Uljaimpien ennusteiden mukaan korkean lämpötilan suprajohteiden markkinat avautuvat 1990-luvun alussa, jolloin käyttökelpoisia materiaaleja, antureita ja mikropiirejä olisi jo kaupallisesti saatavilla. Lisääntyvistä tietokonesovellutuksista johtuen markkinoiden on uskottu kasvavan siten, että ensi vuosikymmenen puolella välissä kaupan arvo olisi 1,5 miljardia dollaria ja kymmenen vuotta myöhemmin jo 5 miljardia dollaria.

Suomessa suprajohteiden tutkimuksella on pitkät perinteet Teknillisen korkeakoulun ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen laboratorioissa sekä Outokumpu Oy:ssä. Tutkimustyö on monilla aloilla ollut kansainvälistä huipputasoa ja sen sektoreina ovat olleet verrattain kattavalla tavalla kryogeeniset matriisimateriaalit, johdinmateriaalit, johdinvalmistus, magneettisovellutukset, mittaustekniikka ja kylmäteknikka sekä

ohutkalvosovellutukset. Erityisesti johdinmateriaalien ja johdinten valmistustekniikan kehitystyö on ollut tuloksellista, sillä läpivalaisuelektronimikroskopiaan ja Augerspektroskopiaan perustuvilla materiaalitieteellisillä tutkimuksilla saavutettiin Otaniemessä jo vuonna 1984 kaupallisten niobititaani-seossuprajohdinten virrantiheyden maailmanennätykseksi 2860 A/mm² vastustavan magneettikentän ollessa 5 Teslaa, sekä samanaikaisesti tehdyissä yhdistesuprajohteiden seostuskokeissa moninkertaisesti korkeampiakin arvoja.

Korkean lämpötilan suprajohteiden löytämisen jälkeen alan tutkimustyö on Suomessa laajentunut voimakkaasti. Otaniemeen on syntynyt runsaasti aktiivisia tutkimusryhmiä ja lisäksi tutkimustyötä tehdään myös Tampereen teknillisessä

korkeakoulussa, Turun yliopistossa ja Wihurin fysiikan tutkimuskeskuksessa. Tutkimusperinteiden ansiosta Suomessa on käytettävissä hyvää potentiaalia kattavaan korkeaan lämpötilan suprajohdemateriaalien tutkimukseen, materiaalien valmistustekniikan kehittämiseen, suprajohde-elektroniikan suunnitteluun ja muualla tapahtuvan kehityksen seuraamiseen. Kotimaisen tutkimustyön tehostamisessa on syytä huomioida tavoitteiden realistisuus ja käytettävien resurssien suhde muuhun materiaalitieteessä tapahtuvaan kehitykseen. Tutkimuksen tehostamisen tarpeet saattavat Suomessakin johtaa eurooppalaisten Esprit II- ja Brite-tavoiteohjelmien sekä fuusiotekniikan ja hiukkasfysiikan kaltaisiin tutkimusyhteistyöhankkeisiin.

SUMMARY

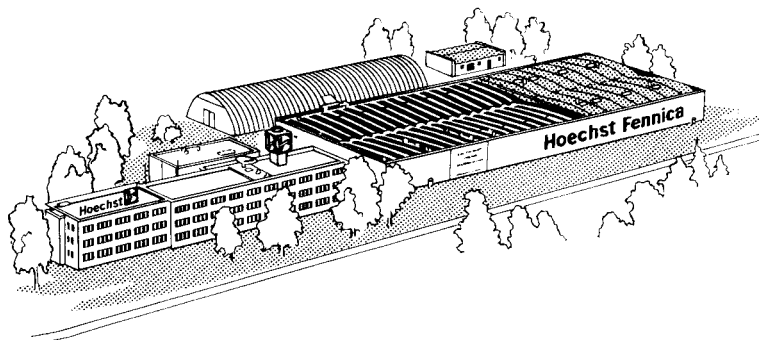
SUPERCONDUCTORS – RECENT BREAKTHROUGHS

Superconductors – The extremely rapid development of the high T_c superconductors is reviewed from the discovery of K.A. Müller and J.G. Bednorz to the calcium containing chemically stable third generation superconductors pointing out the exceptionally high and promising electrical current carrying capacities of more than 60 000 A/mm², which were recently rumored in Japan. The present paper also provides a comprehensive description of the historical and physical backgrounds and the basic principles applied for the stabilization of the superconductors. Furthermore, a wide range of appli-

cations in the field of research, medical and energy production including their operational principles are reviewed. Until now, the investigations of the superconductor materials in Finland have lead to the industrial manufacturing of high quality wires, cables and commercial products. More than twenty laboratories in Finland have recently announced that they are actively working in the field of the high T_c superconductors, and therefore in the future, more creativity and motivation to bring new materials, processes and products can be expected.

Vuoriteollisuuskemikaalit

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



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

Oy Hoechst Fennica Ab
Teollisuusosasto I
PL 237, 00101 Helsinki

Hoechst 

Rikinpoisto AHLSTRÖM PYROFLOW-kattiloissa

TkL Matti Hiltunen, A. Ahlström Oy, HA-laboratorio, Karhula

JOHDANTO

Leijupoltteknikkaa on 1970-luvulta lähtien sovellettu energiatuotantoon. Alhaisen rikki- ja typpioksidipäästöjen ansiosta leijupoltteknikka on saavuttanut vankan aseman polttomenetelmänä. Tärkeä sovellutusalue ovat rikkipitoiset polttoaineet, joiden taloudellinen hyödyntäminen tiukkojen päästönormien puitteissa on leijupolttota käyttäen mahdollista. Toinen etu on monipolttoainekäyttö, jolla päästään joustavaan polttoainevalintaan.

Toiminnallisesti leijupoltomenetelmissä voidaan erottaa konventionaalinen eli kerrosleijupolttota ja kiertoleijupolttota. Jako on tehty petimateriaalin käyttäytymisen perusteella.

Kiertopoltomenetelmässä käytetyt kaasun nopeudet, 3–10 m/s, ylittävät petipartikkeleiden kuljetusnopeuden. Partikkelit kulkeutuvat kaasuvirtauksen mukana sykloniin, jossa ne erotetaan kaasuvirrasta ja palautetaan tulipesän alaosaan.

Kiertoleijupoltomenetelmällä on erityisominaisuuksia, joiden ansiosta saavutetaan hyvä palamistulos ja alhaiset rikki- ja typpioksidien päästöt:

- petimateriaali jakautuu koko reaktorin tilavuudelle
- sekoitus on hyvä suuren kaasunopeuden ja kierrätyksen ansiosta
- hienojakoisen petimateriaalin ominaispinta on suuri
- lämpötilajakauma on tasainen reaktorin korkeussuunnassa
- polttoaineen tasainen syöttö reaktorin poikkipinnalle on yksinkertaista tehokkaan sekoituksen takia
- palamisilman jaolla muodostetaan tulipesään typpioksidipäästöä pienentävät olosuhteet.

AHLSTRÖM PYROFLOW

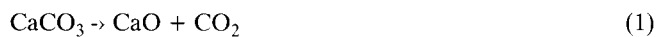
AHLSTRÖM PYROFLOW -kattilat toimivat kiertoleijupolttoperiaatteella, jolloin leijupolttoperiaatteen edut saadaan maksimoitua. Emissioiden kannalta tämä tarkoittaa sitä, että rikkidioksidi voidaan sitoa yksinkertaisesti ja edullisesti kalkkikiven avulla suoraan reaktorissa. Sidottu kalkki poistuu kattilasta kipsinä. Kattilan luontainen NO_x-taso on alhainen, ja siihen voidaan helposti vaikuttaa polttoteknisin keinoin. Nykyiset SO₂- ja NO_x-emissiorajat voidaan alittaa helposti. AHLSTRÖM PYROFLOW omaa potentiaalia kiristyvien emissiovaatimusten täyttämiseen myös tulevaisuudessa. Kattiloiden käytettävyyden on myös ollut hyvä.

Yhä useammat ovat oivaltaneet tämän, ja myytyjen kattiloiden määrä on noussut jo yli 60 yksikköön. Tulevaisuudessa yhä useammat maat, Suomi mukaanluettuna, joutuvat kiinnittämään huomiota paitsi SO₂- myös NO_x-emissioiden määrään. AHLSTRÖM PYROFLOW on edullinen vaihtoehto tulevaisuuden kannalta. Sivulla 50 on kuva maailman tällä hetkellä suurimmasta kiertoleijupolttokattilasta, Colorado-Uten PYROFLOW:sta.

RIKINPOISTO AHLSTRÖM PYROFLOW - KATTILASSA

1. Reaktiovaiheet ja kalkkikiven laadun vaikutus

Leijupoltossa rikinpoisto voidaan suorittaa yksinkertaisesti lisäämällä sopivaan raekokoon jauhetta kalkkikiveä suoraan reaktoriin. Reaktorissa kalkkikivi kalsinoituu nopeasti, jolloin syntyy reaktiivista kalsiumoksidia.



Kalsiumoksidi reagoi savukaasussa olevan rikkidioksidin ja hapen kanssa muodostaen kipsiä, joka poistetaan tuhkana reaktorista.



Kalkkikiven reaktio SO₂:n kanssa on varsin hidas, joten kalkkikiven korkean sulfatoitumisasteen saavuttamiseksi riittävän viipymääjän aikaansaaminen on välttämätöntä.

Sulfatoituminen tapahtuu CaO-hiukkasen pinnassa ja halkeamissa edeten hitaasti hiukkasen sisään. Kalkkikiven kalsinoitumisolosuhteilla on myös vaikutusta CaO-hiukkasen reaktiokykyyn. Kalsinoitumisolosuhteet AHLSTRÖM PYROFLOW:ssa ovat hyvät eikä kalkan inertoitumista tapahdu.

Eri kalkkikivilaatujen rikinsitomisuusominaisuudet vaihtelevat huomattavasti. Yleisesti voidaan todeta, että mitä nuorempaa ja vähemmän kiteistä kalkkikivi on, sitä parempi on sen reaktiivisuus eli rikinsidontakyky.

Kalkan raekoko on tärkeä vaikuttaja. Jauhettaessa kalkki hienommaksi sen pinta-ala kasvaa. Tällöin myös rikinsitomiskyky parenee. Toisaalta on muistettava vaatimus riittävästä viipymääjasta kalkan raekokoa valittaessa. Tähän vaikuttaa myös kalkan jauhautuvuus ja kuumasyklonin erotuskyky.

A. Ahlström Osakeyhtiö on kehittänyt laboratoriomenetelmän, jolla kalkan reaktiivisuus voidaan määrittää. Menetelmässä kalkkikivinäyte (raekoko 0.125–0.250 mm) kalsinoidaan 850 °C:n lämpötilassa pienessä leijureaktorissa, jossa se myös sulfatoidaan synteettisen savukaasun avulla tunnin ajan samassa lämpötilassa.

Tulosten perusteella kalkkikivet voidaan luokitella laadullisesti rikinsitomiskyvyn kannalta esim. seuraavasti (taulukko 1):

Taulukko 1. Kalkkikiven laadun arviointi.
Table 1. Evaluation of limestone quality.

Arvosana	Reaktiivisuus mol/mol	Sitomiskyky gS/kg
Erittäin hyvä	< 3	100 <
Hyvä	3–4	80–100
Kohtalainen	4–5	60–80
Heikko	5 <	< 60

Reaktiivisuuden minimiarvo on 1 ja sitomiskyvyn maksimiarvo 320 gS/kg kalkkikiveä.

Testissä saadut tulokset ovat suhteessa kalkkikiven käytötyymiseen kiertoleijupoltossa.

Voidaan todeta, että kiteiset suomalaiset kalkkikivet ovat reaktiivisuudeltaan selvästi huonompia kuin nuoret tanskalaiset ja ruotsalaiset kalkkikivet (taulukko 2). Tällöin samaan rikinpoistoon tarvittava kalkkikivimäärä on suurempi.

Taulukko 2. Esimerkkejä saaduista tuloksista eri kalkkikivillä.
Table 2. Examples of limestone reactivities.

	Ca %	Reaktiivisuus mol/mol	Sitomiskyky gS/kg
Faxe Industrikalk	39.5	2,40	137
Ignaberga	30.2	2.50	98
Gotland/Lohja	39.6	2.60	123
Gotland/Partek	37.3	2.60	123
Gotland/Partek	39.5	3.50	88
Gotland/Förby	39.8	4.00	79
Ruskealan Marmor	23.0	4.20	44
Lohja, Sipoo	26.1	4.70	45
Partek, Parainen	38,3	6,50	47
Lohja, Tytyri	37,3	6,70	45
Förby (8M & 8100)	38.4	7.10	44

2. Polttoaineen ja prosessiolosuhteiden vaikutus rikinpoistoon.

Haluttuun rikinpoistoon tarvittava kalkkikiven kulutus kuvaa rikinpoiston tehokkuutta. Kulutus ilmoitetaan tavallisesti Ca/S-moolisuhteena, joka on kalkkikivisyötön kalsiumin ja polttoainesyötössä olevan rikin suhde.

Polttoaineen laatu vaikuttaa myös kalkkikiven tarpeeseen, koska polttoaineen tuhka sitoo osan polttoaineen rikistä. Tavallinen arvo on 10–30 %:n sitoutuminen tuhkaan tavanomaisilla hiilillä. Eri polttoaineilla määritettyjä Ca/S-suhteita ei voi välttämättä verrata suoraan toisiinsa.

Rikinpoiston kannalta optimaalisen lämpötila-alueen kiertoleijupoltossa on todettu olevan 850–880 °C, mikä on myös palamisen kannalta edullinen alue.

Leijutus- ja toisioilmojen suhde vaikuttaa leijutuksen voimakkuuteen ja siten kaasun ja kiintoainekontaktin tehokkuuteen. Rikinpoiston kannalta mahdollisimman voimakas leijutus ja sen aikaansaama suuri kiintoainekonsentraatio myös reaktorin yläosassa on eduksi. Toiminta on tällöin kuitenkin NO_x-emission kannalta epäedullista, ts. savukaasun typpioksidikonsentraatio pyrkii kasvamaan. Sopivalla palamisilmojen vaiheistuksella NO_x-tasoa voidaan laskea huonontamatta rikinpoistoa. Petimäärän lisäyksellä voidaan kiintoainekonsentraatiota kaasu-kiintoainesuspiensiossa kasvattaa. Lentotuhkan kierrätys lisää kiintoainekonsentraatiota ja myös kalkkipartikkeleiden viipymäaika reaktorissa.

Paitsi kiintoainekonsentraatio kaasussa myös kaasun viipymäaika reaktorissa sulfatoitumisolosuhteissa vaikuttaa rikinpoistoon. Tämä tulee esille rikinpoiston tehostumisena osakuormilla, jolloin kaasun viipymäaika kasvaa.

Rikkidioksidin reaktio kalsiumoksidin kanssa kalsiumsulfatiksi tarvitsee happea kuten yhtälö 2 osoittaa. Käytännössä SO₂-poiston heikentymistä on havaittu savukaasujen O₂-pitoisuuden laskiessa alle 2 %:n tai palamisen vaiheistuksen ollessa hyvin voimakasta.

3. Kiertoleijupoltossa saavutettava rikinpoisto

Päästömittauksia on käytettävissä mm. Kauttuan 65 MW:n AHLSTRÖM PYROFLOW -kiertopetikattilasta. Kattilan polttoaineet ovat turve, puujäte ja kivihiili. Kattila on mitoi-

Taulukko 3. Rikinpoisto 65 MW:n AHLSTRÖM PYROFLOW -kattilassa.

Table 3. Sulfur capture in a 65 MW AHLSTRÖM PYROFLOW boiler.

	englantilainen hiili	petroleum coke
kost. %	7,5	7,1
tuhka % ka:ssa	13,4	1,5
haihtuvat "	29,1	9,2
koksi "	50,0	88,1
lämpöarvo (teh) MJ/kgka	27,9	32,6
typpi % ka:ssa	1,2	1,1
rikki "	2,5	2,8
kalkkikivi	gotlant.	gotlant.
rikinpoisto		
SO ₂ abs. %	90	90
Ca/S	1,8	1,7

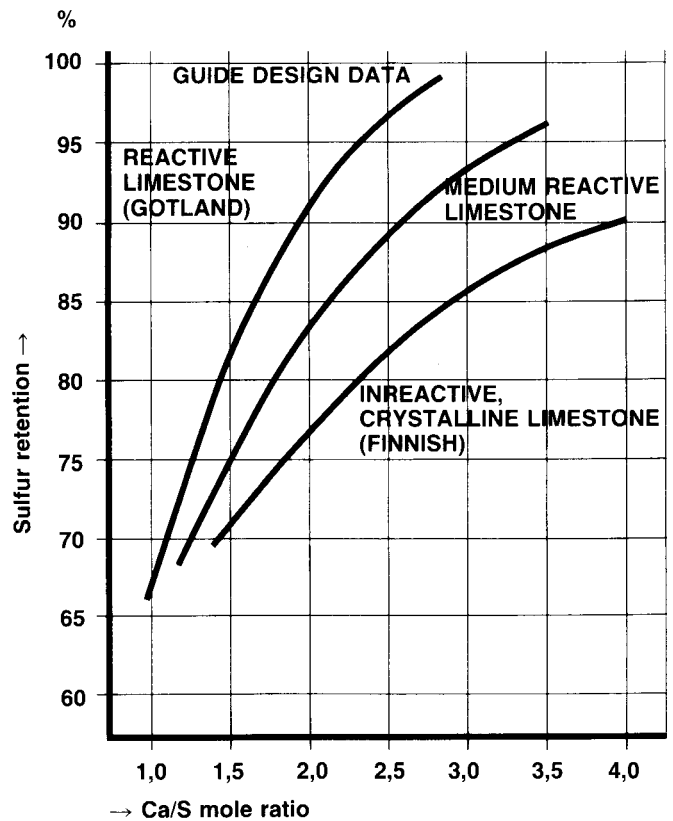
tettu jyrksinturpeelle. Pelkässä kivihiilipoltossa tulipesän lisäähdtyys hoidetaan savukaasun kierrätyksellä.

Taulukossa 3 on esitetty päästömittausten tuloksia kahdella erityyppisellä polttoaineella. Rikinpoistoon on käytetty gotlantilaista kalkkikiveä.

Kalkin laadun vaikutus rikinpoistoon ilmenee kuvan 1. esimerkistä.

Hyvin vähän rikkiä sisältävien polttoaineiden savukaasun SO₂-pitoisuus on alhainen ja tällöin esim. 90 % rikinpoistoon tarvittava Ca/S-moolisuhte on jonkin verran suurempi kuin taulukossa 3. esitetyt.

Myös erittäin alhainen SO₂-taso voidaan saavuttaa pelkääntään lisäämällä kalkkikiveä reaktoriin. Tätä on demonstroitu mm. Bakersfieldissä (15 MW), jossa saavutettiin 96 % rikin-



Kuva 1. Kalkin laadun vaikutus rikinpoistoon.
Fig. 1. The effect of limestone quality on sulfur capture.

Taulukko 4. AHLSTRÖM PYROFLOW. Typen oksidien emissiot.
Table 4. AHLSTRÖM PYROFLOW. Emission of nitrogen oxides.

Kattila	Koko MW	Polttoaine	NO _x 1) g/MJ 2)	NO _x 3) ppm
A. Ahlström Osakeyhtiö, Kauttua	65	Bitumihiihi	0.022-0.146	40-260
" " " "	65	Petrokoksi	0.037-0.064	40-100
" " " "	65	Unkarilainen ruskohiili	0.053-0.081	80-120
Keravan Energialaitos	30	Appalakkihiihi	0.018-0.104	30-190
Kemira Oy, Oulu	55	Turve	0.061-0.101	90-160
Oriental Chemical Industry Co Ltd. Inchon, Korea	97	Petrokoksi	0.058-0.071	90-120
Paperys Kopparfos AB, Ruotsi	56	Puujäte	0.097-0.141	110-135

1) = laskettu NO₂:na

2) = laskettu sisäänmenevän polttoainevirran mukaan

3) = ppm 7 % O₂ (kuiva)

poisto Ca/S moolisuhteella 2.2. Jäännös -SO₂ pitoisuus oli 20 ppm. Polttoaineen rikkipitoisuus oli 0.6 % ja kalkki reaktiivista.

CPC-Colton kattilassa (59 MW) järjestettiin koe, jossa tavoitteena oli ajaa 30 ppm SO₂ -tasolla pitempi jakso. Demonstraatiossa alle 40 ppm SO₂ -pitoisuus pidettiin 17 tunnin ajan, jolloin saatiin hyvä kuva prosessin stabiilisuudesta. Hiilessä oli 0.44 % rikkiä ja Ca/S 4.4–4.6 93.8 % rikinpoistolta. Suurempi Ca/S kuin Bakerfieldissä johtuu alhaisemmasta polttoaineen rikkipitoisuudesta ja huonolaatuisesta kalkista.

AHLSTRÖM PYROFLOW-KATTILAN TYPEN OKSIDIEN EMISSIOT

Kiertoleijupolton luontainen NO_x-emissiotaso on alhainen, kuten taulukkoon 4 kootut arvot osoittavat. Bitumisella hiilellä ilman mitään erityistoimenpiteitä NO_x-taso on tavallisesti luokkaa 150–170 ppm mittaolosuhteissa. Tarvittaessa NO_x-tasoa voidaan laskea polttoteknisin menetelmin optimoimalla palamisilman vaiheistus ja käyttämällä savukaasun kierätystä. Sekundääri menetelmänä voidaan käyttää tarvittaessa ammoniakki- tai urea-injektiota.

YHTEENVETO

Kiertoleijupolttoto mahdollistaa rikkipitoisten polttoaineiden taloudellisen käytön. Päästöjen muodostus on pienennetty minimiin suoraan polttovaiheessa. Kilpailukyky muihin menetelmiin verrattuna tulee siitä, ettei erillistä savukaasun rikinpoistolaitteistoa tarvita ja NO_x-taso on alhainen. Kilpailukykyä lisää myös laaja polttoainevalikoima ja monipolttoainekäyttö.

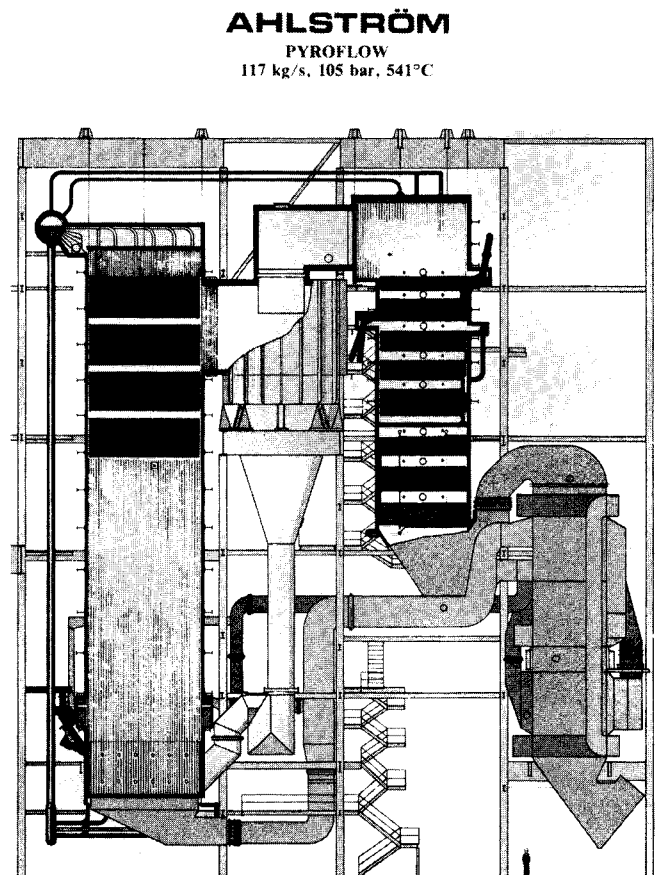
AHLSTRÖM PYROFLOW -kiertoleijupolttomenetelmän käyttöalue on laajentunut nopeasti. Suurin toimiva AHLSTRÖM PYROFLOW -kattila on tällä hetkellä 291 MW (kuva 2).

SUMMARY

SULFUR CAPTURE IN AHLSTROM PYROFLOW BOILERS

AHLSTROM PYROFLOW boilers utilize circulating fluidized bed concept which maximizes the advantages of the fluidized bed combustion technology. The sulfur dioxide emissions can be reduced simply by adding limestone into the reactor. The captured sulfur is removed as gypsum. The characteristic NO_x emission level is low and it can easily be reduced further by means of e.g. combustion air staging.

The sulfur capture is affected by fuel and limestone properties and process conditions. The most important fuel properties in this respect are the sulfur content and the ability of ash



Kuva 2. Maailman suurin toimiva kiertoleijupolttokattila (291 MW_{th}, 110W_e) Colorado-Ute, U.S.A..

Fig. 2. The world's largest circulating fluidized bed boiler (291 MW_{th}, 110 MW_e) in Colorado-Ute, U.S.A..

to capture sulfur. The limestone reactivity varies considerably. Also the particle size distribution is important.

The most important process conditions are temperature, air split between primary air and secondary air, bed inventory, oxygen concentration in flue gases and gas residence time in the reactor.

90 % sulfur capture is achieved with the Ca/S molar ratio of 1.7–1.8 when good quality limestones are used. A very low SO₂-emission level, 20–40 ppm, in flue gases can be achieved, if necessary.

SULFRED-menetelmä savukaasujen rikin poistamiseksi

DI Timo Talonen, Outokumpu Oy, Tutkimuskeskus, Pori
DI Valentin Tinnis, Outokumpu Engineering, Espoo

YLEISTÄ

Huoli ympäristön saastumisesta on useissa maissa synnyttänyt lainsäädännön, jolla rajoitetaan voimalaitosten ympäristöön laskemia rikkipäästöjä. Suomessa tavoitteena on pienentää päästöjä vuoden 1993 loppuun mennessä viidelläkymmenellä prosentilla vuoden 1980 tasosta. Tavoitteeseen pyritään käyttämällä vähän rikkiä sisältäviä polttoaineita tai varustamalla polttolaitokset rikinpoistolaitteilla.

Valtioneuvoston v. 1987 tekemän päätöksen mukaisesti uusien, polttoaineteholtaan 50 - 150 MW:n ja vanhojen yli 200 MW:n kattilalaitosten sallittu enimmäispäästö on 1.1.1994 lähtien 230 mg SO₂/MJ. Uusien yli 150 MW:n laitosten vastaava raja-arvo on 140 mg SO₂/MJ. Luvut ovat vuosikeskiarvoja. Määräyksistä seuraa, että käytännössä n. 15 voimalaitokseen on hankittava rikinpoistolaitteet vuoden 1993 loppuun mennessä. 1990-luvun aikana joudutaan Suomessa rikkipäästöjen vähentämiseen investoimaan yhteensä 1,7 - 2.1 miljardia markkaa /5/.

TAVANOMAISET RIKINPOISTOMENETELMÄT

Savukaasujen rikinpoistossa kalkkiin perustuvat menetelmät ovat täysin hallitsevassa asemassa. Saksan Liittotasavallassa 90 % kaikista laitoksista on kalkkipohjaisia.

Kalkkimenetelmät voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: märkiin kalkkikivimenetelmiin, puolikuiviin menetelmiin ja kuiviin menetelmiin. Jokaisella tyyppillä on useita valmistajia ja prosessit poikkeavat toisistaan lähinnä laitteistojen osalta.

Suuri enemmistö on märkiä kalkkikivimenetelmiä. Niiden suosio perustuu eräisiin etuihin muihin verrattuna. Tärkein näistä on hyvä rikin erotusaste, parhaimmillaan yli 95 % /1/. Tarvittava emäs on halpaa kalkkikiveä. Tuote on 96 - 99 prosenttisesti kipsiä /2/, joka soveltuu käytettäväksi rakennusteollisuudessa.

Puolikuivien ja kuivien menetelmien etuina ovat yksinkertaisuuden ja pienempien investointikustannusten lisäksi se, että jättevettä ei synny ja tuotettu jäte on kuivaa. Toisaalta rikin erotusaste on huonompi kuin märissä menetelmissä. Lisäksi puolikuiva menetelmä tarvitsee toimiakseen kallista poltettua kalkkia.

Puolikuivan menetelmän tuotteesta vain 8 - 15 % on kipsiä ja loput sulfiittia, karbonaattia, kloridia ja reagoimatonta kalsiumhydroksidia /2/. Tuote menee yleensä jätteeksi.

Sulfiitti- ja kipsijätteen varastointi ja pitkällä tähtäyksellä kipsin määrän lisääntymisen vuoksi myös sen sijoittaminen rakennusteollisuuteen on ongelmallista /2/. Jätteistä päästään lähes kokonaan siirtymällä käyttämään sellaisia rikinpoistomenetelmiä, joiden tuotteet ovat hyödynnettäviä. Eräs tällainen on Outokummun kehittämä SULFRED-menetelmä.

SULFRED-PROSESSIN EDUT

Kalkkiprosesseihin verrattuna SULFRED-menetelmä tuottaa vain vähän jätteitä. Tämä on sen suurin etu. Kiinteää jätettä syntyy vain prosessissa pelkistykseen käytettävän hiilen tuhkan poistosta sekä kaasun esipesuun käytettävän veden käsittelystä. Jälkimmäinen muodostuu kaasuun pölynpoiston läpäisseydestä pienestä tuhkamäärästä sekä kaasun rikkitrioksidin neutraloinnissa muodostuneesta kipistä. Yhteensä kiinteiden jätteiden määrä riippuu luonnollisesti mm. voimalaitoksen pölyn poiston tehokkuudesta, SULFRED-prosessissa käytettävän pelkistysihiilen laadusta ja savukaasun rikkitrioksidipitoisuudesta. Vastaava jätemäärä puolikuivassa kalkkiprosessissa olisi n. 240 t/d /5/.

Toinen huomattava SULFRED-prosessin etu on se, että savukaasun rikki saadaan talteen arvokkaana alkuainerikkinä. Kun kalkkiprosesseissa jätteiden hoito aiheuttaa merkittäviä kustannuksia, on SULFRED-prosessin tuottama alkuainerikki arvokas tuote, jolla on laajat markkinat kemian teollisuuden raaka-aineena.

Rikkiä tuotetaan jossain määrin kotimaassa, öljynjalostuksen sivutuotteena, mutta tuotanto ei vastaa kysyntää ja puuttuva määrä tuodaan ulkomailta. Vuonna 1985 tuontirikkiä oli n. 78 000 t.

SULFRED-prosessin lisäksi tunnetaan muitakin regeneratiivisia prosesseja, joiden tuotteena on alkuainerikki. Esim. Wellman-Lord-menetelmällä voidaan savukaasun rikkidioksidi poistaa lähes sataprosenttisenä SO₂-kaasuna /3/. Rikkidioksidin sisältämä rikki voidaan sitten muuttaa alkuainerikkiksi jonkin toisen prosessin, esim. Allied Chemical-menetelmän avulla /4/. Tällaisista prosesseista on täysinmittaisia, teollisia sovellutuksia. Tietyvästi SULFRED-menetelmä on kuitenkin ensimmäinen, jossa alkuainerikki tuotetaan suoraan kaasunpesuun käytettävässä liuoksessa.

Rikin erotusaste SULFRED-prosessissa on korkea kuten määrissä kalkkikiviprosesseissakin. Tämä johtuu mm. siitä, että reaktiot ovat nopeita, liuoksessa tapahtuvia ionireaktioita. Laitteisto voidaan mitoittaa siten, että kaikki voimalaitoskaasuille säädetyt rikkipitoisuuden raja-arvot helposti alittuvat. Koelaitteistoa on hallitusti ohjattu siten, että poistokaasun rikkidioksidipitoisuus pitkänä aikana on ollut keskimäärin alle 50 ppm.

SULFRED-menetelmä ei tarvitse mitään raaka-ainetta, joka sitoutuisi rikinpoistojätteeseen kuten kalkkiprosesseissa. Pesukemikaali on suljetussa kierrossa pesuvaiheen, rikin talteenottovaiheen ja regenerointivaiheen välillä. Varsinaisena tarveaineena prosessissa on regeneroinnissa käytettävä hiili. Tämän lisäksi prosessissa tarvitaan pieni määrä rikkihappoa sekä hiilivoimalaitoksen kaasuja käsiteltäessä vähän kalkkia esipesusta tulevan kloori- ja fluorivedyn neutralointiin.

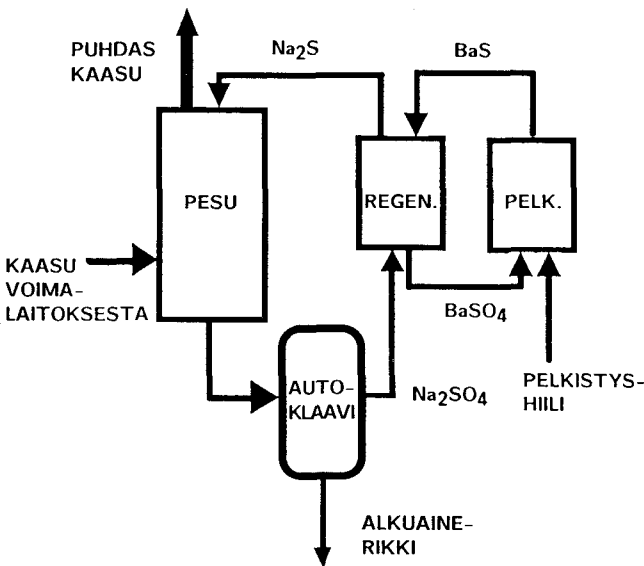
SULFRED-menetelmä eroaa kalkkimenetelmistä myös siinä, että pesuun käytettävä kemikaali on vesiliukoinen. Kalkin

liukoisuus veteen on pieni ja sen vuoksi pesukemikaali kalkkiprosesseissa on liuokseen suspendoituneena kiintoaineena. Eräänä osareaktiona näissä on hidas kalkin liukeneminen. Samoin kalkkiprosessissa reaktiotuote on niukkaliukoinen ja prosessissa on taipumus muodostua kiinteitä kerrostumia pesutornin pinnoille.

SULFRED-MENETELMÄN KUVAUS

Tavanomainen kalkilla tapahtuva savukaasun rikin poisto perustuu rikkidioksidin neutraloimiseen emäksellä. Reaktiot tapahtuvat joko vesiliuoksessa tai heterogeenisinä reaktioina kiintoaineen ja kaasun välillä.

SULFRED-prosessissa rikkidioksidin sitominen perustuu sen pelkistämiseen nestefaasissa alkuainerikiksi. Rikillä on useita tunnettuja hapetusasteita, joista yleisimmät ovat -2, 0, +4 ja +6. Vastaavia tyypillisiä yhdisteitä ovat Na_2S , alkuainerikki, SO_2 ja SO_3 . Korkeassa lämpötilassa hapettuessaan rikki suosii hapetusastetta +4, jolloin muodostuu rikkidioksidia. Mitä alempi lämpötila on, sitä stabiilimpi on rikin hapetusaste +6. Vesiliuoksessa rikki hapettuu kuusiarvoiseksi muodostaen sulfaattia niin halukkaasti, että se voi pelkistää neliarvoista sulfiittia nolla-arvoiseksi alkuainerikiksi. Tätä disproportioimisreaktiota käytetään hyväksi SULFRED-prosessissa. Prosessin periaatekaavio on kuvassa 1.



Kuva 1. SULFRED-prosessin yksinkertaistettu periaatekaavio.

Fig.1. Simplified flowsheet of the SULFRED process.

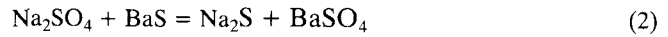
Rikkidioksidin absorboimiseen SULFRED-prosessissa käytetään natriumsulfidipitoista liuosta. Pesutornissa kaasun rikkidioksidi imeytyy pesuliuokseen ja pelkistyy alkuainerikiksi samalla, kun liuoksessa olevan sulfidin rikki hapettuu hapetusasteesta -2 hapetusasteeseen +6 muodostaen sulfaattia:



Pesutornista liuos johdetaan autoklaaviin, jossa muodostunut rikki sulaa ja laskeutuu autoklaavin pohjalle. Sieltä se laskeaan ulos ja varastoidaan joko nestemäisenä tai kiinteänä.

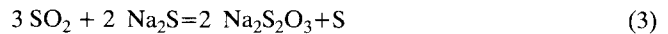
Autoklaavista poistuva sulfaattiliuos regeneroidaan sulfidiksi ja käytetään uudelleen rikkidioksidin absorboimiseen. Tämä tapahtuu lisäämällä liuokseen kiinteää bariumsulfidia.

Tällöin saostuu niukkaliukoista bariumsulfaattia ja muodostunut natriumsulfidi jää liuokseen.



Bariumsulfaatti suodatetaan natriumsulfidiliuoksesta ja pelkistetään hiilellä rumpu-uunissa takaisin bariumsulfidiksi.

Reaktioyhtälö (1) on pesutornissa ja autoklaavissa tapahtuvien reaktioiden summareaktio. Ainoastaan osa sulfidista reagoi pesutornissa sulfaatiksi asti. Sulfaatin ohella pesutornissa muodostuu välituotteita, mm. tiosulfaattia. Vastaavasti osa absorboidun rikkidioksidin rikistä jää liuokseen kemiallisesti sidotuksi ja vain osa on alkuainemuodossa pesutornissa. Kokonaisreaktio, jonka mukaisesti tiosulfaattia voi syntyä on:



Rikin erottamisen lisäksi autoklaavilla on toinenkin tehtävä. Siinä saatetaan pesutornissa syntyneet välituotteet reagoimaan siten, että autoklaavin jälkeen pesutornin ja autoklaavin summareaktioiden tuotteina on vain sulfaattia ja alkuainerikkiä.

Summareaktion (1) tapahtumisen edellytyksenä on, että liuokseen on absorboitu rikkidioksidia syötettyyn sulfidiin nähden moolisuhteessa 2:1. Savukaasujen pienestä rikkidioksidipitoisuudesta johtuen tämä suhde jää pesutornissa hieman alle kahden. Tämän vuoksi autoklaaviin lisätään rikkihappoa. Rikkihapon sisältämä rikki saadaan talteen alkuainerikkinä.

SULFRED-prosessissa savukaasu pestään kahdessa peräkkäisessä pesuvyöhykkeessä. Liuos kulkee kaasuvirtaan nähden vastavirtaan siten, että ensimmäisen pesuvyöhykkeen syöttöliuoksena on toisesta vyöhykkeestä poistuva liuos. Ensimmäisen vyöhykkeen olosuhteet säädetään siten, että liuokseen yhteensä absorboidun rikkidioksidin ja siihen yhteensä syötetyn natriumsulfidin moolisuhte on mahdollisimman lähellä kahta. Vastaavasti jälkimmäisen pesuvyöhykkeen olosuhteet säädetään siten, että haluttu poistokaasun rikkidioksidipitoisuus saavutetaan.

Voimalaitoksen kattilassa polttoaineena käytettävä hiili sisältää epäpuhtautena mm. klooria ja fluoria. Voimalaitoksen savukaasussa nämä esiintyvät kloorivetyinä ja fluorivetyinä. Koska klorideilla ja fluorideilla on taipumus rikastua SULFRED-prosessin kemikalikiertoon, joudutaan ne poistamaan ennen absorptiotornia. Hiilivoimalaitosten savukaasut puhdistetaan ennen SULFRED-prosessia pesemällä ne vedellä samoin kuin määrässä kalkkikiviprosessissa usein tehdään. Samalla poistuvat myös kaasun sisältämät raskasmetallit. Esipesuvesi neutraloidaan kalkilla. SULFRED-prosessissa on käytettävissä natriumsulfidia, jolla neutraloidun esipesuveden raskasmetallipitoisuus saadaan hyvin pieneksi. Öljykattiloiden savukaasuja ei tarvitse esipestä koska niissä ei ole klooria eikä fluoria.

SUORITETUT TUTKIMUKSET

Outokummun tutkimuskeskuksessa aloitettiin syksyllä 1983 laboratorikokeet, joiden päämääränä oli kehittää menetelmä, jolla voitaisiin tuottaa rikkiä sulatto- ja pasuttokaasuista. Onnistuneet kokeet johtivat keväällä 1984 kokeisiin laboratoriomittaisessa pilot-laitoksessa. Jo nämä osoittivat, että rikin erotusaste menetelmällä on niin hyvä, että sitä voidaan käyttää myös voimalaitosten savukaasujen rikin poistoon.

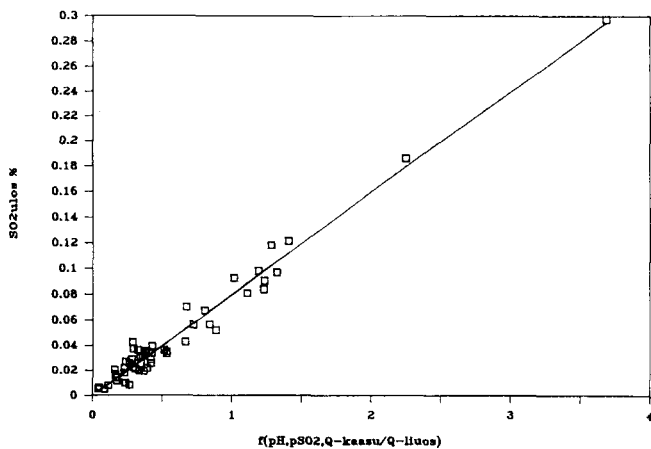
Huhtikuussa 1985 aloitettiin kokeet laitteistolla, joka oli asennettu Outokummun Porin tehtaiden kattilalaitoksen savukaasujen puhdistamiseksi. Käsitelty kaasuvirta vaihteli vä-

lillä 2000 - 10000 m³/h. Kaasujen rikkidioksidipitoisuus oli luonnostaan 1000 - 1200 ppm, mutta sitä lisättiin väkevän rikkidioksidin avulla niin, että se oli enimmillään 3500 ppm. Kokeita suoritettiin jaksoittain maaliskuuhun 1986 saakka.

Viimeksi mainitut kokeet osoittivat menetelmän käyttökelpoisuuden. Koeaineistoa analysoidulla löydettiin poistokaasun rikkidioksidipitoisuuden määräävät lainalaisuudet. Todettiin, että puhdistetun kaasun rikkidioksidipitoisuus on riippuvainen puhdistettavan kaasun rikkidioksidipitoisuudesta, kaasuvirran ja liuosvirran suhteesta ja pesuliuosn pH:sta.

Kuvassa 2 pestyn kaasun rikkidioksidipitoisuudet on esitetty parhaaksi havaitun selittäjän funktiona. Kukin kuvassa esiintyvä piste edustaa ensimmäisestä tai toisesta pesuvyöhykkeestä poistuvan kaasun mitattua rikkidioksidipitoisuutta pitkäköön koejakson aikana. Jälkimmäisen vyöhykkeen syöttökaasuna oli siis edellisen poistokaasu.

RIKKIDIOKSIDIPITOISUUS PESUN JÄLKEEN



Kuva 2. Kaasun rikkidioksidipitoisuus pesuvyöhykkeen jälkeäen olosuhteita kuvaavan selittäjän funktiona.

Fig.2. Sulphur dioxide content of gas after a washing zone as a function of conditions in the zone.

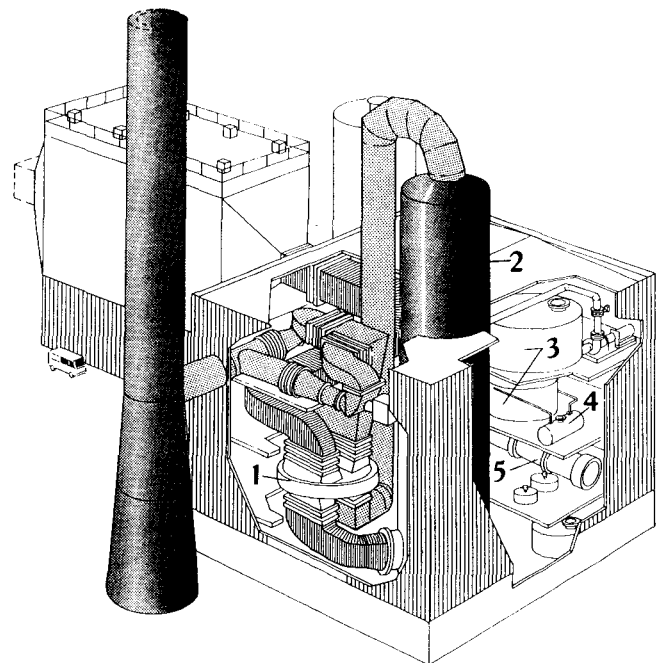
Kuvasta 2 nähdään, että valitsemalla pesuvyöhykkeeseen sopiva pH ja säätämällä kaasuun suihkutettava liuosvirta riittävän suureksi haluttu poistokaasun rikkidioksidipitoisuus voidaan saavuttaa.

Kokeet osoittivat, että autoklaavi toimii ajatellulla tavalla. Tarvittava lämpötila autoklaavissa on 150 - 170 °C ja paine 5 - 9 bar.

SULFRED-prosessin pilot-laitosta ajettiin sekä vaihtelevalla kaasukuormalla että rikkidioksidipitoisuudella. Näin kerättiin tietoa teollisen laitoksen mitoitus varten. Pilot-kokeiden jälkeen kokeita on jatkettu laboratorioon rakennetussa pilot-laitoksessa. Näiden kokeiden tarkoituksena on ollut eri reaktiovaiheiden olosuhteiden optimointi. Samoin alkuperäistä ideaa sulatto- ja pasuttokaasujen rikin talteen ottamiseksi tutkitaan edelleen pilot-laitteistolla. Näissä kokeissa kerättävä tieto rikin talteenotosta ja liuosn regeneroinnista on käyttökelpoista myös savukaasujen rikinpoistoprosessissa.

TEOLLINEN LAITOS

Pilotkokeeseen ja laajan tehdassuunnittelukokemukseen perustuen Outokummulla on valmius teollisen SULFRED-laitoksen rakentamiseen. Ensimmäisen referenssilaitoksen rakentamiseksi on käyty neuvotteluja useiden suomalaisten voi-



Kuva 3. Erään SULFRED-laitteiston toteutusehdotus. 1 lämmönvaihdin, 2 pesutorni, 3 kierto-liuosäiliöt, 4 autoklaavi, 5 pelkistysuuni.

Fig.3. Proposed implementation of a SULFRED-installation. 1 heat exchanger, 2 absorption tower, 3 pumping tanks, 4 autoclave, 5 reduction furnace.

mayhtiöiden kanssa. Tässä yhteydessä on suoritettu SULFRED-laitoksen perussuunnittelua.

Kuvassa 3 on eräaseen kotimaiseen voimalaitokseen suunnitellun SULFRED-laitoksen toteutusehdotus. Prosessin kaasunpesuvaiheessa sekä kaasu- että liuosvirrat ja sen vuoksi myös vastaavat laitteet, lämmönvaihdin, pesutorni ja liuosäiliöt ovat suuria. Yhteen kuutiometriin liuosta voidaan prosessissa absorboida 120 - 170 kg rikkidioksidia. Tämän vuoksi rikin talteenottoon ja liuosn regenerointiin menevät liuosvirrat ja myös vastaavat laitteet, autoklaavi, pelkistysuuni jne. ovat suhteellisen pieniä.

TALOUDELLISET NÄKÖKOHDAT

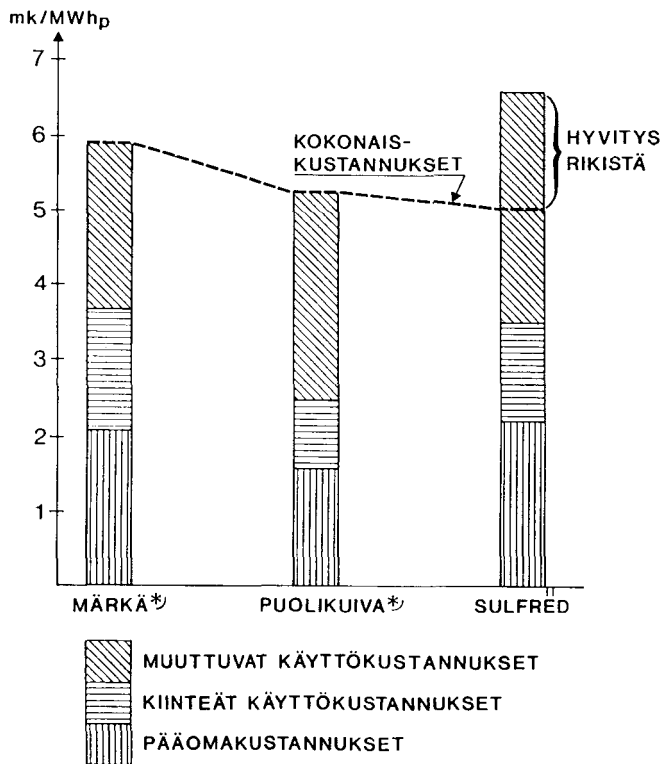
SULFRED-menetelmän taloudellisen kilpailukyvyn arvioimiseksi sen aiheuttamia kustannuksia verrattiin kahden yleisimmän rikinpoistomenetelmän, määrän kalkkikivimenetelmän ja puolikuivan menetelmän kustannuksiin. Kustannusvertailu on kuvassa 4, sivulla 54.

Kunkin menetelmän kustannukset on laskettu 1,5 % rikkiä sisältävää hiiltä käyttävälle voimalaitokselle, jonka polttoaineteho on 850 MW ja tehohuipun käyttöaika 6000 h/a. Enimmäispäästöraja on 140 mg SO₂ /MJ, laskentakorko 5 % /a ja kuoletusaika 25 vuotta. Pääomakustannukset on laskettu annuiteettiperiaatteella ja tunnuslukuksi on ilmoitettu kustannukset kattilan polttoaineen lämpömäärää kohden (mk/MWh).

Voidaan havaita, että pääomakustannukset muodostavat vähemmän kuin puolet kokonaiskustannuksista. Niiden osuus kasvaa kuitenkin kuoletusajan lyhetyssä tai koron kasvaessa.

Käyttökustannusten kiinteä osa riippuu ensisijaisesti kunnossapidon tarpeesta, jonka on arvioitu SULFRED-laitokses- sa olevan n. 4 % vuodessa investointikustannuksesta.

Muuttuvat käyttökustannukset koostuvat määrässä ja puoli-



Kuva 4. Rikinpoistomenetelmien kustannusten vertailu.
* Lähde: Lämpövoimakero, päästöpäivä 21.3.1988.
Fig.4. Cost comparison of three desulphurization methods.

kuivassa menetelmässä pääasiassa kalkkikuluista ja ne ovat vastaavasti 2,2 ja 2,8 mk/MWh. Näiden menetelmien jätteen huololle on laskettu vain 20 mk/t, mikä vastaa 0,20 ja 0,22 mk/MWh.

SULFRED-prosessissa tuotetun rikin myyntiarvo on merkittävä. Hyvitys rikistä peittää lähes puolet muuttuvista käyttökustannuksista, joista suurimmat ovat sähköstä, hiilestä ja höyrystä johtuvia. Kun hiilen rikkipitoisuus nousee, rikin myyntiarvo peittää yhä suuremman osan laitoksen käyttökustannuksista. Tämä nähdään taulukosta 1, jossa on rikin myynnistä saatavan hyvityksen osuus laitoksen muuttuvista käyttökustannuksista ja kokonaiskustannuksista. Taulukossa 2 on vastaavasti tarkasteltu laitoksen koon vaikutusta kyseisiin osuuksiin.

Rikistä saatavan hyvityksen merkitys rikinpoiston taloudelle korostuu polttoaineen rikkipitoisuuden noustessa ja laitoksen kasvaessa.

Kun kaikki kustannukset ja hyvitykset lasketaan yhteen, voidaan todeta, että rikin poiston kokonaiskustannukset SULFRED-prosessilla ovat alhaisemmat kuin määrällä kalkkikivimenetelmällä tai puolikuivalla menetelmällä. Lisäksi laskelmassa on ilmeisesti kalkkimenetelmien jätteenhoitokustannuksia aliarvioitu. SULFRED-prosessin käytöllä voidaan välttää suurista jätemääristä myöhemmin johtuvat arvaamatomat vaikeudet.

YHTEENVETO

Outokumpu Oy:n kehittämässä SULFRED-rikinpoistomenetelmässä savukaasut pestään pesutornissa natriumsulfidia sisältävällä vesiliuksella. Pesutornissa tapahtuvat kemialliset reaktiot menevät loppuun autoklaavissa ja tuottavat alkuainerikkiä ja natriumsulfaattiliuosta. Liuos regeneroidaan bariumsulfidilla, jolloin syntyy bariumsulfaattia ja natriumsulfidiliuosta. Syntynyt bariumsulfaatti suodatetaan ja pelkistetään

Taulukko 1. Rikin arvo verrattuna rikinpoiston kustannuksiin, hiilen rikkipitoisuuden vaihdelta (laitoskoko 850 MW).
Table 1. Credit for sulphur as a percentage of the desulphurization costs with different sulphur contents of coal (plant capacity 850 MW).

Hiilen rikkipitoisuus %	Hyvitys rikistä	
	% muuttuvista käyttökustannuksista	% kokonaiskustannuksista
0,6	41,7	6,8
1,0	44,2	14,3
1,4	45,5	20,6
1,8	46,3	26,0
2,2	47,0	30,7
2,6	47,5	34,9

Taulukko 2. Rikin arvo verrattuna rikinpoiston kustannuksiin, laitokseen vaihdelta (polttoaineen rikkipitoisuus 1,5 %).
Table 2. Credit for sulphur as a percentage of the desulphurization costs with different plant capacities (sulphur content of coal 1,5 %).

Laitoskoko MW	Hyvitys rikistä	
	% muuttuvista käyttökustannuksista	% kokonaiskustannuksista
210	41,7	13,8
305	42,8	15,8
620	44,8	19,9
850	45,7	22,0
1260	46,8	24,8

hiilellä bariumsulfidiksi. Natriumsulfidiliuos käytetään uudelleen kaasun pesuun.

SULFRED-menetelmän suuri etu on se, että siinä ei synny kipsiä tai sulfiittia sisältäviä rikinpoistojätteitä vaan kaasun rikki muutetaan arvokkaaksi alkuainerikiksi. Myös SULFRED-menetelmän rikin erotusaste on parempi kuin useiden muiden menetelmien.

SULFRED-laitoksen investointikustannus on vähän korkeampi kuin kilpailijoiden, mutta rikin myyntiarvo huomioiden menetelmä on kokonaiskustannuksiltaan edullisempi. Prosessi on valmis teollista sovellutusta varten.

KIRJALLISUUS-REFERENCES

1. Krause, H. Dokumentation Rauchgasreinigung, Sonderteil der Zeitschriften BWK Brennstoff-Wärme-Kraft Bd37. VDI Verlag, 1985 39-41.
2. Juntgen, H und Richter, E.. Dokumentation Rauchgasreinigung, Sonderteil der Zeitschriften BWK Brennstoff-Wärme-Kraft Bd37, 1985 8 -20.
3. Earl C.B. och Potter B.H., Kemisk Tidskrift 1974 NR 5 46 - 50.
4. Bierbover R.G. and Van Sciver J.H., Chemical Engineering Progress 70 No.8 (1974) 60 - 62.
5. Rikkitoimikunnan mietintö, Ympäristöministeriö, Komiteamietintö 1986:33, Valtion painatuskeskus.

SUMMARY

THE SULFRED METHOD FOR FLUE GAS DESULPHURIZATION

In the Outokumpu SULFRED-method the flue gases are treated with a solution containing sodium sulphide. The chemical reactions that take place in an absorption tower are completed in an autoclave resulting in elemental sulphur in molten form and an aqueous sodium sulphate solution. The solution is regenerated with barium sulphide giving sodium sulphide and barium sulphate. The barium sulphate precipitate is filtered and reduced to barium sulphide with coal. The sodium sulphide solution is recirculated to the absorption

tower.

An advantage of the process is that no desulphurization waste is produced. In addition, the process yields highly valuable saleable sulphur. The degree of desulphurization is higher than with many competing methods. Although the investment costs of the process are slightly higher than that of the corresponding methods the operating costs are lower when taking into account the credit for sulphur.

Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y. Acta Metallurgica, Inc.:in yhdistysjäseneksi

Vuorimiesyhdistys on liittynyt yhdistysjäseneksi (Co-operating Society) Acta Metallurgica Inc.:iin. Acta Metallurgica Inc., jota edustaa 27 kansallista yhdistystä, julkaisee mm. kolmea kansainvälistä tieteellistä ammattilehteä (Acta Metallur-

gica, Scripta Metallurgica, Materials Science and Society) sekä osallistuu erilaisiin muihin aktiviteetteihin materiaaleja koskevan tekniikan ja tutkimuksen edistämiseksi.

J. HERBERT HOLLOMON AWARD

The Board of Governors of Acta Metallurgica, Inc. has established an annual award in memory of J. Herbert Hollomon, principal instigator of the journal ACTA METALLURGICA and suggester of the journal MATERIALS AND SOCIETY. Acta Metallurgica, Inc. represents 27 professional societies worldwide in publishing three international journals and in other activities supporting the materials profession. The new award will recognize contributions to understanding the interactions between materials and societal concerns. It will consist of a Steuben® glass sculpture on a suitably inscribed base, a certificate, and a cash honorarium, initially \$2000.

Qualifications for the award are as follows:

(1) Candidates may be proposed by Sponsoring or Cooperating Societies, MATERIALS AND SOCIETY Editors and Associate Editors, and the Board of Governors of Acta Metallurgica, Inc. Each may nominate one candidate each year, and should provide adequate documentation to support the nomination. In addition, the Sponsoring Societies' annual

Materials and Society lecturer will be an automatic nominee. Nominations will remain in effect for four years unless withdrawn or reendorsed.

(2) The criteria for nomination and selection are either outstanding career contributions to understanding of the relations between materials and society or an outstanding paper in that area published during the preceding two years. The paper need not have been published in MATERIALS AND SOCIETY. The judges will normally select on the basis of career contributions or an outstanding paper in alternate years.

(3) Three judges will be selected by the Board of Governors of Acta Metallurgica, Inc. Their term of office will normally be three years, on a suitably staggered basis.

(4) The award will be made each year unless the judges feel no candidate is qualified. Presentation will be made at a meeting of the nominating society or, if otherwise nominated, at a meeting of a Sponsoring or Cooperating Society of the winner's nation or region.

(5) Nominations should be submitted by 31 December of each year to Robert L. Fullman, Secretary-Treasurer of Acta Metallurgica, Inc., 4807 Bethesda Avenue, Suite 341, Bethesda, MD 20814, USA.

In Memoriam



OLAVI MÄENPÄÄ
26.2.1940 – 9.2.1988

Diplomi-insinööri Olavi Oiva Johannes Mäenpää kuoli helmikuun 9 päivänä 1988 Espoossa vaikean sairauden murtamana. Vaikka sairauden luonne olikin tiedossa, sanoma Olavin lähdöstä tuli täytenä yllätyksenä.

Olavi Mäenpää syntyi helmikuun 26 päivänä 1940 Teuvalla. Hän valmistui Oulun Yliopiston teollisuusinsinööriosastolta prosessi-insinööriksi 1967. Jo opiskeluaikanaan hän osoitti kiinnostuksensa ulkomailla työskentelyä kohtaan harjoittelemalla Englannissa. Opiskelunsa lopussa hän toimi yliopistossa tutkimusassistenttina.

Lähes 21 vuotta kestäneen työsuhteensa Outokumpu Oy:n kanssa Olavi Mäenpää aloitti Metallurgisessa tutkimuksessa Porissa, jossa hän 1967-70 tutkimusmetallurgina osallistui liekkisulatusmenetelmän kehitys- ja sovellutuskoeajoihin. Saadakseen liekkisulaton käyttökemusta hän siirtyi Harjavaltaan, jossa hän vuosina 1970-73 toimi kupari- ja nikkelisulattojen käyttöinsinöörinä. Samoina vuosina hän koulutti liekkisulatusmenetelmän ostaneiden yhtiöiden henkilöitä Australiasta, Intiasta ja Turkista sekä osallistui sulattojen käynnistykseen Australiassa ja Turkissa.

Olavi Mäenpää kutsuttiin seuraavaksi Teknilliseen vientiin projektipäälliköksi, jossa virassa hän vuosina 1973-77 johti mm. Puolan kuparisulaton suunnittelutyötä ja Norilskin kupari- ja nikkelisulattojen konvertointiasostojen ja anodivalimon suunnittelua ja laitetoimituksia.

Vuosina 1977-80 Olavi Mäenpää oli projektipäällikkönä Brasiliassa, jossa hän osallistui Caraiba-kuparisulaton ja -elektrolyysiprojektin suunnitteluun ja valvontaan. Pari vuotta myöhemmin hän oli mukana sulaton käynnistyksessä koulutettuaan välillä ko. sulaton ja Korean sulaton henkilöstöä.

Brasiliasta palattuaan projektipäällikkö Olavi Mäenpää johti Outokumpu Engineeringissä uscita tarjous- ja toteutusprojekteja. Hän osallistui Harjavalan rikkihappotehtaan suunnitteluun ja käynnistämiseen vuosina 1983-84.

Engineeringin laajentumisen myötä Olavi Mäenpään apua tarvittiin myös Skellefteän energialaitoksen käynnistyksessä vuosina 1985-86.

Vuorimiesyhdistys r.y.:n metallurgijaoston jäsen Olavi Oiva Johannes Mäenpää oli vuodesta 1967 lähtien.

Olavin vaikea sairaus iski elokuussa 1986, mutta vielä seuraavana keväänä hän tuli takaisin työelämään. Sairaus ei kuitenkaan hellittänyt ja niin Olavi ei enää palannut toimistoon viime vuoden kesälomaltaan.

Työssään Olavi oli utteraa, perusteellinen ja vastuuntuntoinen henkilö, joka oli aina valmis oppimaan lisää asioita ja ottamaan uusia haasteellisia tehtäviä hoitaakseen niin Suomessa kuin ulkomailla. Työtovereitaan kohtaan hän oli reilu ja auttavainen ja heistä pitävä.

Ihmisenä Olavi oli elämänmyönteinen, vaatimaton ja rehti periaatteen mies, joka samanaikaisesti pystyi olemaan reipas ja kärsivällinen. Harrastuksina hänellä oli ennen kaikkea golf, mutta myös mökkeily, uinti, slalom ja kielenopiskelu, jossa hän ulkomaankomennustensa ansiosta pääsi pitkälle. Lähiomaiset ja työtoverit menettivät Olavissa hyvän ihmisen.

Erkki Ryyänen



HANS BRÖCKL
3.6.1903 – 21.4.1988

En betydande påverkare inom vår bergsindustri, industrirådet Hans Bröckl är borta. Han gjorde en vägande insats i utvecklandet av gruv- och byggämnesindustrin i Finland.

Hans Bröckl utförde en omfattande daglig gärning under 40 års tid i Pargas Kalkbergs Aktiebolags (Partek) tjänst. År 1928 anställdes han som chef för gruvan och kalkverket i Pargas och år 1938 flyttade han till Villmanstrand, där han som den drivande kraften var med om att bygga och utveckla fabriksanläggningen till en storindustri samtidigt som han verkade som chef för fabriken i Villmanstrand.

Under Hans Bröckls ledning blev anläggningarna i Villmanstrand en mycket viktig del av bolagets verksamhetsfält. Projekt som där genomfördes och som inriktade sig på nya områden, såsom mineralull och industrimineral, har sedermera vuxit till framgångsrika sektorer både inom Partek-koncernens inhemska och utländska verksamhet.

Hans Bröckl utförde sin gärning under en tid då man såg det som en nödvändighet att finna nya områden vid sidan av cementindustrins mogna marknader. Snabba beslut var av nöden också i början av vinterkriget då den ena under byggnad varande cementugnen måste flyttas undan kriget från Villmanstrand till Pargas.

Tack vare sitt mångsidiga kunnande och sina personliga egenskaper trivdes Hans Bröckl med krävande uppgifter som han skötte med stor framgång. Han fördjupade sig i frågorna och hängav sig åt sin uppgift och sporrade samtidigt andra. Han var en visionär som aldrig lämnade en idékläckare i sticket.

Hans Bröckl ägnade också tid och kraft till att på riks-, läns- och kommunal nivå driva allmänna ärenden vidare för det krigsdrabbade sydöstra Finland. Som exempel må nämnas ordförandeskapet i delegationen för Villmanstrands Tekniska Läroverk och en vägande insats då Tekniska Högskolan i Villmanstrand grundades.

I Bergsmannaföreningens verksamhet deltog Hans Bröckl aktivt ända från dess grundande. Speciellt var hans insats för vår bransch betydande då en gruvteknisk linje grundades vid Villmanstrands Tekniska Läroverk för att utbilda en gruvteknisk arbetsledarkår i landet.

Hans Bröckl var på ett anmärkningsvärt sätt med om att bygga upp den grund, på vilken det nuvarande framgångsrika know-how-samarbetet inom gruv- och processtekniken har kunnat utvecklas i vårt land.

Urho Valtakari

Hans Alois Bröckl var medlem i Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.:s gruvsektion från och med år 1943.

Redaktionen

Kaivattu oppikirja ilmestynyt.

Suomen Malmigeologia — Metalliset malmiesiintymät

Geologian juhluvuonna 1986 ilmestyi vihdoin kauan odotettu metallimalmien oppi- ja käsikirja, jonka ovat kirjoittaneet 14 suomalaista asiantuntijaa, vastaavana toimittajana Turun yliopiston geologian ja mineralogian professori Heikki Papunen ja toimituskunnan muina jäsenenä Helsingin yliopiston geologian ja mineralogian professori Ilmari Haapala ja Outokumpu Oy:n Malminetsinnän emeritusjohtaja, filosofian tohtori Pentti Rouhunkoski.

Teos jakautuu seitsemään päälukuun. Johdannossa Teknillisen korkeakoulun taloudellisen geologian emeritusprofessori Aimo Mikkola selvittää taloudellisen geologian perusteita, ennen kaikkea malmien ja malmivarojen luokitteluja (malminetsijöille ja malmien hyödyntäjille kuitenkin turhan suppeasti).

Toisessa luvussa on tiivistä perustietoa metallimalmien mineralogiasta. Sen on kirjoittanut Helsingin yliopiston geologian ja mineralogian apulaisprofessori Jaakko Siivola. Luvussa oleva pitkä malmimineraaliluettelo olennaisine koostumus-tietoineen on mainio tietopaketti.

Kolmas, varsin seikkaperäinen luku sisältää uusinta tietoa kolmesta malmigeneettisen tutkimuksen erikoishaarasta: Fluidisulkeumista on kirjoittanut Ilmari Haapala. Outokumpu Oy:n Malminetsinnän Länsi-Suomen aluetoimiston päällikkö, filosofian tohtori Markku Mäkelä, kertoo pysyvien keveitten isotooppien malmigeologisesta käytöstä — tutkimuksesta, jonka hän itse Aimo Mikkolan kanssa käynnisti Suomessa TKK:ssa 1970-luvulla rikki-isotooppien osalta. Raskaitten isotooppien (nimenomaan Pb:n) käyttösovelluksia esittelee filosofian tohtori Matti Vaasjoki Geologian tutkimuskeskuksesta.

Laaja neljäs luku on Oulun yliopiston tutkijain geologian ja mineralogian apulaisprofessorin Tauno Piiraisen, geokemian apulaisprofessorin Risto Piispasen ja museonhoitaja Juhani Paakkolan kirjoittama. Luvussa käsitellään malmimuodostuksen prosesseja maailmanlaajuisesti ja seikkaperäisesti, mikä kaivosteollisuutemme lisääntyvän ulkomaille suuntautumisen myötä onkin tarkoituksenmukaista.

Yleisgeologisen osan jälkeen esittelee Heikki Papunen seikkaperäisesti Suomen metalliset esiintymät malmiprovinssittain. Kuvaukset ovat geologisesti systemaattisia ja sisältävät myös karttoja, profiileja ja keskeisimpiä tuotantotietoja. Louhittujen malmiesiintymien lisäksi muitakin esiintymiä on kuvattu.

Perusteellinen on myös kuudes luku, Geologian tutkimuskeskuksen professorien, tutkimusjohtaja Lauri Hyvärisen ja osastonjohtaja Lauri Eskolan kirjoittama. Tämä on osa, joka mielestäni kaikkein olennaisimmin täyttää alalla pitkään vallinnutta suomenkielisen oppimateriaalin puutetta. Luvussa on käsitelty malminetsinnän tavoitteenasettelua, kehitystä Suomessa, suunnittelua ja itse etsintämenetelmiä — geofysikaali-

sia, geokemiallisia ja (muuta) geologisia — sekä näytteenotto-kalustoa. Lopussa on vielä seitsemän esimerkkitapausta erilaisten malmien löytövaiheista (Outokummun, Vuonoksen, Lampinsaaren (Vihannin), Aijalan, Hällinmäen (Virtasalmen), Laukunkankaan (Enonkosken) ja (optimistisesti) Soklinkin, Kemiran aktuellin toisen "fosforimalmin").

Seitsemäs luku esittelee suppeasti malmien hyväksikäyttöön liittyviä geologisia seikkoja — lähinnä malmin määrän ja laadun määrittämistä sekä erilaisia louhinta- ja rikastusmenetelmiä. Sen ovat kirjoittaneet Outokumpu Oy:n pitkäaikaiset kaivosgeologit, filosofian tohtori Esko Peltola ja apulaisjohtaja Eero Rauhamäki. Luku on selvästi tarkoitettu kaivostekniikan perustietoannokseksi geologeille vaikei yhden alaotsikon lupaamia suunnitelmia juuri käsitelläkään; teknisesti suuntautuneille olisi luvussa mielestäni saanut olla enemmän geologista erittelyä — rakennetyypeittäin kun käsitellään louhinta ja mineraaleittain rikastuksesta puhuttaessa.

Teoksen kirjallisuusluetteloihin on otettu lähinnä uusimpia julkaisuja. Tätä ratkaisua en voi kehua! Ensisijaisena kriteerinä on tietenkin oltava lähteen tärkeys, mutta muuten pitäisi aina viitata vanhimpaan, kussakin asiassa prioriteetin omaavaan lähteeseen! (Valitettavasti huono tapa viitata vain tuoreimpiin, helpoimmin saataviin lähteisiin on nykyisin laajalle levinnyt!)

Teos on muuten miellyttävästi kirjoitettu ja taitettu. Painovirheitä on mielestäni vähemmän kuin nykyisin näyttää kirjallisissa tuotteissa yleisesti olevan. Hyvää asiategstiä häiritsevät kuitenkin tarpeettomasti yhdysmerkin ja eräitten termien väljä käyttö sekä sellaiset monimieliset ja luettaviksi epäloogiset ilmaisut kuin "... vaihtelee 10-35 % välillä ..." (esim. s. 302), jollaisia kylläkin yhä tapaa harmittavan usein jopa teknisissä asiategsteissä! Valitettavana pidän lisäksi aiheen rajausta pelkästään metallimalmeihin.

"Suomen malmigeologia" on joka tapauksessa huolella koottu Suomen metallimalmien uusimman tiedon selväpiirteinen yhteenveto — suurtyö, jonka pitäisi kuulua ainakin kaikkien aikaansa seuraavien vuoriteiteilijöiden kirjajuhllyyn.

Heikki Niini, professori

317 sivua, 1986. Hinta 130,—

Julkaisija: Suomen Geologinen Seura
c/o Geologian tutkimuskeskus
02150 ESPOO

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.

HALLITUKSEN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1987

Vuosikokous

Vuorimiesyhdistyksen sääntömääräinen 44. vuosikokous pidettiin Helsingissä 3.4.1987. Puheenjohtaja Väinö Juntunen avasi kokouksen ja esitti katsauksen maamme vuoriteollisuuden kehityksestä 1986.

Yhdistyksen puheenjohtajaksi valittiin DI Väinö Juntunen ja varapuheenjohtajaksi DI Pertti Voutilainen.

Yhdistyksen hallituksen myöntämä Petter Forsström Palkinto — Petter Forsström Pris luovutettiin DI Pekka Salmiselle hänen porattavuustutkimuksia käsittelevistä artikkeleistaan.

Virallisten kokousasioiden jälkeen kuultiin — toimitusjohtaja Pertti Voutilaisen, Outokumpu Oy, esitelmä "Outokummun kansainvälistyminen — miksi ja miten?" sekä — toimitusjohtaja Matti Sundbergin, Ovako Steel Oy Ab, esitelmä "Ovako Steel — pohjoismainen yhtiö".

Jaostot kokoontuivat iltapäivällä omien erikoisalojensa merkeissä. Illallistanssiaisissa ravintola Kalastajatorpalla vastasi isännyydestä Oy Lohja Ab.

Toimihenkilöt

- Puheenjohtaja: DI Väinö Juntunen
- Varapuheenjohtaja: DI Pertti Voutilainen
- Hallituksen jäsenet:
 - TkL Antero Järvinen
 - Prof. Kaj Lilius
 - DI Antti Mikkonen
 - DI Asko Ojanen
 - DI Urpo J Salo
 - Prof. Jouko Talvitie
 - Joht. Nuutti Vartiainen
 - TkT Erkki Räsänen
 - Civiling. Nils-Åke Astermo
- Rahastonhoitaja: DI Kalle Vaajoensuu
- Sihteerit: DI Heikki Savolainen
DI Erkki Pimiä

Yhdistyksen toiminta

Hallitus kokoontui toimikauden aikana neljä kertaa. Kokouksissa ovat olleet läsnä myös jaostojen puheenjohtajat, rahastonhoitaja ja tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtaja.

Todettuaan, että vuoriteollisuusaloilla opintonsa aloittavat opiskelijat keskimääräistä useammin vaihtavat opintolinjaa ja että entistä useammat alalle valmistuvat eivät liity Vuorimiesyhdistyksen jäseniksi, laati hallitus esityksen VMY:n sääntöjen muuttamiseksi muotoon, joka mahdollistaa nuorten jäsenten valitsemisen yhdistykseen.

Hallitus tulee esittämään vuosikokoukselle näin muutettujen sääntöjen hyväksymistä.

Hallitus on myötävaikuttanut Tukholmassa vuonna 1987 pidetyn World Mining Congress'in sekä Tukholmassa vuonna 1988 pidettävän International Mineral Processing Congress'in järjestelyihin.

Molempien kongressien organisaatiokomiteoissa oli VMY:n nimeämät edustajat.

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

Yhdistyksen edustajina Svenska Gruvföreningen'in vuosikokouksessa 25.11.1987 olivat DI Urpo J Salo ja DI Väinö Juntunen.

N.I.F. Bergingenöretnes Avdelning'in vuosikokouksessa yhdistystä edusti DI Antero Hakapää 4.-6.11.1987.

Käynnistettiin selvitystyö, jossa tutkitaan Vuorimiesyhdistyksen mahdollisuuksia toimia eräissä erityiskysymyksissä koko maamme vuoriteollisuuden edustajana ja edunvalvojana.

Vuorimiesyhdistys sai kutsun liittyä jäseneksi Acta Metallurgica Inc.'iin. Hallitus otti kutsun vastaan ja teki liittymispäätöksen.

Jaostot

Pääosan yhdistyksen jäsenoiminnasta on muodostanut jaostojen aktiivinen toiminta eri muodoissa.

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

Jaostojen toimihenkilöinä ovat olleet:

Geologijaosto: puheenjohtaja, DI Pekka Mikkola; sihteeri, FK Ritva Harinen.

Kaivosjaosto: puheenjohtaja, DI Arto Hakola; sihteeri, DI Ari Väisänen.

Metallurgijaosto: puheenjohtaja, TkT Juho Mäkinen; sihteeri TkL Raimo Levonmaa 1.7.1987 asti; TkT Asmo Vartiainen 1.7.1987 lähtien.

Rikastus- ja prosessitekniikan jaosto: puheenjohtaja, TkL Hans Allenius; sihteeri, DI Pertti Paulin.

Yhdistyksen ja jaostojen jäsenmäärät

Yhdistyksen jäsenmäärä 31.12.1987 oli 1.829, missä on lisäystä edellisestä vuodesta 26. Uusia jäseniä tuli yhdistykseen 51, kuoleman kautta poistui 3 ja erosi 22.

Jaostojen jäsenmäärät olivat vuoden lopussa: Geologijaosto 397, Kaivosjaosto 406, Metallurgijaosto 1.002 ja Rikastus- ja prosessitekniikan jaosto 276.

Tutkimusvaltuuskunta

Tutkimusvaltuuskunta kokoontui vuoden 1987 aikana kerran ja tutkimusjohtokunta viisi kertaa.

Valtuuskunnan puheenjohtajana toimi DI Antti Mikkonen, varapuheenjohtajana DI Markku Leiritie ja sihteerinä FM Ole Lindholm.

Toimikuntien puheenjohtajina toimivat:

— Geologinen toimikunta: prof. Heikki Niimi

— Kaivosteknillinen toimikunta: prof. Raimo Matikainen

— Rikastusteknillinen toimikunta: TkL Hans Allenius 13.2.1987 asti; DI Paavo Eerola 13.2.1987 lähtien.

Toimikauden aikana oli käynnissä yhteensä 19 tutkimusprojektia ja esiselvitystä.

Pohjoismaista yhteistyötä jatkettiin. Toimikuntien yhteispohjoismaisia kokouksia pidettiin seuraavasti:

— Geologisten toimikuntien yhteispohjoismainen kokous 27.-29.4.1987 Titania A/S Tellnesin kaivoksella Norjassa.

— Yhteispohjoismainen mineraalikomiteakokous 2.-3.9.1987 Bolidessä Ruotsissa.

Pohjoismaisilta veljesjärjestöiltään tutkimusvaltuuskunta sai vuoden 1987 aikana tutkimuslupia 4 kpl Ruotsista ja 3 kpl Norjasta.

Tutkimusvaltuuskunnan kutsamana pidettiin 2.2.1987 keskustelutilaisuus aiheesta "Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen tarveanalyysi". Vuoden 1987 aikana tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien valvonnassa tutkimuksissa oli varojen käyttö noin 2,8 milj. markkaa.

VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN R.Y:n HALLITUS

Väinö Juntunen
puheenjohtaja

Heikki Savolainen
sihteeri

TULOSLASKELMA 1.1.1987-31.12.1987

SALDOT 31.12.1987

Tulot

Jäsenmaksut		119.586,83
Tutkimusvaltuuskunta	134.900,—	
Tutkimukset ja esiselvitykset	211.859,60	
Selosteet	3.861,—	350.620,60
Vuoriteollisuus-lehti		147.975,—
Myynti		18.953,—
Lahjoitukset		5.000,—
Korkotulot		4.603,13
Tulot yhteensä		<u>mk 646.738,56</u>

Menot

Tutkimusvaltuuskunta	123.315,91	
Tutkimukset ja esiselvitykset	282.645,83	
Selosteet	1.240,—	407.201,74
Jäsenoiminta ja koulutus		19.332,—
Matkat ja avustukset		21.970,43
Virkailijapalkkiot		21.161,—
Vuoriteollisuus-lehti		145.555,20
Vuosikokouskulut		15.026,05
Toimisto ja sekalaiset		7.000,86
Solmioiden ym. hankinta		33.300,40
Jäsenluettelo		15.318,—
Menot yhteensä		<u>mk 685.865,68</u>
Tilikauden alijäämä		<u>mk -39.127,12</u>

TASE 31.12.1987

Vastaavaa:

Rahoitusomaisuus		
— Postisiirtotili	7.405,38	
— Talletustilit	144.436,65	151.842,05
Tilisaamiset		126.830,—
		<u>mk 278.672,03</u>

Vastattavaa:

Vieras pääoma		
— Tilivelat	54.259,50	
— Siirtovelat	74.363,60	128.623,10
Oma pääoma		
— Ylijäämä ed.vuod.	189.176,05	
— Tilikauden alijäämä	-39.127,12	150.048,93
		<u>mk 278.672,03</u>

Tutkimusvaltuuskunta

Saldo 31.12.1986	+54.078,27
V. 1987 alijäämä	-56.581,14
Saldo 31.12.1987	-2.502,87

Yhdistyksen toiminta

Saldo 31.12.1986	+135.097,78
V. 1987 ylijäämä	+17.454,02
Saldo 31.12.1987	+152.551,80

Koko yhdistyksen saldo 31.12.1987 mk +150.048,93

BUDJETTI VUODELLE 1988

Tulot

Jäsenmaksut		122.000
Tutkimusvaltuuskunta		
— Tutkimusjäs. vuosim.	287.500	
— Osallistuminen tutkim.	150.000	
— Selosteiden myynti	4.500	442.000
Lehti		150.000
Lahjoitukset		5.000
Solmioiden ym. myynti		10.000
Korkotulot		8.000
		<u>mk 737.000</u>

Menot

— Tutkimusvaltuuskunta	120.000	
— Tutkimukset ja esiselv.	270.000	
— Edunvalvonta ja tiedotus	37.000	
— Selosteiden valmistus	15.000	442.000
Jäsenoiminta ja koulutus		60.000
Matkat ja avustukset		28.000
Lehti		160.000
Virkailijapalkkiot		22.000
Vuosikokous		25.000
Toimisto ja sekalaiset		20.000
		<u>mk 757.000</u>

Tilikauden ylijäämä

		mk -20.000
Tutkimusvaltuuskunta		±0
Lehti		-10.000
Muu toiminta		-10.000

GEOLOGIJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS 1987

Toiminta

Geologijaosto on kokoontunut toimintavuoden aikana symposioon, vuosikokoukseen, syyskursiolle ja sovelletun geofysiikan VI neuvottelupäiville. Jaoston johtokunta on kokoontunut 6 kertaa.

Jaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiespäivien yhteydessä 3.4.1987 Rakennusmestarien talossa Helsingissä. Kokouksessa oli läsnä 109 jaoston jäsentä. Kokousasioiden jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät:

— Fil.tri. Heikki Wennervirta, Outokumpu Oy: "Geologi ulkomaisissa malminetsintä- ja kaivosprojekteissa".

— Varatuomari Heikki Solin, Outokumpu Oy. "Outokummun kaivostoiminta ulkomailla".

Jaosto järjesti yhdessä Geologiliitto ry:n kanssa symposion: "Geokemian rooli malminetsinnässä" 2.4.1987. Se pidettiin Rakennusmestarien talossa Helsingissä.

Symposiossa kuultiin 8 esitelmää geokemian eri aloilta. Esitelmien jälkeen järjestettiin paneelikeskustelutilaisuus. Symposioon osallistui 92 henkilöä.

Geologijaosto teki 9.-10.9.1987 syyskursion Lappiin. Ekskursiole, jonka teemana oli Lapin kulta, osallistui 38 jaoston jäsentä.

Ensimmäisen päivän retkikohteina olivat Lapin Malmin ja Geologian tutkimuskeskuksen kultatutkimustyömaat Kittilässä. Toisena

päivänä perehdyttiin prof. Herman Stigzeliuksen opastuksella vanhoihin Lapin kultamaihin ja Lapin kullan historiaan ja tutustumiskohteina olivat Tankavaara ja Kultamuseo.

Geologijaosto ja Oulun yliopiston geofysiikan laitos järjestivät Sovelletun geofysiikan VI neuvottelupäivät Oulussa 18.-19.11.87. Päivillä kuultiin yli 30 esitelmää sovelletun geofysiikan eri aloilta sekä alan laitosten ja yhtiöiden valmistellut puheenvuorot. Lisäksi neuvottelupäivillä oli useita posteriesitelmiä ja laite-esittelyjä. Neuvottelupäivillä osallistui 90 henkeä.

Toimihenkilöt

Toimintavuonna on geologijaoston puheenjohtajana ollut dipl.ins. Pekka Mikkola, varapuheenjohtajana fil.lis. Elias Ekdahl, sihteerinä fil.maist. Ritva Harinen ja muina jäseninä fil.maist. Kalevi Pelkonen, fil.maist. Kurt Karlsson ja fil.maist. Osmo Inkinen.

Jäsenet

Geologijaoston jäsenmäärä oli vuoden 1987 lopussa 397. Uusia jäseniä liittyi toimintavuonna 8. Kuoleman kautta poistui 2 ja erosi 2 jäsentä.

Pekka Mikkola
puheenjohtaja

Ritva Harinen
sihtööri

KAIVOSJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1987

Toiminta

Kaivosjaosto on kokoontunut toimintavuoden aikana kaksi ja jaoston johtokunta kolme kertaa.

Kaivosjaoston vuosikokous pidettiin elokuvateatteri Charlissa, Helsingissä 3.4.1987 alkaen klo 14.00. Läsnä oli n. 80 henkilöä. Kokouksen jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät:

— Pentti Hintikka: "Kansainvälistyminen laitevalmistajan kannalta".
— Heikki Solin: "Outokummun ulkomainen kaivostoiminta".

Syysretken kohteena olivat Kiirunassa sijaitsevat teollisuusyritykset: LKAB, Viscaria, Kiruna Truck, AIB ja M-Data. Retkelle osallistui n. 20 jaoston jäsentä sekä KTT:ssä työskentelevä Tom D'Flaherty Irlannista. Retken evästyksen osallistui Lapin Kullan tehtaasta Tornista.

Norjan Vuorimiespäivillä kaivosjaostoa edusti Antero Hakapää.

Tammikuussa pidettiin kaksipäiväinen jatkokoulutusseminaari aiheesta: "Maanalaisen louhintatyömaan sähköistys ja automaatio."

Kaivosjaoston puheenjohtaja on toiminut Bergsprängningskommitténin, Svenska Gruvföreningenin, BEFO:n, ISM:n sekä NIF:n yhdysmiehenä.

Muina yhdysmiehinä ovat toimineet:

TkT Pekka Särkkä: ISRM

Toimihenkilöt

Toimintavuonna 1987 on jaoston puheenjohtajana toiminut DI Arto Hakola, varapuheenjohtajana DI Taisto Paganus ja johtokunnan muina jäseninä DI Jorma Illi, DI Tauno Manunen, DI Erkki Wiinamäki, DI Matti Heinio ja prof. Raimo Matikainen. Sihteerinä on toiminut DI Ari Väisänen.

Kaivosjaoston jäsenmäärä

Jaoston jäsenmäärä oli vuoden 1987 lopussa 406 henkilöä.

Arto Hakola

puheenjohtaja

Ari Väisänen

sihtööri

METALLURGIJAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1987

Toiminta

Metallurgijaosto on kokoontunut toimikauden aikana vuosikokoukseen ja syyskokoukseen.

Metallurgijaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 3.4.1987 Helsingissä Rakennusmestarien talolla. Läsnä oli parhaimmillaan 170 jäsentä.

Vuosikokouksessa kuultiin seuraavat esitelmät:
— Tekn.lic. Jan Åkersson: "Ovako Steel AB - En presentation av de svenska enheterna"
— DI Lennart Gustafsson: "Metallverken, ett företag med lång svensk tradition, nu i finska ägo - Några synpunkter"

Session 1: "Uudet teräsket"

— TkT Erkki Räsänen: "Uudet kuumavalsatut rakenneteräsket"
— TkL Vesa Ollilainen: "Uusien tankoterästen kehitys - viimeaikaisia kokemuksia"
— DI Olli Walden: "Lujien terästen merkitys konepajoille"

Session 2: "Korroosionesto tänään ja huomenna"

— Prof. Tero Hakkarainen: "Korroosioneston kehitysnäkymiä"
— DI Jorma Kempainen: "Korroosionesto tänään ja huomenna - ruostumattomat teräsket"
— DI Yrjö Santaholma: "Kemianteollisuuden haasteet korroosionestossa"

Lauantaina ekskursio tehtiin Ekokem Oy:n laitoksille Riihimäelle. Ekskursioon osallistui 63 jäsentä.

Jaoston kesäretki tehtiin 27.-28.8.1987 Metallverkenin ja Asean tehtaalle Västeråsiin. Kesäretkelle osallistui 76 jäsentä.

Syyskokous pidettiin 28.10.1987 Lappeenrannan teknillisessä korkeakoulussa. Kokoukseen osallistui 33 jäsentä. Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun esitteli rehtori Juhani Jaakkola ja kuultiin esitelmät kemian tekniikan, suunnopustekniikan, asiantuntijajärjestelmien, tuotantotalouden, teräsrakenteiden, laserihitsauksen ja -pintäkäsittelyn sekä plasmahitsauksen tutkimustoiminnoista LTKK:ssa. Lisäksi esiteltiin Lappeenrannan Teknologikeskus sekä tutustuttiin Larox Oy:n laitoksiin.

Koulustoiminta

Koulustoiminta on hoidettu Metallurgian Valtakunnallisen Asiantuntijajatoimikunnan (metallurgian VAT) kautta. Puheenjohtajana on toiminut TkL Markku Kytö, ja 29.4.1987 alkaen TkT Veikko Heikkinen. Yhteistoiminnassa INSKO:n kanssa järjestettiin seuraavat koulutustilaisuudet:

— "Energian käytön optimointi" keväällä 1987. Läsnä oli 15 osanottajaa.

— "Virheet pois jatkuvavalauihoista" syksyllä 1987. Läsnä oli 32 osanottajaa.

Metallurgijaoston Korkeakouluyhteistyöelin kokosi koulutuskeskustelun, joka julkaistiin syksyllä 1987.

Tiedotus

Jaoston lehti "Metallurgijaosto tiedottaa" on ilmestynyt kolme kertaa.

Toimihenkilöt

Toimintavuoden aikana jaoston puheenjohtajana on toiminut TkT Juho Mäkinen, varapuheenjohtajana DI Matti Ketolainen, sihteerinä TkL Raimo Levonmaa ja 1.7.1987 alkaen TkT Asmo Vartiainen ja jäseninä FM Seppo Haarala, TkL Tapio Moisala, DI Kalevi Puolamäki, DI Hannu Savisalo ja apul.prof. Tuomo Tiainen.

Jäsenet

Metallurgijaoston jäsenmäärä oli vuoden 1987 lopussa 1002. Vuoden 1987 aikana uusia jäseniä hyväksyttiin 19 henkilöä.

Juho Mäkinen

puheenjohtaja

Asmo Vartiainen

sihtööri

RIKASTUS- JA PROSESSITEKNIIKAN JAOSTON TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1987

Toiminta

Rikastus- ja prosessiteknikan jaoston vuosikokous pidettiin Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä 3.4.1987 Rakennusmestarien talolla Helsingissä. Perinteinen syysretki suuntautui 18.11.1987 Kemi/Tornio-alueelle, sitä edelsi seminaaripäivä 17.11.1987 Kemissä. Retkeilykohteina olivat Outokumpu Oy:n Kemian kaivos ja Tornion jaloterästehdas.

Vuosikokouksessa 3.4.1987 valittiin johtokuntaan uudeksi jäseneksi DI Jaakko Seppälä ja sihteeriksi DI Pertti Paulin.

Kokouksen jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät:

— Ekonomi Asko Karttunen, Uusi Suomi Oy, "Kansainvälistyminen"
— Johtaja Esko Pääkkönen, Outokumpu Oy, "Kansainvälisestä rikastekaupasta".

Kokouksessa oli läsnä 105 osanottajaa.

Syysretki/seminaari pidettiin Kemi/Tornio-alueella 17.-18.11.1987. Osallistujia oli 38 henkeä. Seminaaripaikkana oli Kemissä hotelli Merihovi. Teemana oli painovoimaan perustuvat rikastusmenetelmät. Seminaarin ohjelmassa olivat seuraavat esitelmät:

— Vital Dittrich, Sala International Ab "Gravity Separation Technology",
— DI Harri Natunen, Outokumpu Oy "Sink-Float-erutus Outokumpu Oy:n Pyhäsalmen kaivoksella",
— DI Esa Ekholm, Kuusakoski Oy "Heavy Media Separation",
— DI Pekka Mörsky, VTT/Mineraalitekniikka "Kokemuksia painovoimaerotuksen soveltamisesta kullin rikastukseen Outokumpu Oy:n Vihannin kaivoksella",
— DI Simo Ruonamaa, Outokumpu Oy "Kemin kaivoksen palarikestusprosessi",
— DI Sisko Päiväläinen, Outokumpu Oy "Tri-Flo-erottimen eri käyttömahdollisuuksiin liittyvistä tutkimuksista Kemin kaivoksella ja FeCr-tehtaalla",

Seuraavana päivänä (18.11.87) suoritettiin syysretkeily Outokumpu Oy:n Kemin kaivokselle ja rikastamolle sekä iltapäivällä edelleen Tornion jaloterästehtaalle, jossa tutustuttiin ferrokromilaitokseen ja uuteen koeariossa olevaan kuumavalsaamoon.

Toimihenkilöt

Jaoston johtokunnan kokoonpano on 3.4.1987 lähtien ollut seuraava:
Puheenjohtaja: Hans Allenius

Varapuh.johtaja: Kari Heiskanen
Juhani Haartti
Markku Virtanen
Jaakko Seppälä
Sihteeri: Pertti Paulin

Jäsenet

Jaoston jäsenmäärä 31.12.1987 oli 276 jäsentä, lisäystä edelliseen vuoteen verrattuna 3 jäsentä.

Johtokunta kokoontui vuoden aikana 3 kertaa.

Hans Allenius

puheenjohtaja

Pertti Paulin

sihteeri

OTTEITA TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN TOIMINTAKERTOMUKSESTA VUODELTA 1987

Tutkimusvaltuuskunta

Tutkimusvaltuuskunnan sääntömääräinen vuosikokous pidettiin 13.2.1987 Helsingissä. Tutkimusvaltuuskuntaan kuului toimintakauden aikana tutkimusjäseninä 20 yritystä, joilla kullakin oli yksi edustaja ja Outokumpu Oy, jolla oli kaksi edustajaa tutkimusvaltuuskunnassa. Tutkimusvaltuuskuntaan kuului lisäksi kaksi VMY:n hallituksen nimittämää asiantuntijajäsentä ja VMY:n neljän jaoston puheenjohtajat. Tutkimusvaltuuskunnan kokoukseen osallistui vielä tutkimusjohtokunta, VMY:n rahastonhoitaja ja tutkimusvaltuuskunnan sihteeri.

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana toimi DI Antti Mikkonen, varapuheenjohtajana DI Markku Leiritie ja sihteerinä FM Ole Lindholm.

Toimikauden aikana on tutkimusjäsenistössä tapahtunut seuraavat muutokset:

Uusia tutkimusjäseniä ovat:

- Geoseismo Oy
- Orion Yhtymä Oy, Normet
- Terraplan Oy
- YIT Yhtymä Oy
- Kone Oy:n edustus on siirtynyt Roxon Oy:lle

Tutkimusvaltuuskunnan kokoonpano:

Tutkimusjäsen ja sen varsinainen edustaja, varamies (suluissa)

Geoseismo Oy, DI Heikki Jääskeläinen, (MSc Calin Cosma), Finnminerals Oy, DI Hannu Haveri, (DI Jouko Olkkonen), Oy Forcit Ab, Ins. Kalle Ylätalo, (FM Rolf Strandberg), Oy Förby Ab, DI Karl Hahti, (DI Jarmo Suvio), Imatran Voima Oy, DI Pentti Lehtinen, (FT Reijo Gardemeister), Kemira Oy, DI Antti Mikkonen, (FM Heikki Kauppinen), Larox Oy, DI Harri Eronen, (Ins. Pertti Ovasainen), Oy Lohja Ab, DI Carl-Fredrik Bäckström, (FM Heikki Latva), Myllykoski Oy ja Ruskealan Marmorio Oy, DI Harri Koivisto, (FM Kurt Karlsson), Orion-Yhtymä Oy, Normet, DI Toivo-Matti Karppanen, (DI Matti Koskinen), Outokumpu Oy, DI Timo Väilttilä, (DI Paavo Eerola), Outokumpu Oy, DI Pentti Seppänen, (DI Tauno Manunen), Oy Partek Ab, DI Markku Leiritie, (FM Esko Lundén), Perusyhtymä Oy, ARA, DI Pekka Vauramo, (DI Harri Hursti), Rautaruukki Oy, DI Jorma Illi, (FT Aimo Hiltunen), Roxon Oy, DI Alpo Maksimainen, Suomi Malmi Oy, DI Pekka Mikkola, (FM Esko With), Terraplan Oy, FM Paavo Taanila, (Ins. Kalevi Hytti), Oy Tampella Ab/Tamrock, DI Rolf Ström, (TkL Pertti Heikkilä), YIT-Yhtymä Oy, DI Pekka Liisanantti, (TkL Tuomo Tahvavainen).

VMY:n hallituksen nimittämät asiantuntijajäsenet: Prof. Sakari Heiskanen, Ylitarkastaja Urpo Salo.

VMY:n jaostojen puheenjohtajat:

- Geologijaosto DI Pekka Mikkola
- Kaivosjaosto DI Arto Hakola
- Rikastus- ja prosessiteknikan jaosto TkL Hans Allenius
- Metallurgijaosto DI Juho Mäkinen

Tutkimusjohtokunta

Tutkimusjohtokunta kokoontui toimintakauden aikana viisi kertaa: 9.1. Paraisilla, 13.2. Helsingissä, 27.5. Sotkamossa, 8.9. Espoossa ja 8.12. Siilinjärvellä.

Tutkimusjohtokunnan kokoonpano oli toimikauden aikana seuraava: DI Antti Mikkonen, puheenjohtaja, Kemira Oy, DI Markku Leiritie, varapuheenjohtaja, Oy Partek Ab, Prof. Heikki Niini, TKK, Prof. Raimo Matikainen, TKK, DI Paavo Eerola, Outokumpu Oy, DI Timo Väilttilä, Outokumpu Oy, Prof. Sakari Heiskanen, VTT ja DI Urpo Salo, KTM.

Tutkimustoimikunnat

Kertomusvuoden aikana toimi kolme tutkimustoimikuntaa:

- Geologinen toimikunta (Puheenjohtaja prof. Heikki Niini).
- Kaivosteknillinen toimikunta (Puheenjohtaja prof. Raimo Matikainen).
- Rikastusteknillinen toimikunta (Puheenjohtaja 13.2. asti TkL Hans Allenius ja siitä lähtien DI Paavo Eerola).

Tutkimukset

Käynnissä olleet tutkimukset ja selvitykset

Suoraan tutkimusjohtokunnan valvonnassa olleet tutkimusprojektit:

- Kaivosten jätevesien ja kiinteiden jätteiden käsittely.

Geologisen toimikunnan valvonnassa olivat seuraavat esiselvitykset ja projektit:

- Näytteenotto ja havainnointeiko kaivosteknisten kallio-ominaisuuksien selvityksessä.
- Geologisen tutkimusurakoinnin sopimusehdot.
- Malmiaiheiden luokittelu spektri-IP-mittausten avulla.
- Suomen nikkelimalmien petrofysikaaliset ominaisuudet.
- Syvä sähköiset malminetsintämenetelmät.

Geologinen toimikunta on lisäksi seurannut seuraavan projektin edistymistä:

- Kalliokaivojen paikantaminen.

Kaivosteknillisen toimikunnan valvonnassa olivat seuraavat esiselvitykset ja projektit:

- Poraa suoria reikiä!
- Kallion jännitystilän mittaus syvissä porareissä.
- Taloudellinen irrotus avolouhoksilla.
- Korkeiden avolouhosseinämien puhdistus.
- Mining in Finland.

Kaivosteknillinen toimikunta on lisäksi seurannut seuraavien projektien edistymistä:

- Pultituksen jälkivalvonta.
- Suunnattu kairaus.
- Poranreikäseismikka, vaihe 3.

Rikastusteknillisen toimikunnan valvonnassa olivat seuraavat esiselvitykset ja projektit:

- Hienojen raeluokkien rikastus.
- Sakeutus-suodatus.
- Näytteenotto.
- Tietokonemallit.
- Mineraalitekniikan tutkimuksen tarveanalyysi.

Seminaarit tai muut toimintaan liittyvät kokoukset

2.2.1987 järjestettiin Tutkimusvaltuuskunnan kutsusta keskustelutilaisuus, jonka aihe oli "Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen tarveanalyysi".

Kokouksen tuloksena perustettiin työtoryhmä, joka sai tehtäväkseen yhteistyössä tärkeiden asiantuntijaelinten kanssa tehdä mineraalitekniikan tutkimuksen tarveanalyysi.

Työtoryhmän kokoonpano on:

- Prof. Kari Heiskanen TKK, puheenjohtaja
- TKL Hans Allenius, Outokumpu Oy
- DI Kalevi Kiukkola, Kemira Oy
- DI Kauko Ingerttilä, VTT

Työtoryhmän tekemä tarveanalyysi on valmistunut ja kevätkaudella 1988 järjestetään seminaari, jossa työn tulos selvitetään ja päätetään jatkotoimista.

Pohjoismainen yhteistyö

Tutkimusjohtokunta ja eri toimikunnat ovat pitäneet yhteyttä pohjoismaisiin veljesjärjestöihin. Perinteistä poiketen Svenska Gruvföreningen ei järjestänyt Gruvforskning kokousta.

Geologinen toimikunta:

Geologisten toimikuntien yhteispohjoismainen kokous pidettiin 27.–29.4.1987 Titania A/S Tellnesin kaivoksella Norjassa.

Kokouksessa pidettiin useita esitelmiä ja katsauksia. Keskusteltiin malminetsinnän ja kaivostoiminnan tilanteesta ja pohdittiin mahdollisia pohjoismaisia yhteistyössä tehtäviä projekteja. Tutustuttiin Titania A/S avolouhokseen ja laitoksiin Tellnesissa.

Kaivosteknillinen toimikunta:

Suomessa syyskuussa pidettäväksi suunniteltu yhteispohjoismainen kaivosteknillisten toimikuntien kokous siirrettiin ruotsalaisten osanottajien pyynnöstä v. 1988 helmikuuhun. Tukholmassa kesäkuussa pidetyn World Mining Congressin yhteydessä pidettiin lukuisia epävirallisia tapaamisia pohjoismaisten kollegojen kanssa.

Pohjoismaisena yhteistyönä on jatkunut Poranreikäscismisten menetelmien kehittämisprojekti, jonka edistystä toimikunta seuraa. Pohjoismainen työryhmä kokoontui Oslolla 20.–21.5.

Raportit ja tiedottaminen

Tutkimusten raportointi:

Vuoden 1987 aikana julkaisiin tutkimusvaltuuskunnan tukemista tutkimuksista seuraavat raportit:

- A 79 "Kaivosten künneiden jätteiden ja jätevesien käsittelyohjeita ja suosituksia."
A 80 "Hienojen raeluokkien rikastus."
B 38 "Tuotantominaalogian seminaari 16.1.1986."
B 40 VMY:n raporttien kirjoitusohje

ja monistheet: "Pora suoria reikiä"
"Tutkimusurakkasopimus"
(geologisia tutkimuksia varten).

Pohjoismaista saadut raportit

Seuraavat raportit, jotka ovat toimikauden aikana saapuneet, ovat lainattavissa sihteeriltä:

Stiftelsen Bergteknisk Forskning BeFo

"Ramprogram för BERGTEKNISK FORSKNING 1987–90"

Tekniska Högskolan i Luleå, Dept of Mining and Underground Construction

"Teaching and Research Activities 1987".

Bergverkenes Landssammenslutnings Industrigruppe BVLI/Bergforskningen

- TR 36/5 Prosjekt "Støybekjempelse ved bergverk" — delrapport nr. 5 "Støymåling — etterklanganalyse".
TR 63/3 Delrapport 3 "Datamaskinassistert gruvemåling og gruveplanlegging" (Prosjekt Gruvemåling).
TR 68 "Økonomisk malmvurdering".

Tutkimusvaltuuskunnan puolesta

Antti Mikkonen
puheenjohtaja

Ole Lindholm
sihtööri

UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

Kokouksessa 7.1.1988

Airo, Meri-Liisa, DI, s. 31.5.1951. GTK, Espoo, tutkija. Os.: Kartanonkuja 12 E 16,02360 ESPOO. Jaos 1.

Aromaa, Jari, DI, s. 1.10.1960. HTKK Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos, tutkija. Os.: Munkisaarenkatu 10 A 7, 00150 HELSINKI. Jaos 3.

Asikainen, Ilkka, DI, s. 8.7.1951. Auvala Oy, myynti-insinööri. Os.: Merivalkama 3-5 B 19, 02320 ESPOO. Jaos 3.

Haikola, Tapani, DI, s. 2.1.1956. SITRA, materiaalitieteen tekninen asiantuntija. Os.: Karakalliontie 3 B 20, 02620 ESPOO. Jaos 3.

Isوهاaro, Hannu, DI, s. 12.5.1952. Lundinvest Oy, tekninen johtaja. Os.: Haltilantie 10 C 15, 02200 ESPOO. Jaos 3.

Klarin, Anja, TkT, s. 5.7.1949. Oy WP Ceramics Ltd, valmistuslinjan päällikkö. Os.: Vallikatu 5 A 8, 02600 ESPOO. Jaos 3.

Kontiokari, Berndt, DI, s. 7.11.1956. Ovako Steel Oy Ab, Imatra, tutkimus- ja kehitysinsinööri. Os.: Aaponkatu 16, 55100 IMATRA. Jaos 3.

Merentie, Markku, Ins., s. 27.4.1947. Minroc Oy, toimitusjohtaja. Os.: Renginpolku 1 D 30, 00410 HELSINKI. Jaos 2.

Mäkinen, Tero, DI, s. 1.10.1958. Vesi- ja ympäristöhallitus, teollisuustoimisto. Os.: Huopalahdentie 8 B 21, 00330 HELSINKI. Jaos 4.

Pihl, Håkan, FM, f. 19.5.1958. Oy Partek Ab, extra geolog/malmletting. Adr.: Studentbyn 60 A 2, 20510 ÅBO. Sektion 1.

Pimiä, Juha, DI, s. 12.9.1960. Ovako Steel Oy Ab, Imatra, tutkija. Os.: Terästehdas B 99 as. 7, 55610 IMATRA. Jaos 3.

Saario, Aki, DI, s. 24.9.1961. HTKK Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos, tutkija. Os.: Mannerheimintie 112 A 12, 00250 HELSINKI. Jaos 3.

Tavi, Markku, DI, s. 12.8.1955. HTKK Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitos, tutkija. Os.: Alppikatu 11 B 63, 00530 HELSINKI. Jaos 3.

Vauhkonen, Reijo, Ins., s. 2.6.1939. Suomen Vuolukivi Oy, toimitusjohtaja. Os.: 83940 NUNNANLAHTI. Jaos 1,2.

Kokouksessa 14.3.1988

Backman, Rainer, TkL, f. 14.8.1952. Åbo Akademi, forskare. Adr.: Nylandsgatan 5 B 10, 20500 ÅBO. Sektion 3.

Biese, Peder, Ekon., s. 6.1.1950. Oy Partek Ab Eriesteet-lohko, lohkon varajohtaja. Os.: Lokkalantie 3 A 12, 00330 HELSINKI. Jaos 4.

Björnberg, Hans, Dipl.ekon, f. 30.6.1944. Oy Partek Ab, verkstälände direktör. Adr.: Värälä, 45610 KORJA. Sektion 2.

Enckell, Patrick, TkL, s. 10.8.1937. Oy Partek Ab Perusmateriaalilohko, lohkon johtaja. Os.: Dosentintie 3 B, 02700 KAUNIAINEN. Jaos 1.

Hummelstedt, Leif, PhD, DI, f. 13.7.1927. Åbo Akademi, Kemistekniska fakulteten, professor. Adr.: Tavastgatan 20 F 142, 20500 ÅBO. Sektion 3.

Iljina, Markku, FM, s. 30.5.1957. Oulun yliopisto, projektigeologi. Os.: Koskitie 26 C 16-17, 90500 OULU. Jaos 1.

Intonen, Tero, DI, s. 7.3.1959. Oulun yliopisto, tutkimusapulainen. Os.: Väkkylä 6 D 64, 90100 OULU. Jaos 3.

Järvenpää, Seppo, DI, s. 16.6.1958. Oulun yliopisto, vs.assistentti. Os.: Repolantie 2 A 5, 90850 MARTINNIEMI. Jaos 3.

Mertanen, Juhani, Ins., s. 6.11.1944. Mincon International Ltd, osastonjohtaja. Os.: 51 Tullyglass Court, SHANNON, IRELAND. Jaos 2.

Meskanen, Arto, DI, s. 5.5.1942. Kemira Oy Tutkimus ja teknologiayksikkö, automaatiopäällikkö. Os.: Yökuja 2 B, 02210 ESPOO. Jaos 4.

Moisio, Jouni, DI, s. 21.7.1958. Oy Lohja Ab Malminetsintä, geofyysikko. Os.: Lehimijärvi, 08500 LÖHJA AS. Jaos 1.

Myrberg, Kari, DI, s. 12.6.1954. Ovako Steel Oy Ab, Imatra, tutkimusinsinööri. Os.: Terästehdas B 107/3, 55610 IMATRA. Jaos 3.

Palander, Marko, DI, s. 13.3.1960. Rautaruukki Oy, Raabe, tutkimusinsinööri. Os.: Ollinsaarentie 43 I 61, 92120 RAAHE. Jaos 3.

Pihko, Antti, DI, KTM, s. 14.2.1959. Oy Tampella Ab Tamrock, markkinatutkija. Os.: Raholankatu 7 I 76, 33300 TAMPERE. Jaos 2.

Saarinen, Jaakko, FK, s. 14.4.1949. Kemira Oy Vihtavuoren tehdas, osastoininsinööri. Os.: Pihlajakuja 2, 41330 VIHTAVUORI. Jaos 2.

Salovaara, Timo, DI, s. 31.10.1931. Outokumpu Oy Koneteollisuus, toimialajohtaja. Os.: Rauduntie 11D, 02130 ESPOO. Jaos 4.

Sippus, Timo, Ins., s. 5.2.1947. Rammer Oy, suunnittelujohtaja. Os.: Nuotiopolku 1, 15870 HOLLOLA. Jaos 2.

Swanljung, Jukka, DI, s. 26.5.1953. Rautaruukki Oy Raahen rautatehdas, käyttöinsinööri/sintraamo. Os.: Ruskontie 5 D 12, 92120 RAAHE. Jaos 3.

UUTTA JÄSENIÄ —

NYTT OM MEDLEMMARNA

Ahlberg, Reijo, DI, Outokumpu Oy Engineering, Lickkisulatot, prosessimetallurgi.

Ainali, Olavi, DI, Rautaruukki Oy Pulkkilan tehdas, laadunohjauspäällikkö.

Airaksinen, Tuomo DI, Raute, Punnitus ja automaatio, toimialajohtaja. Os.: PL 22, 15801 LAHTI.

Airas, Kari, FM. Outokumpu Exploration Australia Pty Ltd, malminetsintäyhtiön johtaja.

Almgren, Gunnar, Prof. Adr.: Sandviksgatan 44 B, S-95134 LULEÅ.

Antola, Reijo, DI. Ovako Steel Oy Ab, toimitusjohtaja.

Asikainen, Lauri, DI. Oy Tampella Ab Tamrock Drills, myyntijohtaja.

Autio, Hannu, TkL. Tietokumpu Oy, tuotesektorin päällikkö.

Auranen, Ilpo, DI. Rauma Repola Oy Lokomon murskaintehdas, markkinointipäällikkö.

Bergström, Marianne, DI, Adr.: Finsk-Svenska Handelskammaren, Riddargatan 35-37, S-11475 STOCKHOLM.

Bröckl, Tom, FL. Oy Partek Ab Basmaterialesektorn, Pargas, platschef.

Christerson, Jukka, DI. Oy Finnrock Ab, räjäytyskonsultti. Os.: Halsuantie 5-7 E 55, 00420 HELSINKI.

Daavittila, Jorma, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgia, ferroseosteknologiatuotelinjan päällikkö.

Degerth, Martin, DI. Adr.: Jägarbacken 16, S-18235 DANDEBYD.

Eklund, Pentti, DI. VTT Metallurgian laboratorio, erikoistutkija, valimojaoston päällikkö.

Eriksson, Klas-Göran, DI. Dalsbruk Oy Ab, varatoimitusjohtaja.

Ernsten, Svante, DI. Strömberg Oy Industri, Asea Brown Boveri, Kraftgenerering. Adr.: Källstranden 15 C, 02720 ESBO.

Eronen, Harri, DI. Oy Förby Ab, projekti-insinööri. Os.: Pähkinärinne 22, 24240 SALO.

Euro, Heikki, DI. Oy Tampella Ab Tamrock/ARA Oy, toimitusjohtaja.

Flinck, Peter, DI. Bang & Co, toimitusjohtaja. Os.: Bredantie 73 B, 02700 KAUNIAINEN.

Gröhn, Antti, DI. Outokumpu Oy Engineering, Ongelmajäteteknologia, pääasiantuntija.

Haapala, Pentti, DI. Oy Lohja Ab Elementtiteollisuus, Semera-yhtiöt, johtaja.

Haltia, Matti, DI. Os.: Pietarinkatu 5 A 6, 00140 HELSINKI.

Hanniala, Pekka, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgia, kehityspäällikkö.

Hannukainen, Taisto, TkL. Rautaruukki Oy Engineering, tulosyksikön johtaja.

Harju, Martti, Ins. Outokumpu Oy engineering, Hydrometallurgia, projektipäällikkö.

Heikkilä, Lauri, DI. Os.: Pussikatu 1 A 5, 15240 LAHTI.

Heikkilä, Pertti, TkL. Opintovapaalla, tutkijana HTKK:n kallioteknikan laboratoriossa.

Heimonen, Lauri, DI. Eläkkeellä.

Heiniö, Matti, DI. Oy Tampella Ab Tamrock Drills, yksikön johtaja.

Heiskanen, Risto, DI. Outokumpu Australia Pty Ltd, toimitusjohtaja.

Helne, Kari, DI. Outokumpu Oy Engineering, Liekkisulatot, projektipäällikkö.

Hietalahti, Veli, DI. Outokumpu Oy Engineering, Hankintatoimi.

Huhtelin, Taisto, DI. Valmet Prosessiautomaatio (VPA), Tampere, kehittämispäällikkö.

Huikko, Heikki, DI. Outokumpu Oy Engineering, Ongelmajäteteknologia, projekti-insinööri.

Ikäheimo, Pauli, Dipl.ekon. Eläkkeellä. Os.: Pitkänkalliontanhua 6 A 3, 02170 ESPOO.

Illi, Jorma, DI. Rautaruukki Oy Raahan rautatehdas, henkilöstöjohtaja. Oto edelleen Rautavaaran kaivoksen kaivoksenjohtaja.

Isokangas, Pentti, DI. Jyskän Metalli Oy, tehtaanjohtaja. Os.: Puikkarikatu 2 A 1, 40250 JYVÄSKYLÄ.

Isomäki, Paavo, Ins. Isox Oy, toimitusjohtaja.

Johansson, Erik, TkL. Ins.tsto Saanio & Riekkola, kallioteknikan ja ATK-palvelujen päällikkö.

Juusela, Jyrki, Tkt. Outokumpu Oy Keskushallinto, johtaja/tutkimus- ja kehitystoiminta, johtokunnan jäsen.

Kangas, Olavi, DI. Rautaruukki Tietotekniikka, Kehitys ja markkinointi, osastopäällikkö.

Karessuo, Anu, FK. Korkeakoulualan assistenttien ja tutkijan liitto, KATL ry, järjestösihteeri. Os.: Humalistonkatu 3 B 44, 00250 HELSINKI.

Karling, Olof, TkL. Ovako Steel AB, Jatkojalostetut tuotteet, toiminnon johtaja.

Karstunen, Erkki, DI. Os.: 130 Idewild CT, Apt. 7, SCHAUMBURG, IL 60195, USA.

Kemppainen, Markku, DI. Os.: Soukan rantatie 8 C 22, 02360 ESPOO.

Keränen, Tapio, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgian tulosyksikkö, projektipäällikkö.

Kiukkola, Kalevi, Tkt. Eläkkeellä.

Koivuniemi, Tatu, DI. Os.: Otavankatu 15 A 5, 28100 PORI.

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

Kosonen, Erno, Ins. Eläkkeellä.

Kontoniemi, Osmo, FK. Os.: PL 237, 70101 KUOPIO.

Krogerus, Erkki, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgian tulosyksikkö, vanhempi projekti-insinööri. Os.: Tahkorinne 14 B 3, 02760 ESPOO.

Kullberg, Hans, DI. Dalsbruk Oy Ab, Koverhar, laadunvarmistuspäällikkö. Os.: Klövervägen 6 G, 10620 HÖGBACKA.

Kuparinen, Juha, DI. Os.: Kersantinkuja 5 C 21, 55810 LAPPEENRANTA.

Kurki, Aimo, DI. Outokumpu Oy Engineering, Ferroseosteknologia, myyntipäällikkö.

Kuronen, Urpo, FK. Os.: Pancontinental Mining Ltd. 14 16 Millchester Rd, CHARTERS TOWERS, QLD 4820 AUSTRALIA.

Laamanen, Kai, DI. Os.: Niityluhdantie 5, 00660 HELSINKI.

Lahti, Ilkka, DI. SKF Engineering and Research Centre B.V. Os.: Postbus 2350, 2430 DT NIEUWEGEIN, THE NETHERLANDS.

Lankila, Arimo, DI. Os.: Tuomelenkatu 28 B, 13210 HÄMEENLINNA.

Latva-Pukkila, Pasi, DI. Os.: Metsäkyläntie 38 as. 1. 39160 JULKIJÄRVI.

Lehtovaara, Jyrki, FT. Turun yliopisto, Geologian laitos, apulaisprofessori. Os.: Humalistonkatu 15 b D 96, 20100 TURKU.

Lehtovirta, Tuomo, DI. Os.: Mariankatu 32 A, 33200 TAMPERE.

Leinilä, Timo, DI. Dalsbruk Oy Ab Lankatuotteet, johtaja, yhtiön johtajiston jäsen.

Leino, Hannu, DI. Os.: P.O.Boc 5096. GUNHILL, HARARE, ZIMBABWE.

Leppinen, Jakko, FT. VTT Mineraaliteknikan laboratorio, erikoistutkija. Os.: Yrjönkatu 3 G 54, 83500 OUTOKUMPU.

Lindholm, Tage, DI. Adr.: 952 SPRUCE, IL 60093, USA.

Lindström, Matti, DI. Rautaruukki Oy Hämeenlinnan tehdas, tuotantojohtaja.

Lobbas, Kristian, DI. Saudi Vetoni Company Ltd, produktionsschef.

Lumme, Pertti, DI. Höganäs Ab, Skromberga, Ruotsi, tuotanto-päällikkö.

Lundström, Kurt, DI. Oy Partek Ab Cementindustrin, produktionsschef.

Lähteenoja, Pekka, DI. Os.: Hesperides Golf 12, Avada de G. Canarias, Maspalomas, E-GRAN CANARIAS.

Manninen, Veikko, DI. Dalsbruk Oy Ab, metallurgian kehityspäällikkö. Os.: Langansböle, 10640 DRAGSVIK.

Martela, Maarit, DI. Toimii kotiäitinä.

Mattfolk, Nicke, DI. Laihian Metalli Oy ja Jyskän Metalli Oy, toimitusjohtaja.

Mattila, Jaakko, DI. Eläkkeellä.

Maukola, Matti, DI. Outokumpu Oy Engineering, Liekkisulatot, projektipäällikkö.

Mauno, Kalevi, DI. Eläkkeellä. Os.: Kirkkopolku 4 A 1, 11100 RIIHIMÄKI.

Monni, Aarne, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgia, ongelmajäteteknologiatuotelinjan päällikkö.

Myyri, Jorma, TkL. Outokumpu Oy Engineering, Liekkisulatot, vanhempi prosessimetallurgi.

Mäkeläinen, Heikki, DI. Suomen hitsausteknillinen yhdistys ry, toiminnanjohtaja.

Mäkinen, Juho, TkT. Outokumpu Oy Metallurginen tutkimuslaitos, johtaja.

Mäkinen, Tero, DI. Vesi- ja ympäristöhallitus, teollisuustoimisto.

Narko, Antti, DI. MBA.

Nikkilä, Kalevi, TkT. Ovako Steel Oy Ab, Imatra, tehtaanjohtaja.

Niskanen, Pentti, TkT. Outokumpu Oy Keskushallinto, yritysuunnitteluyksikön kehityspäällikkö.

Niva, Markku, DI. Pohjatutkimus Oy, suunnitteluinsinööri. Os.: Angervotie 10 B 22, 003320 HELSINKI.

Nordenswan, Erik, DI. Oy Partek Ab, Pargas, Utvecklingscentrallen, utvecklingschef. Adr.: Brunnsdälvägen 2 C, 21600 PARGAS.

Nummela, Jouni, Ins. Lokomo Aufbereitungsanlagen GmbH, toimitusjohtaja.

Nuoja, Markku, Ins. Rautaruukki Oy Raahan rautatehdas, automaatioinsinööri.

Nupponen, Raimo, DI. Outokumpu Oy Engineering, Hydrometallurgia, vanhempi projekti-insinööri.

Nurmi, Hannu, Ins. Dalsbruk Oy Ab, Dalsbruk, paikallispäällikkö.

Oja-Heiniemi, Heikki, DI. Os.: Koivistonpuistikko 49 B 40, 28130 PORI.

Olson, Christer, DI. Ovako Steel AB, marknadsföringsdirektör.

Paasikoski, Olli, DI. Os.: Rajakallio E, 02460 KANTVIK.

Paavola, Pertti, DI. Ins.tsto Kallioteknikka Oy, toimitusjohtaja.

Paju, Martti, TkL. Os.: Terästehdas B 107 as. 8, 55610 IMATRA.

Pajunen, Timo, DI. Os.: Laivanvarustajankatu 9 A 1, 00140 HELSINKI.

Palviainen, Mikko, DI. Outokumpu Oy Pohjoismainen kaivosryhmä, ryhmän johtaja.

Parvento, Kari, DI. Oy Tampella Ab Tamrock Trackdrills, myynti-johtaja.

Patrikainen, Pekka, FK. Y-suunnittelu, geologi. Os.: Y-suunnittelu, Kurjenkalliontie 5, 02270 ESPOO.

Peltonen, Rauno, DI. Os.: KP 1, 29600 NOORMARKKU.

Pessi, Esko, DI. Tamfelt Oy Ab, osastopäällikkö, johtoryhmän jäsen. Os.: Liutuntie 17 D 22, 36240 KANGASALA.

Pihl, Håkan, FK. Adr.: Studentbyn 60 A 2, 20510 ÅBO.

Pihlava, Jukka, DI. Os.: Suluntie 39 D, 40340 JYVÄSKYLÄ.

Pukkila, Jukka, DI. HTKK Kalliotekniikan laboratorio, tutkija.

Pöntynen, Tomi, DI. Os.: Box 59, Mvuma, ZIMBABWE.

Pöyry, Heimo, Ins. Os.: Annikinkatu 23 B 10, 57200 SAVONLINNA.

Rantaheikka, Esa, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgian tulostyksikkö, projektipäällikkö.

Rapeli, Hannu, DI. Outokumpu Oy Engineering, Liekkisulatot, projektipäällikkö.

Reinivuori, Raimo, DI. Os.: Tyrskykuja 3 B, 02320 ESPOO.

Rinne, Risto, Tkl. VTT Mineraalitekniikan laboratorio, laboratorionhoitaja

Ristimäki, Erkki, DI. Dalsbruk Oy Ab, teräksen valmistuksen ja valssauksen johtaja, johtajiston jäsen.

Roine, Antti, TkT.

Ruotsalainen, Marjut, DI. Neste Oy, suunnitteluinsinööri.

Rutanen, Jouko, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgian tulostyksikkö, vanhempi projekti-insinööri.

Saari, Heikki, DI. Outokumpu Oy Metallurginen teollisuus, Harjavalta, sivutuotetehtaan päällikkö.

Saarinen, Olli, DI. Outokumpu Oy Engineering, Liekkisulatot, prosessimetallurgi.

Saarinen, Risto, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgia, projektien toteutuksen päällikkö.

Saastamoinen, Ilpo, DI. Oy Tampella Ab, Valimo, tuotantopäällikkö. Os.: Sinipiiankatu 3, 33730 TAMPERE.

Sandvik, Peter, Tkt. Rautaruukki Oy Tutkimuskeskus, osastopäällikkö.

Santala, Pekka, DI. Outokumpu Oy Engineering, Ferrosesteknologia, prosessimetallurgi.

Savolainen, Heikki, Ins. Outokumpu Oy Engineering, Ongelmajäteteknologia, myyntipäällikkö.

Seppänen, Matti, TkT. Rautaruukki Oy Rautaruukki Engineering, myyntipäällikkö.

Siivola, Jaakko, FT. Os.: Tasakalliontie 12 C, 02760 ESPOO.

Siivonen, Markku, FM. Oy Mega-sora Ab, kehityspäällikkö.

Silvennoinen, Ahti, FT. Os.: Veitikantie 18, 96100 ROVANIEMI.

Sivunen, Seppo, Ins. Os.: Trettondagsvägen 4, S-15600 VAGNÄRÄD.

Soininen, Raimo, Tkl. Rautaruukki Oy Putkirahma. Os.: Kivimäentie, Korcila, 13880 HATTULA.

Soininen, Sara, FK. Os.: Linnustajantie 15 F 31, 02940 ESPOO.

Solin, Heikki, Varat. Outokumpu Resources Inc. toimitusjohtaja.

Sulanto, Jukka, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgia, liekkisulatot-tuotelinjan päällikkö.

Sundberg, Matti, KTK. Ovako Steel AB, konsernin johtaja.

Suominen, Ismo, DI. Os.: Kartanonkatu 15 C 47, 30100 FORSSA.

Suominen, Sauli, DI. Os.: Pietarinkatu 12 A 16, 00140 HELSINKI

Svens, Kurt, DI. Outokumpu Oy Engineering, Hydrometallurgia, vanhempi projekti-insinööri.

Söderström, Rolf, DI. Oy Partek Ab Cementindustrin, teknisk direktör

Tiainen, Erkki, Taloust.maist. Rautaruukki Oy Engineering, markkinoitintohtaja.

Vanninen, Pentti, DI. Outokumpu Oy Pyhäsalmen ja Hituran kaivokset, kaivostenjohtaja.

Veki, Jaana, FK. Os.: Ranuantie 58, 96400 ROVANIEMI.

Vesanto, Asko, DI. HTKK Mineraali- ja partikkelitekniikan laboratorio. Os.: Laiduntie 20 B, 02300 ESPOO.

Vestman, Matti, DI. Rammer Oy, lämpökäsittelyosaston päällikkö. Os.: Pihkatie 20 H 40, 15870 HOLLOLA.

Vierros, Tero, DI. Kalottilouhinta Oy, rakennuspäällikkö.

Viitasalo, Jaakko, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgian tulostyksikkö, projektipäällikkö.

Vuento, Aimo, DI. IPT, Ins.tsto Pohjatutkimus Oy, kalliosuunnitteluryhmän päällikkö.

Väisänen, Ari, DI. Outokumpu Oy Kemin kaivos, käyttöinsinööri. Os.: Kristinebergintie 5 C, 95450 TORNIO.

Välttilä, Timo, DI. Outokumpu Oy Pohjoismainen kaivosryhmä, johtoryhmän jäsen, KTT:n johtaja.

Yllö, Erkki, DI. Outokumpu Oy Engineering, Metallurgia, hydrometallurgiatuotelinjan päällikkö.

Äikäs, Kari, FM. Ins.tsto Saanio & Riekkola, kalliosuunnittelun ja rakennusgeologian toimialan päällikkö.

SUORITETTUJA TUTKINTOJA — AVLAGDA EXAMINA

OULUN YLIOPISTO

Prosessitekniikan osasto

Tekniikan lisensiaatit:

Korteniemi, Mikko Tapani: "Raakaraudan valmistuksen päätöksenteon tukijärjestelmä".

Raakaraudan valmistuksen päätöksenteon tukijärjestelmän avulla käyttäjä voi määrittää raakaraudan koostumuksen, tuotannon ja hinnan riippuvuudet raaka-aineista, lisäaineiden käyttötavoista sekä eri hiilivetyinjektioista. Järjestelmä koostuu prosessimalleista, herkkyysoanalyysistä, optimoinnista, kustannuslaskennasta sekä näiden käyttöä tukevasta käyttäjälähtöisestä. Prosessimallit perustuvat aine- ja energiavirtojen sekä niissä tapahtuvien muutosten laskentaan. Sint-rauksen ja masuunin aine- ja energiavirtoja kuvataan täydellisesti. Lisäksi osa petauksen, cowporeiden, voimalaitoksen ja happilaitoksen aine- ja energiavirroista on otettu huomioon.

Herkkyysoanalyysin avulla simuloidaan mallin kaikkien eri sisäännemomuuuttujien ja malliparametrien muutosten vaikutuksia eri ulostulomuuttujien muutoksiin.

Optimoitavien kustannusfunktio-kriteerien avulla minimoidaan joko raaka-ainekustannukset tai raakaraudan valmistuskustannukset.

Työssä on kerrottu, miten masuunin tuotantonopeus, pellettien osuus masuunipanoksessa ja masuunin injektio-parametrit vaikuttavat masuunin tilaan ja raakaraudan valmistuskustannuksiin.

Piironen, Eila Marjatta. "Sintraamon syötteen koostumusvaihteluiden mallintaminen".

Tutkimustyön kirjallisuudessa tarkastellaan raamateriaalien homogenisointia petauksessa sekä esitetään petauksen suunnittelussa käytettyjä matemaattisia menetelmiä. Homogenisoinnin tarkoituksena on saada kemiallisilta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan mahdollisimman tasainen materiaaliseos.

Työn kokeellisessa osassa on laadittu Rautaruukki Oy:n Raahen tehtaalle sintraamon syötteen koostumusvaihteluita kuvaava malli. Mallissa lasketaan Monte Carlo -menetelmällä sintterin valmistuksessa käytettävän rikasteseoksen koostumus petauksessa. Syötteen koostumus lasketaan lisäämällä petausseoksen koostumukseen annostelussa käytettyjen materiaalien keskimääräinen koostumus.

Mallin laatimisessa ja testauksessa tarvittava tieto on kerätty prosessista laajan koejakson aikana. Mallilla on tutkittu prosessiparametrien ja eri ajotapojen vaikutuksia sintraamon syötteen koostumusvaihteluihin.

Diplomi-insinöörit:

Alaniemi, Marja-Terttu: "Kattilalaitoksen tyypin oksidien katalyyttien pelkistys".

Keskitalo, Timo Juhani: "Sinkkitehtaan liuotusprosessin kustannusmalli".

Kesti, Erkki Kalervo: "Asiantuntijajärjestelmän tyyppinen rikastusprosessin-ohjaajan tukijärjestelmä".

Pöyry, Antti Sakari: "Raakaraudan lämpötilan lasku masuunin ja konvertterin välillä".

TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

Materiaali- ja kalliotekniikan laitos

Tekniikan tohtorit:

Tammikuun 22. päivänä 1988 tarkastettiin julkisesti TkL **Simo-Pekka Hannulan** väitöskirja "State Variable Approach to Deformation Phenomena in FCC metals". Vastaväittäjinä toimivat TkT Hannu Martikainen ja dosentti Markus Turunen ja kustoksena prof. Veikko Lindroos.

Väitöskirja käsittelee metallien muodonmuutoksen kuvaamista mekaanisten tilanyhtälöiden ja erityisesti ns. Hart'in mallin avulla. Työssä on tarkasteltu Hart'in mallin mikromekaanista taustaa ja kehitetty uusia muokkauslujittumista ja eräitä ajasta riippuvia ilmiöitä kuvaavia relaatioita sekä uudentyypinen koe mallissa tarvittavien materiaaliparametrien mittaamiseksi esimerkiksi ohuista pinnoitteis-



ta. Väitöskirja on luonteeltaan tutkimussarja ja perustuu lähinnä seuraavaan kuuteen julkaisuun:

1. Hannula, S.-P., Korhonen, M.A., Li, C.-Y. Micromechanical Aspects of Deformation Theories Based on State Variable Formulation. *Res Mechanica* **15** (1985) 3, pp. 99–128.
2. Korhonen, M.A., Hannula, S.-P., and Li, C.-Y. Workhardening Correlations Based on State Variables on Some FCC Metals in Monotonic Loading. *Metallurgical Transactions A* **16A** (1985) 3, pp. 411–420.
3. Hannula, S.-P. and Li, C.-Y. Repeated Load Relaxations of Type 316 Austenitic Stainless Steel. *Scripta Metallurgica* **18** (1984) 3, pp. 225–229.
4. Hannula, S.-P., Korhonen, M.A., and Li, C.-Y. Strain Aging and Load Relaxation Behavior of Type 316 Austenitic Stainless Steel at Room Temperature. *Metallurgical Transactions A* **17A** (1986) 10, pp. 1757–1776.
5. Hannula, S.-P., Kuo, R.-C., Henderson, D.W., and Li, C.-Y. Load Relaxation Studies of Solute-Dislocation Interactions During Strain Aging. In: *Saimoto, S., Purdy, G., and Kidson, J. (eds). Solute-Defect Interaction: Theory and Experiment*. Pergamon Press, 1986. Pp. 366–374.
6. Hannula, S.-P., Stone D., and Li, C.-Y. Determination of Time-Dependent Plastic Properties of Metals by Indentation Load Relaxation Techniques. In: *Giess A.E., Tu, K.N. and Uhlmann, D.R. (eds). Electronic Packaging Materials Science*. Materials Research Society, Symp. Proc. Vol **40**. Pittsburgh 1985. Pp. 217–224.

Väitöskirja on julkaistu sarjassa Technical Research Centre of Finland, Publications.

Tekniikan lisensiaatti **Simo Mäkimattila** väitteli 18.12.1987 Materiaalitieteen ja vuoritekniiikan laitoksella aiheesta: "Studies on Hot-dip Zinc-aluminium Coated Sheet Steels". Virallisina vastaväittäjinä toimivat Dr.-ing. W. Müschenborn, Thüßen Stahl AG, SLT, ja professori Heikki Kleemola, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, sekä valvojana emer.professori Martti Sulonen.

Levyä muovaavassa teollisuudessa esim. ajoneuvo- ja laitevalmistuksessa käytetään enenevästi sinkki-sinkkiseos- tai alumiinipinnoitettuja teräsuhutlevyjä. Pyrkimyksenä on parantaa valmistajien korroosionkestävyyttä, vähentää viimeistelyvaiheita tuotannossa sekä alentaa konstruktiiivista painoa. Ongelmana on pinnoitekerroksen vaurioituminen, koska kerros usein on perusmateriaalia pehmeämpi, hauras ja pienentää voimakkaasti muovauksessa tarvittavaa kitkaa.

Väitöskirjassa on selvitetty ne ZnAl-pinnoitteiden mikrorakennetyypit, jotka parhaiten kestävät levyntuotuksessa syntyviä suuria venymiä. Mikrorakenteen ohella pinnoitteen pinta- ja adheesio-ominaisuuksia on tutkittu Auger-analytiikan keinoin.

Pinnoitteen vaurioitumisalttiutta on tutkittu kitkamittaukseen perustuen ja työn tulokset osoittavat, että käytetty nk. kuivan liukukitikan menetelmä plastisessa venytyksessä soveltuu erityyppisten pinnoitettujen uhutlevyjen vaurioitumisalttiuden arviointiin.

Olellaisen osan työstä muodostaa uuteen kuumasinkitystekniikkaan liittyvä tutkimus ja koetuoanto. Kyseinen menetelmä perustuu nopeaan jäähdytykseen nk. sinkkisammutuksen avulla, joka mahdollistaa mm. lujien ja muovattavien uhutlevyjen valmistuksen Zn5Al-sinkkiseoksella pinnoitettuna.

Tammikuun 8. päivänä 1988 tarkastettiin DJ **Antti Roineen** väitöskirja "Activities of As, Sb, Bi and Pb in copper matte and their effects on impurity elimination". Vastaväittäjänä toimi prof. James Torigi Toronton Teknillisestä korkeakoulusta ja kustoksena prof. Lauri Holappa.

Metallinen kupari valmistetaan kuparirikasteista, jotka sisältävät aina pieniä määriä erilaisia epäpuhtauskomponentteja. Näistä vaikeimmin poistettavia ovat arseni, antimoni, vismutti ja lyijy, joita lopputuotteena olevassa kuparissa saa olla ainoastaan joitakin miljoonasosia. Näiden epäpuhtauksien eliminointi nostaa merkittävästi kuparin valmistuskustannuksia.

Pyrittäessä optimoimaan epäpuhtauksien poistoa tarvitaan tietoa epäpuhtausaineiden aktiivisuuksista erilaisissa prosessiolosuhteissa. Mittausteknisten vaikeuksien johdosta tällaisia arvoja ei kuitenkaan aikaisemmin ole julkaistu.

Väitöskirjassa kehitettiin uusi kuljetusmenetelmään perustuva laiteisto ja laskentamenetelmä haihtuvien liuoskomponenttien aktiivisuusmittauksia varten. Menetelmä ottaa huomioon kaasukomponenttien polymerisoinnin ja mahdollistaa useamman haihtuvan komponentin samanaikaisen aktiivisuusmittauksen.

Kehitetyllä menetelmällä mitattiin As, Sb, Bi ja Pb:n aktiivisuudet homogeenisissa Cu-Fe-sulfidisulissa, kuparirikasteen sulatusta ja konvertointia vastaavissa olosuhteissa lämpötilassa 1200 °C. Tulosten mukaan sulan rikkipitoisuudella on ratkaiseva vaikutus aktiivisuuksiin, sillä As ja Sb:n aktiivisuudet kasvavat yli satakertaisiksi, kun sulan rikkipitoisuutta nostetaan 1-2 prosenttiyksikköä. Samalla vallitse-

va rikkipaine nousee 10⁻⁶ atm:stä 10⁻² atm:iin. Bi ja Pb:n aktiivisuudet ovat maksimissaan rikinpaineissa 10⁻⁵ ja 10⁻⁶ atm.

Saatuja tuloksia sovellettiin teoreettisissa laskelmissa, joilla arvioitiin aktiivisuuksien vaikutusta epäpuhtauskomponenttien poistoon teollisissa raffinoitiprosesseissa. Laskelmien mukaan As voidaan eliminoida sulfidoivalla haihdutuksella ja Sb, Bi ja Pb klooraavalla haihdutuksella. Lisäksi komponenttien haihtuvuuksia voidaan parantaa merkittävästi vakuumikäsitteillä. Komponenttien kuonautuvuutta ei voida parantaa riittävästi aktiivisuuksia säätämällä.

Tekniikan lisensiaatti:

Kukkonen, Ilmo: "Menneisyyden ilmastomuutosten vaikutus kalliion lämpötilaan ja lämpötilagradienttiin Suomessa".

Menneisyyden ilmastomuutosten kallioperään aiheuttamien lämpötila- ja gradienttimuutosten tunteminen on tarpeellista käytettäessä geotermisiä reikämittauksia pohjaveden virtaustutkimuksiin ja yleensä käytettäessä mittaustuloksia maankuoren geofysiikan tutkimiseen. Maanpinnan lämpötilassa tapahtuvat muutokset johtuvat kallioperästä vähitellen alaspäin samalla vaiementuen. Kalliion lämpötila- ja gradienttimuutoksia laskettiin yksidimensionaalisella homogeenisella puoliavaruusmallilla. Maanpinnan lämpötilamuutokset viimeisten miljoonan vuoden ajalta arvioitiin nykyisten pintalämpötilatietojen ja ilmastomuutoksia koskevan kirjallisuuden avulla. Mallilaskujen perusteella ilmastomuutosten vaikutus kallioperän yläosan lämpötilagradienttiin ja lämpövuohon on merkittävä (jopa useita kymmeniä prosentteja) ja häiriitymätön gradientti voitaisiin mitata vasta 1400-1600 m:n syvyydeltä.

Mallilaskujen avulla tehtiin Suomen geometrisen mittaustulosten korjaukset, joilla poistettiin ilmastomuutosten aiheuttamat häiriöt. Mikäli kalliion lämpötila hallitsee vain lämmönjohtuminen (konduktio), tulisi ilmastokorjauksen parantaa tuloksia ts. pienentää eri syvyyksiltä määritettyjen lämpövuorojen keskiarvon ja geotermisen gradientin keskivirhettä. Korjatuista tuloksista (17 kpl 389-1060 m syvä kairareikiä ja 23 kpl 50-400 m syviä porakaivoja), todettiin, että keskivirheen pienenemistä tapahtui vain 18 tapauksissa. Tämä johtuu kahdesta seikasta: 1) Kalliopohjaveden virtaus siirtää lämpöä, jolloin ilmastokorjauksen lähtökohtana oleva konduktio-oletus ei pidä paikkaansa kaikissa tapauksissa. 2) Lämpövuon taantumisen kaltevilla lämmönjohtavuuden rajapinnoilla (kivilajirajoilla) aiheuttaa paikallisia lämpövuonanomaliaita, jolloin laskuissa käytetty yksidimensionaalinen malli ei ole enää riittävä. Kairareikäaineiston lämpövuotulosten keskiarvo kasvoi ilmastokorjauksen ansiosta noin 20 % ja porakaivoaineiston keskiarvo vastaavasti noin 40 %.

Eräissä porakaivoissa syvyyksille 45-80 m ulottuvat negatiiviset lämpötilagradientit ovat osaksi syntyneet läheisten rakennusten ja maanmuokkauksen aiheuttaman paikallisen maanpintalämpötilan nousun vuoksi, mutta tällä vuosisadalla tapahtunut ilmaston lämpeneminen on myös vaikuttanut niiden muodostumiseen.

Tässä tutkimuksessa käytettyä menetelmää geotermisten mittaustulosten ilmastokorjauksen laskemiseen voitaisiin soveltaa epäsuorasti kalliopohjaveden virtaustutkimuksiin erityisesti lämmönjohtavuudeltaan homogeenisissa muodostumissa.

Ralf Lunabba: "Metallurgical and Environmental Aspects of Zirconium Alloy Waterside Corrosion".

Kehittäessä zirkoniumseoksia soveltuviksi vesijäähdytteisten ydinvoimaloiden polttoaineen suojausmateriaaliksi yhtenä päätavoitteena oli parantaa niiden korroosio-ominaisuuksia. Sen takia zirkoniumseosten korroosioita on tutkittu paljon, aina kaupallisen ydinvoimaloiteollisuuden alusta saakka, mikä on johtanut lukuisiin tutkimusraportteihin ja julkaisuihin.

Tämän työn tarkoituksena on ollut hankkia tietoa korroosiomekanismeista, seosten kehittelystä, käyttökokemuksista, sekä arvioida eri kehitysprosessien merkitystä. Lisäksi on esitetty joitakin zirkoniumoksidin ominaisuuksia, joita voi käyttää lähtöarvoina korroosiopekuksia ennustavissa malleissa.

Eri zirkoniumseoksista on pääasiassa käsitelty seoksia Zircaloy-2, Zircaloy-4, Zr-1%Nb ja Zr-2.5%Nb, koska ainoastaan niillä on toistaiseksi ollut kaupallista merkitystä ydinpoltoaineen suojausmateriaalina. Vesijäähdytteisten ydinvoimaloiden kehitys ei näytä kulkevan sellaisille alueille, joissa uusien seosten korroosio-ominaisuudet olisivat merkittävästi parempia kuin edellä mainittujen vakiintuneen aseman saavuttaneiden.

Diplomi-insinöörit:

Heikkilä, Pekka Valteri: "Pallomaisen materiaalin luokittaminen".
von Herten, Mikael: "Tunnelinajo pehmeässä kalliiossa".

Järvenpää, Martti: "Ruostumattoman teräsjauheen ja stelliittijauheen kiinteyttäminen ja diffuusioliittäminen isostaattisella kuumapuristuksella".

Kolsi, Jari Antero: "CO/CO₂-suhde LD-konvertterissa".

Lindholm, Timo Markku Mikael: "Zirkoniumseostetun kuparin sisältäminen hapettumisen ja ominaisuudet".

Lyrra, Mikko Tapani: "Hirvikallion petalittisyntymän vaahdotus-tutkimus".

Paananen, Markku: "Venejärven, Ruostejärven, Suasseljän ja Pasmajärven postglasiaalisten siirrostien geofysikaalinen tutkimus".

Poutanen, Kari Juhani: "Tutkimus austeniitin hajautumistuloksista Jominy-sauvan sammutusnopeuksilla ja päästön vaikutus sammutus-rakenteisiin eräällä kuumalujalla teräksellä".

Ruokanen, Markku: "Kuumasinkityn teräsohutlevyn ylivanhentaminen".

Tanskanen, Leena-Maija: "Jännityskorroosio amiinipesujärjestelmien materiaaleissa".

ÅBO AKADEMI

Institutionen för geologi och mineralogi

Filosofie licentiat:

Edén, Peter: "Geokemi, petrografi och Sn-Cu-Zn-As-greisenomvandlingar i en differentierad rapakivisvit i Ahvenisto-massivet".

Ahvenisto biotitrapakivi är ett litet satellitmassiv till det viborgska

rapakivimassivet i SE Finland. Det omges av en båge av basiska bergarter, d.v.s. gabbro, anortosit och diabas. Det tillhör viborgsmassivets yngsta intrusionsfaser och har troligen trängt upp i en kontinental rift-zon.

Geokemin har till stor del bidragit till att massivets evolution kunnat bestämmas. Bäst ses utvecklingen i Ba-Rb-Sr- och Ti-Zr-diagram samt i bergarternas K/Rb-värden. Efter det att huvuddelen av massivet hade kristalliserat som olika pulser av porfyriska rapakivin och porfyraplitter, trängde ännu yngre differentiat upp längs reaktiverade frakturer och bildade små stockar eller långsträckta kroppar av jämnkorniga rapakivityper och allra sist de s.k. Kuusisuograniterna. Alla bergarter har genomgått omvandlingar i varierande omfattning och av varierande typ (plagioklas-, mikroklin-, muskovit-, topas-, klorit-, sericit- och greisenomvandling).

Kuusisuograniterna är metalumina-peralumina graniter av A-typ. De har geokemiska, mineralogiska och petrologiska karakteristika, vilka gör att de kan klassas som specialiserade graniter eller tenngraniter. Intrusionen utgörs nedtill av medelkornig rapakivi, som uppåt gradvis övergår i topasrapakivi. Båda typerna är jämnkorniga. Topasrapakivin har i sin tur i sina övre delar av de sista F-, Li-, Rb- och metallanrikade restlösningarna omvandlats till topasgreisen. Greisengångar har bildats längs sprickor i de omkringliggande rapakivityperna. Greisenomvandlingarna är Sn-Cu-Zn-As-mineraliserade i varierande omfattning.

Filosofie kandidat:

Sandbacka, Stefan C.F.: "Undersökning av uraninit från Arvidsjaurs-Arjeplogs uranprovins".

VASARA — 50 VUOTTA GEOLOGIAA

Helsingin yliopiston geologinen kerho Vasara täytti 50 vuotta marraskuun 6. päivänä 1987.

Juhlat alkoivat jo marraskuun 5. päivänä, jolloin geologian laitoksen suuri luentosalit täyttyi seminaariesitelmien kuuntelijoina. Tilaisuuden avasi professori Ilmari Haapala. Yrjö Kähkönen esitelmöi Tampereen metavulkaniiteista ja svekofennisen kuoren kehityksestä, Raimo Lahtinen Rautalammin alueen amfiboliittien ja happamien gneissien geokemiasta sekä niiden tektono-stratigrafisesta asemasta ja Tapio Koistinen Haukiveden sutuurista.

Lounaan jälkeen esitelmät jatkuivat. Mikael Fortelius esitelmöi paleontologisista kaivauksista Turkin mioseenissa, Jouko Nuorteva akustisten luotausmenetelmien käytöstä merenpohjan kvartaarisedimenttien kartoittamisessa ja Risto Aario eräiden maaperämuodostumien terminologiasta.

Välillä yleisöllä oli mahdollisuus tutustua Vasaran aikaisemmista juhlista ja ekskursiomatkoista kertovaan valokuvanäyttelyyn sekä nauttia Vasaran järjestämästä kahvitarjoilusta. Kahvin jälkeen Vesa Perttunen esitelmöi Peräpohjan liuskealueen vulkaniittien geokemiasta ja geologisesta kehityksestä ja Asko Kontinen eräistä Itä-Suomen arkeoisista suoni-gneisseistä sekä niiden jakamisesta para- tai ortogneisseihin.

Perjantaina geologian laitoksella päiväjuhla alkoi musiikkiesityksellä, ja Vasaran puheenjohtajan Harriet Longan tervehdyssanojen jälkeen kuulumme fil.tri Hannu Huhman juhlapuheen. Vasaran kunniapuheenjohtajaksi valittiin Ahti Simonen, joka kuten Maunu Puranenkin kuuluu Vasaran perustajajäseniin. Vasaran uusiksi kunniajäseniksi Gabor Gaálin lisäksi valittiin Veikko Vähätalo ja Pentti Alhonen. Vasara muisti näitä ansioituneita jäseniään tilaisuudessa jaetuilla kultaisilla Vasaramerkeillä. Tilaisuus päättyi musiikkiesitykseen.

Iltajuhla alkoi puoli seitsemän aikaan Katajanokan Kasinolla. Maukkaan illallisen aikana Vasara sai vastaanottaa



Palkitut Vasaralaiset vasemmalta lukien; professori Maunu Puranen, professori Ahti Simonen ja FT Veikko Vähätalo.

useita kiittäviä ja kannustavia puheita, onnitteita ja lahjoituksia. Juhlahjelmaa esittivät psykologian opiskelijoiden lauluryhmä ja Vasaran oma oopperaryhmä. Carmenin sulosävelten jälkeen ilta jatkui tanssin merkeissä. Lattialla olikin ajoittain jopa tungosta.

Puolenyön jälkeen innokkaimmat juhlijat siirtyivät jatkoille Savolaiseen osakuntaan, missä juhlat jatkuivat aina aamun silliateriaan saakka.

Meitä juhlijaita yhdisti yksi suuri asia, geologia. Oli hienoa olla mukana, eri ikäiset vasaralaiset yhdessä, osana Vasaraa, geologiaa, tiedettä ja historiaa — perinnettä, nykypäivää ja tulevaisuutta.

Tuula Vainio



Kalliotekniikan laboratorion koetunneli

Rehtori Jussi Hyypä vihki 28.4.1988 Kalliotekniikan laboratorion koetunnelin koulutus- ja tutkimuskäyttöön. "Ensimmäinen räjäytys" suoritettiin uusinta louhintatekniikkaa edustavalla sähköttömällä menetelmällä. Tapahtumaa todisti arvovaltainen kutsuvierasjoukko kaivos- ja kalliorakennusteollisuudesta (kuva 1).

Käyttöön otettu koetunneli on Teknillisen korkeakoulun louhintatekniikan ja kalliorakentamisen opetukselle merkittävä tuki. Kaivoksia ja louhintatyömaita on voitu käyttää opintoihin kuuluvien kokeiden ja tutkimusten tekemiseen sekä käytännön harjoittelupaikkoina, mutta selvästi on tullut esille tarve saada oma pysyvä ja Otaniemessä sijaitseva tunnelilaboratorio. Erityisen tärkeätä on, että jokaisella opiskelijalla on mahdollisuus perehtyä uudenaikaisiin koneisiin ja laitteisiin ja niiden käyttöön häiritsemättä minkään tuotannollisen työkohteen toimintoja. Tunnelin käytön keskeisiä alueita ovat perusopetuksen lisäksi kallion ominaisuuksien tutkimus sekä uusien louhintamenetelmien ja louhinnan automaation kehittäminen.

Toteutus oppilastyönä

Tunnelin louhinta lupa saatiin vuoden 1981 lopulla. Louhinta ja varustelu on toteutettu pääosiltaan oppilastyönä. Ulkopuolisiin urakoitsijoihin on turvauduttu vain hyvin rajoitetusti erikoistöissä. Näissäkin opiskelijat ovat olleet apuna. Tunnelin toteutukseen on osallistunut louhintatekniikan opiskelijoita 7–8 vuosikursilta sekä Materiaali- ja kalliotekniikan laitoksesta että Rakennus- ja maanmittaustekniikan osastolta.

Kokonaiskustannukset n. 1.6 milj.mk

Tunnelin kokonaiskustannukset ovat olleet ilman laboratorion vakinaisen henkilökunnan palkkoja n. 1.6 milj.mk. Korkeakoululta saatujen varojen osuus on n. 10 %, laboratorio on käyttänyt tilaustutkimustoiminnalla ansaittuja varoja n. 300 000 mk (n. 20 %) ja teollisuuden osuus on ollut n. 1.2 milj.mk (yli 70 %).

Koneet ja laitteet on saatu suurimmaksi osaksi lahjoituksina kotimaisilta laitevalmistajilta. Näkyvimpiä ja kalleimmat

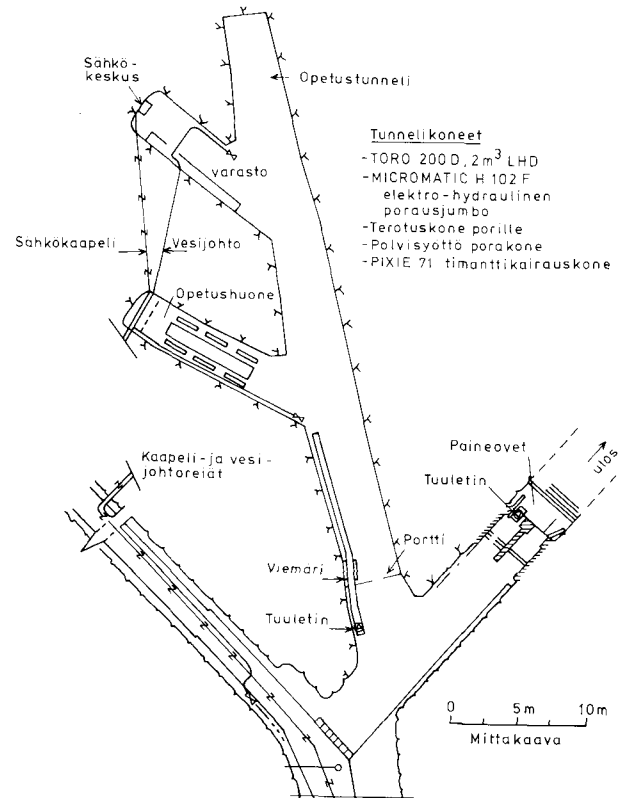


Kuva 1. Professori Raimo Matikainen ojentaa ylimmäisen tunnelintarkastajan sauvan rehtori Jussi Hyypälle. Tapahtumaa seuraavat toimitusjohtajat Pertti Voutilainen ja Henrik Tallberg sekä apulaiskaupunginjohtaja Ilppo Aarnio.

Fig. 1. Professor Raimo Matikainen gives the chief tunnel inspector's cane to rector Jussi Hyypä. Watching the occasion are Pertti Voutilainen president, CEO of Outokumpu Oy, Henrik Tallberg, managing director of Oy Atlas Copco Ab and Ilppo Aarnio, assistant Lord Mayor of the City of Espoo.

koneet ovat Oy Tampella Ab TAMROCKin valmistama Micromatic-porausyksikkö sekä ARA Oy:n valmistama TORO 200 lastauskone. Kaikki poraukseen ja räjäytystyöhön tarvittavat tarvikkeet on myös saatu teollisuudelta (kuva 2).

Koetunneliprojektia ei olisi kyetty toteuttamaan ilman teollisuuden monipuolista tukea. Vilpittömät kiitokset kaikille niille yhtiöille ja henkilöille, jotka ovat osallistuneet hankkeen toteuttamiseen.



Kuva 2. Koetunnelin pohjapiirustus.
Fig. 2. General plan of the research tunnel.

Opetus uudistuu

Louhintatekniikan, kaivostekniikan ja kalliorakentamisen opetusta on ajan vaatimusten mukaisesti uudistettu voimakkaasti viime vuosina ja tämä tunneli on osa uudistamisprosessia. Tutkimustunneli palvelee nyt monipuolisesti louhintatekniikan, räjäytystekniikan, kalliomekaniikan ja kalliorakentamisen opetusta ja samalla alan tutkimustoimintaa.

Kalliotekniikan ja kalliorakentamisen opetus on perinteisesti tukeutunut teollisuuteen, rakennuttajiin ja heidän kanssaan tehtävään yhteistyöhön. Syventymiskohteessa koko IV:n vuosikursin kestävän suunnittelutyön aiheet on saatu poikkeuksetta korkeakoulun ulkopuolelta. Niiden toteutus on tapahtunut projektiluonteisesti yhteistyönä. Näin opiskelijat ovat saaneet hyvän käsityksen suunnitteluprojektin eri osavaiheista ja taloudellisuus- ja kannattavuusanalyysistä. Hyvän kallio- ja konetekniikan perustiedon osaamisen lisäksi nykyisiltä valmistuvilta diplomi-insinööreiltä edellytetään kokonaisvaltaista suunnittelutaitoa sekä talous- ja kannattavuuskysymysten hallintaa.

Kalliotekniikan laboratoriossa ulkopuolisille tehtäviin tilaustutkimus- ja suunnittelutöihin on myös kytketty opiskelijoita mahdollisuuksien mukaan.

Raimo Matikainen

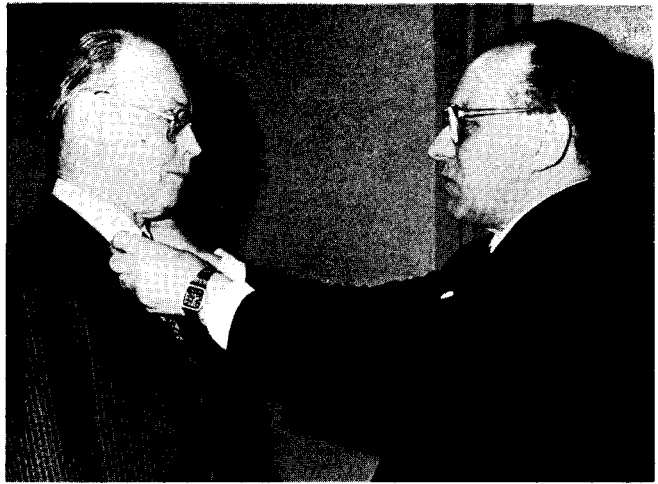
Eero Mäkinen — ansiomitalin jako 25.3.1988

Professori Martti Seppo Sulonen

Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksen yhteydessä jaettiin tänä vuonna Eero Mäkinen -ansiomitali tekniikan tohtori, metalliopin professori Martti Suloselle hänen ansioistaan alan opetustyössä sekä toiminnastaan monissa asiantuntijatehtävissä niin tiede- kuin talouselämänkin piirissä sekä Vuorimiesyhdistyksessä. Professori Sulonen on toiminut ansiokkaasti Vuorimiesyhdistyksen julkaiseman Vuoriteollisuus-lehden päätoimittajana 15 vuoden ajan.

Mitalin luovutti Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtaja, DI Väinö Juntunen.

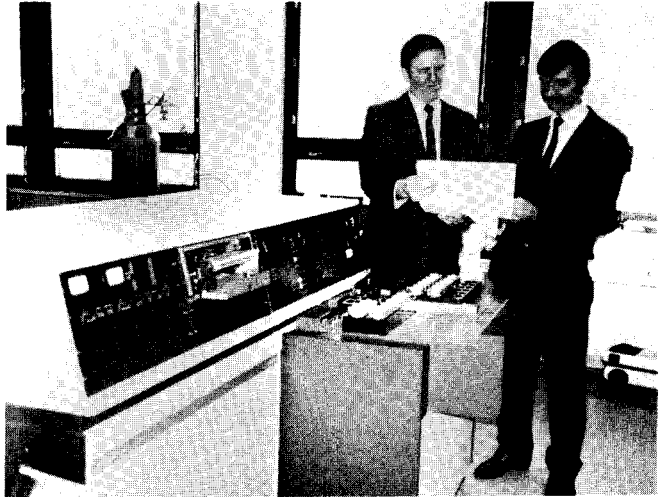
Vuorineuvos Eero Mäkinen (1886-1953) on suomalaisen vuoriteollisuuden uranuurtaja ja toimi pitkään Outokumpu Oy:n toimitusjohtajana.



Professori Martti Sulonen, vasemmalla, vastaanottaa yhdistyksemme puheenjohtajalta, DI Väinö Juntuselta, ansiomitalinsa.

Röntgenanalytiikan yhteistyötä Rautaruukin ja Outokummun välillä

Rautaruukki Oy:n Raahan tutkimuskeskuksen analyttinen laboratorio ja Outokumpu Oy:n Malminetsinnän Geoanalyttinen laboratorio ovat käynnistäneet yhteistyön röntgenfluoresenssianalytiikan palvelujen parantamiseksi. Ensimmäisessä vaiheessa Rautaruukki Oy Engineering luovutti tehdyllä kaupalla Outokummun Geoanalyttiselle laboratoriolle Raahan tutkimuskeskuksessa kehitetyn Fundamental Parameter -korjauslaskuohjelman, RRFPO:n, käyttöoikeuden ja samalla suoritettiin analyysimenetelmän vaatima näytteenkäsittelyn yhtäläistäminen. Yhtiöiden näytteiden analyysissa käyttämät XRF-spektrometrit ovat mallia Philips PW 1400 ja laskenta suoritetaan Mikro-Vax II-tietokoneilla. Menetelmä mahdollistaa geologisten ja monenlaisten metalliseosnäytteiden alkuaineanalyysin natriumista uraaniin ppm-tasolta aina 100 %:iin saakka. Useimmilla alkuaineilla saavutetaan hivenaineanalytiikassa alle 10 ppm:n toteamisraja. Menetelmää käyttäen laboratorion palvelunopeus ja joustavuus paranevat merkittävästi ja analyysija tarvitseva saa laajan, luotettavan kokonaiskuvan näytteen koostumuksesta pienin analyysikustannuksin. Yhteistyö jatkuu analyysien laaduntarkkailussa ja kiirehupujen tasaamisessa.



Projektipäälliköt Ilmari Ala-Vainio ja Olli Lehto tarkastavat vertailunäytteiden analyysituloksia RRFPO-ohjelmatoimituksen vastaanottotarkastuksessa Outokummun Geoanalyttisessä laboratoriossa Outokummissa.

**VUORIMIESYHDISTYS —
BERGSMANNFÖRENINGEN ry:n**

VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 17.–18.3.1989

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS —
BERGSMANNFÖRENINGEN ry:s**

ÅRSMÖTE

hålles i Helsingfors den 17.–18.3.1989

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

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaförening ry:n tutkimuslsteet, kirja ja julkaisut

Tutkimuslsteet: sarja A

	hinta
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 tulkinta"	50,—
A 19 "Kulutusta kestävä materiaali" — nro 1:n täydennys	20,—
A 20 "Rikastamoiden instrumentointi"	20,—
A 22 "Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—
A 24 "Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus"	20,—
A 25 "Geofysikaaliset kenttätyöt I — Painovoimamittaukset"	20,—
A 27 "Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,—
A 28 "Kalkin käyttö metallurgisessa teollisuudessa"	20,—
A 32 "Seulonta"	40,—
A 34 "Geologisten joukkonäytteiden analysointi"	50,—
A 36b "Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,—
A 39 "ATK-menettelmien 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 "Holvautuminen purkumenetelmät"	50,—
A 61/I "Rakeisen materiaalin kosteuden mittauss"	50,—
A 62 "Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtiyhdistyksistä"	30,—
A 63 "Avolouhoksen senämän kaltevuuden optimointi"	50,—
A 64 "Suomessa tehdyt kallion jännistystilan mittaukset"	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 lujuuslaskennassa"	50,—
A 73 "Crosshole seismic method"	50,—
A 74 "Pölynerotus ja ilmansuojelu"	70,—
A 75 "Heikkousvyöhykkeiden geofysikaaliset tutkimusmenetelmät"	90,—
A 76 "Teollisuusmineraaliesiintymien raaku- ja malmityppikartoitus geofysikaalisten menetelmien avulla"	50,—
A 77 "Kaivosten jätevedet, kiinteät jätteet ja ympäristönsuojelu"	50,—
A 78 "Suomen kaivokset ja ympäristönsuojelu"	50,—
A 79 "Kaivosten kiinteiden jätteiden ja jätevesien käsittely — Ohjeita ja suosituksia"	50,—
A 80 "Hienojen raeuokkien rikastus"	100,—
A 81 "Measurement of rock stress in deep boreholes"	50,—

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

	hinta
B "Kalliomekaniikan päivät 1967-78, 1983-84"	50,—
B 12 "Kalliomekaniikan sanasto"	10,—
B 14 "Kaivossanasto"	8,—
B 16 INSKO 106-73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoisyksymyksiä"	45,—
B 17 INSKO 49-74 "Skänkmetallurgi-Senkkametallurgin"	45,—
B 18 INSKO 90-74 "Investoinnit ja käyttöalaskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa"	45,—
B 19 INSKO 45-75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakysymyksiä metalliteollisuudessa"	45,—
B 23 "Laatokan-Perämeren malmivyyöhyke"	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 "Teollisuusmineraalisesiminaari"	50,—
B 31 "Kaivosten työnsuojelu"	50,—
B 32 "Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisesiminaari"	50,—
B 33 "Pultituspäivät 1983"	70,—
B 36 "Kalliotilojen mittauss- ja kartoitusseminaari 1985"	100,—
B 37 "kaivoskohteiden urakkasopimusjärjestelmä"	50,—
B 38 "Tuotantomineralogian seminaari 16.1.1986"	60,—
B 39 "Maanalaisen louhintatyömaan sähköistys ja automaatio"	100,—
B 40 "Vuorimiesyhdistyksen tutkimuslsteen kirjoitusohjeet"	—
B 41 "Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen kehittämissuunnitelma 1988"	50,—
B 42 "Malminetsinnän tehtävä ja tarkoituksenmukainen organisointi Suomessa yhteiskunnan ja vuoriteollisuuden kannalta"	30,—

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

Vuoriteollisuus — Bergshanteringen lehti
vuosikerta Suomessa 80,—
vuosikerta ulkomailla 100,—
Eero Mäkinen-mitali 200,—

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

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta DI Kalle Vaajoensuu mieluummin kirjallisesti osoitteella:

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.
Outokumpu Oy
Kaivosteknillinen toimisto
83500 OUTOKUMPU
tai puh. 973-561

ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

- ACA SYSTEMS Oy
- Oy ALGOL Ab
- ARA Oy
- Oy ATLAS COPCO Ab
- BOART Oy
- DALSBROK Oy Ab
- HANGON KIRJAPAINO Oy
- Oy HOECHST FENNICA Ab
- Oy HÖGANÄS Ab
- KALLIOSUUNNITTELU Oy, ROCKPLAN Ltd
- KEMIRA Oy, Vihtavuoren tehtaat
- KOMETA Oy
- KUUSAKOSKI Oy
- LAROX Oy
- Oy LOHJA Ab
- MACHINERY Oy
- OUTOKUMPU Oy, Geoanalyttinen laboratorio
- OUTOKUMPU Oy, Metallurginen teollisuus
- OVAKO STEEL Oy Ab
- Oy PARTEK Ab
- RAUMA-REPOLA Oy, Lokomon terästehdas
- RAUTARUUKKI Oy
- SANDOZ Oy
- SUOMEN MALMI Oy
- Oy JULIUS TALLBERG Ab
- Oy TAMPELLA Ab, TAMROCK
- Oy TAMRO Ab
- Oy TRELLEBORG Ab
- VOLVO AUTO Oy Ab, Koneosasto
- WIHURI Oy, WITRAKTOR

OHJEITA KIRJOITTAJILLE

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

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

Pääotsikot ja alaotsikot erotetaan toisistaan selkeästi.

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

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

Kirjallisuuvitteet numeroidaan jatkuvasti // sulkuihin tekstissä ja esitetään lopussa seuraavassa muodossa:

1. *Järvinen, A.*, Vuoriteollisuus — Bergshanteringen, 34 (1976) 35—39.
2. *Kirchberg, H.*, *Aufbereitung bergbauilicher 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**.

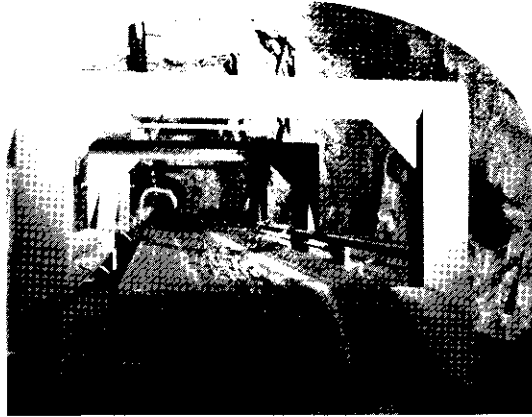
Vuoriteollisuuden suurhankkija

Asiantuntemusta

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

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

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



 **ALGOL**

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

Tuotevalikoimaa

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

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

KEMIITI -käyttöpaikalla valmistuva nestemäinen räjähdysaine

Kemiitti on suurehkoihin louhintakohteisiin soveltuva, valmistukseltaan ja käytöltään turvallinen louhintäräjähdysaine. Lopullisesti se muodostuu räjähdysaineksi vasta poranreiässä. Jatkuvatoiminen sekoittaa/pumpata

-menetelmä mahdollistaa räjähdysaineseoksen muunneltavuuden räjäytyskohteen vaatimalla tavalla.



 **KEMIRA OY**
VIHTAVUOREN TEHTAAT

outokumpu MALMINETSINTÄ

ALKUAINE-, MINERAALI- JA YMPÄRISTÖ-
ANALYTIIKAN PALVELUJA ASIAANTUNTEMUK-
SELLA NYKYAIKAISIN LAITTEIN

- * MIKROANALYSAATTORI
- * RÖNTGENDIFFRAKTIO
- * RÖNTGENFLUORESENSSI
- * ATOMIABSORPTIO
- * PLASMAEMISSIO
- * S- JA C-ANALYSAATTORIT
- * JALOMETALLIANALYTIikka

PETROLOGISIA JA GEOKEMIAALLISIA TUTKIMUKSIA
MINERAALIESIINTYMIEN HYÖDYNTÄMISSELVITYKSIÄ

- * MALMIEN JA PROSESSITUOTTEIDEN
MIKROSKOOPPISET TUTKIMUKSET
- * RIKASTUSTUTKIMUKSET
- * PROSESSITUTKIMUKSET

YMPÄRISTÖANALYTIikka

- * MAA- JA VESINÄYTTEIDEN EPÄORGAANINEN
ANALYTIikka

GEOANALYYTTINEN LABORATORIO

KARJALANKATU 2
PL 74
83501 OUTOKUMPU

Puhelin 973-561
TELEX 46113
TELEFAX 973-56610

Tilastotietoja vuoriteollisuudesta v. 1987

Ylitarkastaja Urpo J. Salo

Kaivos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu tn	Malmia tai hyötykiveä tn	Kaivostyöntekijöitä v. 1987			Kaivoksessa suoritettuja työtunteja
						avolouhos	maalla	yht.	
Malmi-kaivokset									
1. Kemi	Keminmaa	Cr	Outokumpu Oy	4 032 731	1 267 603	90	—	90	161 784
2. Hannukainen	Kolari	Fe	Rautaruukki Oy	2 067 400	727 600	8	—	8	15 301
3. Vihanti	Vihanti	Zn, Cu, Pb	Outokumpu Oy	1 232 230	1 145 369	—	130	130	221 417
4. Pyhäsalmi	Pyhäjärvi	Cu, Zn, S	Outokumpu Oy	1 108 774	920 931	1	154	155	263 105
5. Rautuvaara	Kolari	Fe	Rautaruukki Oy	657 100	657 100	—	62	62	105 230
6. Enonkoski	Enonkoski, Savonlinna	Ni, Cu	Outokumpu Oy	640 034	591 264	—	41	41	69 532
7. Vammala	Vammala	Ni, Cu	Outokumpu Oy	494 781	385 772	—	52	52	87 823
8. Keretti	Outokumpu	Cu, Zn, Co	Outokumpu Oy	357 553	313 305	—	103	103	156 838
9. Kotalahti ¹⁾	Leppävirta	Ni, Cu	Outokumpu Oy	87 959	87 959	—	22	22	19 346
Malmikaivokset 9 kpl ¹⁾ toiminta päättyi				10 678 562	6 096 903	99	564	663	1 100 376
Kalkkikivi-kaivokset									
1. Parainen	Parainen	Klk	Oy Partek Ab	1 611 335	1 509 716	22	4	26	48 757
2. Ihalainen	Lappeenranta	Klk, Wol	Oy Partek Ab	996 706	697 149	17	—	17	26 940
3. Tytyri	Lohja	Klk	Oy Lohja Ab	859 180	859 180	—	53	53	86 506
4. Mustio	Karjaa	Klk	Oy Lohja Ab	576 946	309 076	9	—	9	15 765
5. Vampula	Vampula	Dol	Oy Partek Ab	368 208	192 778	4	—	4	7 520
6. Siikainen	Siikainen	Dol	Oy Partek Ab	328 555	201 854	5	—	5	7 650
7. Ruokojärvi	Kerimäki	Klk, Dol	Ruskealan Marmori Oy	307 959	277 605	2	19	21	36 127
8. Kalkkima	Tornio	Dol, Kv	Oy Partek Ab	238 484	238 484	2	—	2	3 303
9. Ryytimaa	Vimpeli	Dol	Oy Partek Ab	222 829	195 301	3	—	3	5 390
10. Sipoo	Sipoo	Klk, Dol	Oy Lohja Ab	171 171	171 171	—	13	13	20 300
11. Äkäjoensuu	Kolari	Klk	Oy Partek Ab	160 600	160 600	3	—	3	4 500
12. Förby	Särkisalo	Klk	K. Forsström Oy	160 269	139 989	—	15	15	24 493
13. Paltamo	Paltamo	Dol	Juuan Dol. kalkki Oy	19 255	12 755	4	—	4	6 899
14. Juuka	Juuka	Dol	Juuan Dol. kalkki Oy	13 110	12 610	4	—	4	6 823
15. Louepalo	Tervola	Dol. marm.	Lapin Marmori Oy	9 669	3 169	6	—	6	8 740
16. Sinermänpalo	Kittilä	Cr-marm.	Lapin Marmori Oy	258	218	—	—	—	131
Kalkkikaivokset 16 kpl				6 044 534	4 981 655	81	104	185	309 844
Mineraali-kaivokset									
1. Siilinjärvi	Siilinjärvi	P, Klk	Kemira Oy	9 045 807	6 512 981	87	—	87	158 000
2. Lahnaslampi	Sotkamo	Tlk, Ni	Finnminerals Oy	1 074 138	472 350	15	—	15	27 969
3. Horsmanaho	Polvijärvi	Tlk, Ni	Finnminerals Oy	285 600	173 800	2	—	2	4 500
4. Kinahmi	Nilsjä	Kv	Oy Lohja Ab	243 624	223 903	4	—	4	7 500
5. Kemiö	Kemiö	Ms, Kv	Oy Lohja Ab	204 891	174 891	6	—	6	11 532
6. Lipasvaara	Polvijärvi	Tlk, Ni	Myllykoski Oy	176 878	158 545	5	—	5	8 924
7. Haapatuoma	Peräseinäjoki	Ms	Oy Lohja Ab	116 577	99 354	1	—	1	1 478
8. Tulikivi	Juuka	Vuolukivi	Suomen Vuolukivi Oy	87 000	24 900	10	—	10	17 700
9. Nunnanlahti	Juuka	Vuolukivi	Nunnanlahden Uuni Oy	70 060	16 810	9	—	9	17 228
10. Repovaara	Polvijärvi	Tlk, Ni	Malmikaivos Oy	23 939	15 278	1	—	1	1 166
11. Mieslahti ²⁾	Paltamo	Tlk, Ni	Malmikaivos Oy	20 418	16 036	1	—	1	963
12. Vuokki	Juuka	Vuolukivi	Suomen Vuolukivi Oy	10 086	486	5	—	5	6 090
13. Kvartsila	Nilsjä	Kv	Oy Lohja Ab	7 172	7 172	—	—	—	80
14. Hiekkämäki	Nilsjä	Kv	Oy Lohja Ab	7 000	7 000	—	—	—	80
Mineraalikaivokset 14 kpl ²⁾ koelouhinta				11 373 190	7 903 506	146	—	146	263 210
Muut kaivokset: Vuorivillan ja Sementinvalmistuksen kiviaineiksi									
1. Sompujärvi	Keminmaa	Al, Fe, Mg	Oy Partek Ab	54 221	54 221				1 113
2. Näträmälä	Imatra	Al, Fe, Mg	Oy Partek Ab	45 087	39 767				1 056
3. Sallittu	Suomusjärvi	Al, Fe, Mg	Oy Partek Ab	44 700	44 700				1 020
4. Piilola	Kolari	Al	Oy Partek Ab	23 000	23 000				400
5. Kuormanpohja	Joutseno	Al, Fe	Oy Partek Ab	12 343	12 343				480
Muut kaivokset 5 kpl				179 351	174 031	2	—	2	4 069
Kaikki kaivokset 44 kpl				28 275 637	19 156 095	328	668	996	1 677 499

Rikasteiden, metallien, mineraalien ja sementin tuotanto

	1985	1986	1987	Keskipitoisuus v. 1987
Rikasteet tonnia				
Rautarikasteita yhteensä	1 121 533	973 497	896 300	
— Rautarikaste	752 700	643 000	648 000	66,8
— Purppuramalmi, pasutteet (Kokkola ja Siilinjärvi); ei käyttöä, varastoitu	368 833	330 497	249 300	
Rikkirikaste	492 822	546 782	621 050	51,1
Kromirikaste, palarikaste ja valuhiekka	522 252	678 091	542 734	
Sinkkirikaste	127 056	124 410	107 878	51,1
Nikkelirikaste	104 234	110 161	104 416	10,0
Kuparirikaste	120 245	111 916	85 568	23,8
Kobolttirikaste	132 726	116 024	38 257	0,5
Lyijyrikaste	5 037	4 552	5 128	46,8
Metallit ja metallurgisia tuotteita tonnia				
Raakateräs	2 518 000	2 586 200	2 669 409	
Raakarauta	1 891 000	1 978 000	2 063 326	
Jaloteräs (aihiot)	176 343	172 183	188 586	
Sinkki	160 560	155 397	151 467	
Ferrokromi	133 350	133 676	143 273	
Katodikupari	58 766	64 235	59 538	
Katodinikkeli	15 656	17 791	15 392	
Koboltti	1 427	1 348	497	
Kadmium	565	522	690	
Molybdeeni	326	256	262	
Elohopea/kg	125 138	146 138	144 047	
Hopea/kg	31 037	37 096	44 203	
Selenei/kg	14 038	5 693	10 447	
Kulta/kg	595	1 172	1 776	
Platina/kg	35	120	89	
Palladium/kg	35	96	120	
Mineraalit tonnia				
Kalkkikivi yhteensä	4 367 716	3 876 076	4 039 146	
Kalkkikiven käyttö				
- Sementin valmistus	2 217 455	1 967 545	2 053 833	
- Maanparannuskalkki	1 453 040	1 184 266	1 203 238	
- Kalkinpoltto	357 309	380 716	382 496	
- Rouheet, tekn.jauheet ym.	313 456	330 529	397 579	
Apatiitti	511 500	527 495	553 279	
Talkki	318 547	284 179	324 474	
Kvartsi	223 425	232 265	233 508	
Vuorivillakivi	113 669	156 986	109 224	
Maasälpä	52 940	47 049	51 632	
Sementinvalmistuksen lisäkiveä	27 853	25 771	23 000	
Wollastoniitti	16 917	16 795	15 768	
Vuolukivituotteita	10 400	10 035	14 768	
Baryytti	8 690	6 969	11 000	
Sementti tonnia	1 608 000	1 421 800	1 426 200	

Suomalainen teräksen tekijä ja jalostaja



Dalsbruk Oy Ab:n integroitu valmistusketju kattaa teräksen jalostuksen kaikki vaiheet malmista aina jännepunoksiin ja hitsauslankoihin. Se on tuotevalikoimamme laadun tae.



DALSBRUK

KOVERHAR

- teelmät eli valssausaihiot

ÄMINNEFORS

- kaikki yleisesti käytetyt harjatankolajit

DALSBRUK

Valssaus tuotteet:

- valssilangat
- betoniteräkset

Vetämön tuotteet:

- hitsauslangat
- jännepunokset
- sinkityt langat

RAUDOITUSTUOTEYKSIKKÖ:

- betoniteräkset
- valmisraudoitteet
- raudoituksen erikoistuotteet
- raudoituksen suunnitteluapu
- asennuspalvelu



BOART OY

-ALAN AMMATTILAINEN



MAAHANTUONTI, MYYNTI JA TEKNINEN NEUVONTA

BOART-TUOTTEET

- . Jatkotankokalustot
- . Tunnelikalustot
- . Avarruskalustot
- . Kiintoporat

LONGYEAR-TUOTTEET

- . Kairauskoneet
- . Kairausputket
- . Timanttiterät
- . Timanttisahausterät



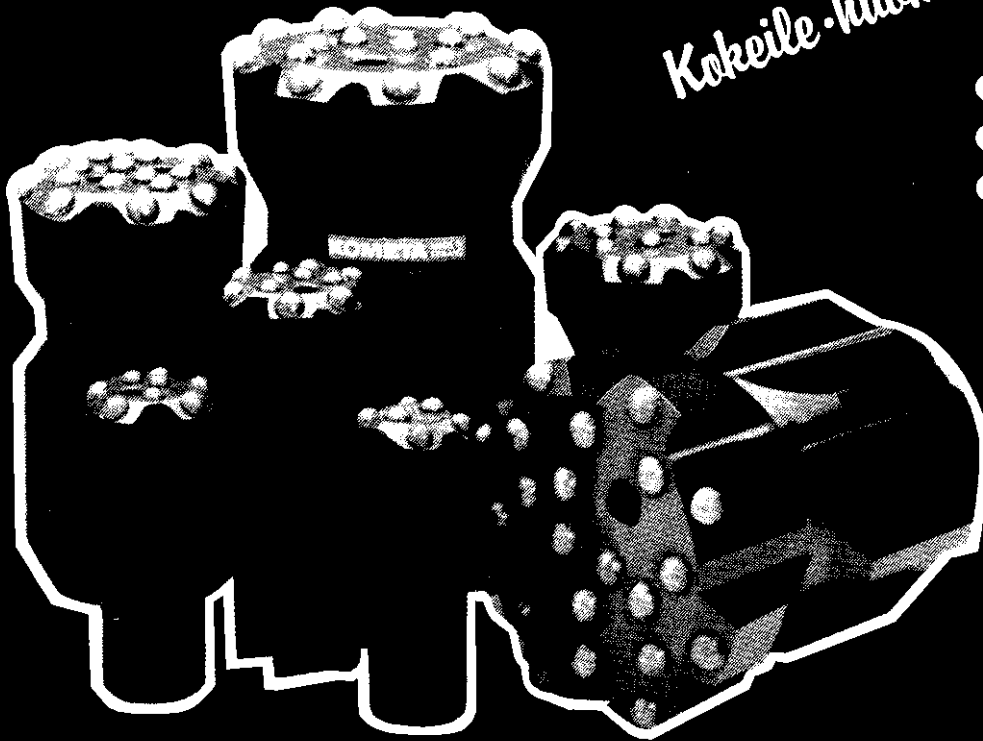
BOART OY

Makasiininkatu 2, 70620 KUOPIO
Puh. 971-125 252, Telex 42255 Boart SF
Telefax 971-119 917

KOMETAPLUS

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
TELEFAX: 90-511 4242

JÄLLEENMYynti:
MACHINERY OY

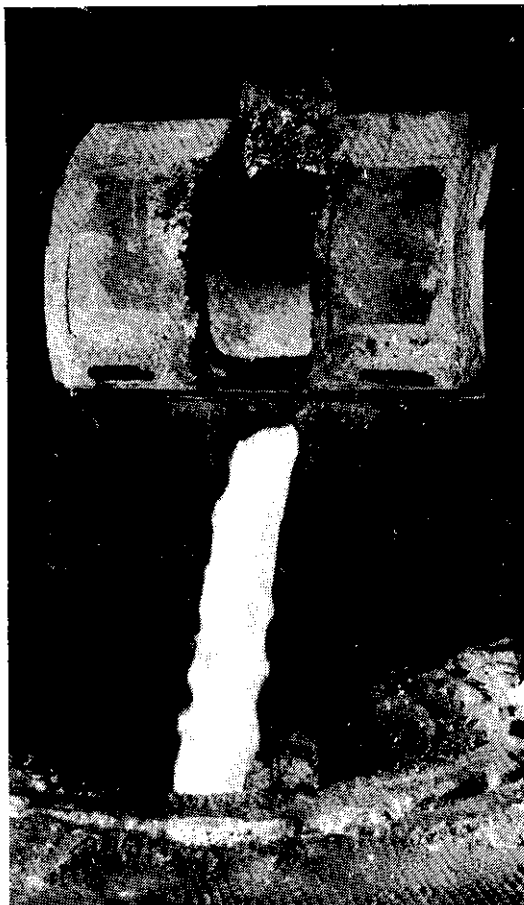

LOHJA


BET-KER

Valmistamme

tulenkestävät massat,
laastit ja elementit
yhteistyössä kanssanne
juuri teidän käyttö-
kohdettanne varten.

-happamat
-neutraalit
-emäksiset



Oy Lohja Ab
Minerals

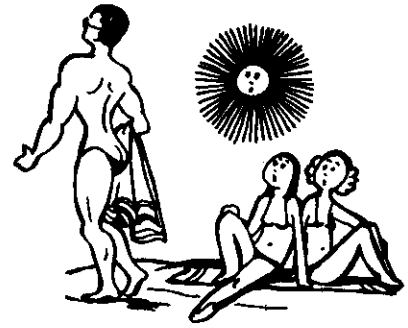
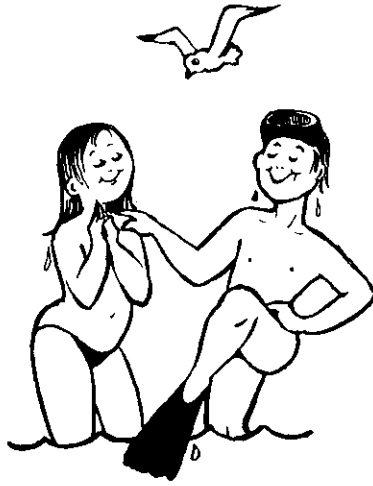
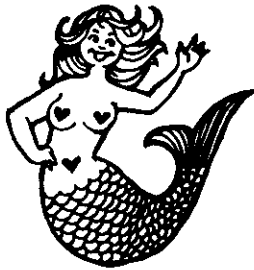
08700 Virkkala
(912) 4511

Bet-Ker Oy

Joutsentie 4
84100 Ylivieska
(983) 208 61

**VUORITEOLLISUUS
BERGSHANTERINGEN**

*toivottaa kaikille
lukijoilleen ja
ilmoittajilleen
oikein hyvää kesää
ja
tuloksellista syksyä*



**VUORITEOLLISUUS
BERGSHANTERINGEN**

*tillönskar alla sina
läsare och
annonsörer
en riktigt trevlig sommar
och
en resultatrik höst*

**MYÖTÄTUULTA
SINUNKIN
PAINOTUOTTEILLES!**



HANGON KIRJAPAINO

— hyvän tuulen talo

Vuorikatu 15—17
10900 HANKO
Puh. 911-84531

Helsingissä:
Puh. 90-642 505
642 506

PALVELUHAKEMISTO

ALKUAINESANALYSAATTORIT JA VISKOSIMETRIIT

ACA Systems Oy

Oravannahkatori 1, 02120 Espoo
puh. 90-466 185

Tietotie 3, 83700 Polvijärvi
puh. 973-632 151

Telefax: 973-631474
Telex: 46204 JOENS SF

METALLIN JALOSTUSTA



KUUSAKOSKI

METALLISTEN
JÄTERÄKA-AINEIDEN
JALOSTAJA

Pääkonttori
Espoo 90-811 511

KEMIAN TUOTTEITA

SANDOZ Oy

NÄYTTEENKÄSITTELYLAITTEET



OY TAMRO AB

Laiteosasto ja huolto
Ruosilantie 14 00390 HELSINKI
Puh. (90) 540 11

KONSULTTITOIMISTOJA



KALLIOSUUNNITTELU OY ROCKPLAN LTD

Esterinportti 1 B. 00240 Helsinki Puh 90-14 22 44

TULEN- JA HAPONK. MATERIAALIT

OY HÖGANÄS AB

PL 244, Alppikatu 13 B, 00531 Helsinki
Puh. 90-716 500 Telex 124812 hogan sf
Telefax no 760 967

KUORMAAJIA JA DUMPPEREITA



VOLVO BM
MICHIGAN
EUCLID

KUORMAAJIA JA DUMPPEREITA
LOUHEEN KUORMAUKSEEN JA
KULJETUKSEEN.

Volvo Auto Oy Ab

Koneosasto
Taivaltie 1 puh. 90-53051
01610 Vantaa

URAKOINTIPALVELUT

SUOMEN MALMI OY

LIINIEXPLORATION

Otakaari 11
02150 Espoo

puh. 90-460 633
telefax 90-464 914
telex 121856 smoy sf

**MONET TEKEVÄT TUOTTEEN.
HARVAT TUOTTEESTA KÄSITTEEN.**



TORO

ARA Oy
PL 434, 20101 Turku
puh. (921) 383111, telex 62305 ara sf
telefax (921) 383347

Larox kaksoispyörresyklonilla kaksivaiheinen luokitus yhdellä pumppauksella

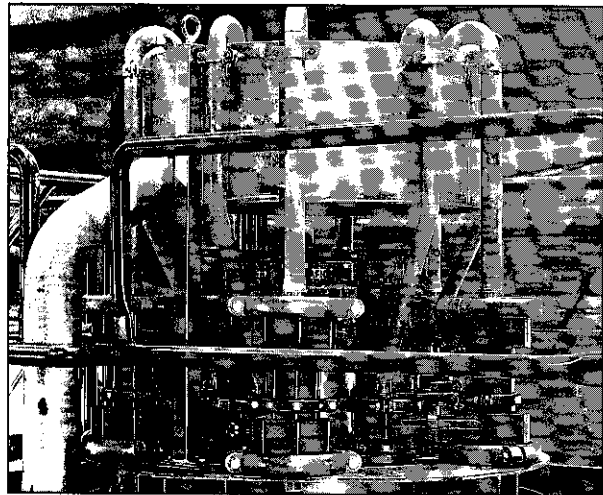
Kaksoispyörresyklonia käytetään kaivostäytteen luokituksessa ja teollisuusmineraalien liejunerotus- ja ylikarkeiden rakeiden poistotehtävissä.

Kaksoispyörresykloni on rakenteeltaan yksinkertainen. Laite muodostuu tasapohjaisesta syklonista, jonka alaosaan johdetaan pesuvesi, ja siihen kytketystä hydrosyklonista. Saat kaksivaiheisen syklonoinnin aikaan yhdellä pumppauksella.

LAROX

— classification — concentration —
filtration

LAROX OY
PL 29, 53101 LAPPEENRANTA
Puh. (953) 5881, telex 58233, telefax (953) 588 277



Uuden menetelmän ansiosta:

- vähemmän pumppuja
- pienempi sähkönkulutus
- yksinkertaisempi prosessi
- parempi luokitustulos

Venttiili joka kestää ja toimii

Etsitkö venttiiliä, joka toimii luotettavan varmasti vaikeissakin olosuhteissa? On sataprosenttisen tiivis, kestää kulutusta ja syövyttäviä aineita. Joka ei tukkeudu. Joka vähentää tehohäviötä ja jonka ainoa kulutusosa on letku.

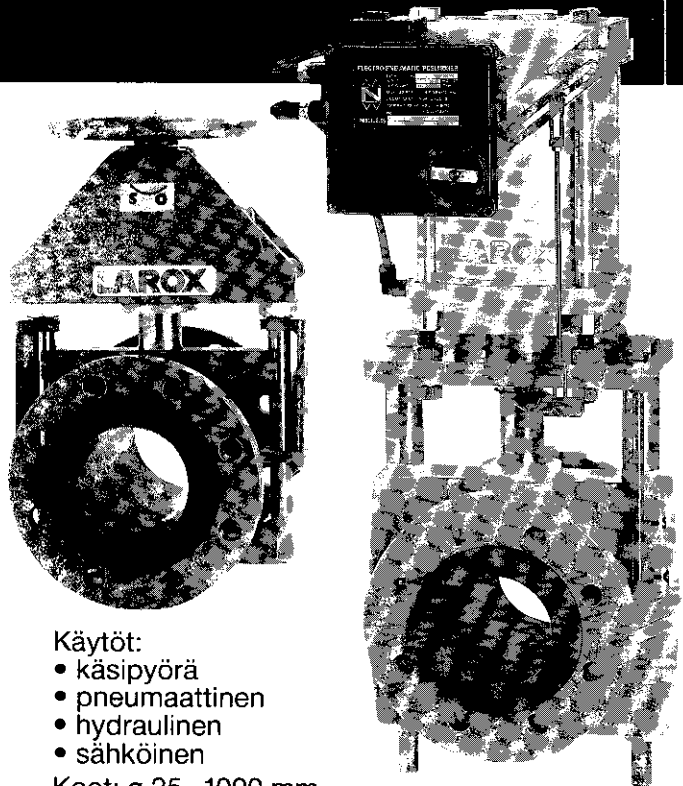
Kun siirät kuluttavia lietteitä, jauheita tai raemaisia aineita, asenna prosessiisi LAROX-letkuventtiili. Se toimii varmasti! Letkumateriaaleja laaja valikoima tarpeen mukaan (luonnonkumi, butyyli, nitrili, eteeni-propeeni jne.).

Myös korkeille paineille.
Halkaisija jopa 1000 mm asti.

LAROX

— classification — concentration —
filtration

LAROX OY
PL 29, 53101 LAPPEENRANTA
Puh. (953) 5881, telex 58233, telefax (953) 588 277

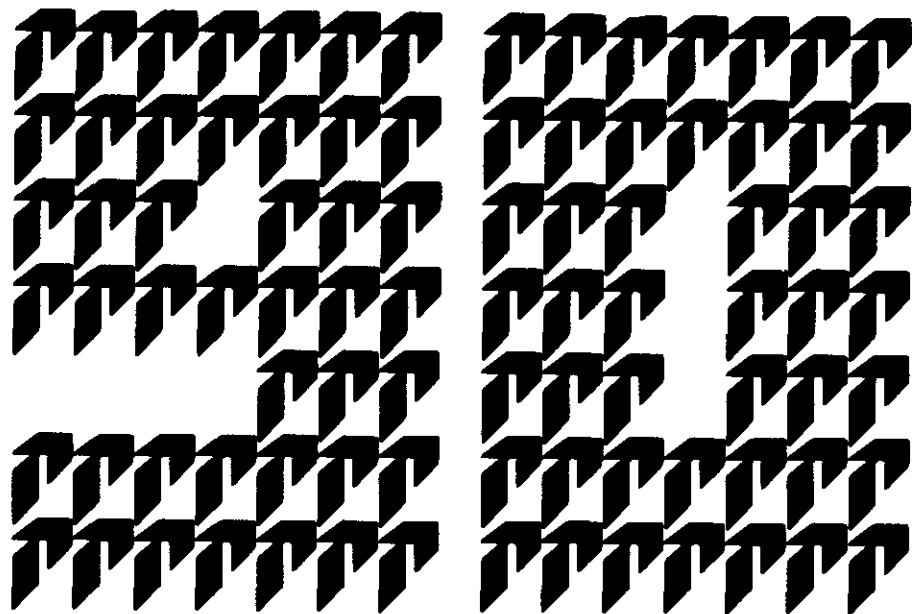


Käytöt:

- käsipyörä
- pneumaattinen
- hydraulinen
- sähköinen

Koot: \varnothing 25...1000 mm

Paineet: 0,2–0,6–1,0–1,6–2,5 MPa



 **partek**
1898 · 1988

90 vuotta osaamista luovasti.

90 år av kreativt kunnande.

VARMUUTTA RÄJÄYTYS- TÖIHIN

Kondensaattori-
sytytyslaitteet
CI 140 VA
ja CI 300 VA



Nitro Nobel

CI 140 VA ja CI 300 VA ovat kulloinkin tarvittavaa energiatasoa ilmaisevalla osoitinmittarilla varustettuja sytytyslaitteita, jotka ovat turvallisia, hyvin muotoiltuja ja helppoja käsitellä. Ne ladataan tehokkaalla käsikäyttöisellä generaattorilla. CI 140 VA sytyttää samanaikaisesti 140 kpl ja CI 300 VA jopa 300 kpl VA-tyyppisiä sähkönalleja. Molemmat laitteet ovat Työsuojeluhallituksen hyväksymiä.



TALLBERG

RAKENNUSKONE- JA LAITEOSASTO

PL 20 (YLÄSTÖNTIE 10-12), 01511 VANTAA, PUH. (90) 87081.