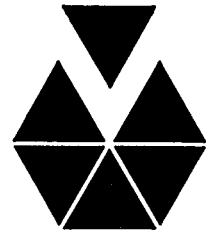


VUORITEOLLISUUS



N:o 1 1977

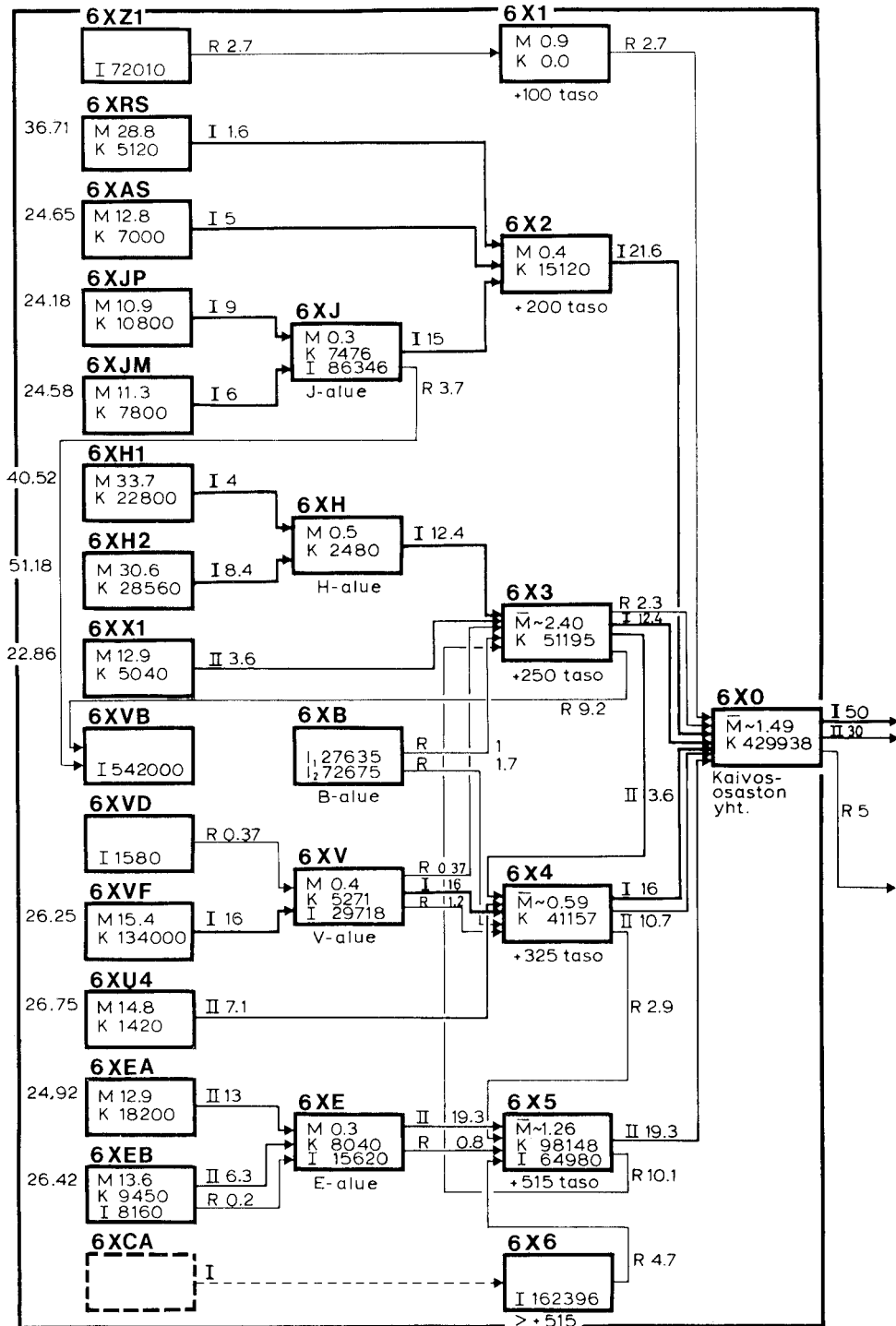
35. vuosikerta

BERGSHANTERINGEN

Julkaisija:

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen

r.y.





METOR[®] estää metallivauriot jo yli 30 maan kaivoksissa.

Outokumpu Oy:n kehittämä METOR[®] on rakenteeltaan ja toiminnaltaan markkinoiden pätevin metallinilmaisoin.
METOR[®] katkaisee haitallisten metallikappaleiden — myös mangaaniteräksen — matkan varmasti ja tehokkaasti.
Vaikka malmi olisi magneettista.

METOR[®] on patentoitu kaikkialla maailmassa.



OUTOKUMPU OY

TEKNILLINEN VIENTI, 02201 ESPOO 20



Enso-Eimco Tilting Pan suodatin
Kemira Oy:n Siilinjärven-tehtailla.
Suodattimen halkaisija on 20 m.

suodattimia ja sakeuttimia kaivosteollisuudelle

ENSO-KONEPAJARYHMÄ valmistaa Eimco Processing Machinery Division of Envirotech Corporationin lisenssillä erilaisia kaivosteollisuuden tarpeisiin suunniteltuja suodattimia ja sakeuttimia sekä muita laitteita kiinteiden aineiden erottamiseksi nesteistä.

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

ENSO

ENSO-GUTZEIT OSAKEYHTIÖ
KONEPAJARYHMÄ • PL 34 • 57101 SAVONLINNA 10
PUH. 957-21 936 • TELEX 5613 enso sf



VIHTAVUORI

varmaa voimaa

Räjähdyks- aineet

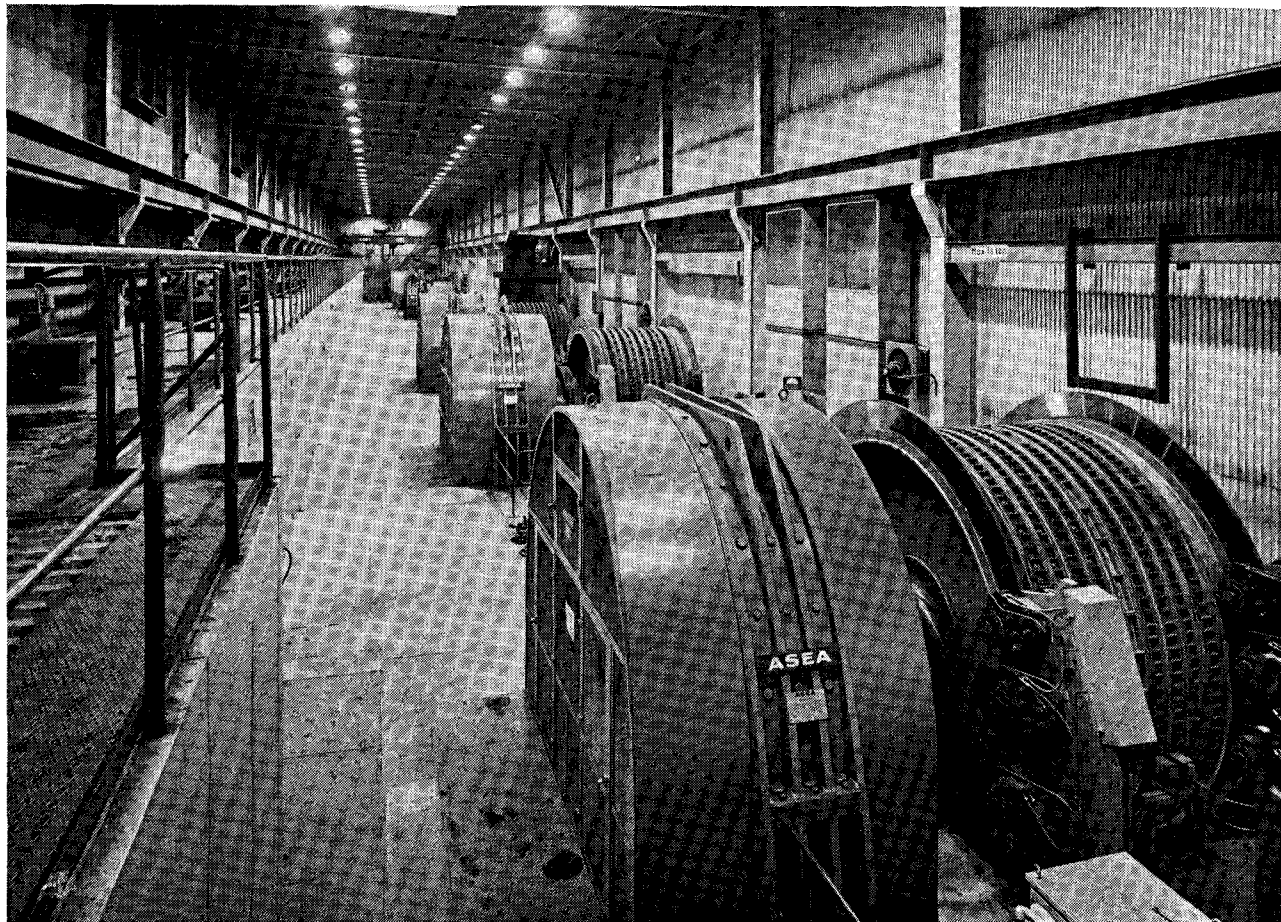
dynamiitti
aniitti
silosex
silosex-
putkipanokset
ammoniitti
slurry

Sytytys- tarvikkeet

PV-nallit
UR-nallit
VA-nallit
VA-T-nallit (tunnelisarja
n:ot 1-20)
SEA-nallit
tulilankanallit
tulilangan sytyttimet

KEMIRA

Mitä ASEA tarjoaa kaivosteollisuudelle?



ASEA-kaivosnostokoneet Kiirunassa

Kitkapyörän halkaisija 3,25 m, köysien lukumäärä = 10

Hyötykuorma 40 tonnia, tasasähkömoottorin teho 4300 kW

Hydrauliset levyjarrut.

Kokemusta

ASEA on yhdessä monien maiden kaivosasiantuntijoiden kanssa kehittänyt ja toimittanut täydellisiä asennuksia tai erikoislaitteita yli 300 kaivokseen 21 eri maahan.

Teknistä taitoa

ASEA on edelläkävijä tyristori-käyttöjen, kitkapyöränostokoneiden, automaattisen punnituksen ja säätöjen kehittämisessä.

Automaattisia järjestelmiä

ASEA pystyy tarjoamaan pitkälle koneellistettuja kaivosnostokoneita ja automatisointeja, joita voidaan käyttää henkilö- ja tavarakuljetuksissa, vetureissa, vaunuissa, moottorikäytöissä, lastaus- ja purkausjärjestelmissä sekä varastoinnissa. Myös ASEA tietokonejärjestelmien käyttö on lisääntynyt kaivosteollisuudessa.

Järkiperäisyyttä

ASEAn tuotanto-ohjelma kattaa kaikki kaivoskuljetukseen ja materiaalin käsittelyyn kuuluvat laitteet, jotka vähentävät raskasta työtä, pidentävät elinikää ja lisäävät kannattavuutta.

Soita Oy ASEA Ab,
teollisuusosasto,
ESPOO, puh. 90 - 59 111

ASEA



Suomalainen teräsvaari. Raskas on sepän käsi.

Raudan ja teräksen valmistuksessa meillä on vuosisataiset perinteet.

Alkaen tarunomaisesta huuliveikosta ja takojasta Seppo Ilmarisesta tämän päivän maailman uudenaikaisimpiin terästehtaisiin.

OVAKO-erikoisteräs on ulkomailla kova sana. Siihen luottavat suuret autotehtaat.

Miksi et sitten Sinä, joka saat laadun lisäksi monia muitakin etuja?



OVAKO

Imatra — Äminnefors — Turku — Koverhar
Helsinki — puh. 90-670 091/myynti

kolme kovaa

Kallioporauksessa porauslaitteen alusta ja puomijärjestelmät muodostavat tärkeän perustekijän. Todella raskaaseen kulutukseen joutuu kuitenkin itse porakone.

Atlas Copco

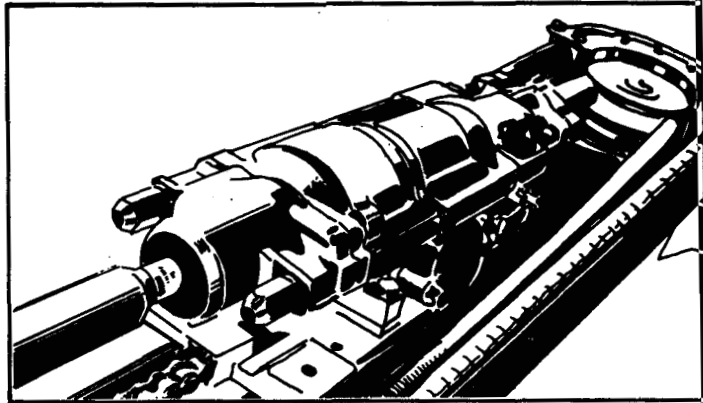
Atlas Copco on viime vuosina suunnitellut ja kehittänyt uusia kallioporakoneita eri käyttötarkoituksiin. Tässä muutama esimerkki:

Hydraulinen kallioporakone COP 1038 HD

on suunniteltu tunneliajoon. Se edustaa viimeisintä kehitystä tehonlisäyspyrkimyksissä.

Verrattuna vastaavanlaiseen paineilmakoneeseen tämän koneen teho on huomattavasti suurempi, mutta silti poratankoon kohdistuvat rasitukset eivät ole kasvaneet. Melutaso on pienempi, käyttö miellyttävämpää ja koneen soveltuvuus eri kalliolajeihin on ainutlaatuinen iskuenergiaa, iskunpituutta ja pyörittämisnopeutta muuttamalla. Syöttövoiman säätöautomatiikka kuuluu myös koneen etuihin.

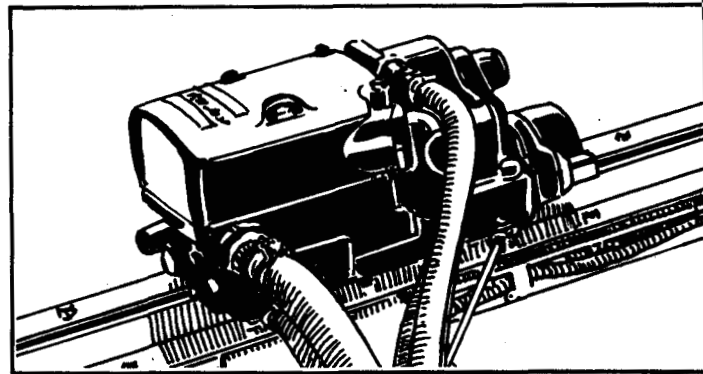
COP 1038 HD hydraulisten kallioporakoneiden teho, käyttövarmuus ja ihmisystävällisyys ovat huippuluokkaa.



COP 1038 HD tunneliajoon

Kallioporakone COP 130 EL

on suunniteltu erityisesti pitkäreikäporausta varten. Kun takana on uusi BMS 180 syöttölaite, tämä kallioporakone on todellinen teholaite tuotantoraukukseen. Se on erittäin vähän riippuvainen ilmanpaineen vaihtelusta. Tunkeutumisnopeuden pieneminen reiän pituuden kasvaessa on hämmästyttävän vähäinen riippumatta poraussuunnasta. COP 130 EL kallioporakoneen äänenvaimennus leikkaa myös matalan jaksoluvun melua, johon kuulosuojaimet eivät tehoa. Koneeseen on kehitetty myös pitkäreikäporauksessa tarkkuuden takia erittäin tärkeä porausaloitusautomatiikka.



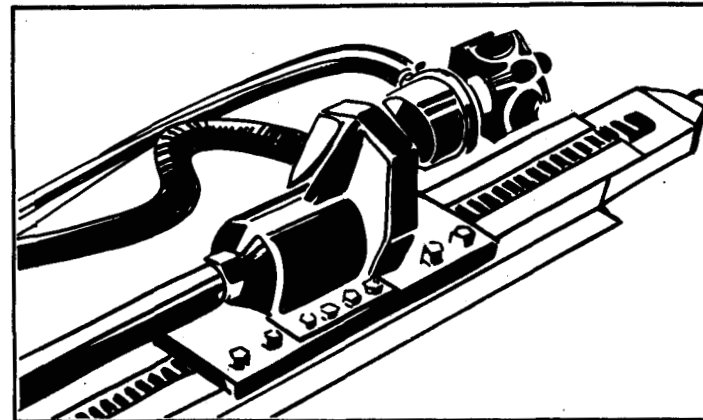
COP 130 EL pitkäreikäporaukseen

Uppoporakoneet

on suunniteltu suuräreikäporausta varten (4"-8"). Niille on ominaista pysyvä tunkeutumisnopeus riippumatta reiän pituudesta, samoin alhainen melutaso, koska itse porakone on porareian pohjalla.

Korkeapaineen käyttömahdollisuus (esim. 10,5 baria) suurentaa tunkeutumisnopeutta, pidentää hiontavälejä ja porakruunun kestoikää.

Maan päällä niitä käytetään pengerialouhintaan, maaporaukseen ja kaivonporaukseen. Maan alla avaus-, kaapeli- ja tuuletusreikien poraukseen ja viime aikoina entistä enemmän myös tuotantoraukseen.



COP 4 ja COP 6 suuräreikäporaukseen

TALLBERG

ATLAS COPCO

Vattuniemenkatu 2, 00210 Helsinki 21
Puh. 670 112, telex 12-1601

Myyntikonttorit:

Tampere, Aarikkalankatu 6, puh. 633 622

Kuopio, Likolammentie 16, puh. 82 411

Kokkola, Indolan teollisuusalue, puh. 17 255

Turku, Lieto, Vanhalinna, puh. 373 777

VOIMMEKO AUTTAA TEITÄ?

Tehokkuus, taloudellisuus ja laatu ratkaisevat työvälineiden valinnassa. Jo kymmenissä maissa Lokomon järeät koneet kaivavat, seuloivat ja murskaavat maata, rakentavat teitä sekä katkovat, karsivat ja kuljettavat puita. Lokomon koneet on tehty kovaa käyttöä varten.

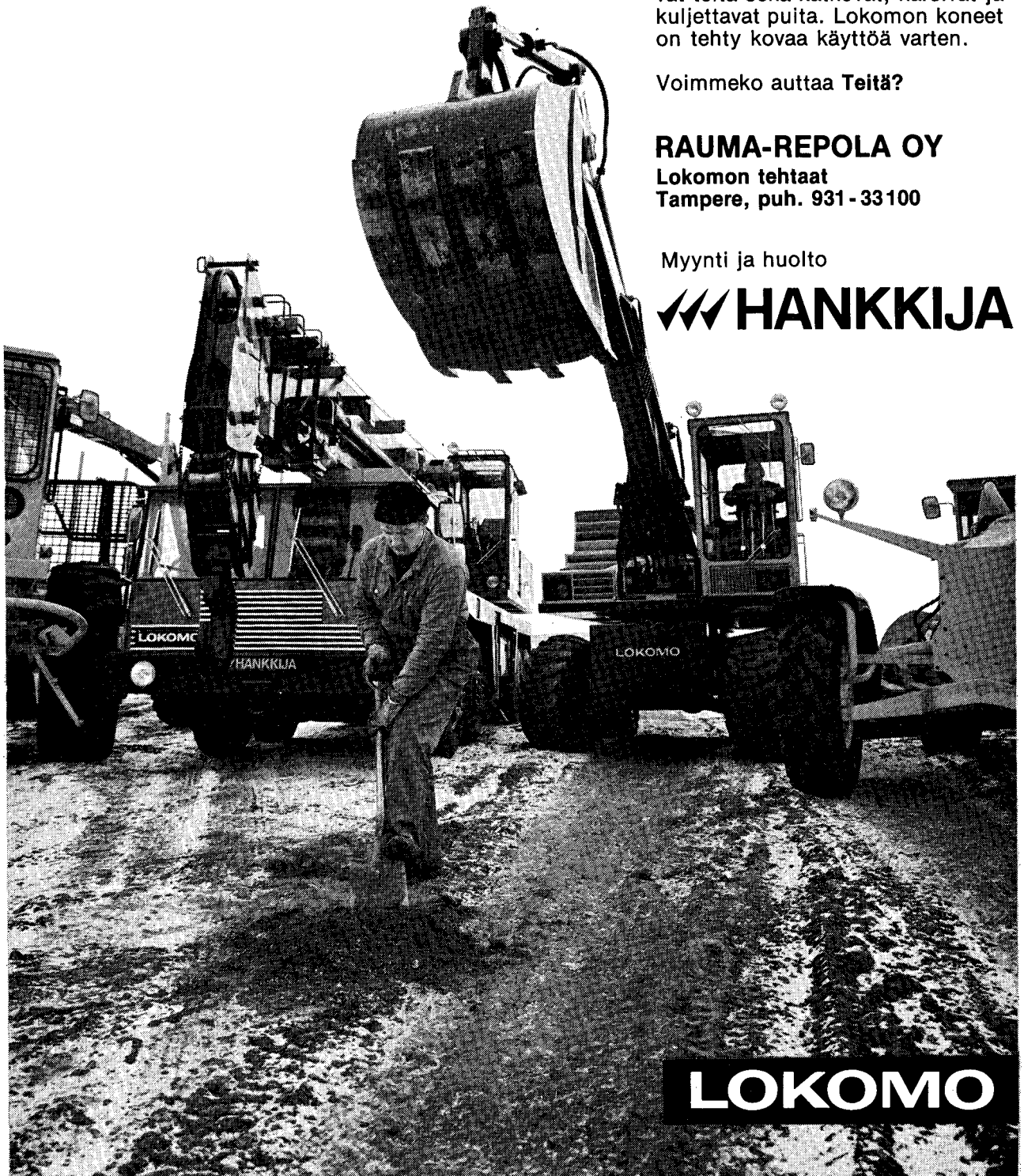
Voimmeko auttaa Teitä?

RAUMA-REPOLA OY

Lokomon tehtaat
Tampere, puh. 931-33100

Myynti ja huolto

HANKKIJAJA



LOKOMON

ALGOL

**TOIMITTAA KAIVOS-, METALLURGI-
SELLE JA PROSESSITEOLLISUUDELLE:**

- KAIVOSHISSEJÄ
- HIHNAKULJETINLAITTEITA
- MOBILINOSTUREITA
- PASUTUKSEEN, MALMIEN SINTRAUKSEEN JA
SINTTERIN JÄÄHDYTTÄMISEEN TARVITTAVIA
KONEISTOJA
- TYHJIÖKUIVAUSRUMPUJA
- URAANIMALMIN KÄSITTELYKONEISTOJA
- UUNIEN VUORAUKSEEN TARVITTAVIA
TULENKESTÄVIÄ KERAAMISIA AINEITA
- SÄHKÖSUODATTIMIA
- YM.

**LURGI, DEMAG, DIDIER YM. TOIMINIMET
NEUVOTTELEVAT MIELELLÄN KANSSANNE**

A L G O L

Eteläranta 8, 00130 Helsinki 13
Puhelin 90 / 12 631
Telex 12-1430 algol sf

Kannattava sijoitus:

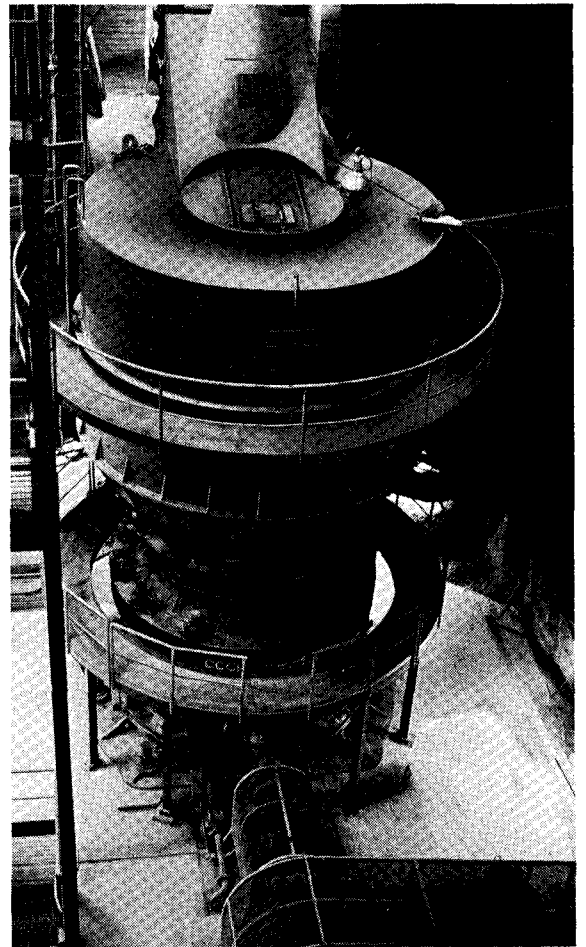
Kovan käytännön testaamat varma- toimiset kaivoskoneet Neuvostoliitosta.

◦ MURSKAIMET ◦ MYLLYT ◦ PORAKONEET ◦ KAIVUKONEET

Kannattavuus on kaivosko-
neille asetettava keskeisin vaati-
mus. Kannattavuuden muodos-
tavat edullinen hankintahinta,
luotettava toiminta, kestävyys.

Neuvostoliittolaiset kaivos-
koneet vastaavat viimeisimmän
teknologian vaatimuksia.
Koneiden ominaisuudet on suur-
tuotanto hionut sellaisiksi, että
kaivostyö tuottaa ja toiminta
kannattaa.

Kilpailukykyinen hinta on
tietysti oleellinen osa kokonais-
kannattavuutta.



Tämä kiertomurskain on toiminut Paraisten Kalkki
Oy:n kalkkikaivoksella vuodesta 1974. Murskaimen
paino on 260 tn, nettovuositeho n. 4.000.000 tn rauta-
malmia. - Neuvostoliitossa murskataan vuosittain
lähes 2.000.000.000 tn mineraaleja.

Ottakaa yhteys, neuvotellaan.

V/O MACHINOEXPORT
MOSKOVA

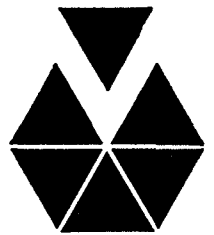


Maahantuoja

oy **koneisto** ab

Lönnotinkatu 25
00180 Helsinki 18
Puh. 90-64 50 11, telex 12-1237

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



Julkaisija:

**VUORIMIESYHDISTYS —
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.**

Hallitus 25. 3. 1977

DI Nils Gripenberg,
puh.joht. 90-670 091
OVAKO Oy
Lauttasaarentie 48
00200 Helsinki 20

Prof. Heikki Paarma,
varapuh.joht. 981-223 155
Rautaruukki Oy
Pakkahuoneenkatu 21
90100 Oulu 10

FT Esko Peltola 973-561
Outokumpu Oy
83500 Outokumpu

DI Rainer Tuovinen 981-336 144
Ampuhaukantie 4
90250 Oulu 25

Prof. Matti Tikkanen 90-460 144
Teknillinen Korkeakoulu
02150 Espoo 15

DI Väinö Hulmi 90-601 922
Oy Nokia Ab, Kaapelitehdas
Tallberginkatu 1
00180 Helsinki 18

DI Väinö Juntunen 912-41 511
Oy Lohja Ab
08700 Virkkala

TkL Pertti Kostamo 911-43 100
Oy Koverhar Ab
10820 Lappohja

DI Erik Nyholm 968-16 191
Outokumpu Oy
67100 Kokkola 10

DI Eero Erkkilä 984-41 250
Outokumpu Oy
Pyhäsalmen kaivos
86900 Pyhäkumpu

Prof Kalevi Kauranne 90-461 011
Geol. tutkimuslaitos
02150 Espoo 15

Yhdistyksen sihteerit:

I DI Erkki Ström 954-63 688
OVAKO Oy 90-670 091
Imatran terästehdas
55100 Imatra 10

II FM Esa Mattila 981-23 155
Rautaruukki Oy
Pakkahuoneenkatu 21
90100 Oulu 10

Yhdistyksen rahastonhoitaja:

TkL Heikki Aulanko 90-421 3502
Outokumpu Oy
PL 27
02201 Espoo 20

SISÄLTÖ • INNEHÄLL

	s.
M. H. Tikkanen: Teknillisten korkeakoulujen nykyinen kriisitila	9
Sakari T. Lehto: Suomen sementtiteollisuus nyt ja tulevaisuudessa	10
Risto K. Alanko: Teollisuusmineraalien jalostus Suomessa	15
Alf Björklund, Nils Gustavsson, Kalevi Kauranne, Heikki Tanskanen: Geokemiallinen kartoitus Geologisessa tutkimuslaitoksessa	20
Tapio Mäntylä, Pentti Kettunen: Metallisen titaanin valmistusmahdollisuudet	28
Jarl Forstén, Tero Hakkarainen: Mitä Suomessa tiedetään ruostumattomista teräksistä	36
Liisa Kivekäs: Los Alamoksen tieteellisen laboratorion työstä kuumien kalliomuodostumien geotermisen energian hyödyntämiseksi	43
P. Niskanen: Uusi kaivoksen tarpeisiin sovellettu lyhyen aikavälin suunnittelu- ja valvontajärjestelmä	48
Kari Heiskanen, Heikki Laapas: Coulter-Counter-analysaattorin käytöstä raekokomäärityksissä	58
Sauli Häkkinen, Esko Nuotio, Antti Niemi: Automaation vaikutus rikastamotyöhön ja työntekijäin mielipiteisiin II	63
Urpo J. Salo: Tilastotietoja vuoriteollisuudesta	71
Vuorimiesyhdistys 1976	73
Suoritettuja tutkintoja	80

Kansikuva:

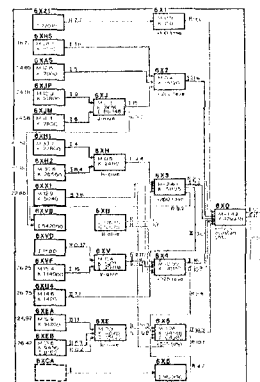
Niskanen: Kuva 1. s. 48

Oy Malmi Ab:n kaivososaston kivenkulkukaavio. R = raakkuvirta, I ja II ovat malmityyppien I ja II virtoja. Nuolen yhteydessä oleva numero esittää kivimäärän tuhansina tonneina.

Cover:

Niskanen: Fig 1. p. 48

Rock flowsheet of the underground mine.



Jaostot:**Geologijaosto:**

FT Juhani Nuutilainen, phj. 981-223 155
Rautaruukki Oy
Pakkahuoneenkatu 21
90100 Oulu 10

DI Liisa Kivekäs, siht. 90-461 011
Geologinen tutkimuslaitos
02150 Espoo 15

Kaivosjaosto:

DI Urho Valtakari, phj. 921-744 422
Paraisten Kalkki Oy
21600 Parainen

FL Lennart Laurén 921-744 422
Paraisten Kalkki Oy
21600 Parainen

Metallurgijaosto:

TkL Asko Parviainen, phj. 90-4031
Outokumpu Oy
PL 280
00101 Helsinki 10

DI Heikki Kivinen, siht. 90-4031
PL 280
00101 Helsinki 10

**Rikastus- ja prostekniikan
jaosto:**

DI Väinö Juntunen, phj. 912-41 511
Oy Lohja Ab
08700 Virkkala

DI Heikki Savolainen, siht. 912-41 511
Oy Lohja Ab
08700 Virkkala

Vuoriteollisuus — Bergshanteringen:**Päätoimittaja:**

Prof. Martti Sulonen 90-460 144
Teknillinen korkeakoulu
02150 Espoo 15

Toimittaja:

TkL Pekka Särkkä 90-460 144
Teknillinen korkeakoulu
02150 Espoo 15

Toimitussihteeri:

Rouva Kaija Marmo 90-462 192
Otakallio 2 B 19
02150 Espoo 15

Toimitusneuvosto:

phj. TkT Kalevi Kiukkola 90-649 911
Kemira Oy
Malminkatu 30
00100 Helsinki 10

TkT Kalle Hakalehto 931-32 400
Oy Tampella Ab
Keskushallinto
33100 Tampere 10

FM Marjatta Virkkunen 90-461 011
Geologinen tutkimuslaitos
02150 Espoo 15

DI Matti Palperi 954-63 688
OVAKO Oy
Imatran terästehdas
55100 Imatra 10

DI Olli Korhonen 90-32 11
Outokumpu Oy
PL 27, 02201 Espoo 20

Ilmoitushinnat:

Kansisivut 1500:—, muut sivut 1200:—

1/2 s. 800:—, 1/3 s. 700:—, 1/4 s. 550:—

Vuosikerta 20:—

Irtonumero 10:—

**Rouva Karin Stigzelius hoitaa Vuorimies-
yhdistys r.y:n jäsenkortistoa, joten pyy-
dämme Teitä ilmoittamaan mahdollisista
paikan- tai osoitteenmuutoksista suoraan
hänelle.**

**Puh. 90-427 260, osoite: Niittykummuntie 5
C 20, 02200 Espoo 20.**

**Fru Karin Stigzelius sköter om Bergsman-
naföreningens medlemsregister, varför vi
be Er meddela henne eventuella tjänste-
eller adressförändringar.**

**Tel. 90-427 260, adress: Ängskullavägen 5
C 20, 02200 Esbo 20.**

Teknillisten korkeakoulujen nykyinen kriisitila

Jo ennen kuin maamme teknilliset korkeakoulut poliittisella päätöksellä siirrettiin kauppa- ja teollisuusministeriön alaisuudesta opetusministeriön alaisuuteen, olimme nimenomaan HTKK:ssa Otaniemessä todella huolestuneita opetuksen ja tutkimuksen tulevaisuudesta uuden isännän komennossa. Kuluneet vuodet ovat osoittaneet suorastaan karnealla tavalla, miten tämänkaltaisilla poliittisilla ratkaisuilla vaikeutetaan kehitystä ja suorastaan saatetaan tuhon partaalle suuriakin arvoja.

Eräs teknillisen opetuksen ja tutkimuksen tärkeimmistä edellytyksistä on, että laboratorioden ja laitosten tutkimusvälineistöä voidaan jatkuvasti ylläpitää ja uudistaa. HTKK:n osalta tämä merkitsee, että voidaksemme ylläpitää ja uudistaa tutkimusvälineistöämme, johon valtio on investoinut yli 110 milj. markkaa, tarvitsisimme vuosittain vähintään 15–20 milj. markkaa. Tosiasia kuitenkin on, että opetusministeriön päästyä määräämään asioistamme tämä vuotuinen nk. perushankintamääräraha laski heti n. 12 milj. markasta (v. 1975 rahanarvon mukaan) puoleen ja on sen jälkeen koko ajan laskenut nopeasti. Siten v. 1977 se oli muodollisesti vielä 3,8 milj. mk, johon tulee vielä parinkymmenen inflaatioprosentin negatiivinen korjaus. Todellisuudessa tilanne on vielä paljon pahempi, sillä opetusministeriön määräyksellä tästä summasta siirretään pääasiassa Suomen Akatemian käyttöön niin suuri summa, että HTKK:n toimivien laboratorioden käyttöön jää alle puolet sille laillisesti kuuluvasta jakosummasta. On paikallaan korostaa sitä tosiasiaa, että Suomen Akatemiaa ei perustettu jotta korkeakoulut ym. rahoittaisivat sen toimintaa. Jokainen insinööri ymmärtää, että nykyinen menettely johtaa siihen, että kalliit investoinnit tuhoutuvat, koska kuoletusajat kasvavat 50–70 vuoteen! Eräissä maissa tällaista menettelyä kutsuttaisiin valtion omaisuuden sabotoinniksi.

Useimmissa maissa on korkeakoulujen taloutta saanut parantaa nk. ulkopuolisen tutkimusprojektien avulla. Tämä olikin mahdollista HTKK:ssa ennen isännän vaihtoa, mutta sen jälkeen tämäkin tulolähde tukittiin niin tehokkaasti, että sen tuotto laski v. 1976 n. 100.000,— markkaan, vaikka normaalitytilanteessa se olisi lähennellyt 4–5 milj. markkaa. Tätä kirjoitettaessa on allekirjoittaneelle kuitenkin ilmoitettu, että asiaan vihdoinkin saataisiin korjausta, mutta että korjaus ei tulisi koskemaan ydinkysymystä: lupaa käyttää tuloja laitehankintoihin!

Nämä kaksi esimerkkiä ovat vain osa niistä tavatto-

mista esteistä, joita poliittinen valta on kerännyt teknillisten korkeakoulujen — ja ainakin HTKK:n — niskoille. Lyhyessä pääkirjoituksessa ei ole mahdollista tuoda esille kuin murto-osa kaikesta siitä, millä demokratian ja tasa-arvoisuuden nimessä toimintaamme jarrutetaan. Ajatelkaamme vain nk. tutkinnonuudistusta, johon kulutetaan tuhansien ihmisten työpanosta ilman, että kukaan osaisi selittää, mihin kaikella pyritään. Suorastaan naurettavaa on, että meilläkin tulisi pyrkiä nk. "polyteknilliseen" opetusjärjestelmään!

On vain luonnollista, että kaikki edelläkirjoitettu koskee HTKK:n vuoriteollisuusosastoa, keskimäärin ehkä muita raskaamminkin, koska välineistöemme on erikoisen kallista sekä hankkia että ylläpitää. Yhtä tärkeätä on muistaa, että se koskee varsin läheisesti maamme vuoriteollisuutta sen kaikessa laajuudessa. Tosiasiahan on, että suurin osa vuoriteollisuusosaston insinööreistä, lissensiaateista ja tohtoreista päättyä alamme teollisuuden palvelukseen. Edelleen on muistettava, että valtaosa kaikesta tutkimustyöstä tehdään alamme teollisuutta varten.

Rohkenen väittää, että tänä päivänä Otaniemien teknillinen korkeakoulu ja sen mukana vuoriteollisuusosasto ovat sellaisessa kriisissä, että henkilökohtaisesti pidän tilannetta lähes toivottomana. Tiedän hyvin, että kaikki alamme teollisuuden johtohenkilöistä eivät tähän yhdy ja uskovat, että liioittelen. Tiedän myöskin, että tähän vaikuttaa se, että kukaan ei voi uskoa, että asiat ylipääntänsä voisivat olla näin huonosti, mutta korostan sitä, että nykyinen korkeakoulupolitiikkamme on siksi vino-suunnattua ja tekniikalle vihamielistä, että nykyinen tilanne on vain luonnollista!

Ennenkuin lopetan tämän purkaukseni, haluan korostaa sitä onnellista asiaa, että yhteistyö alamme teollisuuden ja vuoriteollisuusosaston välillä on kautta aikojen ollut erinomaisen läheistä — itse asiassa läheisempää kuin millään muulla alalla maassamme. Ilman sitä emme olisi jaksaneet taistella nykyistä "kehitystä" vastaan. Tämän vuoksi jaksan vielä uskoa, että tulevina vuosina nykyinen järkyttävä ja hävettävä alennustilamme saadaan korjatuksi uusien nuorempien voimien ja alamme teollisuuden edustajien avulla. Lohdullisena esimerkkinä hän ovat alamme teollisuuden yhdistetyt ponnistukset opiskelijoiden käytännön harjoittelun tehostamiseksi sekä sen positiiviset toimenpiteet nuorten insinöörien työtömyyskysymyksen helpottamiseksi. Tämä on kuitenkin vain alkua; paljon tehokkaampaa apua tarvitaan!

Suomen sementtiteollisuus nyt ja tulevaisuudessa

Toimitusjohtaja Sakari T. Lehto, Paraisten Kalkki Oy.

Esitelmä Vuorimiespäivillä 25. 3. 1977

TAUSTA

Sementin alkuperää ja ensimmäistä käyttäjää on vaikea nimetä. Portlandsementin keksijänä pidetään englantilaista Joseph Aspdin'iä, joka teki keksinnön vuonna 1824. Tänä päivänä portlandsementin osuus on yli 90 % sementin kokonaismarkkinoista.

Euroopassa ensimmäinen sementtitehdas perustettiin Saksaan v. 1850. Suomessa sementin valmistus aloitettiin Saviolla jo vuonna 1869, mutta markkinointi, vaikka myytävänä oli vain 4000 tonnia vuodessa, ei vielä tuolloin lähtenyt liikkeelle ja valmistus jouduttiin lopettamaan. Tämän sementtitehtaan paikalla on enää vain muistolaatta.

Nykyinen sementin tuotanto alkoi v. 1914 silloisen Paraisten Kalkkivuori Oy:n toimesta. Tehdas sijoitettiin yhtiön nimen mukaisesti Paraisille runsaan kalkkikiviesiintymän läheisyyteen. Silloinen Lohjan Kalkkitehdas Oy perusti tehtaansa Virkkalaa v. 1919. Kummallakin paikkakunnalla oli jo vuosisatoja poltettu kalkkia, ja sementtiteollisuuden perustaminen oli luonnollinen, joskin siihen aikaan rohkea investointipäätös.

Näin sementin tuotanto lähti Suomessa käyntiin ja valmistusmäärät ovat vuosikymmenien kuluessa huomattavasti lisääntyneet. Vuonna 1938 sementin kokonaistuotanto oli noin puoli miljoonaa tonnia ja vuoteen 1960 mennessä oli miljoonan tonnin raja jo selvästi ylitetty. Kahden miljoonan tonnin raja rikottiin vuonna 1973 ja seuraavana vuonna tuotanto vielä jonkin verran lisääntyi. Rakennustoiminnan hiljetessä ovat sementin tuotantoluvut sen jälkeen alentuneet ja viime vuonna tuotantomäärä jäi selvästi kahden miljoonan tonnin alapuolelle.

Kysyntäpuolelta tarkastellen on talonrakennustoiminta sementtiteollisuuden ylivoimaisesti tärkein asiakas. Sen osuus sementin kysynnästä on yli 80 prosenttia maan- ja vesirakennusten osuuden ollessa runsaat 15 prosenttia ja viennin pari prosenttia. Talonrakennustoiminnan tarvitsemasta sementistä menee noin puolet asuinrakennus- tuotantoon.

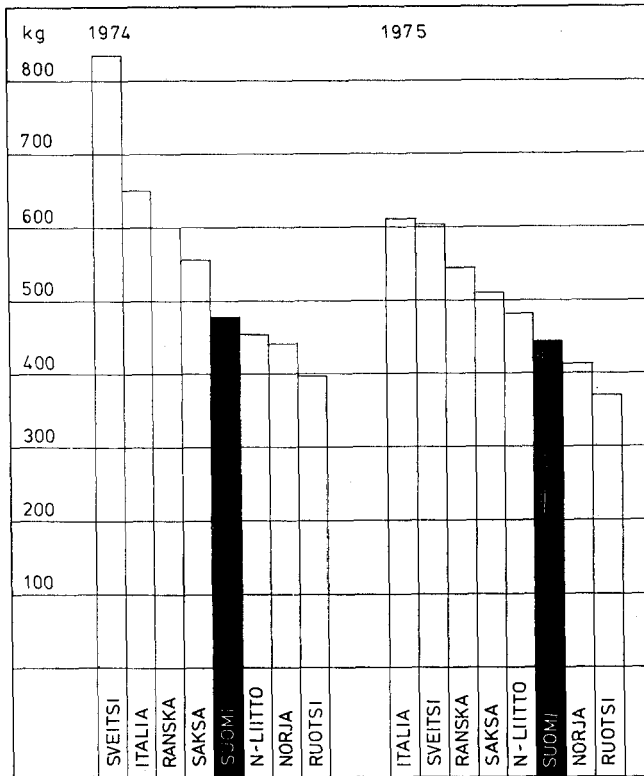
Muutama luku sementtiteollisuuden asemasta teollisuudessa ja koko kansantaloudessa lienee paikallaan. Sementtiteollisuuden tuotannon bruttoarvo oli vuonna 1975 noin 280 miljoonaa markkaa ja jalostusarvo noin 133

miljoonaa markkaa. Viimeksi mainittu vastasi noin puolta prosenttia koko tehdasteollisuuden tuotannon jalostusarvosta, ja sementtiteollisuuden osuus teollisuuden työvoimasta oli saman suuruinen. Tehdasteollisuuden vuonna 1975 kuluttamasta sähköenergiasta sementtiteollisuuden osuus oli sen sijaan melkein kolminkertainen eli lähes puolitoista prosenttia. Kuljetuspalvelujen käyttäjänä sementtiteollisuuden merkitys on selvästi tätäkin suurempi eikä se kansantaloudellisestikaan katsoen ole aivan vähäpätöinen. Esimerkiksi rautateiden kaikista tavarakuljetuksista sementtituotteiden osuus on kolmen prosentin luokkaa.

Ennen kaikkea sementtiteollisuus on siis talonrakennustoiminnan palvelija, joskin sen osuus rakennustoiminnan kokonaiskustannuksista on vain kolmisen prosenttia ja rakennustoiminnan materiaalipanoksesta 5—6 prosenttia, mikä ennen muuta osoittaa rakentamisen tärkeän perusmateriaalin sementin hinnan suhteellista halpuutta. — Sementtiteollisuuden tuotannon kehitys on kytkeytynyt läheisesti talonrakennustoiminnan kehitykseen, mutta toisaalta voidaan täydellä syyllä puhua molemminpuolisesta vuorovaikutuksesta. Korkeatasoinen sementtiteollisuus on nimittäin suuressa määrin luonut pohjan maamme muun rakennusaineiteollisuuden monipuoliselle kehitykselle ja tehnyt mahdolliseksi sen, että Suomi on teollisen rakentamisen alalla nykyisin maailman kärkimaita, kuten myöhemmin ilmenee. Rakentamisen teollistumisen myötä myös itse sementin käyttötapa on muuttunut siten, että sementin "käsitteily" on yhä suuremmissa määrin siirtynyt rakennuspaikalta betoni- ja elementtitehtaisiin.

Sementti on siis painoonsa nähden erittäin halpa teollisesti valmistettu hyödyke; kuluttajahinta on selvästi alle 20 penniä kilolta. Tämän vuoksi on luonnollista, että sementtitehtaat on rakennettu kalkkikiviesiintymien äärelle. Suomen sementtitehtaat sijaitsevat neljällä eri paikkakunnalla: Paraisilla, Virkkalassa, Lappeenrannassa ja Kolarissa.

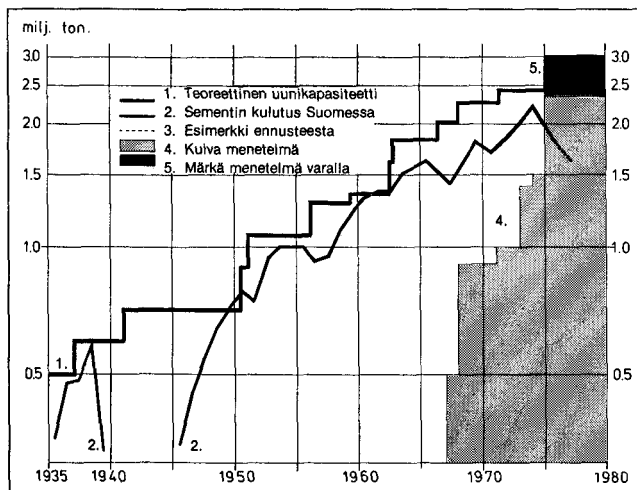
Jakeluverkostoon sidottu pääoma ja kuljetuskustannukset muodostavat olennaisen osan sementin "kuluttajahinnasta". Tästä johtuen on Suomen neljälle sementtitehtaille muodostunut omat luonnolliset jakelualueet, joita palvellaan eri kuljetusmuodoilla.



Suomi 1976 n. 400 kg

Kuva 1. Sementin ominaiskulutus vaihtelee suuresti eri maissa johtuen mekanisointiasteesta ja rakennustoiminnan rakenteen ja perinteiden erilaisuudesta.

Fig. 1. The specific consumption of cement varies greatly in the various countries, depending on degree of mechanization and differences in the structure of construction activity and traditions.



Kuva 2. Sementtiteollisuuden kapasiteetin kasvu on vastannut kysynnän kasvua. Kuivakapasiteettia on tällä hetkellä riittävästi.

Fig. 2. The cement industry's capacity growth has corresponded to the growth of demand. The dry process capacity is adequate today.

Vaikka Suomen sementtiteollisuus on kansainvälisesti katsoen hajoitettu maan pinta-alan ja kalkkikiviesiintymien paikallisesti rajallisen koon vuoksi pieniin yksiköihin, niiden kapasiteetti on niin suhteistettu, että kullekin kuluttajalle riittää kuljetustaloudellisesti lähimpänä olevan tehtaan toimituskyky. Tämä on sekä kansantaloudellisesti merkittävää että liiketaloudellisesti välttämätöntä.

Sementin kulutus henkeä kohden on kasvanut jatkuvasti. Vuonna 1973 Suomessa kulutettiin sementtiä 431 kg/asukas. Monet Keski-Euroopan maat ovat sementin kulutuksessa huomattavasti Suomen edellä mm. suuresta asukastiheydestä johtuen.

Normaaliolosuhteissa suomalaiset sementinvalmistajat ovat aina pyrkineet sopeuttamaan tuotannon kasvun kysynnän kasvuun mahdollisimman joustavasti ja taloudellisesti. Näin on vältetty ylikapasiteetin aiheuttamat tarpeettomat pääomakustannukset.

Aikaisempi suhteellisen tasainen kehitys, lukuunottamatta 30-luvun alkua ja sotavuosia, järkkyy 70-luvun alussa, jolloin ylikuumeneminen aiheutti Suomen kulutuksessa n. 30 %:n hyppäyksen yli trendikäyrän. Sementtiteollisuus tyydytti silloin kotimaisen kysynnän ylimääräisillä, suurilla tilapäiskustannuksilla vaativilla toimenpiteillä. Tässäkin yhteydessä on aiheellista uudistaa rakennusteollisuuden ja rakennusaineteollisuuden järjestöjen pyynnöt toimenpiteistä rakennusalan suhdannevaihtelujen tasaamiseksi. Pääomavaltaiselle rakennusaineteollisuudelle ja sen asiakkaille suhdanteiden tasaaminen olisi tehokkaimpia keinoja kustannuspaineen hillitsemiseksi.

TALOUDELLISET TEKIJÄT

Energia tarkastelu

Kun lähdetään tarkastelemaan sementtiteollisuuden energian kulutusta, on välttämätöntä erottaa kaksi alan pääprosessivaihtoehtoa.

Sementin valmistus on periaatteessa raakakiven hienoksi jauhamista ennen polttamista uunissa ja taas sen jälkeen syntyneen tuotteen jauhamista. Ennen uuniprosessia jauhettu raakajauhe on homogenisoitava erittäin tehokkaasti. Tämä oli aikaisemmin mahdollista ainoastaan lietteen muodossa, ja tämä niin sanottu märkäprosessi edellyttää tietysti veden poiskiehumista ja näin ollen tavallaan ylimääräisen energian käyttöä uuniprosessivaiheessa.

Kuivaprosessi tarkoittaa, että raakajauhe homogenisoidaan kuivana jauheena erilaisten esikäsittelyvaiheiden avulla. Sen jälkeen kuivajauhe voidaan esilämmittää savukaasusyklooneissa ja polttaa lyhyissä uuneissa paljon vähemmällä energialla kuin märkäliete. Tosin raakajauheen kuivajauhatusta vaatii enemmän sähköenergiaa märkälietejauhamiseen verrattuna. Kokonaisenergian määrä jää silti kuitenkin kolmanneksen märkämenetelmän vaatimaa määrää pienemmäksi.

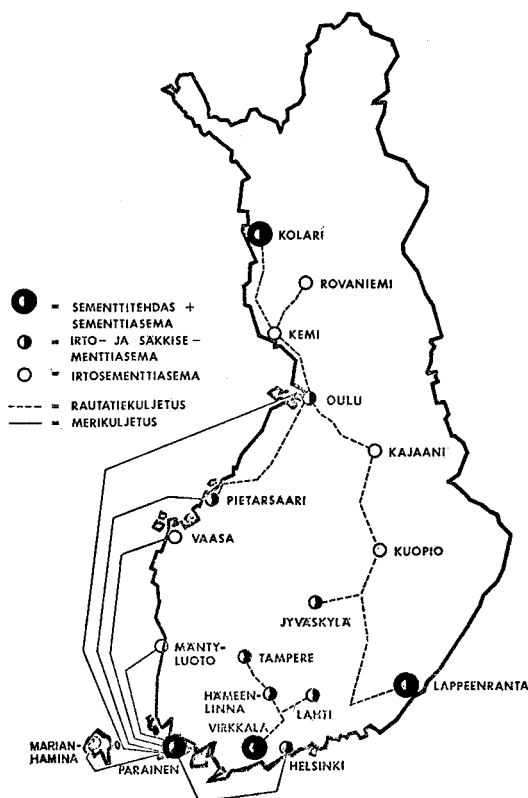
Energiakulutuksessa on suuria kansainvälisiä tehokkuuseroja. Siten Saksan Liittotasavallassa, jonka sementtiteollisuus on hyvin nykyaikainen, kulutetaan keskimää-

rin 954 kWh/tonni sementtiä, kun vastaava arvo USA:ssa on lähes 1.745 kWh/tonni sementtiä. Tällöin on laskettu yhteen sähkön kulutus ja polttoaineen kulutus kilowattitunneiksi muunnettuna. Nämä erot johtuvat pääasiallisesti edellä mainitun energiaa säästävän kuivaprosessin osuudesta kokonaistuotannosta. Se on

Länsi-Saksassa	92 %/o
USA:ssa	41 %/o
Englannissa	31 %/o

Ruotsissa on "Industrins Utredningsinstitut" äsken julkaisemassaan selvityksessä Ruotsin talouden kehitysnäkymistä vuoteen 1980 todennut, että energian osuus sementin hinnasta on noussut kuudesosasta lähes kolmasosaan. Tämän vuoksi ja koska Ruotsissa on vielä käytössä runsaasti paljon energiaa vaativia märkäprosessiyksikköjä, vast'ikään päätetty sementtiteollisuuden keskittäminen Gotlantiin on perusteltu. Sen toteutuessa ominaisenergian kulutus laskee n. 1 400 kWh/tonni-arvosta n. 1 100 kWh/tonni-arvoon.

Vuodesta 1967 alkaen kapasiteetin lisäykset ja vanhan kapasiteetin modernisointi ovat vähitellen siirtäneet Suomen sementtiteollisuuden käytännöllisesti katsoen kokonaan tuon noin kolmanneksen energiasta säästävän kuivaprosessin käyttöön. Suomen kokonaisenergian kulutusarvo onkin alle 1 000 kWh/tonnia. Täsmällinen arvo riippuu kapasiteetin käyttöasteesta.



Kuva 3. Sementtiteollisuuden sijainti ja kapasiteetti ovat kuljetustaloudellisesti optimaaliset.
Fig. 3. The location and the capacity of the cement industry is optimum in view of transport economy.

Tämä modernisointityö on energian hintakehitystä ajatellen ollut oikein ajoitettu. Niin sanotun energian hintakriisin syntyvaiheessa viimeistä kuivauunia jo rakennettiin. Suomessa ei siis enää energian säästämisen vuoksi tarvita niin drastisia toimenpiteitä kuin uunikapasiteetin kokonaisuudistaminen on. Eri asia on, että huomattaviakin energian säästöjä on vielä tästäkin eteenpäin haettava ja niitä on myös saavutettavissa olemassa olevia prosesseja edelleen kehittämällä. Näin on erikoisesti jauhatuspuolella.

On myös todettava, että edellä mainittu meillä vallitseva kuljetustaloudellinen optimisijointi, Suomen kansainvälisesti katsoen rajoitetut kalkkikiviesiintymät ja pääoman kalleus sulkevat pois ajatuksen jostakin uudesta, Ruotsin esimerkin mukaisesta suurlaitoksesta Suomessa. Sementtiteollisuuden keskittyminen muissa pohjoismaissa onkin aiheutunut saavutettavissa olevasta rakennemuutoshyödystä. Koska sementtiteollisuuden tekninen tila on Suomessa hyvä eikä meillä toisin kuin esim. Ruotsissa ole kokonaisia epätaloudellisia tuotantolaitoksia, jotka olisi lopetettava, myöskään keskittyminen ei tämän päivän näkymin tunnu mielekkäältä.

Vientitarkastelu

Kuten edellä totesin, kuivakapasiteettimme riittää maan normaalikulutukseen. Märkää varakapasiteettia, joka sekin on verraten uudenaikaista ja jota voidaan käyttää ilman lisääntyviä yleiskustannuksia, on kaikissa oloissa ja jopa uusina ylikuumenneina suhdannevuosina — joista meitä varjeltakoon — riittävästi.

Tämän vapaan, n. 1/4 maan kulutuksesta vastaavan, kapasiteetin hyödyntämismahdollisuuksia vientikaupassa on jatkuvasti selvitetty. Painoonsa nähden sementti on kuitenkin halpaa tavaraa ja matalien satamiensa vuoksi Suomi ei ole kaukoviennin maa. Suomen vapaata kapasiteettia voidaan lähiaikoina ajatella käytettäväksi naapurien tilapäisiä kysyntähuippuja tyydyttämään lähinnä Itämeren alueella ja silloin kun esimerkiksi rajamme itäpuolella olevien projektien yhteydessä kuljetustekniset ja taloudelliset tekijät puoltavat toimituksia Suomesta.

Sementin vienti on sikäli kiinnostavaa, että vaikka teollisuus on suhteellisen runsaasti energiaa vaativaa, tuotteen kotimaisuusaste on kuitenkin suuruusluokkaa 80 %.

Geologinen tarkastelu

Kalkin saannin geologiset ja vuoritekniset edellytykset Suomessa ovat vähemmän suotuisat verrattuna esim. naapurimaihin, missä nuorempi kalkkikivi voidaan louhia tai suorastaan kaivaa homogeenisistä laajoista esiintymistä.

Suomen kalkkikivet esiintyvät yleensä voimakkaasti poimuttuneina kerroksina, joiden kaade, paksuus ja puhtausaste vaihtelevat. Epäpuhtaudet ovat kalkkikivestä metasomaattisesti uudelleenkietyneitä karsimineraleja ja paikoin voimakkaasti tektonisoituneita sivukivijuonia. Lisäksi meidän kalkkikivemme vaihtelevat puhasta kalsiittikivistä enemmän tai vähemmän magnesia-

rikkaiden välimuotojen kautta puhtaisiin dolomiitteihin. Tämä magnesiumpitoisuuden vaihtelu on paikoin asteittaista, paikoin hyvinkin jyrkkää.

Tällainen kalkkikiven olotila johtuu sen vanhuudesta. Hyödyntäjän näkökulmasta katsottuna nämä yli 2000 milj. vuoden aikana syntyneet tekijät ovat haasteita. Niillä on taipumus vaikeuttaa prospektausta, inventointia ja esimerkiksi sementinvalmistukseen halutun raaka-aineen rationaalista louhintaa suurissa avolouhoksissa.

Monessa muussa maassa, missä voidaan harjoittaa kalkkikiven louhintaa suurissa avolouhoksissa paleozoisissa ja mesozoisissa muodostumissa, ongelmat ovat vähäisemmät. Onhan näillä muodostumilla suhteellisen pienen ikänsä vuoksi — 500—100 milj. vuotta — alhainen tiivistymisaste ja hyvin olematon metamorfoosiaste.

Nämä useimmiten laaja-alaiset, paksut karbonaattikivimuodostumat esiintyvät horisontaalisina tai vain vähän kallistuneina kerroksina. Ne ovat seikkoja, jotka hyödyttävät kiven ottajaa, tekevät prospektauksen käytännöllisesti katsoen tarpeettomaksi ja vähentävät suuresti inventointikairauksen kustannuksia. Nämä tosiasiat korostuvat jo naapurimaassamme Ruotsissa. Suurimmat avolouhokset ovat liitukalkkikivessä Limhamnissa, silurikalkkikivessä Slitessä, ordovicisessä kalkkikivessä Hällekisissä, muutamia mainitakseni.

Suomalainen tekniikka on kuitenkin oppinut ratkaisuun ongelmansa. Sivukiven mineraaleja on opittu käyttämään sementin valmistusprosessissa, missä ne antavat klinkkeriin sen vaatimat alumiini-, rauta- ja piihappopitoisuudet. Sitä voidaan myös suurelta osalta hyödyntää sepelinä, niin ettei se pahemmin rasita sementin valmistuskustannuksia. Varmuuden vuoksi on tässä todettava, että kotimainen kalkkikivi on näissäkin olosuhteissa selvästi edullisin vaihtoehto. Sitä on myös näilläkin näkyillä käytännöllisesti katsoen määräämättömäksi ajaksi jäljellä.

Vaikka meillä siis on useita tekijöitä, jotka vaikeuttavat Suomen sementtiteollisuuden toimintaa, kuten geologiset olosuhteet, pienet tuotantoyksiköt ja laaja jakeluverkosto välivarastoineen, teollisuus on oppinut vaikeutensa voittamaan. Tämä näkyy myös siitä, että vaikka Suomen teollisuus kutakuinkin läpikotaisin kärsii huonosta kansainvälisestä kilpailukyvyvystä, sementtiteollisuuden ei ole tarvinnut hävetä tilaansa esim. muihin Skandinavian vastaaviin laitoksiin verrattaessa.

TEKNINEN KEHITYS

Maamme sementtiteollisuus on aluksi neuvontatyön kautta ja myöhemmin rajoitetun vertikaali-integroituksen myötä vaikuttanut koko betonirakentamisen tekniseen kehitykseen siten, että Suomi on tänään tässä suhteessa kansainvälisesti johtava maa. Tätä väitettä todistaa know-how'n vientimenestys, joka alalla on 70-luvulla saavutettu, ja Suomen hallussa oleva Euroopan ennätys teollisessa irtosementin käytössä (n. 80 % koko kulutuksesta, kun se Keski-Euroopassa on n. 40—60 % ja esimerkiksi Turkissa 2 %).

Tämä menestys on edellyttänyt, että betonin tärkein raaka-aine, sementti, on laadullisesti erittäin hyvin val-

vottu ja että kuluttajien vaatimukset lujouden kehityksen, laadun tasaisuuden ym. ominaisuuksien suhteen on tyydytetty. Suomessa on myös kuluttajien teollistumisasteesta johtuen ollut välttämätöntä kehittää kansainvälisesti melko ainutlaatuinen informaatiojärjestelmä. Sen mukaan tehtaat ilmoittavat suoraan kaikille suurkuluttajille, jos laadun suhteen tapahtuu jotakin varsin suppeasta sovitusta normaalialueesta poikkeavaa. Jälkikäteen ilmoitetaan myös kuluttajajärjestölle, Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestölle, laatutilastot, joiden perusteella betoniteollisuus voi seurata heille tärkeän raaka-aineen laatua.

Laadun tasaisuuden saavuttamisessa on meillä myös runsaasti kotimaista innovaatiota, josta voidaan mainita Outokummun yhdessä PK:n kanssa kehittämä analysaattori ja ohjausjärjestelmä sekä Paraisten Kalkki Oy:n ja A. Ahlström Oy:n yhdessä kehittämä siilohomogenisointijärjestelmä.

Sementtiteollisuus hakee tietysti kehitystyössään jatkuvasti uusia raaka- ja lisäaineratkaisuja, joilla energian kulutusta ja muita kustannuksia voitaisiin pienentää, erikoisesti jauhatuksen yhteydessä. Toistaiseksi ovat tällä sektorilla tulokset olleet vähäisiä.

Varsinaiseen jauhatus- ja rakeisuusluokitustekniikkaan liittyen on sen sijaan Suomessa meneillään lupaavaa kehitystyötä.



Kuva 4. Paraisten sementtitehdas.
Fig. 4. The cement works at Pargas.

TULEVAISUUS

Sementti on tuote, jonka elinkäyrässä ei ole syytä odottaa jyrkkiä muutoksia. Yhteiskuntarakentaminen vaatii niin suuria materiaalmääriä, että kalkki-silikaattiyhdistelmät ovat ainoat uusiutumattomat luonnonvarat, joitten saanti on käytännössä rajaton. On myös todettava, että betonirakenteet ovat muihin materiaaleihin verrattuna vähiten energiaa sisältävät, kun verrataan toiminnallisesti vastaavia rakennusratkaisuja keskenään. Tässä mielessä sementtiteollisuuden tulevaisuus näyttää turvatulta.

Mutta on olemassa myös uhkia. Vaikka sementin osuus rakentamisen kustannuksista on pieni (n. 3 %), tuote on vuosikaudet ollut hintasäännöstelyssä. Tämä yhdessä

inflaation poistoja mitätöivän vaikutuksen kanssa on vakava uhka tämän teollisuuden modernina ja kilpailukykyisenä pysymiselle. Teollisuusalan luonteeseen kuuluu ja kansainväliset tilastot osoittavat, että välttämättömien korvaus- ja rationalisointi-investointien määrä nousee aina 15 prosenttiin vuosivaihdosta, taso, jolle emme aivan viime vuosina Suomessa ole läheskään yltäneet. Yhdysvaltain sementtiteollisuuden kehitys voidaan mainita tässä asiassa varoittavana esimerkkinä. Jos pääoma hakeutuu muualle, on seurauksena pian kansantaloudellisesti erittäin epäedullisesti vanhentunut teollisuus ja lopuksi tuontitarve.

Sementtiteollisuudelle on myös ympäristönsuojeluinvestointien paine ongelma, varsinkin nykyisissä rahoitusoloissa. Olisi luonnollista ja oikeudenmukaista, että valtiotavallan tukitoimenpiteet suhtautuisivat ilmansuojelupyrkimyksiin kuten vesiensuojelupyrkimyksiinkin, varsinkin asettaessaan teollisuudelle vaatimuksia.

Teollisuutemme tämänhetkiset vaikeudet kuvastuvat korostuneina sementti- ja muussa rakennusaineteollisuudessa. Teollisuuden investointitoiminnan jyrkkä heikkeneminen on luonnollisesti osaltaan vähentänyt sementin kysyntää, eivätkä teollisuuden investointinäkömät myöskään lähitulevaisuudessa ole lohdulliset. Vasta yritysten rahoitusrakenteen asteittainen tervehdyttäminen loisi vähitellen edellytykset investointien merkittävämmälle käynnistymiselle.

Teollisuuden talonrakennusinvestointien vapauttamisen liikevaihtoverosta ei sekään merkitse välitöntä piristysruisketta, koska uudistus on tarkoitus toteuttaa vasta lokakuun alusta. Näin myöhäinen ajankohta on suhdanetilannetta ajatellen tuskin onnistunut; pikemminkin se on omiaan lykkäämään investointien edellyttämien tilausten antamista. Toisaalta tämä toimenpide ei myöskään ole riittävä, vaan vielä tärkeämpää teollisuudelle olisi liikevaihtoveron poistaminen kone- ja laiteinvestoinneilta kilpailijamaidemme tavoin.

Rakentamisen BKT-osuus on ollut Suomessa ylisuuri eikä se voi ainakaan kasvaa. Kokonaisrakentamisen volyyymi pysynee suunnilleen nykyisellä tasolla vuosikymmenen loppuun ja 80-luvun puolella sen voidaan olettaa kasvavan ehkä parin prosentin vuosivauhtia eli kokonaistuotantoa hitaammin. Toisaalta betonielementtien käyttö rakentamisessa on meillä jo niin pitkälle kehittynyt, että tätäkään kautta sementin kysyntä ei voi enää paljon lisääntyä. Päinvastoin pientalorakentamisen yleistyessä ja mikäli energiaa säästäviä kellariratkaisuja ei suosita, saattaa muiden rakennusainesten käyttö suhteellisesti lisääntyä. Saattaa myös olla niin, että teräskonstruktiot teollisuusrakentamisessa ovat jossakin määrin — ehkä muotiasianakin — valtaamassa alaa, vaikka ne energiataloudellisesti ovat betonia epäedullisempia. Sitä vastoin vaikuttaa siltä, että esimerkiksi siltarakennuksissa betoni on nykyisten hintasuhteiden vallitessa yhä vahvistamassa asemaansa.

Teollisuustoimikunta -75 arvioi sementin, kalkin ja laastin valmistuksen kasvavan n. 3 %/v 1974—85 ja työvoiman alenevan 1/2 %/v. Sementin käyttö rakentamisessa ei näin ollen muodosta tämän teollisuuden kasvutekijää. Sementtiteollisuus onkin pitkään hakenut muita mah-

dollisuuksia. Eteenpäinintegraatiota on harrastettu rajoitetuin tavoittein 50- ja 60-luvulla ja näin osallistuttu betoni- ja betonielementtiteollisuuden kehitykseen. 70-luvun puolivälissä ja sen jälkeen on päähuomio kohdistettu vientipyrkimyksiin ja diversifioitumiseen.

Koska teollisuuden tulisi perustaa vientitoimintansa vahvalle kotimaiselle taidolle, sementtiteollisuuskin on kehittänyt vientiä tuntemallaan rakennusainesektorilla, lähinnä betonteollisuusosalalla. Uutena optiona voitaisiin, muun vuoriteollisuuden kunniakkaita esimerkkejä seuratien, pyrkiä viemään varsinaisen sementtiteollisuuden prosessiteknologiaa. Teknologian vienti on koko Suomen teollisuutta ajatellen paras tapa kehittää vientiä ilman että työvoiman ja pääoman niukkuus pitkällä tähtäimellä muodostaisivat esteen.

Näin ollen voidaan lopuksi todeta, että sementtiteollisuuden, rinnan kotimaisten velvoitteittensa kanssa hakee uusia kasvumahdollisuuksia rakentaen sen korkean teknologisen tason varaan, jonka teollisuus tällä sektorilla on Suomessa saavuttanut.

SUMMARY

FINNISH CEMENT INDUSTRY AT PRESENT AND IN THE FUTURE

Beginning in 1967, increases in capacity and modernization of old capacity have gradually converted the Finnish cement industry practically entirely into the energy-saving dry process. The total energy consumption value (consumption values of electricity and fuel put together) of our cement industry is less than 1000 kWh per ton which internationally seen is a very low figure.

The four Finnish cement works are situated in Pargas, Virkkala, Lappeenranta and Kolari. Although, internationally seen, our cement industry is scattered in small units, their capacity has been so related that each consumer can be adequately served by the nearest factory considering transport economy. This is significant in view of national economy and necessary in view of business economy as well.

The technological high level of the cement industry has greatly contributed to the creation of a base for a vertical integration and has also made it possible that Finland is today one of the leading countries in the world in the field of concrete construction. A condition for this success has been that the quality of the most important raw material of concrete, cement, is carefully controlled and that the consumer's requirements concerning strength development, homogenous quality, and other properties are satisfied. Especially as to attaining homogeneity of quality, we have plenty of domestic innovations within the cement industry.

While the volume of construction activity probably will remain on about the present level in the next few years it will no longer form the growth factor proper for the cement industry. Instead of quantitative growth, the cement industry will have to concentrate its main attention on qualitative development, diversification, and exportation of know-how. Exportation of the process technology of the cement industry is taken as a new object.

Teollisuusmineraalien jalostus Suomessa

Toimitusjohtaja Risto K. Alanko, Oy Lohja Ab

Esitelmä Vuorimiespäivillä 25. 3. 1977

Vanhin historiallinen tieto Suomen vuoriteollisuudesta ja samalla teollisuusmineraaleista lienee 12. päivästä kesäkuuta 1329 Turun tuomiokirkon "mustassa kirjassa" — nimi johtuu kirjan mustista kansista. Siinä kerrotaan kolmen henkilön lahjoittaneen Turun Pyhän Marian ja Pyhän Henrikin kirkolle Krakanas-nimisen kalkkivuoren "oman ja vanhempiensa sielujen autuuden tähden". Eräs lahjoittajista oli Olle Före, joka oli kotoisin nykyisen Särkisalon Förbyn kylästä. Kyseistä esiintymää ei ole voitu täsmälleen paikallistaa, mutta tiedetään, että siitä poltettua kalkkia käytettiin 1300-luvulla Turun tuomiokirkon laajennustöihin.

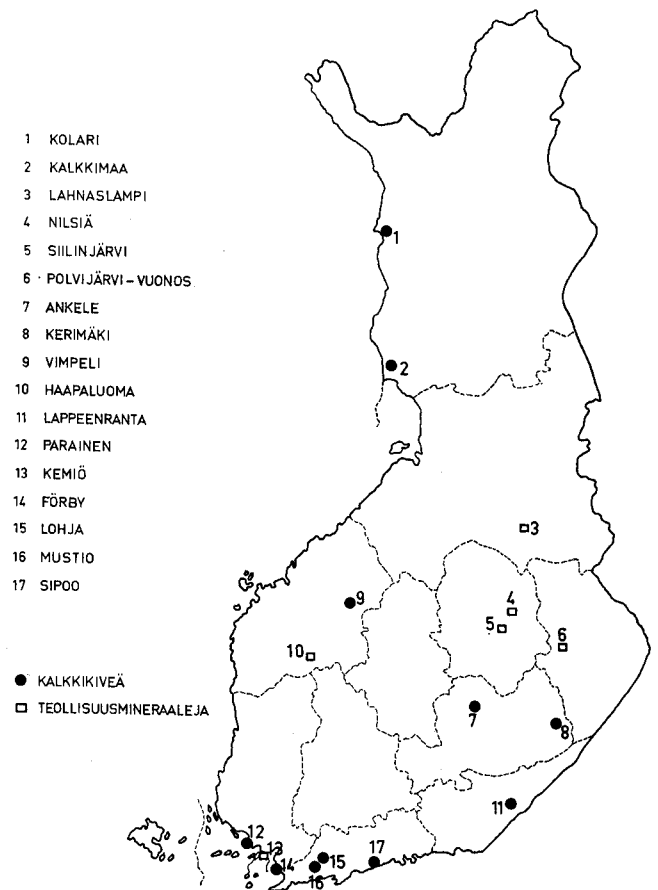
Tuohon aikaan kalkkia poltettiin todennäköisesti jo varsin yleisesti mm. senaikaisten kirkkojen muuraukseen. Kalkinpolto olikin pitkään ainoa teollisuusmineraalien hyväksikäyttötapa. 1800-luvulla opittiin kuitenkin käyttämään hyväksi myös muita teollisuusmineraaleja. Jo 1800-luvun alussa vietiin Kemiöstä maasälpää Ruotsin ja Saksan posliinitehtaille ja lasitehtaat käyttivät jo silloin raaka-aineenaan suomalaista kvartssia. Myös grafiittia louhittiin tuolloin useasta paikasta, pääasiassa Venäjän valimoteollisuuden tarpeisiin.

Grafiittia Suomessa ei enää louhita. Muita mineraaleja, joita tällä hetkellä ei enää käytetä hyväksi, mutta joita Suomessa on tuotettu, ovat asbesti, kaoliini, kiille ja eräät harvinaisia alkuaineita sisältävät mineraalit, kuten berylli ja tantaali.

Kaikelle vuoriteollisuustoiminnalle on luonnollisesti ensiarvoisen tärkeää, että on malmeja, mutta aivan yhtä tärkeää on, että on yrittäjiä, jotka haluavat ottaa riskejä.

Teollisuusmineraalien hyväksikäyttöä ovat harjoittaneet nykyisten kalkkiteollisuusyriyten lisäksi mm.

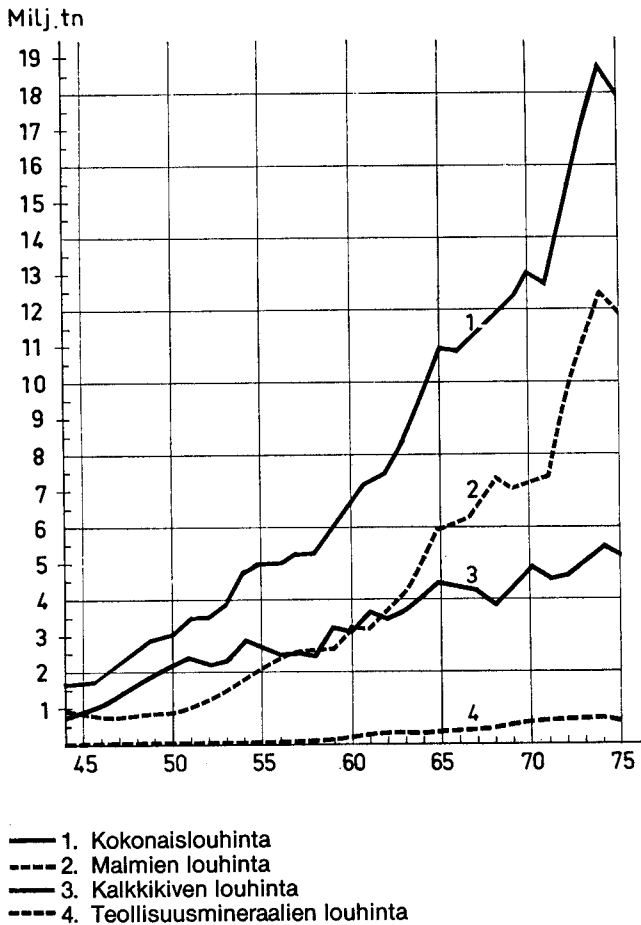
- Suomen Mineraali Oy, jolla oli mm. talkkitehdas Jormuassa ja maasälpälouhoksia Haapaluomassa, Tammelassa, Eräjärvellä ja Kuortaneella sekä asbestikaivos Paakkilassa. Lisäksi Suomen Mineraali Oy nosti järvimalmia ja louhi kaoliinia. Suomen Mineraali Oy on sittemmin fuusioitu Paraisten Kalkki Oy:hyn.
- Toinen tärkeä teollisuusmineraalien tuottaja oli Rudus Oy, jonka päätuotantolaitos oli Nilsiässä, jossa louhittiin ja jalostettiin kvartsiittia. Tämän li-



Kuva 1. Suomen mineraalikaivokset ja -louhokset.
Fig. 1. Mineral mines and quarries in Finland.

säksi Rudus on jalostanut kaoliinia, granaattia, grafiittia ja vuolukiveä. Rudus on fuusioitu Oy Lohja Ab:hen.

- Teollisuusmineraalisektorilla ovat toimineet lisäksi Fredrik Forsström Oy ja Uihelan Sälpä maasälpäen, Vuoksenniska Oy kvartsin, Suomen Asbesti Oy asbestin, Kivituote Oy grafiitin, Oy Viento granaatin ja Liperin Talkki Oy talkin tuottajana.



Kuva 2. Suomen kaivostoiminnan kehitys vuodesta 1944.
Fig. 2. The mining industry in Finland from 1944.

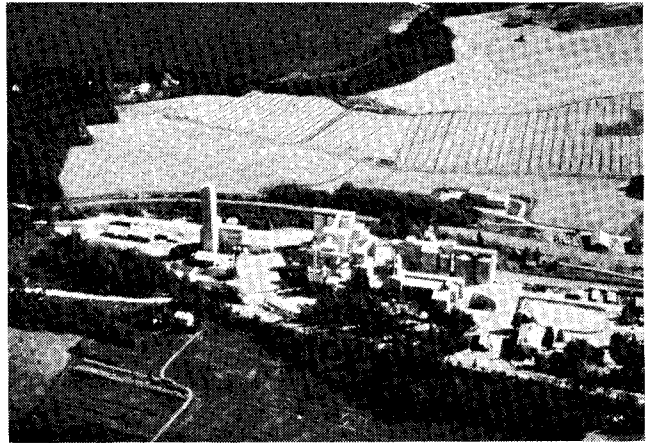
Kuvassa 2 on esitetty Suomen kaivosten louhinnan kokonaiskehitys vuodesta 1944. Kalkkikiven ja muiden teollisuusmineraalien louhinta on kehittynyt selvästi metallisten malmien louhinnan kehitystä hitaammin. Tällä hetkellä louhitun kalkkikiven käyttö jakaantuu seuraavasti:

Sementinpoltto	2,86 milj. t
Maanparannuskalkki	0,63 „
Kalkinpoltto	0,48 „
Sulfiitti- ja metallurg. kivi	0,26 „
Rouheet ja tekn. hienojauheet	0,13 „
Yhteensä	4,37 milj. t

Eri kalkkikivi- ja mineraalikaivosten omistajat ja louhintaluvut on esitetty tämän lehden sivulla 71.

Maan suurimpien kalkkitehtaiden tuotanto-ohjelmaan kuuluvat sementti, poltettu kalkki ja hienokalkki sekä maanparannuskalkit ja -dolomiitit.

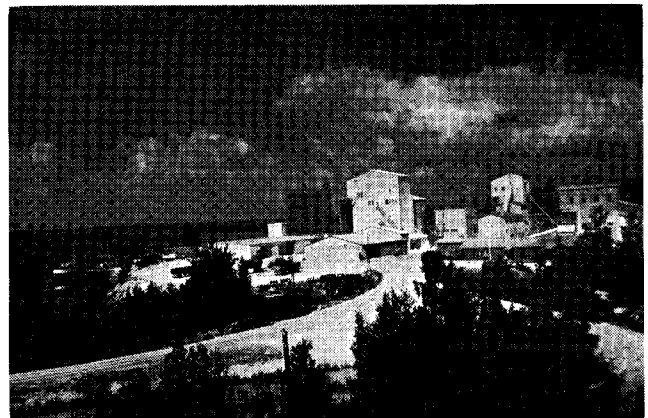
Karl Forsström Oy:n kalkkitehdas Förbyssä on ottanut urauurtavasti tuotanto-ohjelmaansa hienoksijauhetut kalkkikivitäyteaineet. Förbyn kalkkikiven paras osa



Kuva 3. Yleiskuva Tytyrin kalkkitehtaasta. Kaivoksen louhintataso on + 350 m:n syvyydessä, osittain Lohjan kaupungin, osittain järven alla. Vasemmalla kaivoskuilu. Edessä 2 kpl pyöriviä kalkkiuuneja ja takana hienokalkkitehdas ja kalkkikiven jauhatuslaitos.

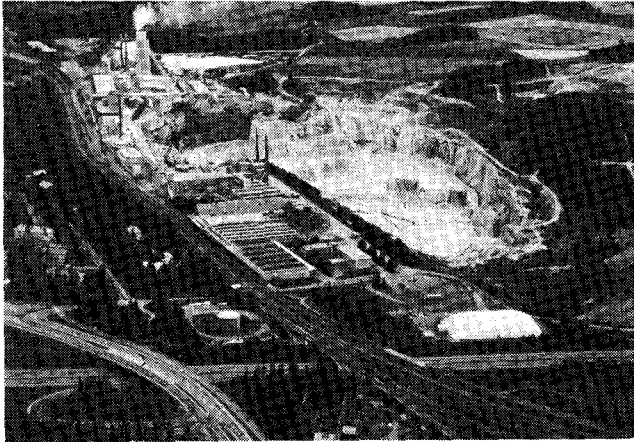
Fig. 3. The Tytyri lime factory. Mining is done on the + 350 m level partly under the town of Lohja partly under the lake. To the left the shaft tower. In the front two rotary lime kilns, in the rear the hydrated lime factory and the limestone grinding plant.

on Suomen puhtainta. Siitä saadaan Euroopan valkoisinta hienoksi jauhettua mikrokalkkia, jota käytetään paperin, maalien ja muovien täyteaineena. Jotta tämä puhtain kivi saataisiin mahdollisimman tarkoin talteen, aloitettiin viime vuonna kalkkikiven vaahdottaminen. För-



Kuva 4. Yleiskuva Förbyn kalkkitehtaasta. Tehtaan tärkein tuote on mikrokalkki. Valkoisuus 96 %. Osa louhitusta kivistä puhdistetaan vaahdottamalla.

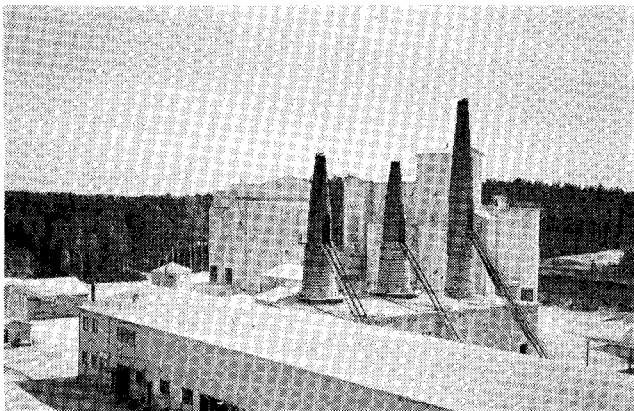
Fig. 4. The Förby lime factory. The main product of the factory is micronized limestone. Its whiteness is 96 %. Part of the quarried limestone is purified by the flotation method.



Kuva 5. Paraisten Kalkki Oy:n Lappeenrannan laitokset. Päätuotteet ovat sementti, poltettu kalkki ja kalkkikivijauhe. Tämän lisäksi vaahdotetaan kalkkikivestä wollastoniittia.

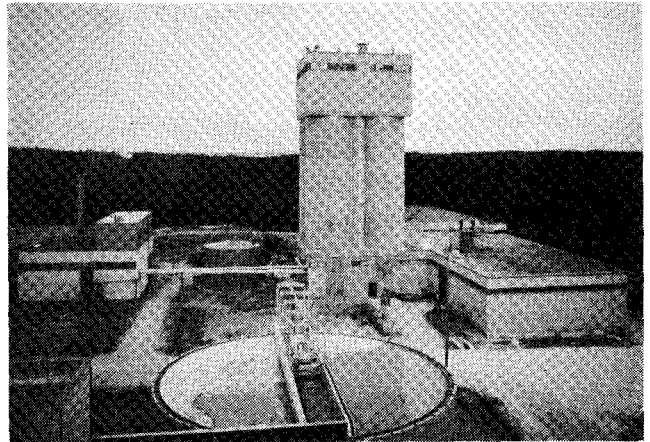
Fig. 5. The production plants of Paraisten Kalkki Oy in Lappeenranta. The main products are cement, burnt lime and ground limestone. In addition to this, wollastonite is beneficiated by flotation from the limestone.

bystä saatavien täyteaineiden CaCO_3 -pitoisuus on yli 98 % ja niiden valkaisuus 95—96 % hienoudesta riippuen. Hienoimman ja samalla valkoisimman tuotteen keskiraekoko on 2,5 μ . Mikrokalkkien tuotannosta valtaosa menee vientiin. Laivaukset hoidetaan omasta satamasta.



Kuva 6. Kerimäen kalkkitehdas. Louhinta on 300 000 tonnia maanalaisesta kaivoksesta. Tuotteet poltettu kalkki ja maanparannuskalkki. Yksi pyörivä kalkkiuuni ja kolme kullu-uunia.

Fig. 6. The Kerimäki lime factory. The output is 300 000 tons from an underground mine. The products are burnt lime and ground limestone for agricultural purposes. There is one rotary lime kiln and three shaft kilns.

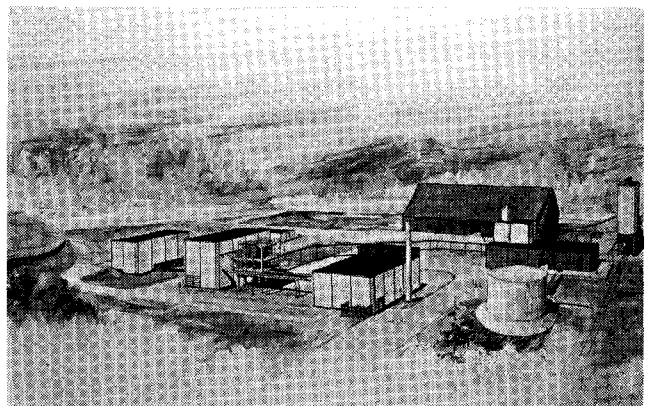


Kuva 7. Lahnaslammen talkkitehdas.
Fig. 7. The Lahnaslampi talc factory.

Tärkeimmät teollisuusmineraalikaivokset tuottavat talkkia, maasälpää ja kvartssia.

Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n omistama Lahnaslammen talkkitehdas on tällä hetkellä ainoa talkintuottaja maassamme. Sen tuotanto on noin 120 000 tonnia talkkia ja noin 3 200 tonnia nikkeliirikastetta vuodessa. Talkkituotteet myydään pääasiassa paperiteollisuudelle paperinvalmistuksen täyteaineeksi. Tässä tarkoituksessa talkki korvaa ulkoa tuotavaa kaoliinia. Lisäksi talkkia käytetään maali-, muovi- ja kumiteollisuudessa. Lahnaslammen talkkituotanto tullaan nostamaan vuoden 1978 aikana 230 000 tonniin.

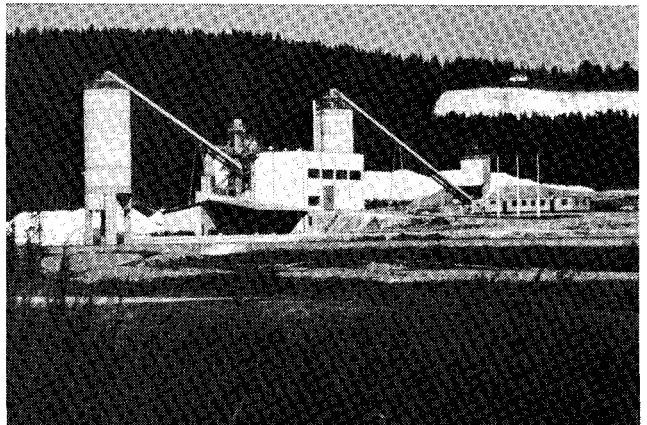
Vuonoksen talkkitehdas valmistuu syksyllä 1977. Sen tuotanto tulee ensi vaiheessa olemaan 150 000 tonnia talkkia. Tämä Oy Lohja Ab:n omistama talkkitehdas tulee jalostamaan Polvijärveltä louhitusta malmista Outokumpu Oy:n Vuonoksen rikastamossa vaahdotettua talkkia.



Kuva 8. Vuonoksen talkkitehdas.
Fig. 8. The Vuonos talc factory.



Kuva 9. Kemiön maasälpärikastamo.
Fig. 9. The Kemiö felspar concentration plant.



Kuva 10. Nilsin kvartsilaitos.
Fig. 10. The Nilsä quartz concentration plant.

Malmassa olevan nikkelin Outokumpu rikastaa itselleen. Malmi ajetaan n. 20 km autoilla Vuonokseen. Talkkitehdas, jossa rikaste kuivataan, hienojauhetaan ja osittain säkitetään, tulee välittömästi Vuonoksen rikastamon viereen. Julkisuudessa on keskusteltu paljon tämän tehtaan tarpeellisuudesta, koska maassamme on jo Lahnaslammen talkkitehdas. Tosiasia on, että tämän uuden tehtaan investointi tuli varsin kohtuulliseksi, koska malmi voidaan rikastaa Vuonoksen rikastamossa. Lisäksi talkkin korkea laatua — valkoisuus 85, jopa 89 % riippuen hienoudesta — luo sille uusia käyttökohteita. Myös tuotteiden vienti Saimaan kanavan kautta näyttää muodostuvan merkittäväksi.

Talkkitehtaiden tärkeimmät kehitysprobleemit ovat ensinnäkin löytää keinot talkin käyttämiseksi myös paperin päällystysaineena kaoliinin sijasta. Nykyäänhän talkkia käytetään ainoastaan paperin täyteaineena. Toinen probleemi on jätteeksi jäävän magnesiitin hyväksikäyttö. Suomalaisen vuolukivien magnesiitti on liian rautapi-toista esim. tulenkestävien tiilien valmistukseen. Kummankin kysymyksen ratkaisemiseksi tehdään varsin mit-tavaa kehitystyötä.

Suomen osuus Euroopan talkkituotannosta on tänään 15 % ja laajennusten jälkeen noin 30 %.

Tärkein maasälpäkaivoksemme on Kemiössä. Sen lou-hinta on noin 150 000 tonnia. Kemiössä on kymmenit-täin pegmatiittiesiintymiä, joista saadaan keraamisen ja lasiteollisuuden raaka-aineeksi hyvin soveltuvaa maasäl-pää noin 60 000 tonnia vuodessa ja sivutuotteena erittäin rautavapaata kvartssia noin 20 000 tonnia vuodessa. Tä-mä laitos on Euroopan ensimmäinen maasälvän vaahdo-tusrikastamo. Prosessi on melko vaikea, mutta alkuvai-keuksien jälkeen laitos on täyttänyt sille asetetut tavoit-teet. Tuotannosta menee 80 % vientiin.

Kemiön tuotantoa täydentää Haapaluoman kalimaa-sälpä, jolla on erikoiskäyttöä keraamisessa teollisuudes-sa. Haapaluoman tuotanto on noin 15 000 tonnia mag-neettisesti puhdistettua maasälpää.

Suomen osuus Euroopan maasälpätuotannosta on 10 %, ja Norjan ohella olemme maailman suurin maasälvän viejä.

Nilsistä saadaan kvartsiittia, joka puhdistetaan vaah-dottamalla viime vuonna valmistuneessa kvartsirikasta-mossa. Tuotanto tulee olemaan 150 000 tonnia vaahdo-tettua kvartssia. Vanhassa laitoksessa kvartsiitti puhdis-tettiin epäpuhtauksista pesemällä. Nykyisen laitoksen kvartsi on laadullisesti täysin parhaiden ulkomaisten kvartsiens luokkaa.

Maastamme on löydetty kaksi merkittävää fosforiesiin-tymää. Toinen on Siilinjärvellä ja toinen Soklissa. Vii-me aikoina on lehtien palstoilla keskusteltu paljon siitä, pitääkö meillä olla omaa apatiittituotantoa, pitääkö sen olla liiketaloudellisesti kannattavaa, kumpi — Sokli vai Siilinjärvi — pitäisi rakentaa ja pitäisikö rakentaa mo-lemmat vai ei kumpaakaan. Tämä asia saa ratkaisun lä-hivuosien aikana.

Teollisuusmineraalien hyväksikäytöllä on eräitä teknil-lis-taloudellisia erikoispiirteitä, joita lienee syytä käsi-tellä.

Ensinnäkin teollisuusmineraaleille on tyypillistä, että tavallisesti suurin osa, usein koko malmi, on myytävää tuotetta. Tämän johdosta tuotteet ovat halpoja ja kulje-tuskustannusten osuus on siten erittäin merkittävä. Teol-lisuusmineraalimalmien pitäisi luonnollisesti sijaita lähel-lä kulutuspisteitä tai satamia.

Teollisuusmineraalimme hyväksikäyttöä jarruttaa var-sin haitallisesti maassamme harjoitettu viimeaikainen rautatiepolitiikka, jonka mukaisesti massatavaroiden rah-deilla kompensoidaan henkilökuljetusmaksuja. Se on joh-tanut rahtien korotuksiin esim. Nilsin kvartsitehtaan kohdalla 1. 1. 75 29 %, 1. 1. 76 26 % ja tänä vuonna 17 %. Kun kvartsin hinnasta vapaasti kuluttajalla rahtien osuus on 40—50 %, on selvää, että mineraaliesiintymien taloudellinen hyväksikäyttö riippuu oleellisesti rautatei-den rahtitasosta. Suomalaisen kvartsin kilpailijana on belgialainen kvartsi, joka tuodaan Suomeen halvoilla lai-varahdeilla. Valtion myöntämät kehitysalueavustukset

merkitsevät huomattavaa tukea kehityspaikkakuntien teollisuusmineraaliesiintymien hyväksikäytölle, kuten yleensä kehitysalueiden teollisuuden kehittymiselle, mutta kuljetuskustannusten kohtuuton nousu eliminoi kehitysalueiden merkityksen. On selvää, että kansainvälistekin arvostellen korkeat rautatierahdit estävät massatuotteita, kuten mineraaleja, valmistavan teollisuuden syntymistä kehitysalueille.

Toinen tyypillinen piirre on malmivarojen runsaus. Teollisuusmineraalimalmit riittävät tavallisesti moniksi vuosikymmeniksi, jopa vuosisadoiksi. Kun lisäksi tuotteiden kysyntä kasvaa varsin hitaasti, ei läheskään kaikkia tunnettuja esiintymiä voida käyttää hyväksi.

Teollisuusmineraalien hinnat ovat melko vakaat. Korkeasuhdanteessakaan ei voida odottaa suuria voittoja. Koska teollisuusmineraaliesiintymiä on lisäksi runsaasti eri puolilla maailmaa, eivät hinnat tästäkään syystä nouse korkeiksi. Kuitenkin on todettava, että hyvistä teollisuusmineraalimalmeista pystytään hyvällä valmistustekniikalla saamaan suunnilleen sama tuotto sidotulle pääomalle kuin keskitason metallimalmeista. Teollisuusmineraalimalmi ei kuitenkaan voi koskaan muodostua sellaiseksi "kultakaivokseksi" kuin esim. rikas kupari- tai nikkelimalmi.

Teollisuusmineraalimalmien arvo riippuu tavallisesti hyötymineraalissa olevien epäpuhtauksien määrästä ja epäpuhtauksista johtuvista fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista. Yleisin arvoa alentava haitta-aine on rauta. Tämä pätee niin talkin, maasälvän kuin kvartsinkin suhteeseen. Eräiden teollisuusmineraaliesiintymien käytön esteenä on myös malmin pitoisuus. Tämä on estänyt esim. grafiitti- ja alumiinisilikaattimineraalien tuotannon maassamme ja ainakin aiemmin myös fosforimalmien louhinnan.

Teollisuusmineraalien jalostus on ollut tähän asti varsin yksinkertaista — tavallisesti on riittänyt käsinlajittelu ja jauhatus. Nykyään näiden malmien jalostamiseen on kuitenkin kehitetty maassamme uusia menetelmiä. Voimme olla varsin ylpeitä siitä, että maailman kuuluu know-how'mme, jolla maamme metalliset malmit jalostetaan, on nykyään sovellettu myös teollisuusmineraalien jalostuksessa. Esim. ruotsalaiset ovat avoimesti tunnustaneet, että he ovat tekniikassaan meistä paljon jäljessä tällä alalla.

Lopuksi yritän vielä vastata kysymykseen, mikä on teollisuusmineraalituotannon tulevaisuus Suomessa.

Tällä hetkellä maamme kalkkikiveen perustuvan raa-ka-aineteollisuuden liikevaihto on n. 500 mmk ja sen palveluksessa on 4 000 henkilöä. Tämä ala on varsin riippuvainen maamme rakennustoiminnasta, ja koska rakennustoiminta ei tule enää kasvamaan ainakaan huomattavammin, voimme todeta, ettei kalkkikiveteollisuuskään voi enää kasvaa merkittävästi. Myöskään näiden tuotteiden vienti ei voi tulla merkittävässä määrin kysymykseen.

Muiden mineraalikaivosten tuotteiden myynti oli viime vuonna n. 55 mmk ja tämän teollisuudenhaaran palveluksessa on 300 henkilöä. Mineraalituotteiden vienti on n. 20 mmk vuodessa. Käsitkseni on, että tällä sektorilla tapahtuu kasvua, ja uskon, että viiden vuoden kulut-

tua tämän sektorin volyymi on kaksin-, jopa kolminkertainen tämän päivän tasoon verrattuna. Talkin tuotanto tulee nousemaan nykyisestä 120 000 tonnista kolminkertaiseksi. Maasäpätuotanto lisääntyy 70 000 tonnista 100 000 tonniin ja kvartsin tuotanto noin 100 000 tonnista 200 000 tonniin. Kasvuodotukseni perustuvat etupäässä nykyisten tuotantolaitosten kasvuun. Erityisesti uskon kotimaisten täyteaineiden valtaavan markkinoita tuontimineraaleilta. Uskon myös, että ne monet tänään vielä ratkaisua odottavat probleemit, jotka estävät nykyisten malmien täydellisemmän hyväksikäytön ja uusien mineraaliesiintymien käyttöönoton, tullaan lähivuosina ratkaisemaan. On kuitenkin selvää, ettei teollisuusmineraalien tuotanto tule koskaan olemaan todella suurteollisuutta. Sen sijaan uskon, että myös tämän sektorin know-how'n viennissä meillä voi olla hyvät mahdollisuudet.

SUMMARY

PROCESSING OF INDUSTRIAL MINERALS IN FINLAND

The oldest historical note of the Finnish mining industry and of the use of industrial minerals dates back to 1329.

Today, limestone and other industrial minerals are quarried in Finland in 13 different places. The total quantity of limestone quarried annually is about 5 million tons and that of other industrial minerals about 700,000 tons.

Besides limestone, the most important industrial minerals quarried in Finland today are talc, feldspar, quartz and wollastonite. Their production will increase twofold or threefold during the next few years. The most important investments will be made in the talc production.

Oy Lohja Ab is building a new talc factory in Vuonos, and United Papermills Ltd. is also increasing its talc production in Sotkamo. Talc will, to a greater extent than before, replace kaolin as a filler in the paper manufacture. Once the new talc factories are started up, Finland will account for 30 % of Europe's talc production.

Another industrial mineral, important even by international standards, is feldspar. 80 % of the feldspar production of Oy Lohja Ab's Kemiö feldspar concentration plant is exported. Besides Norway, Finland is the biggest feldspar exporter in Europe.

Thanks to the very high technological standard of the Finnish mining industry, the export of know-how in the field of industrial minerals is likely to grow considerably.

Geokemiallinen kartoitus geologisessa tutkimuslaitoksessa

Filtri Alf Björklund, fil.maist. Nils Gustavsson,
prof. Kalevi Kauranne ja fil.lis. Heikki Tanskanen,
Geologinen tutkimuslaitos.

JOHDANTO

Mikä tahansa ainesmuru sisältää kaikki jaksollisen järjestelmän alkuaineet, tosin eräät alkuaineet niin pieninä pitoisuuksina, että käytössämme olevat analyysimenetelmät eivät ole riittävän herkkiä niiden toteamiseen. Kullakin alkuaineella kussakin ympäristössä on sille tyypillinen pitoisuustaso.

Geologisen kehityksen tuloksena on kallioperään syntynyt niin suuria alkuainerikastumia, että niitä voidaan taloudellisesti louhia ja jalostaa metalleiksi, eli malmeja.

Eräiden alkuaineiden keskipitoisuus syväkivissä ja tällaisen alkuaineen yksinään muodostaman malmin rajapitoisuus on

	keskipitoisuus	rajapitoisuus
nikkeli	100 ppm	10 000 ppm
sinkki	80 „	40 000 „
kupari	70 „	20 000 „
lyijy	16 „	30 000 „
molybdeni	2 „	2 000 „

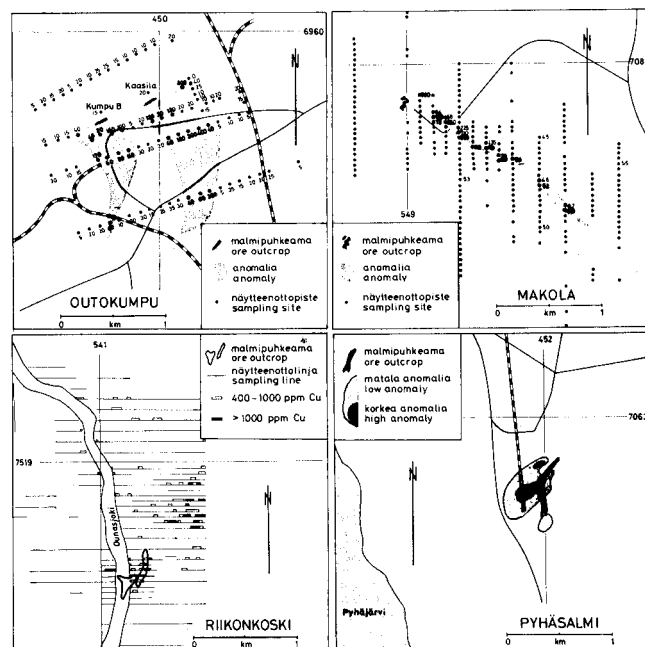
Malmin taloudellinen minimipitoisuus vaihtelee malmin koon, paikan ja ajan mukaan.

Tällaisen rikastuman ympäristö on ko. metallin läpikotaisin saastuttama, joten rikastuma voidaan siis löytää miltei mitä tahansa materiaalia analysoimalla. Geokemiallisen tutkimuksen tehtävänä on Liebigin, Mendelejevin, Vernadskin ja Goldschmidtin ajoista lähtien ollut alkuaineiden jakautumisen, vaelluksen ja näitä ilmiöitä säätelevien voimien tutkiminen.

Järjestelmällinen geokemiallinen tutkimus alkoi Suomessa 1930-luvulla (Sahama ja Rankama), mutta geokemiallinen malminetsintä vasta 1940-luvun lopulla (Marmo ja Salmi) eli hiukan myöhemmin kuin esimerkiksi Neuvostoliitossa (Sergeev, Solovov ja Vinogradov), Ruotsissa (Brundin), Norjassa (Vogt ja Kvalheim), Englannissa (Webb), Kanadassa (Warren) ja Yhdysvalloissa (Cannon ja Hawkes). Jo 1800-luvun lopulla Lundbohm Ruotsissa tutki lohokareiden ja moreenin Ca-pitoisuuksien suhdetta, mutta vasta v. 1951 Suomessa alettiin moreenigeokemiaa soveltaa malminetsintään.

Meilläkin oli kuitenkin yli 20 vuoden yhtäjaksoisen työn antama kokemus geokemiallisesta tutkimuksesta silloin, kun Aurola v. 1969 Vuorimiesyhdistyksessä ehdotti laajamittaisen geokemiallisen tutkimuksen aloittamista kallioperämme mineraalisten raaka-ainevarojen kartoittamiseksi.

si. Maa oli tällöin jo mitattu aeromagneettisesti ja -sähköisesti, uusia geologisia tai geofysikaalisia malminetsintämenetelmiä ei ollut näköpiirissä ja raskaan teollisuutemme tunnetut lähteet, malmit kuuluivat huolestuttavalla nopeudella. Aika oli kypsä myös siksi, että oli kehitetty uusia, nopeita, herkkiä ja tarkkoja analyysimenetelmiä



Kuva 1. Typpihappoon liuenneen metallin pitoisuus moreenin C-kerroksessa, raekokolajite alle 0,06 mm. Outokumpu, Cu ppm, näytesyvyys noin 1 m (Kauranne 1959); Makola, Ni ppm, näytesyvyys noin 1 m, kartalla esitetty vain Σ % > 90 pitoisuudet (Kataja, Nurmi, Wennervirta and Vornanen 1970); Riikonkoski, Cu ppm, kartalla esitetty maksimipitoisuudet Σ % > 80 syvyydestä välittämättä (Nurmi 1973); Pyhäsalmi, hydromorfinen anomalia (Wennervirta 1968).

Fig. 1. Contents of metals leached with hot HNO₃ from C-horizon of till, grain size fraction < 0,06 mm. Outokumpu, Cu ppm, sampling depth about 1 m (Kauranne 1959); Makola, Ni ppm, sampling depth about 1 m, the map presents only 10 % of the highest values (Kataja, Nurmi, Wennervirta and Vornanen 1970); Riikonkoski, Cu ppm, the map presents only 20 % of the highest values independent of depth (Nurmi 1973); Pyhäsalmi, hydromorphic anomaly, no glaciomorphic anomaly was found (Wennervirta 1968).

sekä suurten tietomäärien käsittelyyn soveltuvia talletus-, tulkinta- ja esitysmenetelmiä ja -laitteita. Vuorimiesyhdistyksen asettamat komiteat pitivät tärkeänä ja kii-reellisenä luonnontilaisten hivenmetallipitoisuuksien kartoittamista ja geokemiallisten tutkimusmenetelmien kehittämistä malmikriittisten alueiden löytämiseksi sekä maa- ja metsätalouden ja kansanterveyden sekä muun ympäristöhuollon tarpeita varten.

PÄÄMÄÄRÄT

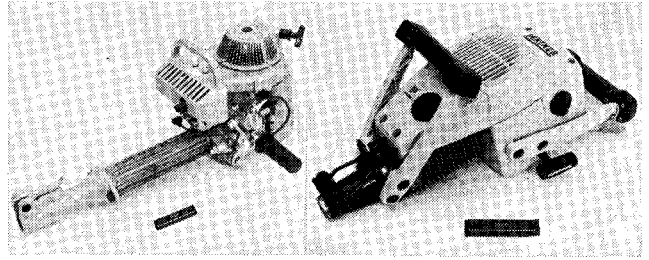
Vuorimiesyhdistyksen aloite johti pian positiiviseen tulokseen. Valtion vuoden 1973 tulo- ja menoarviossa perustettiin geologiseen tutkimuslaitokseen geokemian osasto. Asetuksen 202/1973 mukaan sen tehtäväksi tuli suorittaa maan geokemiallista kartoitusta ja muita geologisen tutkimuslaitoksen toimialaan kuuluvia geokemiallisia tutkimuksia.

Vuotuisiksi tutkimustavoitteeksi asetettiin myöhemmin noin 7000 km² eli 6 kpl 1:100 000 karttalehteä. Tätä työtä tekee tällä hetkellä 144 henkilöä, joista suurin osa on näytteenottajia. 70 % henkilökunnasta on palkattu työllisyysvaroin. Osasto käyttää noin 1,3 milj. markkaa kutakin tutkimaansa 1:100 000 karttalehteä kohden, 50 % menee palkkoihin, 20 % matkustuskuluihin, 15 % tarvikkeisiin, 10 % erilaisiin vuokriin ja noin 5 % kalustoon.

Vaikka osaston työn perimmäisenä tarkoituksena on kallion kemian tutkiminen ja siitä saadun tiedon soveltaminen, käytetään näyteaineksena pääasiassa erilaisia irtaimia maalajeja. Suorien kalliohavaintojen teko on vaikeata, kun maassamme keskimäärin vain 3 % kalliopinnasta on paljaana nähtävissä loppuosan ollessa keskimäärin lähes 7 m paksuisen maakerroksen peitossa. Mineraalimaalajit ja etenkin moreeni ovat kuitenkin suhteellisen läheisessä mineralogiskemiallisessa suhteessa kallioperään. Moreenin pää- ja hivenainepitoisuuksista saadaan hyvä kuva kallion kivilajikoostumuksesta. Geokemiallisia karttoja voidaan jopa muuntaa kivilajikartoiksi ja näin niitä voi käyttää apuna varsinaisessa kallioperäkartoituksessa aivan kuten geofysikaalisiakin karttoja. Myöskin järvi- ja purosedimentit, humus ja turve kuvas-tavat kallioperää, mutta kun orgaanisilla aineksilla on taipumus rikastaa raskasmetalleja, ei suhde alla oleviin kivilajeihin ole yhtä selvä, mutta malminetsinnässä nämä materiaalit saattavat olla varsin otollisia analysoitaviksi.

Näytteenoton yhteydessä tehdään maalajihavaintoja myös syvyysuunnassa. Havainnot, jotka ovat koordinaatteihin sidottuja, voidaan ATK:n avulla piirtää maaperäkartaksi, joka, ellei sellaisenaan kelpaisikaan enempään, voi huomattavasti jouduttaa maaperäkartoitustyötä. Tällaisia maaperätietoja voi hyvin käyttää myös rakennusgeologisiin tarkoituksiin.

Maa- ja metsätaloudelle, samoin kuin terveydenhuol-lolle ja ympäristönsuojelulle on tärkeätä tuntea luonnon omat alkuaainepitoisuudet, jotta voitaisiin laskea lannoitus-tarve tai arvioida saastevaikutus. Monet hivenalkuaineet toimivat katalysaattorin tavoin rasvojen, hiilihydraattien tai valkuaisaineiden synnyssä, joten niitä tavataan pie-ninä mutta välttämättöminä pitoisuuksina entsyymeissä,

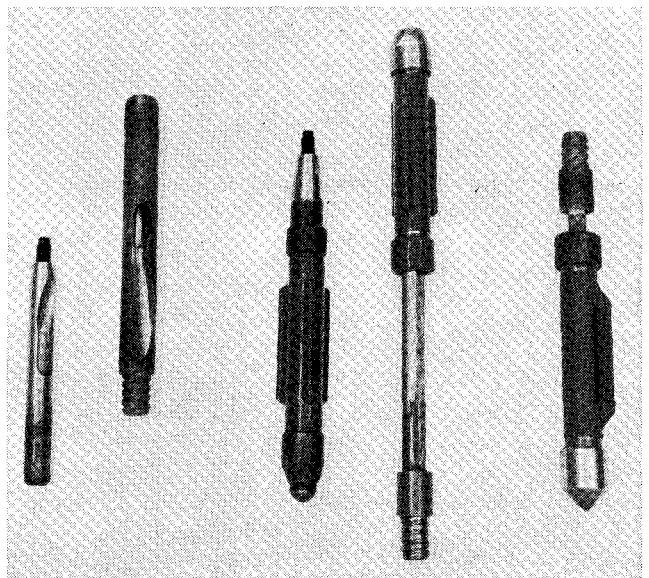


Kuva 2. Iskuporakoneet Wacker BHF 25 (vas.) ja Partner M 100 (oik.)
Fig. 2. Percussion drills Wacker BHF 25 (left) and Partner M 100 (right)

hormooneissa ja vitamiineissa. Sekä tällaisten aineiden puute että ylimäärä aiheuttavat sairauden. Esimerkiksi mangaanin puute tekee kasveista harmaita ja laikullisia, molybdeenin puute aiheuttaa kukattomuutta ja sinkin puute kiimattomuutta. Alle 100 ppm Mg ja 4 ppm Cu sisältävät maat ovat huonoja viljelysmaita. Hyvässä kasvumaassa on yli 250 ppm helpoliukoista magnesiumia ja 12–25 ppm kuparia, suuremmat kuparimäärät taas käyvät myrkyllisiksi. Kulttuurin aiheuttamista ylisuurista hivenainemääristä ovat johtuneet Itai-Itai-tautina tunnettu kadmium- ja Minamata-tautina tunnettu elohopeamyrkkytys.

Malminetsintää suorittavalle geologille ovat tärkeitä alueellisesta pitoisuustasosta kohoavat ns. anomaaliset pitoisuudet yhtäläillä matalien kuin korkeidenkin keskipitoisuuksien alueella. Anomalioiden koko sen enempää kuin voimakkuuskaan ei suoraan kerro minkä kokoinen on malmi, joka anomalian on aiheuttanut.

Makolan malmi, jonka puhkeama sisälsi noin 0,9 % Ni, aiheutti moreeniin, jonka taustapitoisuus on noin 30 ppm,

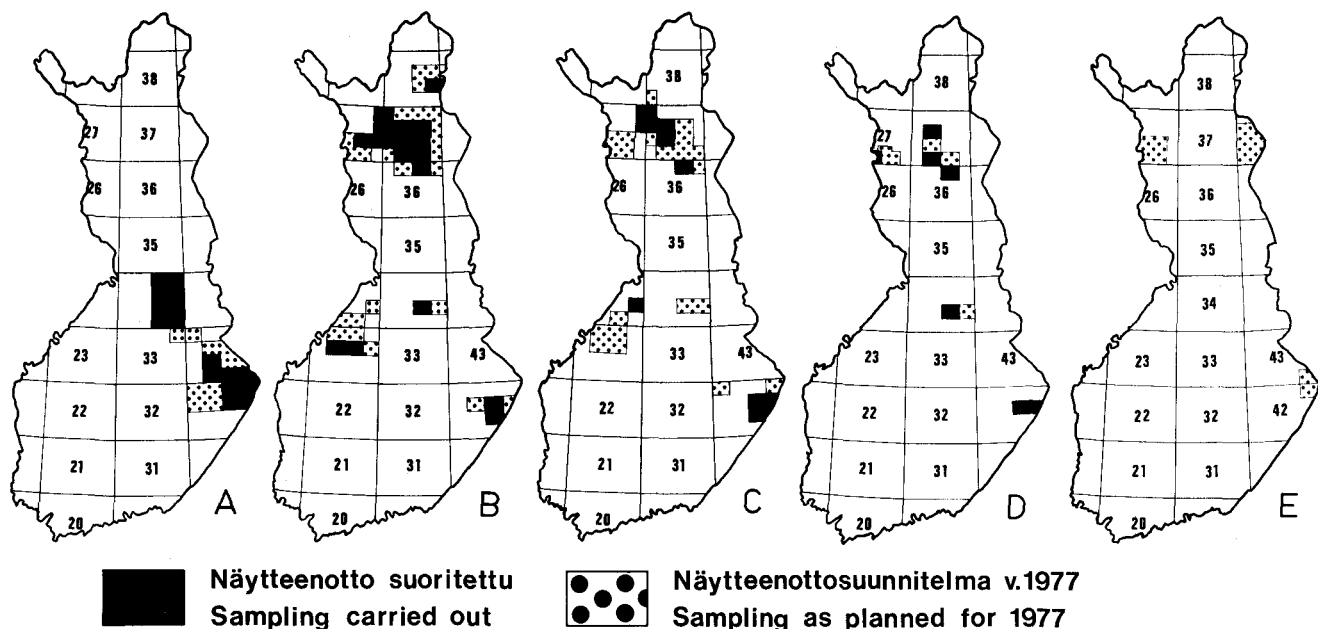


Kuva 3. Erilaisia näytteenottimia. Kaksi vasemmanpuoleista nykyisin käytössä olevia.
Fig. 3. Different types of piston samplers. The two at are used at present.

noin 1,5 km mittaisen mekaanisyyntyisen anomalian, joka voimakkaimmillaan nousee noin 1000 ppm:aan. Malmi louhittiin loppuun muutamassa vuodessa. Outokummun malmi, jonka puhkeamat (Kumpu B ja Kaasila) sisälsivät noin 3,7 % Cu, aiheutti moreeniin, jonka taustapitoisuus on noin 35 ppm, kaksi anomaliaa joiden korkein pitoisuus on 400 ppm ja pituus noin kilometrin. Malmia on louhittu jo 60 vuotta. Pyhäsalmen sinkkimalmin kupeelta ei edellisten kaltaista glasiogeenista anomaliaa ole löytynyt lainkaan, vain pienehkö pohjavesivirtauksen synnyttämä anomalia. Kittilän Riikonkosken epätaloudellinen malmi, joka sisältää 0,6 % Cu ja sen päällä oleva rapakallio jopa

13,8 % pitoisuuksia, aiheutti moreeniin parhaimmillaan 9 700 ppm (0,97 %) kuparipitoisuuden.

Geokemian osaston vuoden 1976 loppuun mennessä julkaisemien viiden 1:100 000 karttalehden alueella on jatkotutkimuksen arvoisia kuparianomaliaita noin 200 kpl. Eräät näistä anomaliaista ovat monimetallianomaliaita sisältäen myös nikkeliä tai sinkkiä tms. Näiden anomalioiden lisäksi on muiden malmimetallien anomaliaita tavattu moninkertainen määrä. Jonkun maamme malmineitsintä-organisaatioista on aikanaan syytä ottaa nämäkin anomaliat tutkimusohjelmaansa.



Kuva 4. Näytteenoton tilanne 1976. A. Järvisedimentti, B. Purosedimentti, C. Moreeni, D. Kallio, E. Humus.

Fig. 4. The state of sampling 1976. A. Lake sediment, B. Stream sediment, C. Till, D. Bedrock, E. Humus.

Taulukko 1. Näytteenoton luokittelu ja kustannukset
Table 1. Classification and costs of investigations

Luokittelu Classification	Aines Material	Näytetiheys näyte/km ² Density of sampling Sample/km ²	Näytteenoton kustann. Costs of sampling	
			Fmk/ näyte sample	Fmk/km ²
Suuralueellinen kartoitus Reconnaissance mapping 1:400 000—1:100 000	Järvisedimentti Lake sediment	0.2	130,—	26,—
	Purosedimentti Stream sediment	1	50,—	50,—
Alueellinen kartoitus, Regional mapping 1:100 000—1:20 000	Purosedimentti Stream sediment	2—4	50,—	150,—
	Moreeni, Till	10	90,—	900,—
Pienalueellinen kartoitus, Detail mapping 1:20 000—1:2 000	Moreeni, Till	Tarpeen mukaan According to need	50,—	
	Kallio, Bedrock Humus, Humus		30,—	

Taulukko 2. Näytteenotto (näytemäärät) vuosina 1970—1976
Table 2. Sampling (amount of samples) during the years 1970—1976

Aines, material	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Σ
Moreeni, till	576	7 111	23 904	30 827	45 792	53 983	47 907	210 100
Purosedimentti, stream sediment	—	4 743	26 809	13 965	12 554	16 695	13 989	88 755
Kallio, bedrock	—	200	137	230	734	3 880	5 063	10 244
Järvisedimentti, lake sediment	—	—	—	—	336	1 548	2 394	4 278
Humus, humus	—	214	7 129	1 877	162	504	11 663	21 549
Σ	576	12 268	57 979	46 899	59 578	76 610	81 016	334 926

NÄYTTEENOTTO

Geokemiallisen kartoituksen päätavoitteena on edesauttaa kallioperäkartoitusta ja erikoisesti malminetsintää irtainten maalajien peittämällä alueilla. Meidän on löydettävä jokin luonnon aines, joka antaisi kallioperästä luotettavia tietoja. Tämän aineksen tulisi täyttää ainakin seuraavat vaatimukset:

- kemiallisen koostumuksen tulisi indikoida alueen kallioperää
- aineksen tulisi esiintyä tasaisesti laajahkoilla alueilla
- sen tulisi olla analyysimielessä tasalaatuista
- näytteenoton, käsittelyn ja analysoinnin kustannuksien tulisi pysyä kohtuullisina.

Kartoitusta suoritettaessa voidaan analysoidavat ainekset ja samalla työn vaiheet jakaa mittakaavan mukaan taulukon 1 esittämällä tavalla.

Suuralueellinen geokemiallinen kartoitus

Tutkittava aines on järven pohjaan laskeutunut orgaaninen kerrostuma, jota kutsutaan *järvisedimentiksi*. Sen sisältämien alkuainepitoisuuksien on todettu kuvastavan alueen kallioperää sen suurissa piirteissä, joten se soveltuu geokemialliseen alueluokitukseen. Järvisedimenttitutkimus soveltuu erinomaaisesti maamme järvirikkaille alueille, joilla näyteverkosto saadaan tasaiseksi. Muilla alueilla käytetään vastaavaan tarkoitukseen purojen pohjalle laskeutunutta orgaanista ainesta, *purosedimenttiä*. Suuralueellisessa kartoitusohjelmassa on tähän mennessä otettu n. 4 300 järvi- ja purosedimenttinäytettä (taulukko 2). Näytteenoton nykytilanne on esitetty kuvassa 4.

Alueellinen geokemiallinen kartoitus

Tässä työssä tutkitaan mannerjäätikön kallioperästä irrottamaa, murskaamaa ja kuljettamaa ainesta, *moreeniä* ja veden kuljettamia purosedimenttejä. Moreeni peittää maamme kallioperän lähes kaikkialla. Se kuvastaa kallioperän yksityiskohtaisia koostumusvaihteluita tarkemmin kuin esimerkiksi järvisedimentti. Tässä työmittakaavassa moreeninäytteet voidaan ottaa suhteellisen läheltä maan pintaa. Eräät metallit eivät aina aiheuta anomalia moreeniin, mutta saattavat sen sijaan antaa voimakkaan anomalian purosedimenttiin tai päinvastoin, joten yhdessä käytettynä moreenin ja purosedimentin antamat

tulokset täydentävät toisiaan. Moreeninäytteitä otetaan vuosittain n. 50 000 kpl ja purosedimentinäytteitä n. 15 000 kpl (taulukko 2). Näytteenoton tilanne on esitetty kuvassa 4.

Pienalueellinen geokemiallinen kartoitus

Moreenin lisäksi tutkitaan *kallio-* ja *humusnäytteitä*. Viimeksimainituilla ymmärretään maan pinnalla elävän kasvillisuuden alla kasvinjätteistä peräisin olevaa kuollutta, yleensä ohutta, orgaanista kerrostumaa. Moreeninäytteet otetaan tässä tutkimuksessa tasavälein läpi koko maakerroksen kallion pintaan asti. Paksujen moreenikerrosten alaosista saadaan näytteet käyttäen raskasta traktoriin asennettua pneumaattista iskuporakalustoa. Samalla kalustolla saadaan myös kallonäytteet maapeitteiden alta. Kalliopaljastumista otetaan näytteet kevyellä iskuporakoneella. Kartoitus selvittää yleensä yksityiskohtia ja on usein välitöntä malminetsintää. Tästä syystä geokemian osasto on toistaiseksi tehnyt suhteellisen vähän tämän kaltaista tutkimusta. Kallonäytteitä on tähän mennessä otettu n. 10 000 kpl ja humusnäytteitä n. 20 000 kpl (taulukko 2). Näytteenoton tilanne on esitetty kuvassa 4.

Kalusto ja kustannukset

Alueellinen geokemiallinen kartoitus on pinta-alayksikköä kohden kalliimpaa kuin muut geologisen tutkimuslaitoksen käyttämät kartoitusmenetelmät (taulukko 1). Näytteenottotiheydellä ja -syvyydellä on ratkaiseva merkitys, mutta myös näytteenoton teknisellä suoritustavalla on vaikutuksensa kustannuksiin.

Suuralueellisessa geokemiallisessa kartoituksessa niin järvi- kuin purosedimenttinäytteenottokin tapahtuu yksinkertaisin halvoin välinein ja itse näytteenottosuoritus on nopea. Sen sijaan pitkät siirrot näytteenottopaikasta toiselle vievät aikaa ja nostavat kokonaiskustannuksia. Talvisin kulkemiseen käytetään moottorikelkkaa, kesäisin käytetään venettä tai edetään jalkaisin.

Alueellisessa tutkimuksessa tehtävä moreeninäytteenotto vaatii verrattain raskaan kaluston, johon kuuluu iskuporakoneen lisäksi mm. tankoja, näytteenottimia, nostureita ja erilaisia pienempiä käsityökaluja (kuvat 2 ja 3). Talvisin kalustoa siirretään moottorikelkoilla, kesäisin Terri 30 telamaasturilla tai kantaen. Paksujen hiekka-

soramuodostumien alta otetaan moreeninäytteet harvakkolla pistevälillä traktoriin asennetulla kierrekairalla (Auger).

ANALYSOINTI

Näytteiden käsittely- ja analysointimenetelmät riippuvat siitä, mitä ainetta analysoidaan ja mihin tarkoitukseen analyysitiedot käytetään. Kun näytteitä otetaan sekä kallioperän kartoitusta että malminetsintää varten, käytetään sekä aineksen totaalipitoisuudet antavia, että ainoastaan malmiaineksen sisältämän alkuainepitoisuuden antavia analyysimenetelmiä.

Geokemian osasto on valinnut atomiabsorptiospektrofotometrian järvi- ja purosedimenttien sekä humuksen analysointiin, ja optisen emissiospektrometrian moreenin ja kallionäytteiden analysoimiseen (taulukko 3). Osastolla

Taulukko 3. Tärkeimmät käytössä olevat analysointimenetelmät

Table 3. The main analysing methods in use

Analyysimenetelmä analysing method	Aines material	Analysoidut alkuaineet analysed elements
Atomic absorption spectrometry	Järvisedimentti lake sediment Purosedimentti stream sediment Humus, humus	Co, Cu, Ni, Zn, Pb, Mn (Cr, Fe, Mo, Sb, Ag)
Emission spectrometry	Moreeni, till Kallio, bedrock	Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Ag

on 4 AAS-laitetta, yksi niistä on varustettu grafiittiuunilla. Emissiospektrometrianalyysit tekee kemian osasto geokemian osaston sille toimittamista esikäsitellyistä moreeni- ja kallionäytteistä.

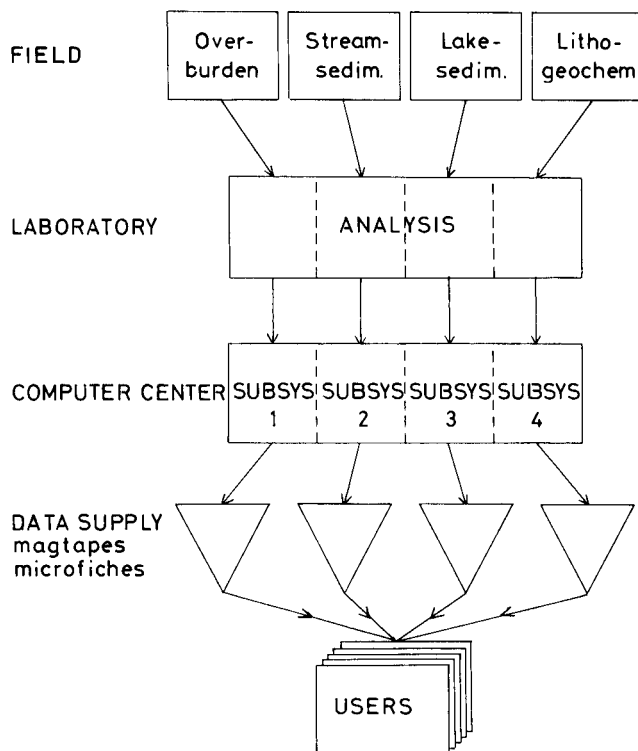
Erikoistutkimuksia varten on suoritettu uraanianalyysijä VTT:n reaktorilaboratoriossa viivästyneiden neutronien mittauksella. Uraanin ja toriumin sekä eräiden muiden raskaiden metallien semikvantitatiivista analyysia varten on osastoon hankittu radioisotooppiherätteinen energiadiispersiivinen röntgenfluoresenssilaitte.

Nykyisin analysoidaan n. 60 000 moreeni- ja kalliönäytettä sekä n. 30 000 järvi- ja purosedimentinäytettä ja niistä tehdään yhteensä noin 1,2 miljoonaa alkuainemääritystä vuodessa.

TIETOJEN KÄSITTELY JA ESITTÄMINEN

Tietojen käsittely

Geokemian osasto käyttää monia tutkimusmenetelmiä, mistä johtuen tietojen määrä samoin kuin niiden käsittelyjärjestelmä on kasvanut varsin laajaksi ja monivaiheiseksi. Uusien tutkimusmenetelmien käyttöön oton ja systeemin modifioinnin helpottamiseksi on kokonaisjär-



Kuva 5. Geokemiallisen tietosysteemin toiminnot.
Fig. 5. Scheme showing the units of the data system for geochemistry.

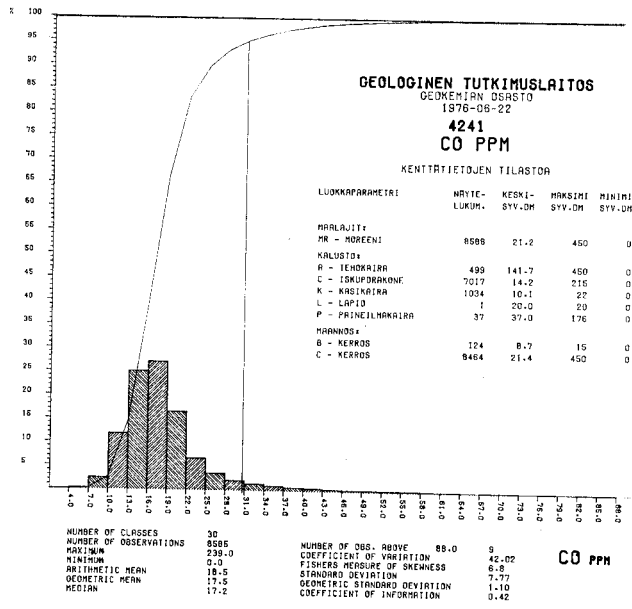
jestelmä jaettu menetelmäkohtaisiin osasysteemeihin jotka ovat toisistaan mahdollisimman riippumattomia. Kukin osasysteemi sisältää samoja tietojärjestelmään vaikuttavia toimintoja: tietojen keruu näytteenotto- preparointi- ja analyysivaiheissa, ATK, arkistointi sekä jakelu (kuva 5).

Näytteenotto-, preparointi- ja analyysivaiheissa tehdään havaintoja ja tiedot taltioidaan etiketeille, lomakkeille tai automaattisesti reikänauhalle. ATK-vaiheessa tiedot tarkistetaan, korjataan ja yhdistetään näytekohtaisesti sekä taltioidaan magneettinauhalle käyttö- ja arkistotiedostoiksi karttalehdittäin.

Tietojen esittäminen

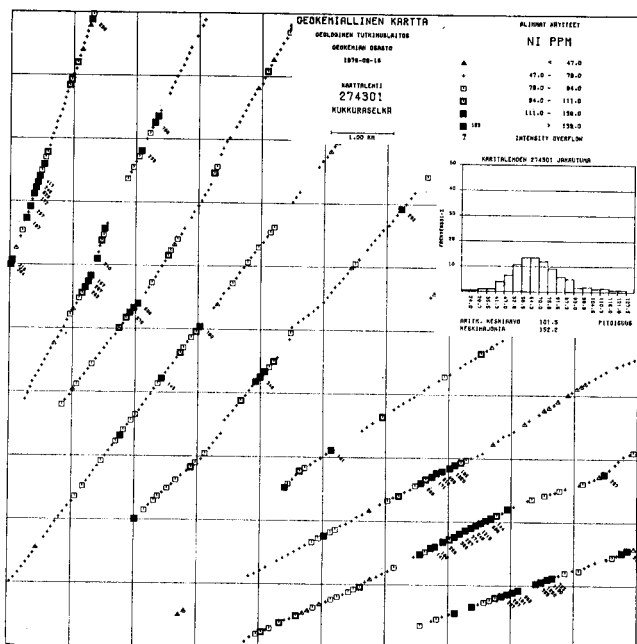
Alkuainekartat tulostetaan heti, kun jonkin menetelmän ja jonkin 1:100 000 lehden kohdalla tiedoston katsotaan valmistuneen. Kartalla esitetään pitoisuusarvot luokiteltuna pitoisuusluokkiin, joiden kynnyksarvot määräytyvät pitoisuusjakautumista kyseisellä alueella (kuva 6). Alkuainepitoisuusluokat kuvataan symbolein, jotka on suunniteltu havainnollistamaan pitoisuusvaihtelua ja erityisesti korostamaan korkeita arvoja. Kuvassa 7 on muunnettu symbolikartta. Kukin kartta sisältää vain yhden alkuaineen pitoisuudet yhdessä näyteaineksessa.

Yksittäisen näytetiedon, esimerkiksi tarkan analyysituloksen, hakua varten piirretään havaintopistekartat, joista ilmenee pisteiden sijainti sekä pistenumero. Muu pistettä tai näytettä koskeva tieto löytyy numeron avulla kenttä- ja laboratoriahavainnot sisältävältä listalta.



Kuva 6. Histogrammi moreenin Co-pitoisuuksista.
Fig. 6. Histogram of Co-concentrations in till.

Kaikki tulokset mikrokuvataan tiedon arkistoinnin, jakelun ja haun helpottamiseksi. Raakatiedot kuvataan suoraan magneettinauhalta mikrokorteille ns. COM-laitteistoa käyttäen, kun taas kartat kuvataan tavanomaisesti 35 mm:n mikrofilleille. Kaikki mikrokuvat asemoidaan standardikokoisille (A6L) mikrokorteille, joiden katseluun soveltuvat kortinpidikkeellä varustetut lukulaitteet.



Kuva 7. Symbolikartta moreenin Ni-pitoisuuksista.
Fig. 7. Symbol map of Ni-concentrations in till.

Tietojen julkistaminen

Geokemiallisten tulosten julkistamisesta ilmoitetaan kirjeitse kaivosyhtiöille, yliopistoille sekä lääketiedettä, maataloutta ja metsätutkimusta edustaville piireille, kaikkiaan noin 80:een osoitteeseen. Julkistamiskirjeeseen liitetään aina ajankohtainen luettelo saatavana olevasta aineistosta. Julkistetut kartat ja lähtötiedot sisältävät listat saa tilaamalla gtl:n geokemian osastolta. Tiedot luovutetaan seuraavissa muodoissa:

alkuainekartat:

paperi- ja kuultokopioina 1:20 000, 1:50 000, 1:100 000 mikrokorteilla, 6 alkuainekarttaa (1:100 000)/kortti

kenttä- ja laboratoriotiedot:

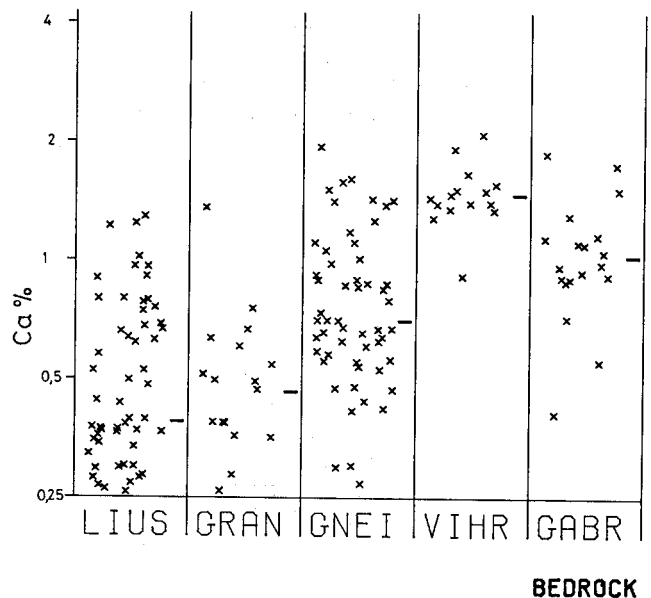
mikrokorteilla
magneettinauhalla

Vuositain valmistuu moreenin, järvi- sekä purosediementtien alkuainepitoisuuksia esittäviä karttoja seuraavat määrät:

	1:20 000	1:100 000
moreeni	1 200 kpl	100 kpl
purosediementti	500 "	40 "
järvisedimentti ym.	200 "	20 "

Erillistutkimukset

Edellä selostetun tietojen rutiinikäsitteilyn ohella suoritetaan geokemiallista tulkintaa palvelevia tilastollisia selvityksiä. Geokemiallisia lainalaisuuksia sekä alkuainepitoisuuksien riippuvuutta toisistaan ja muista tekijöistä pyritään selvittämään m.m. piirtämällä muuttujien hajontakuviot (kuva 8) ja suorittamalla korrelaatiomatriisiin perustuva faktorianalyysi, joka "niputtaa" keskenään korreloivat alkuaineet faktoreiksi. Faktoriarvojen (pistemäärien) alueellinen jakautuma esitetään symbolikarttina.



Kuva 8. Hajontakuviot moreenin Ca-pitoisuuksien vaihtelusta luokittain ryhmiteltynä.
Fig. 8. Scatter diagram showing the variation of Ca-concentrations in classified till.

Malmi- ja kallioperäkartoitusta palveleva näytteiden lajittelu alkuaikainepitoisuuksien suhteen homogeenisiin luokkiin suoritetaan siten, että tietokoneelle "opetetaan" kunkin luokan tyypilliset alkuaikainepitoisuusjakautumat. Jakautumat arvioidaan valittuja luokkia edustavien tyyppinäytteiden antaman informaation perusteella. Tutkimusalueen muut näytteet sijoitetaan todennäköisyysarvoihin perustuvan päätätäsäännön mukaan eri luokkiin, joista kukin edustaa esim. tiettyä kivilajia. Luokitustulos esitetään symbolikarttana, jossa kutakin luokkaa vastaa annettu symboli.

Tällaisia ja muita osaston ohjelmistoon kuuluvia tilastollisia tutkimuksia voidaan suorittaa tilauksesta mielenkiinnon mukaan rajatulta alueelta.

TULOSTEN KÄYTTÖ

Tarkistustutkimukset

Geokemiallisen kartoituksen ohella on ilmennyt tarve suorittaa perustutkimusluontoisesti geokemiallisten anomalioiden selvittelytutkimuksia. Vuonna 1976 aloitettiin pääasiassa moreenista saatujen raskasmetallianomalioiden selvittelytöt karttalehdillä 2434, 2723, 3642 ja 4341.

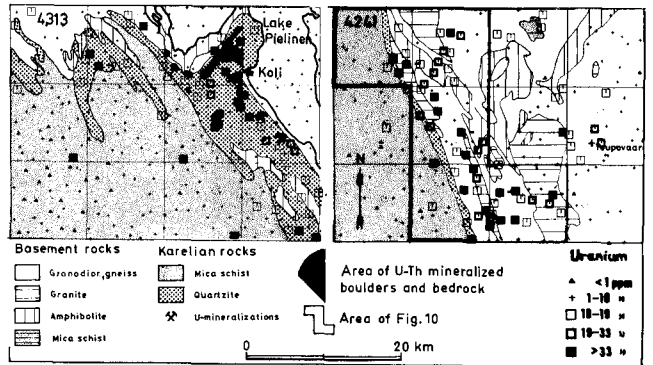
Selvittelytöiden tarkoituksena on aikaansaada yleinen geokemiallisen tulosten tulkintaan soveltuva työmenetelmä, missä käytettäisiin hyväksi myös alueelta saatavissa olevia geologisia ja geofysikaalisia karttoja. Työt eivät ole vielä edistyneet niin pitkälle, että voitaisiin esittää lopullisia tuloksia, mutta yleinen systematiikka moreenitutkimuksissa on ollut seuraavanlainen. Anomalioiden korkeita metallipitoisuuksia sisältävät näytteet analysoidaan uudelleen AAS:llä. Anomaliat, jotka rajoittuvat yhteen tai muutamaan pisteeseen tarkistetaan tihentämällä pisteverkostoa. Tarkistettujen mielenkiintoisten anomalioiden kohdalle tehdään kaivinkonetta ja lapiota käyttäen tutkimusmonttuja, joissa suoritetaan stratigrafisia tutkimuksia, kivilaskuja ja geokemiallisia tutkimuksia.

Jokaista karttalehteä varten on varattu yksi vuosi selvittelytöille alkaen symbolikarttojen julkaisemisesta. Tulokset esitetään eräänlaisina geokemiallisina karttalehtiselityksinä.

Geokemian käyttö uraaninetsinnässä

Geokemian osasto on käyttänyt saamiaan tuloksia varsinaiseen geokemialliseen malminetsintään vain uraanin etsinnän tehostamiseen tähtäävän erillishojelman puitteissa. Vuodesta 1974 lähtien on kaikkiaan n. 30 000 näytettä analysoitu uraanin suhteen pääasiassa Pohjois-Karjalasta, Kainuusta ja Lapista. Karjalassa, missä työt ensimmäiseksi aloitettiin, on eräissä paikoissa ehditty viedä tutkimukset loppuun. Siksi seuraavassa on esitetty työt Karjalasta esimerkkeinä.

Vuosina 1974–1976 suoritettiin suuralueellinen geokemiallinen kartoitus tutkimalla järvi- ja purosedimenttejä n. 10 000 km² laajalla alueella Karjalassa. Poikkeavan korkeita uraanipitoisuuksia esiintyy noin 5 km leveässä ja ainakin 90 km pitkässä vyöhykkeessä, joka alkaa Ko-

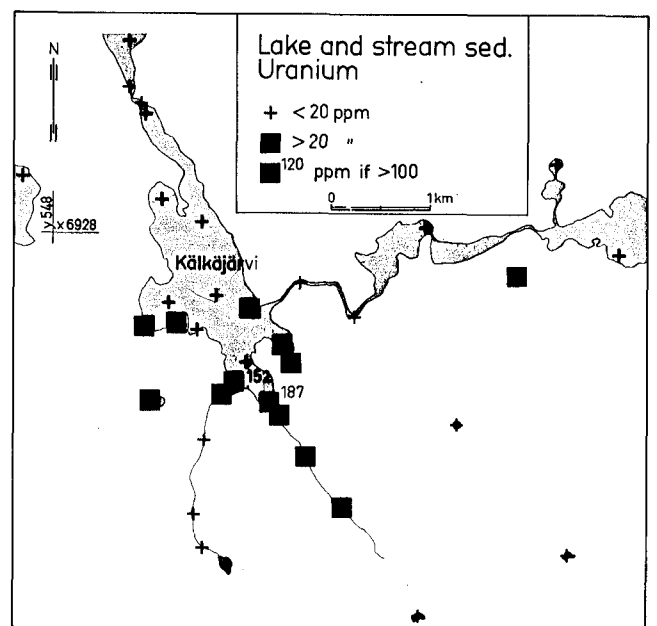


Kuva 9. Uraanipitoisuudet järvisedimenteissä a. Ahmoavaaran (4313) ja b. Kiihtelysvaaran (4241) karttalehdillä **Fig. 9.** Uranium contents in lake sediments on map sheets a. Ahmoavaara (4313) and b. Kiihtelysvaara (4241).

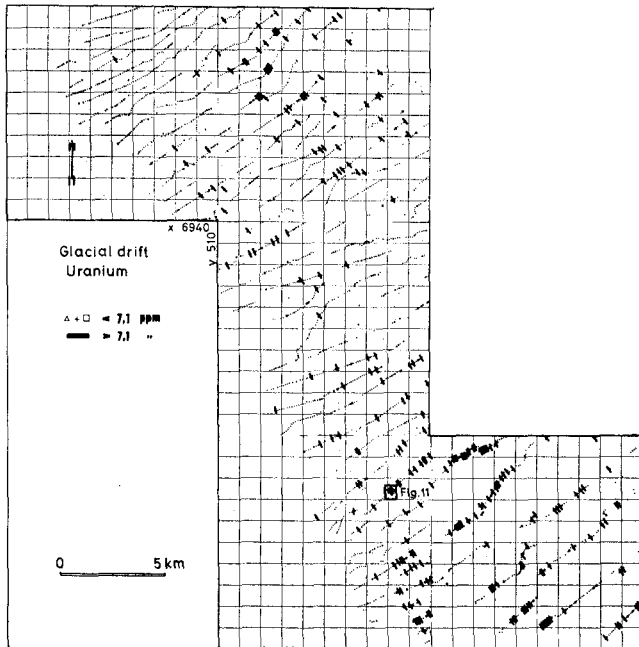
ilta ja jatkuu Enon ja Kiihtelysvaaran kautta kaakkoon Karjalaisten liuskeiden ja pohjagneissialueen kontaktin suuntaisena.

Kuvassa 9 (4313) on esitetty anomaliavyöhykkeen luoteispää Kolin kohdalla. Kaikki tunnetut uraaniaiheet antavat järvien pohjasedimentteihin anomaalisen korkeat uraanipitoisuudet. Lisäksi on anomaliaita, joiden kohdalla ei tunneta uraaniaiheita ja joiden selvittämiseksi olisi suoritettava jatkotutkimuksia. Kuvassa 9 (4241) on esitetty sama uraanianomaliavyöhyke Kiihtelysvaaralta, missä se esiintyy pääasiassa pohjagneissialueella.

Järvien pohjilla esiintyvien anomalioiden selvittämiseksi on yleensä aluksi suoritettu näytteenotto purojen pohjilta. Näin on monessa tapauksessa pystytty osoittamaan, mistä suunnasta anomalia on jokia pitkin levinn-



Kuva 10. Uraanipitoisuudet järvi- ja purosedimenteissä Kälkäjärvessä ja sen ympäristössä. Karttalehti 4243 04. **Fig. 10.** Uranium contents in lake and stream sediments in the Kälkäjärvi area, map sheet 4243 04.



Kuva 11. Uraanipitoisuudet moreenissa karttalehdellä 4241. Alue on merkitty kuvaan 9.
Fig. 11. Uranium contents in drift on map sheet 4241. The area is indicated in Fig. 9.

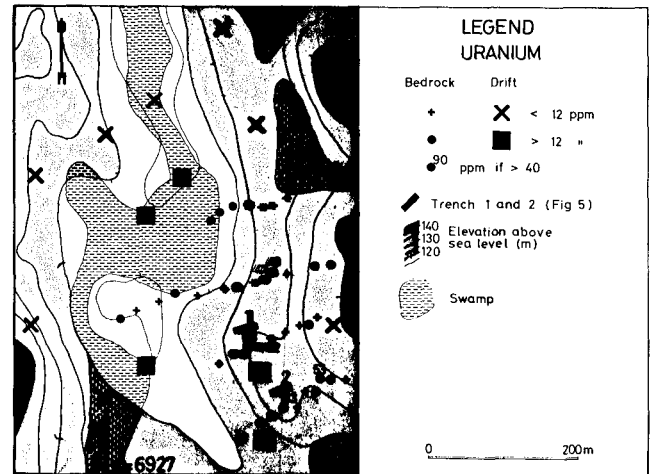
nyt järveen. Kuvassa 10 on esitetty tapaus, missä korkeat uraanipitoisuudet järven pohjassa ovat peräisin järven eteläpuolelta. Seuraavassa vaiheessa tehtyjen moreenitutkimusten avulla löydettiin heikko uraniaihe kalliosta.

Kiitelysvaaran karttalehdellä (4241) analysoitiin uraani 2200 moreeninäytteestä järvisedimenteissä tavatulta uraanianomaliavyöhykkeeltä. Moreenissa on runsaasti pisteitä, joissa on poikkeavan korkeat uraanipitoisuudet (kuva 11). Nämä pisteet muodostavat usein yhtenäisiä ryhmiä vyöhykkeessä, joka melko tarkkaan yhtyy järvisedimenteissä olevaan anomaliavyöhykkeeseen.

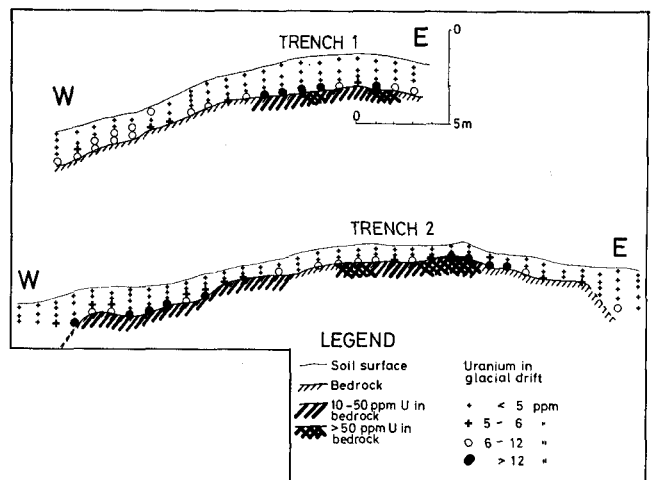
Erillisten uraanianomalioiden selvittämiseksi on suoritettu tihennetty täydennysnäytteenotto moreenista. Kymmenkunta anomaliaa on tähän mennessä tarkistettu ja kaikkien kohdalla on havaittu, että ne jatkuvat yleensä N-S-suunnassa.

Moreenissa olevien uraanianomalioiden alkuperän selvittämiseksi on suoritettu kallionäytteenottoa traktoriin asennetulla pneumaattisella iskuporalla. Pohjois-Karjalassa on suoritettu selvittelytyöitä syvämoreeni- ja kallionäytteitä tutkimalla viiden moreenissa olevan uraanianomalian kohdalla. Kaikissa tutkituissa tapauksissa on kalliosta löytynyt uraniaihe, tosin taloudellisesti todennäköisesti merkityksetön.

Uraanianomaliat moreenissa sijaitsevat usein kosteassa laaksossa, vaikka aihe kalliosta on ylempänä rinteessä (kuva 12). Mäen päällä anomalian korkeat pitoisuudet esiintyvät ainoastaan kallion välittömässä läheisyydessä. Rinteen alaosassa, missä pohjaveden pinta nousee kallion pinnan yläpuolelle, esiintyy anomaalisia pitoisuuksia myös ylempänä moreenissa. Uraani moreenissa on to-



Kuva 12. Uraanipitoisuudet kalliosta ja moreenissa eräässä tutkimuskohteessa karttalehdellä 4241 04. Alue on merkitty kuvaan 11.
Fig. 12. Uranium contents in bedrock and drift in a follow-up area indicated in Fig. 11.



Kuva 13. Uraanipitoisuudet kahden tutkimusojan seinämissä ja kalliosta. Ojat on merkitty kuvaan 12.
Fig. 13. Uranium contents in two trenches indicated in Fig. 12.

dennäköisesti pohjaveden kuljettama ja siksi anomaliat siinä esiintyvät pääasiallisesti pohjaveden pinnan alapuolella. Kuvassa 13 on esitetty uraanimineralisaation yli rinteeseen kaivettujen tutkimusojien seinämien uraanipitoisuudet.

Uraani on ehkä helpoimmin liukeneva ja liikkuvaisin niistä alkuaineista, mitä geokemian osasto on tutkinut. Uraani on pääasiallisesti kulkeutunut moreenissa pohjaveden mukana, joten anomalian emäkallion löytäminen on usein vaikeampaa kuin mekaanisesti kulkeutuneen aineksen emäkallion löytäminen. Kun järvi- ja purosedimenteissä sekä moreeneissa olevien uraanianomalioiden emäkallio on kuitenkin pystytty verraten helposti paikantamaan, olettaisi, että muidenkin alkuaineiden anomalioiden emäkallion löytäminen onnistuu samanlaisin keinoin.

Metallisen titaatin valmistusmahdollisuudet

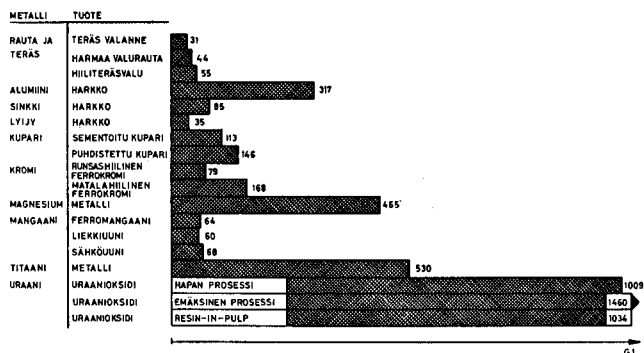
Tekn.lis. Tapio Mäntylä ja prof. Pentti Kettunen
Tampereen teknillinen korkeakoulu,
Materiaaliopin laitos

JOHDANTO

Titaani on hyvin yleinen alkuaine. Se on yhdeksänneksi yleisin alkuaine maankuoressa ja esimerkiksi hiileen verrattuna sen määrä on kaksikymmenkertainen. Litosfäärin keskimääräinen titaanipitoisuus on n. 0,63 painoprosenttia.

Vaikka titaani nykyään alkaa olla melko yleinen käyttömetalli (vuosituotanto n. 30—50 000 t), sen teollinen valmistus on hyvin nuorta. Nykyiset teolliset valmistusmenetelmät pohjautuvat W. J. Krollin /1/ vuosina 1937—46 kehittämään menetelmään, jossa lähtöaineena käytettävä $TiCl_4$ pelkistetään suojakaasussa Mg:lla. Tätä aikaisemmin pystyttiin sitkeää titaania valmistamaan vain laboratoriomittakaavassa van Arkelin ja de Boerin /2/ 1920-luvulla kehittämällä jodidi-prosessilla, joka perustui TiJ_4 :n termiseen hajaantumiseen. Nämä metallisen titaatin valmistusvaikeudet aiheutuvat sen kyvystä liuottaa runsaasti epämetalleja (kuten O, C, H, N) hilansa välisijoihin sekä taipumuksesta muodostaa niiden kanssa stabiileja yhdisteitä. Ennen Krollin kehittämää suojakaasupelkistystä ei näiden epäpuhtausatomien määrää pystytty saamaan niin alhaiseksi ja hallituksi, että saadulla titaanilla olisi ollut käytännön merkitystä konstruktiomateriaalina.

Metallisen titaatin valmistuksen hankaluus käy myös ilmi kuvasta 1, jossa on verrattu eri metallien valmistamiseen kuluvaa kokonaisenergiaa. Kuvan luvut perustuvat USA:ssa käytettyihin valmistusmenetelmiin vuonna 1973 /3/.



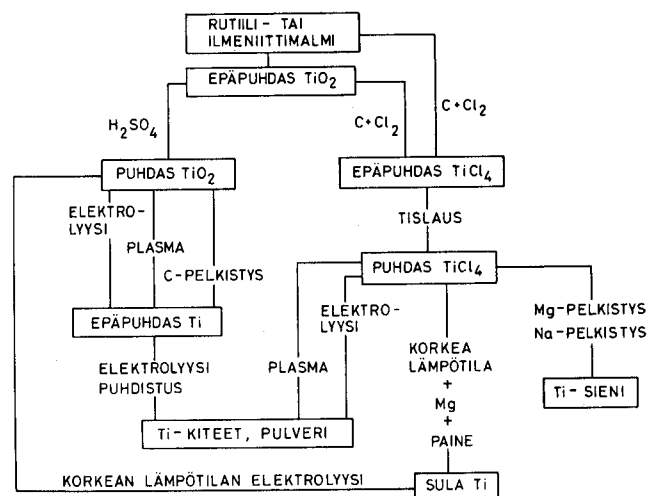
Kuva 1. Tarvittava kokonaisenergia tonnia kohti tuotetta USA:ssa vuonna 1973 /3/.

Fig. 1. Total energy needed for one ton of product in USA in 1973.

Seuraavassa esityksessä tarkastellaan titaatin valmistusta malmista metalliksi. Tällöin käydään läpi nykyisin teollisesti sovelletut valmistusmenetelmät, niiden vaikeudet ja kehityksen nykytila. Lisäksi tarkastellaan muita mahdollisia menetelmiä, joissa kehitys ei vielä tällä hetkellä ole niin pitkällä, että niitä voitaisiin soveltaa teollisesti.

MALMISTA METALLIKSI

Kuvassa 2 on kaaviollisesti esitetty ne eri valmistusvaiheet ja -menetelmät, joita on käytetty titaatin tuottamiseen joko laajassa mittakaavassa teollisuudessa tai ainoastaan laboratorioissa. Lähes kaikki nykyisin valmistettava metallinen titaani saadaan kuvan oikeassa reunassa olevien vaiheiden kautta. Tällöin siis rutiili ensin kloorataan titaanitetraoksidiksi, joka edelleen puhdistetaan. Puhdas TiO_2 pelkistetään edelleen joko Mg:lla (Krollin menetelmä) tai Na:lla (Hunterin menetelmä) titaanisieneksi, josta sitten edelleen sulatetaan kiinteää metallia. Seuraavassa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin kuvan 2 eri vaiheita, kehityksen nykytilaa ja mahdollisia menetelmien kehittämisen tiellä olevia esteitä.



Kuva 2. Eri menetelmiä metallisen titaatin valmistamiseksi malmeista /4/.

Fig. 2. Different methods for production of titanium metal from titanium ores.

TÄRKEIMMÄT MALMIT

Metallisen titaatin valmistuksen kannalta tärkein titaanimalmi on rutiili (TiO_2). Tällä hetkellä esim. USA:ssa titaanimalmistajat lähes poikkeuksetta käyttävät rutiilimalmia titaanitetrakloridin lähtöaineena. Rutiilia saadaan lähinnä hiekkasiintymistä, joista tärkeimmät sijaitsevat Australiassa ja Sierra Leonessa. Australia tuottaa yli 90 % länsimaiden rutiilista. Koska hyvälaatuiset rutiiliesiintymät ovat rajoitettuja, on viime vuosina voimakkaasti tutkittu mahdollisuuksia myös huonompilaatuisten titaanimalmien hyödyntämiseksi. Näistä ylivoimaisesti tärkein on ilmeniitti ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$), jota esiintyy sekä kallioperässä että hiekkasiintyminä. Huomattavimpia ilmeniitin tuottajia ovat länsimaissa Australia, Kanada, Suomi, Intia, Norja, Malesia ja USA. Taulukossa 1 on esitetty joitakin nykyisin käytettyjen rutiili- ja ilmeniittimalmien tyyppianalyyskejä.

On huomattava, että suurin osa nykyisin käytettävästä titaanimalmista menee valkoisen väripigmentin valmistamiseen. Esim. USA:ssa vain n. 10 % käytetystä malmista jalostetaan metalliksi.

SYNTEETTISEN RUTILIN VALMISTUS

Yleisimmin synteettistä rutiilia valmistetaan ilmeniitistä, jossa titaanidioksidi esiintyy yhdistyneenä rautaoksidei-

hin. Siksi synteettisen rutiilin valmistuksen tärkein tehtävä on raudan erottaminen malmista. Ilmeniittiä voidaan suoraan käyttää kloorauksen lähtöaineena valmistettaessa titaanitetrakloridia, jolloin myös rauta kloorautuu. Rautakloridin poisto ja kloorin uudelleenkierrätys aiheuttavat kuitenkin prosessiteknilisiä vaikeuksia, kuten titaanikloridin puhdistusta käsittelevässä kohdassa tulee tarkemmin puhe, joten mahdollinen rautaoksidien poisto jo ennen kloorausta, mikäli se pystytään taloudellisesti suorittamaan, yksinkertaistaa huomattavasti titaanimalmistuksen myöhempiä vaiheita.

Ilmeniitin suora pelkistys raudaksi ja TiO_2 :ksi on hankalaa, koska ilmeniitti on poikkeuksellisen stabiili yhdiste. Rauta voidaan kuitenkin muuttaa erilaisilla hapetuspelkistyskäsitteilyillä sellaiseen muotoon, että se voidaan liuottaa pois happokäsittelyllä. Tällainen menetelmä on esim. ns. Murso-prosessi /6/. Hapetus suoritetaan 1173—1223 K:n lämpötilassa leijupatjamenetelmällä. Reaktio ei ole riittävän eksotermisen, vaan reaktoriin on suihkutettava polttoaineen ja ilman seosta, jotta reaktiolämpö pysyisi haluttuna. Tällöin hapettavan kaasun happipitoisuudeksi muodostuu n. 10 %. Hapetuksessa muutetaan ilmeniitin kahdenarvoinen rauta kolmenarvoiseksi. Hapetusta seuraava pelkistys suoritetaan 1123—1173 K:n lämpötilassa leijupatjamenetelmällä käyttäen pelkistyskaasuna seosta, jossa on 70 % H_2 , 13 % CO , 13 % CO_2 ja 4 % H_2O . Pelkistyksessä muutetaan kolmenarvoinen rauta jälleen kahdenarvoiseksi. Käsittelyn molemmissa osavaiheissa ilmeniitin virherakenne lisääntyy. Samanaikaisesti ilmeniittirakeen halkaisija pienenee esim. alkuperäisestä n. 200 μm :stä alle 5 μm :n.

Pelkistyksen jälkeen suoritetaan happokäsittely 20 % HCl :lla 381—383 K:n lämpötilassa normaalipaineessa 3—4 tunnin ajan. Tällöin suurin osa rautaoksidista, sekä myös mangaani-, magnesium- ja vanadiinioksidit ja osa alumiinioksidista saadaan liuotettua pois. Tyypillinen Murso-prosessilla tuotettu synteettinen rutiili sisältää 96 % TiO_2 , 1,5 % Fe_2O_3 , 0,07 % MnO , 0,08 % MgO ja 0,05 % V_2O_5 .

Volk ja Stotler /7/ ovat kuvanneet vastaavanlaisen synteettisen rutiilin valmistusprosessin, missä pelkistimenä käytetään puhdasta vetyä. Reaktiolämpötila on tällöin 1073—1273 K. Pelkistys voidaan suorittaa myös hiilen avulla /8, 9, 10, 11/. Arizoniitin ($\text{Fe, Al Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{TiO}_2$) pelkistämiseksi on Neuvostoliitossa käytetty myös maakaasua /12/. Raudan erottamiseksi suoritettava happokäsittely voidaan tehdä rikkihapolla, ammoniumkarbonaatilla, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, tai laimealla suolahapolla. Lisäksi pelkistynyt rauta voidaan erottaa käyttämällä niin korkeaa lämpötilaa (> 1873 K), että rauta sulaa, jolloin se sellaisenaan erottuu /8/.

Ilmeniitti voidaan käsitellä myös rikkivedyllä 1273 K:ssa, minkä jälkeen rautasulfidi voidaan poistaa kiehuvalle laimealle suolahapolla. Menetelmällä voidaan saada rutiilipitoisuudeksi n. 91 % /13/.

Synteettisen rutiilin valmistus on jo useiden menetelmien osalta kehitetty kaupalliselle asteelle ja näyttääkin ilmeiseltä, että tätä tietä pystytään turvaamaan metalli- ja pigmenttiteollisuuden hyvälaatuisen rutiilin saanti tulevaisuudessa.

Taulukko 1. Tyypillisiä rutiili- ja ilmeniittimalmien analyysejä /5/.

Table 1. Some typical analyses of rutile and ilmenite ores.

Rutiili

Alkuaine tai yhdiste	Pitoisuusalue p%
TiO_2	93,5 — 98,5
CaO	0,02 — 0,08
Rauta ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$)	0,3 — 1,0
Nb_2O_5	0,10 — 0,55
V_2O_5	0,2 — 0,8
Cr_2O_3	0,1 — 0,4
ZrO_2	0,04 — 1,0
SiO_2	0,2 — 1,1
MgO	0,01 — 0,2
Al_2O_3	0,05 — 0,9
MnO	0,04 — 0,2
S	< 0,01 — 0,04
P	< 0,01 — 0,02

Ilmeniitti

Alkuaine tai yhdiste	Pitoisuusalue p%		
	Australia	USA	Intia
TiO_2	47 — 57	44 — 65	54 — 61
FeO	14 — 27	4 — 40	9 — 27
Fe_2O_3	11 — 26	1 — 26	14 — 25
MnO	0,5 — 1,8	0,05 — 1,4	0,3 — 0,4
MgO	0,2 — 2	0,05 — 2,4	0,6 — 1,0
Cr_2O_3	0,02 — 4	< 0,01 — 0,3	0,05 — 0,25
P_2O_5	0,02 — 0,04	0,01 — 1,0	0,1 — 0,3
V_2O_5	0,10 — 0,22	< 0,01 — 0,20	0,1 — 0,6
SiO_2	0,1 — 1,5	0,3 — 4,6	0,4 — 1,4
CaO	0,02 — 0,2	0,05 — 1	0,05 — 0,2
Al_2O_3	0,5 — 4	0,1 — 3	0,9 — 1,3
ZrO_2	< 0,01 — 0,1	< 0,01 — 0,6	0,5 — 2,2

RUTIILIN PELKISTYS

Rutiilin suora pelkistys on hankalaa reaktion vaatiman suuren energiamäärän vuoksi ja siksi, että hapella on epätavallisen suuri liukoisuus titaaniin. Riittävän pieniin happipitoisuuksiin päästään titaaniin sulamispisteen alapuolella ainoastaan kalsiumilla. Kalsiumin ja kalsiumoksidin tasapainohapenpaine 1273 K:ssa aiheuttaa titaaniin jäännöshappipitoisuuden 0,05 p⁰%. Puhtaan kalsiumin käyttö pelkistykseen ei ole kuitenkaan taloudellisesti ajateltavissa /14/.

Titaanimetallia rutiilista voidaan valmistaa lähinnä seuraavilla tavoilla:

- 1) rutiilista valmistetaan titaanitetrakloridia, joka sitten pelkistetään
- 2) rutiili puhdistetaan ja siitä valmistetaan metallia
 - a) suoralla elektrolyytisellä pelkistyksellä
 - b) plasmapelkistyksellä
 - c) hiilipelkistyksellä

Titaanitetrakloridin kautta rutiilista pystytään valmistamaan nykyisin riittävän puhdasta metallia. Sen sijaan muiden valmistusmenetelmien reaktiotuote on edelleen puhdistettava, jotta saatavalla metallilla olisi käyttöarvoa.

Suora elektrolyyttinen pelkistys

Yksinkertaisin elektrolysointimenetelmä rutiilille olisi sellainen, missä titaanioksidi liuotettaisiin kalsiumfluoriditai kalsiumkloridielekrolyttiin ja elektrolysointi suoritettaisiin samalla tavalla kuin alumiinin elektrolyysissä. Vaikeutena kuitenkin on hapen liukeneminen muodostuvaan metalliin, vaikka käytettäisiinkin alhaista TiO₂-pitoisuutta elektrolyytissä. Elektrolyysi onkin suoritettava useamman kerran, jotta saataisiin puhdasta metallia /4/.

Hashimoto ym. /15/ ovat elektrolysoineet rutiilia korkean lämpötilan (2073 K) kylvyssä, missä elektrolyytinä oli joko CaF₂-TiO₂ (1–10 p⁰%) tai CaF₂-CaTiO₃ (10 p⁰%) ja grafiitti anodina sekä muodostunut sula titaani kato-dina. Syntyvän sulan titaaniin epäpuhtaudet (O+C) olivat 2–4 %.

Plasmapelkistys

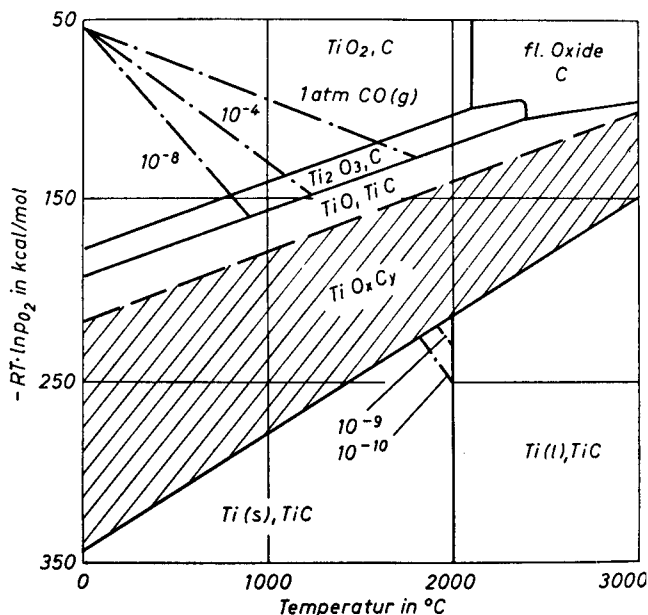
Pelkistymisen edellyttämä korkea lämpötila on mahdollista saavuttaa plasmakammiossa, minne TiO₂ tuodaan hienona pulverina. Titaanidioksidi sulaa pieniksi pisaroiksi. Nämä pisarat voidaan pelkistää vedyllä johtamalla sitä kammioon TiO₂-virtaa vastaan. Tällöin pelkistyminen tapahtuu vaihtoreaktorilla, jolloin reaktiotuotteena syntyy vesihöyryä ja pieniä sulia titaanipisaroita. Suoritetuissa pelkistyskokeissa menetelmällä saatiin metallia, jonka Ti-pitoisuus oli 99,8 %. Lähtöaineena käytettiin pigmenttialaatuista TiO₂:ta ja reaktiokaasuna vedyn ja heliumin seosta /16/.

Hiilipelkistys

Hiilen käyttöä erilaisten erikoismetallioksidien pelkistämisenä on tutkittu hyvin laajasti lähinnä pelkistimen halpuuden vuoksi. Suuressa mittakaavassa sitä on sovellettu erikoismetalleista kuitenkin vain niobin valmistukseen

/17/. Hiilipelkistystä voidaan soveltaa vain silloin, kun seuraavat ehdot ovat täytetyt /18/:

- a) Työskentely on voitava suorittaa niin korkeassa lämpötilassa, että hiilimonoksidin tasapainopaine on riittävä suuri, jotta CO voidaan poistaa konventionaalisella vakuuulaitteistolla systeemistä.
 - b) Sulia faaseja, jotka usein esiintyvät ternäärisenä eutektikumina oksidi-karbiidi-seoksessa, ei saa esiintyä. Jos sulia faaseja esiintyy, aiheuttaa se huokosten tukeutumista, mikä vaikeuttaa CO:n poistoa. Lisäksi sulat reagoivat hyvin helposti vuorausmateriaalin kanssa, mikä tuo epäpuhtauksia pelkistettävään metalliin.
- Kuvassa 3 on esitetty Ti-C-O-systeemin Pourbaix-diagrammi. Kuvaan on piirretty eri hiilimonoksidin osapaineita vastaavat tasapainokäyrät. Näiden käyrien ja faasirajojen leikkauspisteistä saadaan kutakin tasapainoa vastaava happipotentiaali ja lämpötila.



Kuva 3. Ti-C-O-systeemin Pourbaix-diagrammi /18/. (1 kcal/mol = 4,18 kJ/mol, 1 atm = 1,01 · 10⁵ Pa)
Fig. 3. Pourbaix diagram of the system Ti-C-O.

Taulukko 2. Erikoismetallien hiilipelkistykseen minimilämpötilat (K) eri hiilimonoksidin paineilla /18/.

Table 2. The minimum temperatures for carbon reduction for different pressures of CO.

Metalli	P _{CO} [Pa]			
	10	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻⁵
Ti	—	—	2030	1830
Zr	—	—	2300	2000
Hf	—	—	2300	2000
V	—	1760	1530	—
Nb	—	1690	1490	—
Ta	—	1700	1500	—
Cr	1530	1320	—	—
Mo	930	800	—	—
W	820	710	—	—

Kuvasta 3 ja taulukosta 2 käyvät hyvin selville ne vaikeudet, jotka liittyvät TiO_2 :n hiilipelkistykseen. Jotta saataisiin riittävän vähähappista titaanimetallia, joudutaan toimimaan hyvin lähellä titaanin sulamispistettä ja hiilimonoksidin paine on alennettava pienemmäksi kuin 10^{-4} Pa. Hiilipelkistyksellä ei siis pystytä valmistamaan puhdasta metallista titaania, vaan reaktiotulos on puhdistettava edelleen elektrolyyttisesti. Kieffer ym. /18/ saivat menetelmällä lopputuotetta, jonka hiilipitoisuus oli 3,5 p% ja happipitoisuus 2,3 p%.

Vaikka hiilipelkistys ei suoraan sovellukaan puhtaan titaanin valmistamiseen, voidaan menetelmällä valmistaa suhteellisen puhtaita titaaniseoksia, joissa toisena osapuolena on helpommin pelkistävä metalli. Kieffer ym. /18/ ovat valmistaneet menetelmällä esim. melko puhdasta 60Mo-40Ti-seosta.

Tällä hetkellä hiilipelkistuksen käyttö korkeissa lämpötiloissa rajoittuu siis kiinteitten faasien pelkistämiseen, jolloin viimeinen käsittely voidaan suorittaa ns. suorana sintrauksena. Tällöin kappaletta kuumennetaan johtamalla sähköä sen läpi, jolloin kuuma kappale ei joudu kosketuksiin uunin vuorauksen kanssa. Kappaleesta irtoavat kaasut poistetaan vakuuilla.

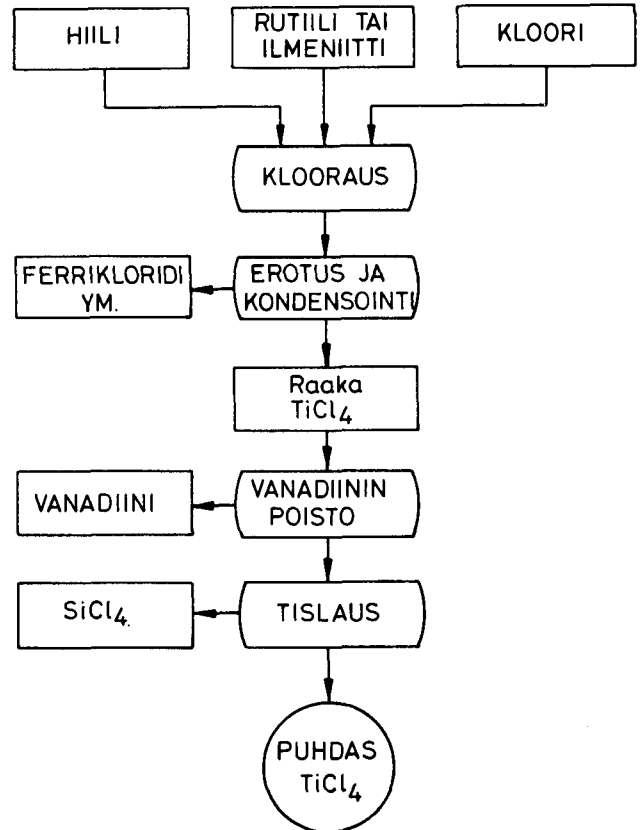
Jotta hiilipelkistystä voitaisiin käyttää myös puhtaan titaanin valmistamiseen, epäpuhtauksien liukeneminen vuorauksesta on estettävä myös sulatuksen aikana. Erään mahdollisuuden tähän antaa ns. skull melting technique /17/. Toisaalta nykyiset valokaarivakuuuiunit tai elektronisulatusuunit mahdollistavat riittävän korkean lämpötilan ja vakuumin, joten riittävä tekniikka on olemassa. Laitteiden kalleus kuitenkin nostaa saatavan tuotteen kustannuksia.

TITAANITETRAKLORIDIN VALMISTUS

Koska kaikki nykyisin teollisesti valmistettu titaani on tavalla tai toisella pelkistetty titaanitetrakloridista, tarkastellaan seuraavassa hieman tarkemmin sen eri valmistusvaiheita. Suurin osa nykyisin käytetystä titaanitetrakloridista, niin pigmentti- kuin metalliteollisuudessaakin, kloorataan rutiilista. Kuten aiemmin oli puhe, harvinaiseksi käyvän luonnonrutiilin sijasta kloorauksen lähtömateriaalina on mahdollista käyttää myös suoraan ilmeniittiä, jolloin vältetään synteettisen rutiilin valmistukselta. Tällöin titaanitetrakloridin valmistus on vaiheiltaan suunnilleen samanlainen kuin rutiilin yhteydessä, joskin eri vaiheet painottuvat eri tavalla. Seuraavassa tarkastellaan molempia valmistusprosesseja rinnan. Kuvassa 4 on esitetty titaanitetrakloridin valmistuksen lohkokkaavio.

Klooraus

Klooraus suoritetaan leijupatjamenetelmällä 1070–1270 K:n lämpötilassa. Kloorauskammioon syötetään klooria ja hiiltä malmin lisäksi. Hiilen tarkoituksena on sitoa oksidimalmeista vapautuva happi. Klooraus-pelkistysreaktiot ovat niin eksotermisiä, että ne pystyvät ylläpitämään riittävän kloorauslämpötilan alkukuumennuksen jälkeen. Reaktiopaine on hieman ilmanpainetta korkeampi. Jos kloorattavan lähtömalmin rutiilipitoisuus on 94–96 %, niin tämä saadaan muuttumaan lähes sata-



Kuva 4. Titaanitetrakloridin valmistus pelkistyskloorauskäsittelyllä rutiilista tai ilmeniitistä /5/.

Fig. 4. The flowsheet for $TiCl_4$ production from rutile and ilmenite.

prosenttisesti titaanitetrakloridiksi. Jos kloorataan ilmeniittiä, jonka TiO_2 -pitoisuus on 60 %, niin 90 % titaanin määrästä saadaan titaanitetrakloridiksi. Samoin n. 90 % ilmeniitin raudasta kloorautuu. Dooleyn /5/ mukaan rutiilin kloorauksessa yhden $TiCl_4$ -kilon valmistukseen tarvitaan normaalisti 0,46 kg rutiilia, 0,80 kg klooria ja 0,125 kg hiiltä.

Lähes kaikki malmassa epäpuhtautena olevat metallit kloorautuvat myös käsittelyssä. Huomattavin epäpuhtaus on rauta, jonka klorideja, ilmeniittiä käytettäessä, muodostuu runsaasti. Normaalisti rauta on käsittelyn jälkeen ferrikloridina ($FeCl_3$). Jos käsittelyssä käytetään riittävästi klooria, on epätodennäköistä, että ferrokloridia ($FeCl_2$) muodostuisi merkittävässä määrin. Niillä osapaineilla, joita kloorauksessa normaalisti käytetään, ferrikloridi desublimoituu suoraan kiinteäksi aineeksi. Tätä ferrikloridin ominaisuutta käytetään hyväksi $TiCl_4$:n puhdistuksessa, kuten myöhemmin tulee puhe. Jos käytetään alhaista kloorimäärää, niin kloorauksessa muodostuu huomattavia määriä ferrokloridia, joka kondensoituu nesteeksi hieman yli 870 K:n lämpötilassa. Ferrokloridin sulamispiste on n. 940 K ja sen kiehumispiste on n. 1370 K. Kloorauksessa normaalisti käytettävillä osapaineilla ferrokloridi kondensoituu lämpötila-alueessa 670–1320 K ja se voi muodostaa muiden aineiden kanssa liuoksia, joiden sulamispiste on alhaisempi kuin puhtaan ferrokloridin.

Varsinaisen kloorauskäsittelyn kulkua hankaloittavat epäpuhtaudet ovat MgO ja CaO. MgO kloorautuu käsittelyssä, mutta muodostuneen MgCl₂:n kastepiste on niin korkea, että sillä on taipumus tiivistyä kloorauskammion yläosaan ja poistoputkiin. CaO taas puolestaan vaikeuttaa leijupatjan muodostumista.

Muut metallioksidit kloorautuvat käsittelyssä lähes kokonaan ja metallit muodostavat epäpuhtausklorideja titaanitetrakloridiin. Huomattavimmat näistä epäpuhtauksista ovat erilaiset V-, Zr-, Cr-, Al-, Mn-, Nb-, Si ja Sn-kloridit.

Titaanitetrakloridin puhdistus

Kun metallista titaania valmistetaan Mg- tai Na-pelkistyksellä, lopputuotteen puhtaus riippuu suoraan TiCl₄:n puhtaudesta. Dooleyn /5/ mukaan metallisen titaanin valmistukseen käytettävän titaanitetrakloridin tulee täyttää taulukossa 3 esitetyt vaatimukset.

Taulukko 3. Metallisen titaanin valmistukseen käytettävän TiCl₄:n puhtausvaatimukset /5/.

Table 3. The purity requirements of TiCl₄ for production of metallic titanium.

Epäpuhtaus	Suurin sallittu pitoisuus, ppm
Alumiini	5—10 ppm
Antimoni	5—10 ppm
Arsenikki	10—15 ppm
Kromi	2— 5 ppm
Kupari	2— 5 ppm
Rauta	10—30 ppm
Lyijy	1— 5 ppm
Nikkeli	2— 5 ppm
Pii	10—30 ppm
Tina	10—25 ppm
Vanadiini	5—20 ppm

Kuumasta kloorauskammiosta lähtevät kaasut voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- 1) kaasut, joiden kastepiste on huoneenlämpötilan alapuolella, kuten HCl ja CO
- 2) höyrystyneet nesteet, kuten TiCl₄ ja useimpien muiden metallien kloridit
- 3) sublimoituneet kiinteät kloridit, pääasiassa ferrikloridi.

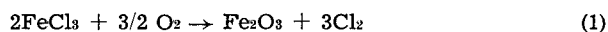
Ferrikloridin poistaminen kloorauskammiosta lähtevistä kaasuista on käytännön titaanitetrakloridin valmistuksen teknisesti hankalin vaihe. FeCl₃ desublimoituu kaasuista lämpötila-alueessa 570—450 K, joten sen erottaminen on järjestettävä ennen kaasujen jäähtymistä. Muutoin kiinteä FeCl₃ tukkii laitteiston putket. FeCl₃ voidaan poistaa lähinnä seuraavilla tavoilla:

- a) FeCl₃ kondensoidaan TiCl₄:lla siten, että kuumia kloorauskaasuja pestään kylmällä TiCl₄-nesteellä. Tuloksena muodostuu FeCl₃-suspensio TiCl₄:iin.
- b) Kloorauskammiosta tulevat reaktiokaasut jäähdytetään lämpötilaan, joka on n. 15 K FeCl₃:n sublimoitumislämpötilan yläpuolella. Tämän jälkeen suihkutetaan nestemäistä TiCl₄:a tasaisesti kaasuun siten, että suurin osa FeCl₃:sta kondensoituu ja poistuu kaasusta. Suihketettu TiCl₄ höyrystyy mukaan kaasuihin. Menetelmä vaatii hyvin tarkkaa TiCl₄-suihkutuksen hallintaa, jotta kaikki TiCl₄ saataisiin höyrystymään ja kaikki FeCl₃ poistumaan kaasusta.
- c) Käytetään kaksivaiheista prosessia, missä aluksi kaasut jäähdytetään nopeasti niin alhaiseen lämpötilaan, että

FeCl₃ ei enää pysty muuttumaan FeCl₂:ksi ja sen jälkeä suoritetaan uusi jäähdytys 60—70 K TiCl₄:n kastepisteen yläpuolella.

Erotettu FeCl₃ saadaan yleensä prosessista hienojakoisena pölynä. Tämä sisältää jonkin verran myös muita klorideja, jotka pyrkivät reagoimaan ilman kosteuden kanssa ja muodostamaan kloorivetysumua. Tämä muodostaa huomattavan ympäristöhaitan, mikäli FeCl₃ joutuu suoraan kosketuksiin ilman kanssa. Lisäksi tietyt jäännöskloridit FeCl₃:ssa, varsinkin TiCl₄, ovat hyvin korrodoivia ja vaikeuttavat FeCl₃:n myöhempää käsittelyä.

Ilmeniitin kloorauksen yhteydessä muodostuu huomattavia määriä FeCl₃:a, mikä sellaisenaan aiheuttaa huomattavan ekologisen uhan sekä sitoo runsaasti kallista lähtöainetta, klooria. Esimerkiksi 25 % rautaoksidia sisältävää ilmeneettä käyttävä kloorauslaitos, jonka TiCl₄-tuotanto on tuhannen tonnia kuukaudessa, tuottaa yli 500 tonnia FeCl₃:a sivutuotteena. FeCl₃:n muuttamiseksi vähemmän vaaralliseksi ja kloorin palauttamiseksi uudelleen prosessiin, on viime vuosina kehitetty menetelmä, jossa FeCl₃ hapetetaan hematiitiksi yhtälön



mukaisesti. Menetelmää on kokeiltu laboratoriomittakaavassa, mutta sitä ei ole vielä sovellettu teollisesti /19/.

FeCl₃:n poiston jälkeen TiCl₄ sisältää muita epäpuhtausklorideja, joiden poisto suoritetaan kemiallisilla käsittelyillä siten, että epäpuhtaudet muutetaan TiCl₄:iin liukenemattomiksi yhdisteiksi tai vaihtoehtoisesti yhdisteiksi, joiden kiehumispiste on korkea, minkä jälkeen suoritetaan suodatus tai tislauk. Kemialliseen käsittelyyn soveltuvia reagensseja ovat erilaiset öljyt, erityisesti mineraali-, eläin- ja kasviöljyt, saippuat, kupari, hienoksi jauhetut metallit yksin tai emäksien kanssa, vety, rikki ja rikki-sulfidi.

Tällaista erikoiskäsittelyä edellyttävä epäpuhtaus on esim. vanadiinioksykloridi, VOCl₃, jonka kiehumispiste on hyvin lähellä TiCl₄:n kiehumispistettä, joten sitä ei voida suoraan tislata pois.

Yhteenveto titaanitetrakloridin valmistuksesta

Suurin osa edellä kuvatulla menetelmällä valmistetusta TiCl₄:stä käytetään nykyään väriteollisuudessa. Kaikki USA:ssa valmistettu metalli on toistaiseksi valmistettu TiCl₄:stä, mikä on kloorattu rutiilista. Ilmeniitin kloorausta on sovellettu vain väriteollisuudessa ja täälläkin vain harvojen valmistajien toimesta.

Ilmeniitin kloorauksen avainkysymys on ilman muuta FeCl₃:iin sitoutuneen kloorin palauttaminen uudelleen prosessiin. Tämä voidaan tehdä esim. edellä kuvatulla menetelmällä, jolloin sivutuotteena saadaan hematiittia. Joskin ilmeniitin hyväksikäyttö vaatii erikoiskäsittelyä FeCl₃:n osalta, voidaan toisaalta tietyjen ilmeniittimien yhteydessä välttää joitakin TiCl₄:n puhdistusvaiheita. Näin on asianlaita esim. sellaisten ilmeniittien tapauksessa, jotka sisältävät niukasti vanadiinioksidia. Vanadiinioksykloridin poisto on yksi rutiilipohjaisen TiCl₄:n peruspuhdistusvaiheita. Voidaankin todeta, että nykyään on olemassa teknillinen valmius laajentaa titaanitetrakloridin valmistusta myös ilmeniittipohjaiseksi. Tällöin siis ilmeniitti voidaan kloorata suoraan tai käyttää hyväksi aikaisemmin kuvattua synteettisen rutiilin valmistustietä.

Taulukko 4. Titaanin kloridien eri reaktioiden vapaaenergian arvoja muutamissa lämpötiloissa /14/.
Table 4. Free energies of some titanium chloride reactions in different temperatures.

Reaktio	ΔG^0 (kJ)					
	873 K	1023 K	1173 K	1323 K	1573 K	1873 K
$TiCl_4(g) + 1/2 H_2 = TiCl_3(s) + HCl$	+ 26,4	+ 36,8	+ 47,3			
$TiCl_4(g) + 1/2 H_2 = TiCl_3(g) + HCl$			+ 46,2	+ 23,3	+ 12,6	- 5,9
$TiCl_3(g) + 1/2 H_2 = TiCl_2(l) + HCl$			+ 30,1	+ 39,3	+ 47,7	
$TiCl_2(l) + H_2 = Ti(s) + 2 HCl$	+187,9	+165,7	+140,2	+123,4	+ 97,5	+ 66,1
$TiCl_2(l) = TiCl_2(g)$	+136,0	+117,6	+ 95,8	+ 68,6	+ 40,2	+ 6,7
$TiCl_3(s) = TiCl_3(g)$	+ 34,3	+ 13,8	- 7,1			
$TiCl_4(g) + Ti(s) = 2 TiCl_2(l)$		- 96,2	- 75,3	- 56,1	- 38,1	- 19,7
$TiCl_4(g) + TiCl_2(s) = 2 TiCl_3(s)$	- 17,6	+ 3,8				
$3 TiCl_4(g) + Ti(s) = 4 TiCl_3(g)$			- 49,8	- 73,6	-101,7	
$2 TiCl_3(g) + Ti(s) = 3 TiCl_2(g)$					+159,4	+107,9
$3 TiCl_2(s) = 2 TiCl_3(g) + Ti(s)$	+149,4	+101,7	+ 55,2			

s = kiinteä, g = kaasu, l = neste

TITAANITETRAKLORIDIN PELKISTYS

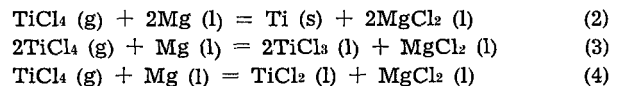
Titaanin kloridien vetypelkistystyksen vapaaenergiat (ks. taulukko 4) ovat normaaleissa prosessilämpötiloissa niin epäedulliset, että varsinaisia teollisia prosesseja ei näiden varaan voida rakentaa.

Tähänastinen titaanin valmistus onkin perustunut vetyä voimakkaampien pelkistäjien käyttöön, nimittäin Mg:n ja Na:n. $TiCl_4$:n elektrolyyttinen pelkistys on myös tällä hetkellä kehitetty hyvin pitkälle. Vetypelkistystä ei kuitenkaan voida sulkea mahdollisten menetelmien joukosta, sillä sen kilpailukyky on lähinnä kiinni reaktiolämpötilasta. Jos lämpötila pystytään nostamaan riittävän korkeaksi, muuttuu vapaaenergiatilanne edullisemmaksi. Tällainen korkea lämpötila voidaan saavuttaa esim. plasmatilassa /4/. Koska tästä plasmapelkistyksestä on tällä hetkellä olemassa niukasti julkaistuja tutkimustuloksia, keskitytään seuraavassa Mg- ja Na-pelkistykseen sekä $TiCl_4$:n elektrolyysiin.

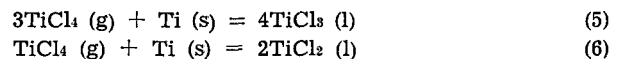
Mg-pelkistys

$TiCl_4$:n Mg-pelkistys l. ns. Krollin prosessi on se menetelmä, jolla metallista titaania valmistettiin ensimmäisen kerran teollisesti 1940-luvulla. Nykyään se on Na-pelkistytksen ohella tärkein titaaninvalmistusmenetelmä. Kuvassa 5 on esitetty menetelmän kaaviokuva.

Puhdistettu $TiCl_4$ ruiskutetaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuun kammioon, missä on sulaa Mg:a. Suojakaasuna käytetään argonia. Mg-pelkistytksen perusreaktiot ovat:

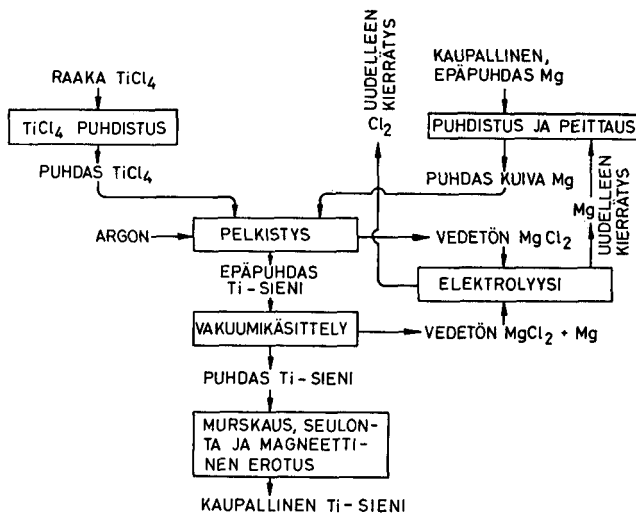


Lisäksi voi muodostunut Ti pelkistää $TiCl_4$:a alemmiksi klorideiksi:



Pelkistys suoritetaan normaalista lämpötila-alueesta 973—1073 K. Titaaninvalmistuksen pääreaktio on siis yhtälö 2, jonka tasapaino 1000 K:ssa on voimakkaasti oikealla ($\Delta G = -320$ kJ). Reaktio on voimakkaasti eksotermisen, joten reaktiolämpötila pystytään pitämään reaktorissa ilman lisälämmitystä. Pelkistystapahtuman loppuvaiheessa pyrkii reaktoriin muodostumaan Ti:n alempia klorideja yhtälöiden 3—6 mukaisesti. Nämä liukenevat sulaa $MgCl_2$:iin, mikä vaikeuttaa Ti:n pelkistystä.

Titaani pelkistyy kammioon sienenä, joka ulottuu kammion pohjalta sulaan magnesiumiin. Siksi reaktiotuotteita ei pystytä erottamaan ominaispainojen avulla, vaan Ti-sienen sisään jää runsaasti Mg:a, $MgCl_2$:a ja $MgCl_2$:n ja titaanin alempien kloridien liuoksia. Jotta reaktionopeus pysyisi tasaisena, poistetaan kammioista $MgCl_2$:a pelkistytksen aikana. Pelkistytksen loppuvaiheessa lopetetaan $TiCl_4$:n syöttö, minkä jälkeen titaanin alemmat kloridit pelkistyvät. Pelkistytksen lopputulokset ovat siis Ti-sieni, $MgCl_2$ ja ylimääräinen Mg. Ti-sienen laatuun vaikuttavat $TiCl_4$:n syöttönopeus ja se aika, jonka sieni on kosketuksessa $MgCl_2$:n kanssa. Jos $TiCl_4$:n syöttönopeus on suuri, niin sienestä syntyy hienorakeista ja epäpuhdasta.



Kuva 5. Mg-pelkistytksen prosessikaavio /1/.
Fig. 5. Practical flowsheet for Mg reduction.

Ti-sienessä epäpuhtautena oleva C on peräisin $TiCl_4$:sta, reaktiokammion seinämistä sekä vakuumisysteemin öljyhöyryistä. Ti-sienen eri alueista otetuissa analyyseissä on todettu C-pitoisuuden lisääntyvän kammion seinämien lähistöllä. Metallisella Mg:lla ei näytä olevan mitään ilmeistä vaikutusta tähän jakautumaan. N on jakautunut hiiltä tasaisemmin sieneen, joskin sen pitoisuus on suurin pintakerroksissa. Si:ä on runsaimmin lähellä reaktorin seinämiä. Fe:a ja Mg:a esiintyy eniten sienien pohja-kerroksissa.

O- ja N-epäpuhtaudet tulevat pääasiassa $TiCl_4$:sta. Tätä epäpuhtauspitoisuutta voidaan pienentää huuhtelemalla $TiCl_4$:ia argonilla viimeisen tislausvaiheen jälkeen. Reaktiokammion seinämistä irtoavia epäpuhtauksia voidaan välttää, kun kammio vuorataan puhtaalla titaanilla.

Ti-sieni sisältää siis pelkistykseen jälkeen noin viidesosan painostaan Mg:a ja $MgCl_2$:a. Näiden erotus suoritettiin aiemmin happokäsittelyllä, missä ne liuotettiin laimeaan HCl:oon. Nykyään tämä käsittely on korvattu vakuumikäsittelyllä, missä Ti-sienestä höyrytetään Mg ja $MgCl_2$. Käsittely suoritetaan n. 1073 K:n lämpötilassa, jolloin suurin osa klorideista saadaan pois. Optimaalisella käsittelyllä voidaan nykyään saada metallia, jonka kovuus on 80–90 HB.

Mg-pelkistys on nykyisellään kehitetty varsinaisena prosessina niin pitkälle, että mitään ratkaisevia parannuksia ei ole odotettavissa. Syntyvän Ti-sienen puhtautta vaikuttaa ratkaisevasti $TiCl_4$:n puhtaus. Varsinaista menetelmää voidaan optimoida kehittämällä $TiCl_4$:n syötettä, reaktorimateriaaleja, pyrkimällä vähäiseen Ti:n alempien kloridien muodostumiseen ja parantamalla reaktiotuotteiden käsittelyä.

Okov ja Ogurtsov /20/ ovat termodynaamisen tarkastelun perusteella päätyneet siihen, että Mg-pelkistyksessä ei saavuteta mitään varsinaisia etuja, vaikka se suoritettaisiin puhtaan Ti:n sulamispisteen yläpuolella (2273 K). Amerikkalainen Halomet Co /21/ on kuitenkin kehittänyt tällaisen valmistusmenetelmän. Menetelmällä voidaan valmistaa sekä sulaa Ti:a että Ti-seoksia. Prosessissa $TiCl_4$ reagoi Mg:n kanssa 2000 K:n lämpötilassa ja 0,5 MPa:n paineessa. Reaktiolämpötilaa säädetään $TiCl_4$:n ja sulan Mg:n lämpötilojen avulla. Sula Ti valuu reaktorin alaosaan, joka on vuorattu $MgAl_2O_4$:llä. Tämän reaktorinosan yläpuolella on kammion seinämässä vesijäähdytys, jolloin seinämän suojaksi muodostuu kiinteä 7–8 mm:n paksuinen $MgCl_2$ -kerros. Sula Ti voidaan laskea pois kammion alaosasta ja $MgCl_2$ sulan Ti:n yläpuolella olevasta aukosta. Menetelmä voi siis toimia jatkuvana, joten sillä voitetaan panosprosessi, yksi perinteisen Mg-pelkistykseen suurista haittapuolista.

Na-pelkistys

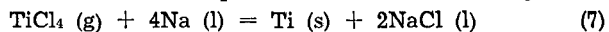
Na-pelkistys on menetelmänä hyvin läheistä sukua Mg-pelkistykselle. Teollisena menetelmänä sitä on sovellettu 1950-luvun puolivälistä lähtien. Na-pelkistykseen etuja Mg-pelkistykseen nähden ovat /22/:

- 1) Na:n alhainen sulamispiste (371 K) mahdollistaa sen tarkan syötön reaktoriin.
- 2) Na on helpommin puhdistettavissa kuin Mg.
- 3) NaCl ei ole niin hygroskooppinen kuin $MgCl_2$, eikä hydrolysoitu vesiliuoksissa.
- 4) Na voidaan poistaa happokäsittelyllä Ti-sienestä, jolloin ei tarvita vakuumikäsittelyä.
- 5) Reaktionopeus on suurempi kuin Mg-pelkistyksessä.
- 6) Na:n kierrätyksessä ovat häviöt huomattavasti pienemmät kuin Kroll-prosessissa.
- 7) Kuonanpoistoa ei tarvitse suorittaa pelkistykseen aikana. Tärkeimmät haitat ovat:

- 1) Reaktiolämpö on n. 70 % suurempi kuin Mg-pelkistyksessä.
- 2) Reaktiolaitteiden täytyy olla suurempia kuin Kroll-menetelmässä.
- 3) Turvallisuusvaatimukset ovat tiukemmat.

Pelkistysreaktiot Na:a käytettäessä muodostuvat hyvin komplisoiduiksi, koska osa reaktioista tapahtuu kaasuu-

faasissa. Kokonaistapahtumaa voidaan kuvata yhtälöllä:



Reaktion suuri reaktiolämpö voidaan hallita parhaiten siten, että pelkistys suoritetaan kahdessa vaiheessa. Aluksi $TiCl_4$ pelkistetään Na:lla $TiCl_3$:ksi ja NaCl:ksi. Lopuksi sulaan $TiCl_2$ -NaCl-liuokseen lisätään Na:a. Suurin osa reaktiolämmöstä vapautuu ensimmäisessä vaiheessa, joten toisen vaiheen lämpötila voidaan säätää melko tarkasti halutuksi. Tämä taas merkitsee sitä, että Ti:n muodostumista voidaan kontrolloida. Tällöin saadaan syntymään hyvin suuria kiteitä (esim. 140–150 mm:n pituisia /23/), mikä taas puolestaan parantaa saatavan Ti:n laatua, koska epäpuhtauksilla on taipumus rikastua pieniin kiteisiin.

Homme ja Wong /24/ ovat kehittäneet tästä kaksivaihepelkistyksestä matalan lämpötilan version, missä toisessa vaiheessa kiinteä $TiCl_2$ -NaCl-liuos pelkistettiin sulalla Na:lla. Tällöin reaktion saannoksi muodostui 58 % ja reaktiotuotteen keskimääräinen kovuus oli 76 HB. Osa syntyneistä kiteistä kasvoi 2,5–4 cm pitkeiksi ja erittäin puhtaiksi, niiden kovuus oli 54 HB.

NaCl poistetaan reaktiutuloksesta normaalisti liuottamalla laimealla happoliuoksella. Tämä on huomattavasti edullisempaa kuin Mg-pelkistykseen jälkeen käytetty vakuumikäsittely.

Elektrolysointi

Titaania ei pystytä elektrolysoimaan vesiliuoksista. Sen sijaan Ti:n elektrolysointiin voidaan käyttää sulasuola-elektrolyyttiä. Elektrolyytinä tällöin pyritään käyttämään eri suolojen eutektisia seoksia, jolloin seoksen sulamispiste on alhainen. Elektrolyytti ei saa sisältää Ti:a jalompia metalleja, joten kysymykseen tulevien suolanmuodostajien pitää kuulua periodisen järjestelmän ryhmään 1a ja 2a. Lisäksi suolojen on oltava vedettömiä, koska elektrolyytissä oleva vesi hapettaa saostuvaa Ti:a.

Koska $TiCl_4$:n liukoisuus suliiin suoloihin on hyvin vähäinen (alhainen kiehumispiste, 409 K), $TiCl_4$ on ennen varsinaista elektrolysointia muutettava alemmiksi klorideiksi (lähinnä $TiCl_3$:ksi), joiden liukoisuus suoloihin on parempi kuin $TiCl_4$:n. Tämä $TiCl_4$:n esipelkistys voidaan suorittaa usealla eri tavalla. Edullisin tapa tällä hetkellä näyttää olevan se, että $TiCl_4$ esipelkistetään elektrolyytisesti samassa kennossa, missä suoritetaan myös Ti:n alempien kloridien lopullinen pelkistys. Tämä voidaan suorittaa joko jatkuvana tai jaksollisena prosessina kennokonstruktiosta riippuen.

Koska useimmat suolat ovat hyvin hygroskooppisia ja koska syntyvä Ti reagoi hyvin helposti O:n ja N:n kanssa, elektrolyysi on suoritettava inertissä ja kuivassa atmosfäärissä. Kennokonstruktiosta on huolehdittava myös siitä, että anolyytti ja katolyytti ovat erotetut toisistaan, sillä anodilla syntyvä Cl pyrkii hapettamaan titaanin alemmat kloridit takaisin $TiCl_4$:ksi. Elektrolysoidessaan titaania jatkuvatoimisella laitteistolla Leone, ym. /25/ pystyivät seuraavilla perusparametrien arvoilla valmistamaan Ti:a, jonka kovuus oli 70 HB:

- Ti-pitoisuus elektrolyytissä 2–4 %
- Ti-kloridin keskimääräinen valenssi elektrolyytissä 2,0–2,1
- lämpötila 773–823 K
- katodivirran tiheys 10–50 A/dm²
- anodivirran tiheys 50–100 A/dm²
- diafragman virrantiheys 15 A/dm².

Elektrolysoinnilla saatavan metallin laatuun vaikuttaa hyvin voimakkaasti esipelkistetyksen jälkeisen liuoksen Ti:n keskimääräinen valenssi. Kun se on lähellä kahta (2,0–2,1) on varsinaisella elektrolyysillä mahdollista saada hyvälaatuista Ti:a.

Elektrolyytisesti valmistetun Ti:n laatuun vaikuttaa epäedullisesti katodimetallin dentriittimäinen kasvu. Tukamoto ym. /26/ ovat kehittäneet menetelmän, jossa katodista polarisaatiota säätelemällä pystytään valmistamaan kloridielektrolyytistä suoraan sileää Ti-levyä. Polarisatiota säädellään elektrolyytin koostumuksella, virran suuruudella ja pyörittämällä katodia.

Ti:n elektrolyttiset puhdistusmenetelmät kehitettiin alunperin metallipelkistykseen epäpuhtaitten jätteiden hyödyntämiseen. Nykyään elektrolyttisellä puhdistuksella on kuitenkin tärkeä merkitys sellaisten Ti-metallien puhdistamisessa, joiden O-, N- ja C-pitoisuudet ovat suuria. Tällaista epäpuhdasta metalliahan muodostui TiO₂:n suorassa elektrolysoinnissa ja C-pelkistyksessä. Lisäksi menetelmää voidaan käyttää hyväksi seostettujen titaani- ja alumiinilastujen (Mg-, V-, Al-seostus) lastujen ja jätteiden uudelleenkierrätyksessä.

U.S. Bureau of Mines on suorittanut koesarjan, missä selvitettiin Ti:n erottamista elektrolyttisesti TiC:stä /27/, Ti(C,O,N):stä /27/, Ti(O):sta /28/, Ti(N):stä /29/. Saannoksi muodostui TiC:stä 91 % ja Ti(C,O,N):stä 62 %. Näin valmistettu raakaitaani puhdistettiin edelleen elektrolyttisesti NaCl-TiCl₄-elektrolyytissä. TiC:stä valmistettu metalli muodostui puhtaammaksi kuin Ti(C,O,N):stä valmistettu. (TiC → 73—78 HB, Ti(C,O,N) → 83—95 HB). Ti(O):ta puhdistettaessa O-pitoisuuden kasvu lähtöitaanissa kasvatti myös katodimetallin O-pitoisuutta. Lisäksi anodin hilseenmuodostus lisääntyi. O-pitoisuuden kasvaminen aiheutti anodi- ja katodireaktioiden sekä Ti:n puhdistumisen hidastumista. Optimaalinen O-pitoisuus oli < 0,5 %, vaikka anodista liukenemista tapahtui aina O-pitoisuuteen 25 % asti.

N-pitoisella Ti:lla anodin liukeneminen hidastui N-pitoisuuden kasvaessa. Tämä aiheutti puolestaan sen, että Ti:n keskimääräinen valenssi kasvoi elektrolyytissä ja seurauksena oli epätydyttävä katodisaostuma. N:llä oli taipumus rikastua anodihilseeseen, jonka N-pitoisuus saattoi nousta jopa 12 p %:iin. Tämä on hyvin lähellä Ti₂N:n typpipitoisuutta. Käytettäessä LiCl-KCl-TiCl₄-elektrolyyttiä 753 K:n lämpötilassa saatiin metallia, jonka kovuus oli 75—85 HB. Saanto muodostui kuitenkin heikoksi.

Käytettäessä elektrolyysin lähtöaineina Ti-seoksia puhdistusprosessi muodostuu monimutkaiseksi. Seosaineista Mg saostuu täydellisesti katodille Ti:n ohella, joten niitä ei saada erotetuksi. Muut seosaineet, kuten V, Al, Cr jäävät aluksi anodille, mutta kun niiden pitoisuus kasvaa, ne alkavat liueta elektrolyttiin ja saostuvat myös katodille. Siten elektrolyysillä ei voida suoraan vaikuttaa näiden muiden seosaineiden määrään. Koska kuitenkin vanadiinin ja alumiinin saostuminen riippuu elektrolyytin titaanipitoisuudesta, virrantiheydestä sekä muista prosessisuureista, voidaan hallitulla elektrolyysillä valmistaa seospulvereita pulverimetallurgisiin tarkoituksiin.

YHTEENVETO

Nykyiset teolliset titaani valmistusmenetelmät, Mg- ja Na-pelkistys ovat kehitetyt niin pitkälle, että mitään suuria parannuksia näissä menetelmissä on tuskin odotettavissa. TiCl₄:n elektrolyttinen pelkistys on tällä hetkellä kehitetty niin pitkälle, että vähintään silloin, kun nykyinen valmistuskapasiteetti alkaa käydä riittämättömäksi, otetaan elektrolyysiin perustuva pelkistys teolliseen käyttöön. Menetelmä vaatii vähemmän energiaa kuin Mg- ja Na-pelkistys ja se ei vaadi hankalia uudelleenkierrätysvaiheita, kuten Mg:n ja Na:n kierrätys.

Muista titaani valmistusmenetelmistä rutiiliin hiilipelkistys tai elektrolyttinen pelkistys saattavat tulevien vuosien kuluessa saavuttaa menetelmänä teollisen soveltamisen asteen. Menetelmillä saatava epäpuhdas titaani, Ti(C,O) tai Ti(O), on ennen hyödyntämistä puhdistettava edelleen elektrolyttisesti. Nykyisillä kehitysnäkymillä pelkistykseen tai elektrolyysin suorittaminen korkeissa lämpötiloissa (~2000 K), jolloin syntyvä titaani on sulaa, alkaa näyttää myös mahdolliselta. Riittävän stabiileja konstruktio materiaaleja, kuten Y₂O₃ alkaa olla saatavissa. Sen sijaan sopivan korkeanlämpötilan elektrolyytin, jolla on riittävän pieni happiliukoisuus, löytyminen on tarpeen.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Kroll, W. J., *J. Less-Common Metals* 8 (1965) 361—367
2. van Arkel, A. J. ja de Boer, J. H., *Z. anorg. allgem. Chem.* 148 (1925) 345
3. Hayes, E. T., *Science* 191 (1976) 661—665
4. Hoch, M., *Titanium, Science and Technology, Proc. of the 2nd Int. Conf. 1972*, eds. Jaffee, R. I. and Burte, H. M., Plenum Press, New York 1973, s. 205
5. Dooley III, G. J., *JOM* 27 (1975) 8—16
6. Sinha, H. N., *Titanium, Science and Technology, Proc. of the 2nd Int. Conf. 1972*, eds. Jaffee, R. I. and Burte, H. M., Plenum Press, New York 1973, s. 233
7. Volk, W. and Stotler, H. H., *JOM* 22 (1970) 50—53
8. Hussein, M. K. and Saba, A. A. E., *Neue Hütte* 11 (1966) 338—341
9. Brecher, R. G., Canning, R. G., Goodheart, B. A. ja Uusna, S., *Proc. Australasian Inst. Min. Met.* 214 (1965) 21—44
10. Honchar, A. P., *U.S. Patent* 3 416 885, 1968
11. Reeves, J. W., *Ger. Offen.* 1 941 509, 1970
12. Vasyutinskii, N. A., *Sb. Tr., Vses. Nauch. — Issled. Proekt. Inst. Titania* 3 (1969) 18—24
13. Jain, S. K., Prasad, P. M. ja Jena, P. K., *Met. Trans.* 1 (1970) 1527—1530
14. Kubaschewski, O., *Angew. Chem.* 72 (1960) 255—263
15. Hashimoto, Y., Uriya, K. ja Kono, R., *Denkin Kagaku Oyobi Kogyo Butsuri Kagaku* 39 (1971) 516—522
16. McLaughlin, W. J., *U.S. Patent* 3 429 691, 1969
17. Jangg, G., *Erzmetall* 29 (1976) 23—30
18. Kieffer, R., Lihl, F. ja Effenberger, E., *Z. Metallk.* 60 (1969) 94—100
19. Henderson, A. W., Campell, T. T. ja Block, F. E., *Met. Trans.* 3 (1972) 2579—2583
20. Olkov, Yu. N. ja Ogurtsov, S. V., *Tsvet. Metall* (1968/9) 8—12
21. Halomet, A. G., *Fr. Patent*, 2 002 771, 1969
22. Tikkanen, M. H. ja Seppänen, M., *Raportti Suomen Akatemian teknillistieteelliselle toimikunnalle*, 1973
23. Ustinov, V. S. ym., *Tsvet. Metall* (1968/9) 68—70
24. Homme, V. E. ja Wong, M. M., *U.S. Bureau of Mines Rep. Invest.* 6813, 1966
25. Leone, O., Knudsen, H. ja Couch, D., *JOM* 19 (1967/3) 18—23
26. Tukamoto, S., Tanaka, E. ja Ogisu, K., *JOM* 27 (1975/11) 18—23
27. Wong, M. M., Campell, K. E., Flenck, D. C. ja Baker, D. H. Jr., *U.S. Bureau of Mines Rep. Invest.* 6161, 1963
28. Leone, O. Q. ja Wartman, F. S. *U.S. Bureau of Mines Rep. Invest.* 6588, 1965
29. Leone, O. Q. ja Couch, D. E., *U.S. Bureau of Mines Rep. Invest.* 6878, 1966

SUMMARY

PRODUCTION POSSIBILITIES OF TITANIUM METAL

The production methods of titanium metal, the present applications as well as those under development, are reviewed in different sequences starting from the most important ores, rutile and ilmenite, and continuing until the pure titanium metal.

At present, the titanium metal is produced entirely by reduction of TiCl₄ by means of Mg or Na. The electrolytic reduction methods of TiCl₄ have been developed, however, so far that it seems most probable that they will be applied in industrial production as soon as the production capacity available at present appears to be insufficient to yield enough titanium metal.

From the methods under development, the direct reduction of rutile is reviewed as one of the most promising methods. Then the main interest is directed to electrolytic, plasma, and carbon reduction. These methods don't yield, however, pure enough metal, but the titanium is to be purified further. The electrolytic methods applicable for this are briefly reviewed.

Mitä Suomessa tiedetään ruostumattomista teräksistä

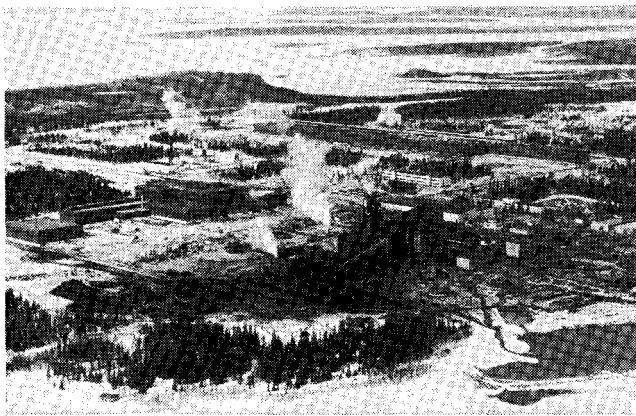
Tekn. tri Jarl Forstén ja tekn.tri Tero Hakkarainen,
Valtion teknillinen tutkimuskeskus

YLEISTÄ

Vuorimiesyhdistys on yhdessä Insinöörijärjestöjen koulutuskeskuksen kanssa asettanut ns. metallurgian valtakunnallisen asiantuntijatoimikunnan, jonka tehtävänä on mm.

- järjestää alan täydennyskoulutusta
- kartoittaa ajankohtaisia ongelmia ja tutkimusalueita sekä
- tehdä tarvittavia aloitteita ja esityksiä.

Toimikunta on katsonut, että ruostumattomien terästen kohdalla tarvitaan täydennyskoulutusta ja lisäksi tulisi kartoittaa maassamme olevaa asiantuntemusta. Jyväskylässä järjestettiin huhtikuussa 1976 kokous, johon oli kutsuttu teräksenvalmistajan, konepajateollisuuden, käyttäjien ja tutkimuslaitosten asiantuntijoita. Tämä kirjoitus on laadittu kokouksen perusteella ja täydennetty myöhemmin tiedoilla sellaisista laitoksista, jotka eivät osallistuneet kokoukseen. Kirjoittajat haluavat kiittää etenkin prof. Kettusta, prof. Sulosta ja tekn.tri Rätystä sekä kaikkia niitä, jotka ovat myötävaikuttaneet aineiston ja tietojen hankkimisessa.



Kuva 1. Outokumpu Oy:n Tornion jaloterästehdas (Outokumpu).

Fig. 1. The Outokumpu Oy stainless steel works in Tornio.

RUOSTUMATTOMAT TERÄKSET SUOMALAISSA TEOLLISUUDESSA

Ruostumattoman teräksen valmistus Suomessa on alkanut toukokuussa 1976 Outokumpu Oy:n Tornion jaloterästehtaalla (kuva 1). Teräksen sulatus tapahtuu sähköuunissa ja hiilenpoistoon käytetään argon/happi-puhallusta. Teräs valetaan jatkuvalulaitoksessa laatia-aiheiksi, jotka kuumamuokataan Rautaruukki Oy:n Raa-

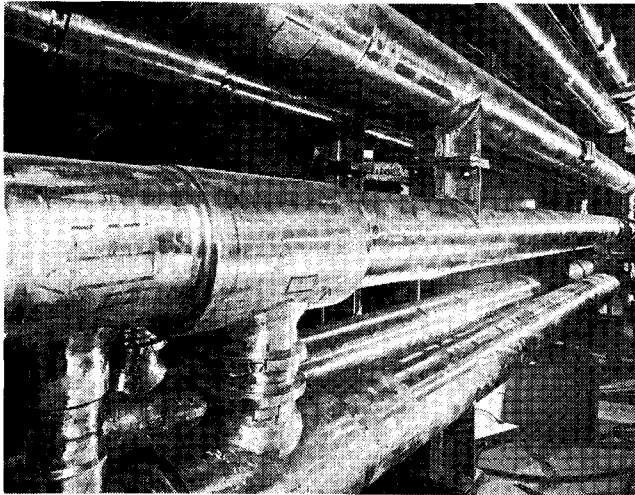
hen rautatehtaalla. Kuumanauha palautetaan Tornioon viimeistelyä (kylmävalssausta) varten. Toistaiseksi Outokummulla ei ole mahdollisuuksia suorittaa levyjen kiiltohehketusta. Alkuvaiheessa Outokumpu tulee valmistamaan yksinomaan yleisimmin käytettyjä ruostumattomia teräksiä (AISI 304 ja 316). Arvioitu vuosituotanto on n. 50.000 t. Outokummulla on käytettävissään nykyaikainen laboratorio ja asianmukainen laadunvalvontaorganisaatio teräslevyn valmistuksen seurantaan ja kehittämistä varten.

Suomessa on toki valmistettu ruostumatonta terästä jo ennen kuin Outokumpu Oy:n Tornion jaloterästehdas aloitti toimintansa. Esimerkiksi A. Ahlström Oy:n Karhulan tehtailla on vuosittain valettu n. 1.500 t ruostumattomia teräksiä valukappaleiksi. Tästä määrästä muodostavat 18/8-tyyppiset teräkset, molybdeeniseosteiset ruostumattomat ja erikoisteräkset kukin noin kolmanneksen. Myös Rauma-Repola Oy:n Lokomo ja Oy Wärtsilä Ab:n Taalintehdas sekä Ovako Oy ovat ruostumattoman teräksen valmistajia. Kaikkiaan Suomessa valetaan vuosittain ruostumattomia teräksiä runsaat 3.300 t, mistä määrästä austeniittiset ja austeniittis-ferriittiset teräkset muodostavat pääosan, n. 2.800 t, martensiittisiä ruostumattomia teräksiä valetaan n. 550 ja ferriittisiä vaajat 20 t.

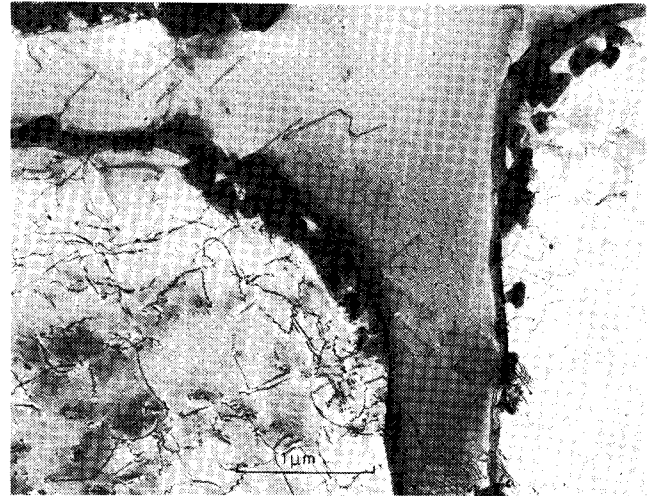
Konepajateollisuudessa käytetään runsaasti ruostumatonta teräksiä. Oy Ja-Ro Ab on erittäin suuri käyttäjä vuosikulutuksen ollessa n. 6.000 t kuuma- tai kylmävalssattua levyä. 60 % Ja-Ro:n tarpeista osuu paksuusalueelle 3—6 mm ja 20 % on alle 3 mm. Stala Oy käyttää vuodessa n. 800 t ruostumatonta teräslevyä, jonka paksuus on alle 3 mm. A. Ahlström Oy käyttää vuosittain n. 600 t ruostumatonta tai haponkestävää terästä levynä ja n. 150 t ruostumattomia muotoprofiileja. Oy Huber Ab käyttää vuodessa 700 t putkea tai levyä. Valmet Oy:n vuosikulutus on n. 1.000 t stabiloimatonta terästä. Valmetissa käytettyjen ruostumattomien levyjen aineen paksuudet vaihtelevat yleensä alueella 1,5—30 mm; valtaosa on 2—5 mm.

Kaiken kaikkiaan käytetään Suomessa vuodessa ruostumatonta terästä n. 40.000 t, josta määrästä levynä lähes 25.000 t. Konepajateollisuus on joutunut monien ongelmien eteen valmistuksen yhteydessä, mutta on onnistunut ratkaisemaan ruostumattomien terästen hitsaukseen, muokkaukseen, muovaukseen sekä lämpö- ja pintakäsittelyyn liittyvät ongelmat ainakin tyydyttävästi.

Ruostumattomia teräksiä käytetään hyvin moniin tarkoituksiin. Suuria kuluttajia ovat mm. puunjalostusteollisuus, kotitalousteollisuus ja ydinvoimalaitokset. Käytötarkoituksesta riippuen joudutaan teräkselle asetta-



Kuva 2. Ruostumattomia teräsputkia Loviisan ydinvoimalaitoksessa. (Imatran Voima Oy).
Fig. 2. Stainless steel pipes in the Loviisa nuclear power station.



Kuva 3. Austeniittis-ferriittisen ruostumattoman teräksen mikrorakennetta valokuvattuna läpivalaisuelektronimikroskoopilla. Austeniitin ja ferriitin väliselle rajalle on terästä hehkutettaessa erkautunut karbideja samalla kun faasiraja on siirtynyt ferriittiin päin.

Fig. 3. The microstructure of an austenitic-ferritic stainless steel as seen in the transmission electron microscope. During annealing carbides have been precipitated on the phase-boundary between the austenite and ferrite. Simultaneously the phase boundary has moved towards the ferrite.

maan hyvin erilaisia vaatimuksia, sillä olosuhteet esim. paperikoneissa, selluloosaprosesseissa, soodakattiloissa, valkaisimissa, kemiallisessa teollisuudessa, elintarviketeollisuudessa ja ydinvoimalaitoksissa (kuva 2) poikkeavat huomattavasti toisistaan. Tämä on johtanut suureen lajivalikoimaan erikoislaatuineen, mikä valmistusteknillisesti ja kustannusten kannalta on joskus epäedullista.

TUTKIMUSTOIMINTA SUOMESSA

Ruostumattomia teräksiä koskevaa tutkimustoimintaa on suoritettu Helsingin ja Tampereen Teknillisissä korkeakouluissa, Oulun Yliopistossa ja Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa. Lisäksi suurimmat konepajat ovat tehneet soveltavaa tutkimusta sekä ratkaisseet tuotekehittelyyn liittyviä ongelmia. Outokumpu Oy:llä on jaloterästehtaan yhteydessä asianmukainen laboratorio, jossa tullaan suorittamaan ruostumattoman teräksen valmistukseen, ominaisuuksiin ja käyttöön liittyviä tutkimuksia. Outokummulla tulee olemaan keskeinen asema ruostumattomia teräksiä koskevan tietouden hankkimisessa ja levittämisessä.

Keskuslaboratorio Oy on puunjalostusteollisuuden toimeksiannosta pyrkinyt ratkaisemaan mm. alan korroosio-ongelmia. Toimeksiannot ovat myös olleet pitkäjänteisiä ja kattaneet esim. ympäristösuojauksellisten vaatimusten huomioon ottamisen prosessien suunnittelussa, mikä on vaikuttanut mm. ruostumattomien terästen valintaan.

Oy Huber Ab on yhteistyössä Oulun Yliopiston kanssa toteuttanut laajamittaisen tutkimusprojektin, jossa käsiteltiin ruostumattomien terästen hitsausta ja siihen liittyviä ongelmia.

Kirjallisuusluettelosta saa parhaiten kuvan suoritettujen tutkimusten painopistealueista Suomessa.

Fysikaalinen metallurgia

Suomessa harrastettu tutkimustoiminta on kohdistunut mm. seuraaviin terästyyppeihin:

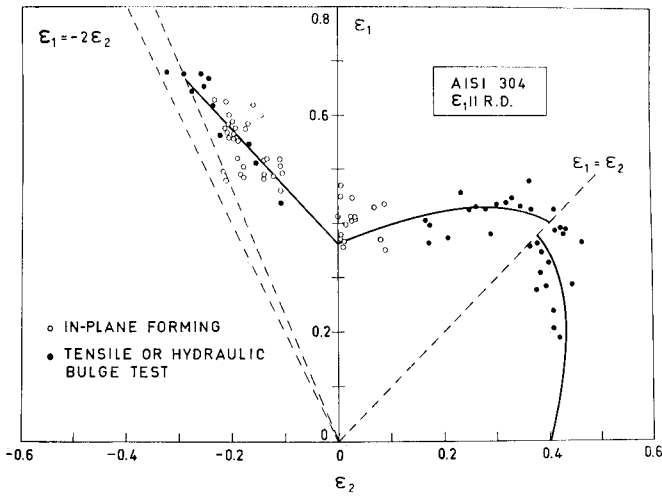
- stabiloimattomat ja stabiloidut 18/8- ja 18/10-teräkset
- martensiittiset ruostumattomat teräkset
- austeniittis-ferriittiset*) ja ferriittis-austeniittiset ruostumattomat teräkset
- erkautumiskarkenevat ja myötävänhenevät ruostumattomat teräkset sekä
- nikkeli-valtaiset seokset.

Ruostumattomien terästen fysikaalista metallurgiaa selvittävä tutkimus on kohdistunut lähinnä mikrorakenteeseen (kuva 3), josta on selvitetty dislokaatorakenteita, karbideja ja karbidijakautumaa, δ -ferriittiä ja σ -faasin esiintymistä.

Uutena tutkimusaiheena on Tampereen Teknillisessä korkeakoulussa ryhdytty selvittämään amorfisen ruostumattoman materiaalin valmistusmahdollisuuksia ja käyttöominaisuuksia.

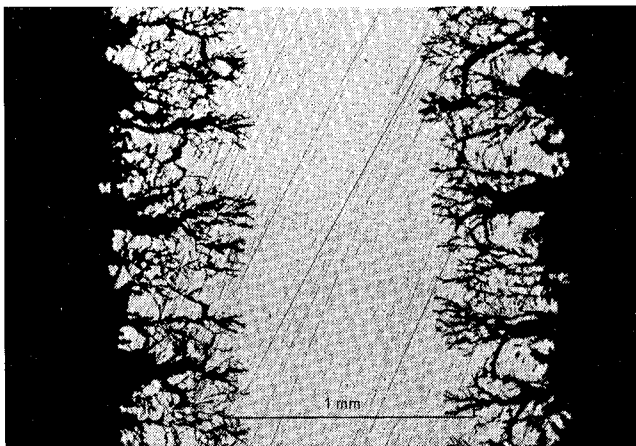
Ruostumattomien terästen muokkausta ja muovausta silmälläpitäen (kuva 4) on suoritettu muokkaustutkimuksia, jolloin huomio on kiinnitetty deformaatiomekanismihin, deformaation mekaaniseen suoritukseen, voi-

*) Nimityksellä austeniittis-ferriittinen tarkoitetaan tässä kirjoituksessa terästä, jossa valtaosa rakenteesta on austeniittia, vrt. H. M. Miekko-oja: Metalloppi, Otava 1960.

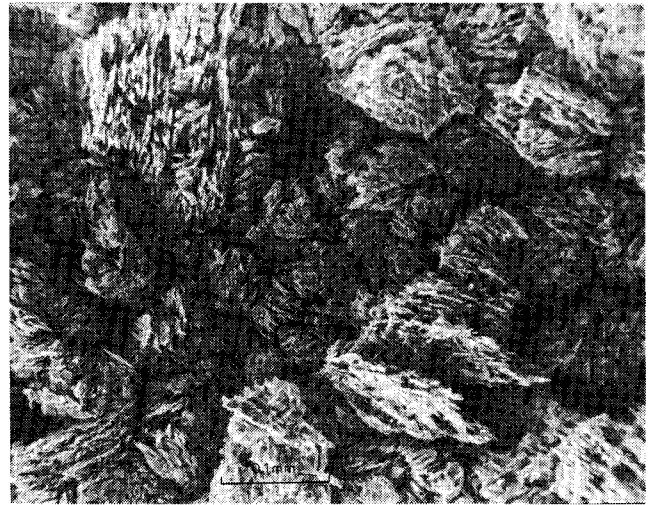


Kuva 4. Ruostumattoman teräsuhutlevyn muovattavuuden tarkastelu rajamuovattavuuskäyrän avulla. Rajamuovattavuuskäyrä ilmoittaa levyn pinnan suuntaiset venymäyhdistelmät, jotka johtavat paikalliseen kuroutumaan tai murtumaan. (A. Korhonen, julkaisematon tutkimus.)
Fig. 4. The formability of a stainless steel sheet as examined by the forming limit diagram. The curve gives the combination of strains along the sheet surface leading to local contraction or fracture. (A. Korhonen, unpublished work.)

mantarpeeseen sekä dislokaattiorakenteeseen. Optimaalisia muokkausolosuhteita on haettu kuumakiertokokeiden ja koevalssauksien avulla. Ruostumattomien austeniittisten ja ferriittisten terästen kylmämuovattavuuteen vaikuttavia prosessitekijöitä sekä terästen muovauksen plastisuusteoreettisia perusteita on tutkittu ja tutkitaan edelleen useissa diplomi- ja lisensiaattitöissä Teknillisessä korkeakoulussa.



Kuva 5. Halkileikkaus jännityskorroosiokokeen koesauvasta vakiovetonopeusmenetelmällä tehdyn kokeen jälkeen. Austeniittinen ruostumaton teräs, rikkihappo-ruokasuolaliuos, anodinen polarisointi.
Fig. 5. Section of a test bar from a stress corrosion test performed at constant strain rate with anodic polarization in a sulphuric acid/sodium chloride solution.



Kuva 6. Virheellisesti lämpökäsiteltynä voi ruostumaton teräsikin menettää syöpmiskestävyytensä. 7 %:ssa tyypihapossa syöpyneen martensiittisen ruostumattoman teräksen pintaa valokuvattuna pyyhkäisyelektronimikroskoopilla.

Fig. 6. Wrongly heat treated stainless steel, which has lost its corrosion resistance. The surface of a martensitic stainless steel observed in the scanning electron microscope.

Mekaaniset ominaisuudet

Ruostumattomien terästen mekaanisia ominaisuuksia on käsitelty monissa tutkimuksissa. Mm. austeniittis-ferriittisissä teräksissä tapahtuvia haurastumisilmiöitä on selvitetty. Ruostumattomien terästen väsymistä ja kulumista on myös jonkin verran tutkittu.

Korroosionkestävyys

Korroosionkestävyys (kuva 5) on yleensä tärkein ruostumattomien terästen valintaperuste. Tutkimustoiminnassa on käsitelty mm. korroosiokeiden valintaperusteita. Viime aikoina on suurta huomiota kiinnitetty sähkökemiallisiin mittausten menetelmiin. Jännityskorroosiotaiutumuksen toteamiseksi on pyritty kehittämään käytännöllisiä tutkimusmenetelmiä.

Suuren ongelmakentän muodostavat ruostumattomien terästen hitsausliitosten korroosiotapaukset, kuten muutosvyöhyke- ja sularajakorroosio.

Lämpökäsittelyn vaikutusta ruostumattoman teräksen herkistymiseen on tutkittu (kuva 6). δ -ferriitin vaikutusta teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin, hitsattavuuteen ja korroosionkestävyyteen on kartoitettu useissa tutkimuksissa.

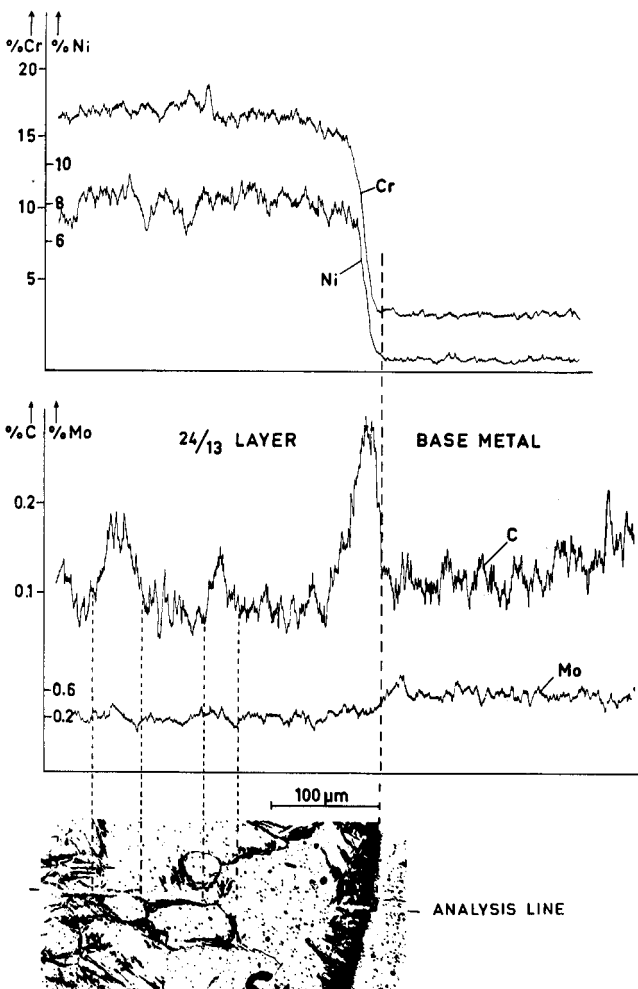
Yleinen kehityssuunta prosessiteollisuudessa on, että tehdasprosessit kehittyvät yhä suljetumpaa järjestelmää kohti. Tällöin tulevat tietyt haitalliset epäpuhtauspitoisuudet nousemaan huomattavasti nykyiseltä tasolta, mikä tulee aiheuttamaan uusia korroosio- tai materiaaliongelmia. Mahdollisesti joudutaan siirtymään uusien ruostumattomien teräslaatujen käyttöön. Teräksen hiilipitoisuudelle sallittava yläraja on ollut jatkuvan keskustelun kohteena jo pitkään.

Hitsaus

Hitsausteknillisen tutkimuksen avulla on selvitetty, miten eri hitsausmenetelmiä voidaan soveltaa ruostumattomille teräksille. Tässä yhteydessä on tarkasteltu myös pulssihitsausmenetelmiä.

Suoritetut hitsisulan jäähdytystutkimukset antavat hyvän kuvan mikrorakenteen ja kuumahalkeamien syntyvaiheista. Lehigh- ja Varestaint-kokeilla on tutkittu hitsien kuumahalkeilutaipumusta. Lisäksi on suoritettu mittaus hitsauksen seurauksena syntyneistä muodonmuutoksista.

Paineastiaterästen päällystämistä hitsaamalla lisättyä ruostumattomalla teräskerroksella on tutkittu perusteellisesti ja selvitetty pinnoitteen rakennetta ja korroosio- taipumusta (kuva 7). Lämpökäsittelyn vaikutuksia on myös seurattu. Alustavia tutkimuksia on suoritettu siitä, miten pinnoittaminen tapahtuu kaasufaasin kautta ja miten plasmahitsausta voidaan soveltaa.



Kuva 7. Cr:n, Ni:n, Mo:n ja C:n jakautuminen päällehitsatussa ruostumattomassa kerroksessa päästön jälkeen (Hakala ja Vartiainen).

Fig. 7. Distribution of Cr, Ni, Mo and C after heat-treatment in an overlay welded stainless steel cladding (Hakala and Vartiainen).



Kuva 8. Ruostumattomasta teräksestä tehdyn komponentin ja hitsausliitoksen ultraäänitarkastus vaatii usein erikoismenetelmiä ja -luotaimia.

Fig. 8. The ultrasonic inspection of stainless steel components is often performed using special methods and detectors.

Myös mustan ja ruostumattoman teräksen liittämishitsausta on tutkittu.

Rikkomaton aineenkoetus

Teräksen valmistuksen ja käytön aikana suoritetaan rikkomatonta aineenkoetusta (radiografinen kuvaus, ultraäänitarkastus, tunkeumanestetarkastus) mahdollisten viokojen löytämiseksi. Ruostumattomien terästen ja varsinkin hitsien ultraäänitarkastus (kuva 8) ei ole yhtä helppoa kuin mustan teräksen tarkastus. Tämän takia on tehty tutkimus parhaasta tavasta suorittaa ruostumattomien valujen ja hitsien ultraäänitutkimus, jotta voitaisiin varmistautua tuotteen virheettömyydestä.

Akustista eheysanalyysiä on sovellettu suurten pumppesien tarkastuksessa. Analyysi on suoritettu painekokeen yhteydessä.

Tutkimustarve

Vaikka Suomessa on jo suoritettu koko joukko tutkimuksia, kaipaavat monet ruostumattomia teräksiä koskevat ongelmat edelleen lisätutkimuksia ja lisäselvityksiä. Kaikkien tutkimustarpeiden yksilöiminen ei liene mahdollista. Teollisuutta kiinnostavat mm.

- katsaus mahdollisiin uusiin ruostumattomiin teräslaatuihin
- ruostumattomia teräksiä koskevat pinta- ja pintakäsittelyvaatimukset
- kenttäkäyttöisten korroosiokeiden kehittäminen ja
- δ-ferritiipitoisuuden mittaumenetelmät.

Usein joudutaan tarkemmin selvittämään eri ruostumattomien terästen soveltuvuutta uusiin ympäristöolosuhteisiin suorittamalla simuloivia kokeita.

LAADUNVALVONTA

Sekä valmistavan teollisuuden että käyttäjien kannalta on tärkeää, että ruostumaton teräs täyttää tietyt laatuvaatimukset. Suomessa ei toistaiseksi ole omia standardeja ruostumattomille teräksille, vaan täällä joudutaan käyttämään ulkomaisia standardeja tai hankintavaiheessa tarkoin spesifioimaan ostettava materiaali-laatu. Aina on kuitenkin otettava huomioon ympäristöolosuhteiden asettamat lisävaatimukset. Standardisoidunkaan ruostumattoman teräksen käyttö ei takaa materiaalin moitteetonta käyttäytymistä kaikissa olosuhteissa. Teollisuus pitää tärkeänä sitä, että Suomeen saadaan omat ruostumattomia teräksiä koskevat standardit.

Ruostumattomien terästen hitsaus ja hitsaustöiden valvonta tulisi suorittaa ennalta laadittujen ohjeiden mukaisesti. Ydinvoimalaitosten rakentamisen yhteydessä on saatu kokemusta tehokkaasta laadunvalvonnasta ja tämän perusteella on laadittu ohjeita siitä, miten hitsauslisäaineiden, menetelmäkokeiden, työkoekokeiden ja hitsaustöiden valvonta olisi suoritettava. Lisäksi on laadittu ohjeita (ns. materiaalispesifikaatioita) siitä, mihin kaikkiin seikkoihin on kiinnitettävä huomiota materiaalinvalinnassa.

Mekaanisen aineenkoetuksen laajuus määrätään standardeissa tai tilauksen yhteydessä. Ruostumattomien terästen osalta on lisäksi asetettava vaatimuksia mm. pinnanlaadulle ja korroosionkestävyydelle ja suoritettava vastaavat laadunvalvontakokeet.

Ajankohtaisia kysymyksiä ruostumattomien terästen osalta ovat myös analyysivaatimukset. Hiilipitoisuuden maksimirajan vaikutus teräksen ominaisuuksiin ja käyttöarvoihin on jatkuvasti esillä. Terästen ferriittipitoisuuden määrittämiseen tarvittaisiin usein kenttäkäyttöistä mittaria.

Perusaineessa ja hitsissä olevien vikojen hyväksymisrajat on määrättävä, ja rikkomattoman aineenkoetuksen avulla on osoitettava, että teräs täyttää ao. vaatimukset. Suomesta on saatavissa tietoja vikojen järkevästä hyväksymisrajoista ja siitä, miten ruostumattomien terästen aineenkoetus on järjestettävä. Ruostumattomien valujen ja hitsien ultraäänitarkastuksia varten on olemassa suoritusosuutuksia.

Usein tulee eteen kysymys, onko ruostumattoman teräksen laatu riittävän hyvä tietyyn käyttötarkoitukseen. Materiaalivalinnassa tulisi osata tehdä kompromissi turhan hyvän ja epätaloudellisen ratkaisun sekä vaurioon johtavan ratkaisun välillä.

MUUT NÄKÖKOHDAT

Korkeakoulutasolla tulisi kiinnittää huomiota mm. ruostumattomia teräksiä koskevan koulutuksen antamiseen. Lisäksi tulisi insinööritasolla järjestää sopivaksi katsottavaa täydennyskoulutusta. Metallio pillista koulutusta olisi myös lisättävä teknisissä kouluissa ja opistoissa, joissa sitä on ollut toistaiseksi erittäin vähän.

Ruostumattomia teräksiä koskevan tietouden levittämiseksi ja kehittämiseksi tulisi kansallisella tasolla tehostaa yhteistoimintaa sekä ohjata maassamme suoritettavaa tutkimustoimintaa sellaisille alueille, jotka tukevat kotimaista teollisuutta. Tutkimustulokset olisi tiedotettava teollisuudelle sellaisessa muodossa, että ne voidaan soveltaa käytäntöön.

Ulkomailla suoritettua alan tutkimusta olisi seurattava tiiviisti. Tähän lienee hyviä mahdollisuuksia, jos kansainvälisiä kontakteja voidaan solmia teollisuus-, käyttö- ja tutkimustasolla.

SUMMARY

STAINLESS STEEL IN FINLAND

The authors have been asked to review the status of the knowledge and research on stainless steel in Finland.

The fabrication of stainless steel sheet and plate started in the Outokumpu Oy works in Tornio in June 1976.

Finnish workshops have widely used stainless steels for many purposes but also faced a number of problems.

The research on stainless steel has been performed at the Technical Universities, the Technical Research Centre of Finland and in the industry. The items dealt with are

- physical metallurgy,
- mechanical properties,
- corrosion,
- welding and
- non-destructive testing.

The present need of research as well as aspects concerning the quality control of stainless steel materials and components are discussed.

A list comprising the published research work on stainless steels in Finland is presented.

LUETTELO SUOMESSA TEHDYISTÄ TUTKIMUKSISTA

Ahloth, R.: Puruhiertimen terien korrosio ja kuluminen. Tutkintotehtävä TTKK, 1972.

Ahloth, R. ja Kettunen, P.: Review on Ni- and Co-base composite materials for the temperature range of 1000°C—1100°C. Acta Polytechnica Scandinavica Ch 112, 1973, Helsinki.

Ahloth, R. ja Kettunen, P. O.: Work-hardening tendency of pure, alloyed and fibre-reinforced nickel at elevated temperatures. Proc. of the Fourth Nordic High Temperature Symposium Nortemps -75, Vol. II, 77, 1975, Helsinki.

Ala-Antti, J.: Jäähtymisnopeuden vaikutus eräiden 18:8 tyyppisten austeniittisten ruostumattomien teräksien herkistymiseen. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1976.

Autio, J.: Ferriittis-austeniittinen valuteräs ydinvoimalatarkoituksiin. Vältötyö, TTKK, 1976.

Autio, J. ja Kettunen, P. O.: Ferriittis-austeniittisen teräksen kehittäminen ydinvoimalan primääripiiriä varten. TTKK, Materiaaliopin laitos, Raportti 11/1973, Tampere (luottamuksellinen).

Bärs, B.: Struktur och egenskaper samt korrosionsbeständighet hos legeringen NiCr15Fe. Tutkimus ja tekniikka 8/1975, ss. 51—52.

Bärs, B.: Struktur och egenskaper samt korrosionsbeständighet hos legeringen NiCr15Fe. Examensarbete, HTKK 1975.

Funke, P., Pavlidis, Chr. ja Korri, E.: Untersuchung von Schmiermitteln für das Tiefziehen austenitischer Stähle. Materialprüfung 1973, 8, ss. 126—130.

Hakala, J.: Atomivoimalaitoskomponenttien päällehtisaus ruostumattomalla teräksellä. AEN-MR-18.

Hakala, J., Hakkarainen, T. ja Juva, A.: On the effect of microstructure on the corrosion behavior of an overlay welded austenitic stainless steel cladding. International Institute of Welding, Annual assembly, Tel-Aviv 1975.

Hakala, J. ja Vartiainen, K.: Influence of stress-relief heat-treatment on the corrosion behavior of some overlay welded austenitic stainless steel claddings. Esitetään 7th Conference on Welding — Budapest, 7—11. 06. 1976.

Hakala, J. ja Vartiainen, K.: On the formation of martensite in an austenitic stainless steel cladding. VTT-RMR-34.

Hakkarainen, T.: Austeniittisen ruostumattoman teräksen jännityskorroosiosta huoneenlämpötilassa H₂SO₄-NaCl liuoksissa, VTT, Metallurgian laboratorio, Tiedonanto.

Hakkarainen, T.: Karbidien erkautumisesta johtuvan selektiivisen korroosion vaikutus martensiittisen 13 % Cr-teräksen käyttäytymiseen sähkökemiallisissa korroosiooikeissa, VTT, Metallurgian laboratorio, Tiedonanto.

Hakkarainen, T. J. and Honkasalo, A.: Grain boundary corrosion of AISI 304L type steel in an H₂SO₄/NaCl environment, Corrosion, 1976, 32 (7), pp. 271—273.

Honkasalo, A.: Selective corrosion of Stressed AISI 304L-Type steel in a 5 N H₂SO₄-0.1N NaCl Environment, Corrosion, 1976, 29 (6), pp. 237—240.

- Honkasalo, A.: The effect of deformation martensite on the stress corrosion cracking of AISI 304 L type steel in an $H_2SO_4/NaCl$ environment, *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 1973, 2, 156—160.
- Honkasalo, A.: Selective corrosion of stressed AISI 304 L-type steel in 5 N H_2SO_4 -0.1N NaCl environment. *Corrosion*, 1973, 29 (6), 237—240.
- Honkasalo, A.: Stress corrosion cracking of austenitic stainless steel at room temperature. Väitöskirja. HTKK 1976.
- Honkasalo, A. ja Hakkarainen, T. J.: The effect of deformation on the corrosion of AISI 304 L type stainless steel in $H_2SO_4/NaCl$ environment. *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 1975, 4, pp. 185—188.
- Hänninen, H. E. ja Honkasalo, J. A.: On the morphology of stress corrosion fracture in 18/10 type austenitic stainless steel. *Proc. 6th International Congress on Metallic Corrosion*, Sydney 1975.
- Inkiläinen, J.: Vertaileva tutkimus austeniittisen ja ferriittis-austeniittisen haponkestävän teräksen väsymisestä. Tutkintotehtävä TTKK, 1971.
- Inkiläinen, J. ja Kettunen, P. O.: Ruostumattoman teräksen väsymislujuus ilmassa ja selluloosan keittolipeässä. *Konepajamies* n:o 2, 53, 1972, Helsinki.
- Juva, A.: Austeniittisten ruostumattomien valujen ja hitsauksien ultraäänitarkastus (kirjallisuustutkimus). VTT-RMR-57.
- Juva, A.: Mikrorakenteen vaikutus erään austeniittisen hitsatun pinnoitteen raerajakorroosiotaipumukseen. Tutkintotehtävä, HTKK 1975.
- Juva, A.: Mikrorakenteen vaikutus erään austeniittisen hitsatun pinnoitteen raerajakorroosiotaipumukseen. Tutkimus ja tekniikka 1/1976, ss. 47—48.
- Järvinen, A.: Plastic deformation of austenitic-ferritic stainless steels under hot working conditions. *Proc. of the 4th Nordic High Temperature Symposium "NOR-TEMP-75"*, Helsinki, Finland, 10—13. 6. 1975.
- Järvinen, A.: Austeniittis-ferriittisten ruostumattomien terästen käyttäytyminen kuumavetokokeessa. Tutkintotehtävä, HTKK, 1971.
- Järvinen, A.: Plastisk deformation av material med flerfasstruktur. *Jernkontorets forskning*, Ser. D, N:o 72, 1973.
- Järvinen, A.: Austeniittis-ferriittisten ruostumattomien terästen kuumamuokattavuus. *Lisensiaattityö*, HTKK, 1974.
- Järvinen, A.: Representation of high-temperature plastic behaviour of austenitic and ferritic stainless steels by empirical equations. *Scandinavian Journal of Metallurgy*. Painossa.
- Karavirta, H.: Kavitaatiokorroosio hierrejauhimen terässä. Tutkintotehtävä, TTKK, 1976.
- Karjalainen, P., Takalo, T. ja Moisio, T.: Austeniittisen ruostumattoman teräksen ferriittipitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä, *Hitsaustekniikka* n:o 6, 1973.
- Karjalainen, P., Takalo, T. ja Moisio, T.: Austeniittisten ruostumattomien terästen ja hitsien mekaaniset ominaisuudet. *Hitsaustekniikka*, 5, 1974.
- Karjalainen, P., Takalo, T. ja Moisio, T.: Ferriittipitoisuuden mittaaminen austeniittisestä ruostumattomasta teräksestä. *Hitsaustekniikka*, 1, 1974.
- Kauppi, T.: TIG-hitsauksen vaikutus eräiden tavallisten austeniittisten terästen raerajakorroosioon. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1975.
- Kettunen, P. O. ja Lepistö, T.: Tutkimus ferriittis-austeniittisen ruostumattoman teräksen hauraus-anomalian syistä, TTKK, Metalliteknologian laboratorio, Raportti 7/1973, Tampere (luottamuksellinen).
- Koivuniemi, T.: Erään 18/10 Ti-stabiloidun austeniittisen ruostumattoman teräksen hitsattavuus. Tutkintotehtävä, HTKK, 1973.
- Korhonen, A.: Ruostumattomien ohutlevyjen muovattavuus — teoreettisia näkökohtia. Metallisten ohutlevyjen kylmämuovattavuus, INSKO. Julkaisu 114—75, Helsinki 1975.
- Koutaniemi, P.: Vanadiinin vaikutus ferriittisen ruostumattoman teräksen 475°C-haurauteen. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1972.
- Kyröläinen, A.: AISI-316-tyyppiseen lisäaineeseen MIG-hitsauksessa syntyvistä mikrorakenteista. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1976.
- Kääriäinen, A.: Tutkimus nikkelin, nikkelipohjaisen superseoksen ja Ni-pohjaisten komposiittimateriaalien muokkauslujittumisesta. Tutkintotehtävä, TTKK, 1974.
- Lampila, T.: Sekoitinakselin vertaileva väsymystutkimus. Tutkintotehtävä, TTKK, 1972.
- Lehto, K.: Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen pinnan muuttuminen voidellussa kylmävalssauksessa. Tutkintotehtävä, HTKK, 1973.
- Lemmetty, Y.: Austeniittisen ruostumattoman teräksen hitsauksessa ja hitsausta simuloivissa kokeissa rakenteeseen syntyvän deltaferriitin määrän ja morfologian riippuvuus tuodusta lämpö määrästä ja jäähtymisnopeudesta. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1973.
- Lepistö, T.: Puunjalostusteollisuuden koneissa esiintyvien murtumatapausten selvittely. *Lisensiaattityö*, TTKK, 1976.
- Lepistö, T. ja Kettunen, P.: Erilaisten puukkoterästen vertaileva tutkimus. TTKK, Metalliteknologian laboratorio, Raportti 6/1972, Tampere.
- Lepistö, T. ja Kettunen, P. O.: Kompressorin käyttöturbiinin siiven murtumatutkimus. TTKK, Metalliteknologian laboratorio, Raportti 6/1973, Tampere.
- Lepistö, T. ja Kettunen, P. O.: Turbiinin GBT-1301 siipien vauriosyytutkimus. TTKK, Materiaaliopin laitos, Raportti 9/1973, Tampere.
- Lepistö, T. ja Kettunen, P. O.: Tutkimus höyryturbiinin siiven murtumiseen johtaneista syistä. TTKK, Metalliteknologian laboratorio, Raportti 12/1972, Tampere.
- Lepistö, T. ja Kettunen, P. O.: Tutkimus sigmafaasin esiintymisestä erilaisissa austeniittis-ferriittisissä päällehitseissä. TTKK, Materiaaliopin laitos, Raportti 1/1975, Tampere (luottamuksellinen).
- Mannerkoski, M.: On the decomposition of austenite in a 12 % chromium steel. *Acta Polytechnica Scandinavica*, Helsinki 1964, Ch 26.
- Mannerkoski, M.: The effect of partial decomposition of austenite on the anodic polarization curve for a hardened 13 per cent chromium steel. *Jernkontorets Annaler* 148, 164, 140.
- Mannerkoski, M.: The effect of partial decomposition of austenite on the corrosion resistance of hardened 13 % chromium steels. *Jernkontorets Annaler* 147, 1963, 969.
- Mannerkoski, M.: The mechanism of formation of a periodic eutectoid structure at low temperatures in plain chromium steel. *Metal Science Journal* 3, 1969, 54.
- Markkanen, A.: 12 % Cr-teräksen hitsaus. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1976.
- Mattila, P.: Kuumavalssauksen vaikutus austeniittisten ruostumattomien terästen lujuuteen. Tutkintotehtävä, HTKK, 1973.
- Mielityinen, K.: Eräiden austeniittisten terästen korrosionkestävyydestä. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1972.
- Mielityinen, K.: Kromikarbidien ja -nitridien erkautuminen tyypiseosteisissa Cr-Mn-Ni-teräksissä ja erkautumisen vaikutus herkistymiseen. *Lisensiaattityö*, Oulun Yliopisto, 1975.
- Miettinen, T.: Runsaasti nikkeliä sisältävät seokset. *Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus*, julkaisu 17—69.
- Moisio, T.: Austeniittisen ruostumattoman teräksen hitsausmetallurginen tutkimus Oulun Yliopiston metalliopin laitoksella. *Tutkimus ja Tekniikka* 4, 1974.
- Moisio, T.: Erkautumiskarkenevat ruostumattomat teräokset. *Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus*, julkaisu 17—69.
- Moisio, T.: Erkautumiskarkenevat ruostumattomat teräokset hitsattavana materiaalina. *Hitsaustekniikka* XX 1969, 64.
- Moisio, T.: Ruostumattomat teräokset voimalaitosteollisuuden korkeapainehöyryputkimateriaalina. *Insinöörijärjestöjen koulutuskeskuksen julkaisu* 82—73, Ydinvoimalaitosmateriaalit.
- Moisio, T.: Solidification microstructure and hot cracking in austenitic stainless steel weld metal. *Dissertation*, University of Oulu, 1974.
- Moisio, T.: Uudet erikoislujat ruostumattomat teräokset. *Konepajamies* 21, 1968, 177.
- Moisio, T. ja Mannerkoski, M.: The influence of tempering on the anodic polarization of a precipitation hardening lowcarbon martensitic stainless steel. *Corrosion Science* 9, 1969, 129.
- Moisio, T. ja Miettinen, T.: Jännityskorroosio 18/8 teräksissä lämmönvaihtimien päädyissä. *Kemian Teollisuus* 29, 1972, 2: 139.

- Mokka, R.: Eräiden Loviisa I:n reaktorimateriaalien koesäteilätykset TRIGA MK II reaktorissa. VTT-RMR-41.
- Mäkelä, R.: Näkökohtia atomivoimalan pääkiertopumpun pesän materiaalivalinnasta. Tutkintotehtävä, HTKK, 1973.
- Mäntylä, T.: Martensiittisen ruostumattoman teräksen sitkistäminen hiilenpoiston avulla. Tutkintotehtävä, TTKK, 1973.
- Mäntylä, T.: Niukkaseosteisen teräksen kaasukromaus. TTKK, Materiaaliopin laitos, Raportti 6/1974, Tampere.
- Mäntylä, T.: Teräksen pinnoittaminen kulumis- ja korroosionkestävällä kerroksella kaasufaasin välityksellä. Lisensiaattityö, TTKK, 1976.
- Pesonen, A.: Lämmönvaihtimen putkien hitsaaminen putkilevyyn. Tutkintotehtävä, TTKK, 1976.
- Pykönen, J.: Hitsausjämnitysten aiheuttamien muodonmuutosten määrittämisestä austeniittisessä ruostumattomassa teräksessä. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1973.
- Rintamaa, R.: Muokkauksen ja lämpökäsittelyn vaikutus epästabiliin austeniittisen ja ferriittisen ohutlevyn kylmämuovattavuuteen. Tutkintotehtävä, HTKK, 1975.
- Ruokoranta, K.: Erään ferriittis-austeniittisen teräksen kehittämisestä ydinvoimalatarkoituksiin. Tutkintotehtävä, TTKK, 1974.
- Ruokoranta, K.: Telpro 73 B:n loppuraportti. Hierrejauhimen terien pinnoitetutkimus. TTKK, Materiaaliopin laitos, Raportti 11/1975, Tampere (luottamuksellinen).
- Ruusila, J.: Niukkaseosteisen ja austeniittisen runsaseosteisen teräksen liitoshitsauksesta. Konepajamies 1976: 6, s. 13—19.
- Ruusila, J.: Tutkimus ferriittis-austeniittisen ruostumattoman teräksen hitsattavuudesta. Tutkintotehtävä, TTKK, 1973.
- Rättyä, E.: Muunnetun Vastrestrain-kokeen soveltuvuus austeniittisen ruostumattoman teräksen kuumamurtumistaipumuksen tutkimiseen. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1974.
- Saarinen, A. V. A.: Precipitation of $M_{23}C_6$ in an austenitic stainless steel containing 0.3 wt % phosphorus. Scandinavian Journal of Metallurgy, 1973, 2, pp. 161—168.
- Saastamoinen, I.: Raekoon ja muovauslämpötilan vaikutus austeniittisen ruostumattoman ohutlevyn kylmämuovattavuuteen. Tutkintotehtävä, HTKK, 1976.
- Salmela, K.: TIG-hitsauksen vaikutus austeniittisen ruostumattoman teräksen lämpötilajakaumiin ja mittamuutoksiin tavallista ja pulssikaarta käytettäessä. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1975.
- Sippel, R.: Tutkimus kahden ruostumattoman teräksen OK 18 HIOT ja 18/10/2 mikrorakenteesta. Tutkintotehtävä, HTKK, 1973.
- Somero, K.: Hiilen, piin ja mangaanin sekä ferriittipitoisuuden vaikutus austeniittisen ruostumattoman teräksen hitsin kuumahalkeama-alttiuteen. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1976.
- Suutala, N.: Austeniittisen ruostumattoman teräksen TIG-hitsauksessa syntyvistä mikrorakenteista. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1974.
- Suutala, N.: Austeniittisen ruostumattoman teräksen TIG-hitsauksessa syntyvistä mikrorakenteista. Tutkimus ja tekniikka, 2, 1975.
- Suutala, N., Takalo, T. and Moisis, T.: Microstructure in some austenitic stainless weld metals. Julkaistaan.
- Syväniemi, M.: Hitsauksen lämpöjakauman mittaus ja tulostus käyttäen prosessitietokonetta. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1976.
- Takalo, T., Karjalainen, P. ja Moisis, T.: δ -ferriitin vaikutus austeniittisten ruostumattomien terästen hitsiaineen korroosioon. Kemia-Kemi 1, 1974.
- Takalo, Karjalainen, L. P. ja Moisis, T.: Jänityskorroosio vesijähdytteisissä ydinvoimaloissa. Konepajamies 28, 1975, 11—12.
- Takalo, T. and Moisis, T.: Fusion line attack at low corrosion potentials in austenitic stainless steel welds. International Institute of Welding, Annual Assembly, Tel-Aviv, 1975.
- Takalo, T., Suutala, N. and Moisis, T.: Influence of ferrite content on its morphology in some austenitic weld metals. Julkaistaan.
- Tiainen, T., Ahlroth, R. ja Kettunen, P. O.: Work-hardening of copper, nickel, and the SI-alloy, Part I, Unidirectional work-hardening. TTKK, Materiaaliopin laitos, Raportti 8/1973, Tampere.
- Tiainen, T., Ahlroth, R. ja Kettunen, P. O.: Work-hardening of copper, nickel, and the SI-alloy, Part II, Cyclic work-hardening. TTKK, Materiaaliopin laitos, Raportti 3/1974, Tampere.
- Tiitto, S.: Karbidien ja nitridien erkautuminen austeniittisessä Cr-Ni-Mn-N-Cu-teräksessä. Tutkintotehtävä, Oulun Yliopisto, 1972.
- Toivonen, E.: Austeniittis-ferriittisen valuteräksen haurasmurtuminen lämpötilassa 400 °C sekä raeraja-korroosioalttiut. Tutkintotehtävä, HTKK, 1974.
- Vartiainen, K. ja Hakala, J.: Stainless strip cladding of pressure vessel steels. VTT-RMR-33, 1974.
- Vartiainen, K. ja Hakala, J.: Structure and properties of stainless strip claddings on pressure vessel steels. Schweissen in der Kerntechnik, Düsseldorf, 23 ... 24 Oktober 1974, Deutscher Verband für Schweisstechnik e.V., s. 83...89.
- Ydinvoimalaitoksen erityispaineastioissa käytettäville perusaineille asetettavat laatuvaatimukset. 1974-01-07.

Ruotsalainen **Jernkontorets Annaler** on muuttanut muotoaan vuoden 1977 alusta. Lehti on jaettu kahteen painokseen, A ja B.

B5-koossa ilmestyvä B-painos seuraa vanhan JkA:n perinteitä, ilmestyy 3 kertaa vuodessa ja sisältää Jernkontoret'in kokouksissa pidetyt esitelmät.

A-painos, uusi JkA, ilmestyy vuonna 1977 6 kertaa A4-koossa pohjoismaisen vuoriteollisuuden ammattilehtenä. Aihepiiri kattaa raudanjalostuksen lisäksi myös muun metalliteollisuuden sekä kaivostoiminnan. Lehti jaetaan kaikille Svenska Bergsmannaföreningen'in jäsenille jäsenlehtenä.

Tilauhinta vuodelle 1977 on 60 Skr ja tilausosoite: Jernkontoret
Märta Sigurdson
Box 1721
S-11187 Stockholm.

OHJEITA KIRJOITTAJILLE

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

Käsitteilyohjeet on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkia 2-välillä. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkäiseen esitystapaan. Artikkelien **suositeltava enimmäispituus** kuvineen, taulukoineen ja kirjallisuusviiteineen on 5 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsitteilyohjeet palautetaan kirjoittajille korjauksena.

Päätökset ja **alaotsikot** eroitetaan 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 valitessa huomioon pienennyksen vaikutus. Kuvia ei varusteta kehysviivoin. Kuvien paikat merkittävät käsitteilyohjeeseen.

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

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

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

Jokaiselle artikkelille on ilmoitettava **englanninkielinen nimi**, sekä laadittava kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenvevö — **summary** — pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusrivää.

Syksyllä ilmestyvään lehteen tarkoitettavat artikkelit on lähetettävä toimitukselle syyskuun loppuun mennessä, kevätnumeroon tarkoitettavat helmikuun loppuun mennessä.

Eripainoksia toimitetaan kirjoittajan laskuun.

Los Alamoksen tieteellisen laboratorion työstä kuumien kalliomuodostumien geotermisen energian hyödyntämiseksi

Dipl.ins. Liisa Kivekäs, Geologinen tutkimuslaitos

Maankuoren lämpötila kohoaa syvyyden kasvaessa. Lämpöä virtaa koko ajan maapallon sisäosista sen pinnalle. Lämmön siirtyminen tapahtuu pääasiassa johtumalla, mutta paikoin lämpö purkaantuu pintaan kuumana magmana, höyrynä tai vetenä. Tällaisilla alueilla geotermistä energiaa on jo kauan käytetty hyväksi. Maailman energiatuotannossa näitten energialähteitten osuus on kuitenkin mitättömän pieni ja paikallisesti rajoittunut. Poraustekniikan kehittyttyä voidaan jo suunnitella lämmön siirtämistä keinotekoisesti syvältä maankuoresta melkein pä mistä tahansa. Taloudellinen kannattavuus tosin asettaa tiettyjä rajoituksia.

Los Alamos Scientific Laboratory (LASL) New Mexicossa Yhdysvalloissa on työskennellyt lähes viisi vuotta suunnitellen ja kehittämällä menetelmiä energian tuottamiseksi syvällä maankuoressa sijaitsevista kuivista, kuumista kalliomuodostumista (dry hot rock). Periaate on yksinkertainen: porataan syvä reikä kuumaan kalliioon, aiheutetaan siihen laaja murrosvyöhyke, porataan toinen reikä murrosvyöhykkeen yläosaan, johdetaan vettä ensin poratun reiän kautta murrosvyöhykkeeseen, joka toimii suurena lämmönvaihtimena ja toisesta reiästä saadaan

maan pinnalle kuuma vesi, jota voidaan käyttää sähköenergian tuottamiseen tai lämmitystarkoituksiin riippuen ylös tulevan veden lämpötilasta (kuva 1). Lokakuussa 1975 Los Alamoksessa onnistuttiin luomaan tällainen lämmön-siirtosysteemi prekambriiseen peruskalliioon 3000 m:n syvyyteen, jossa lämpötila on n. 200°C.

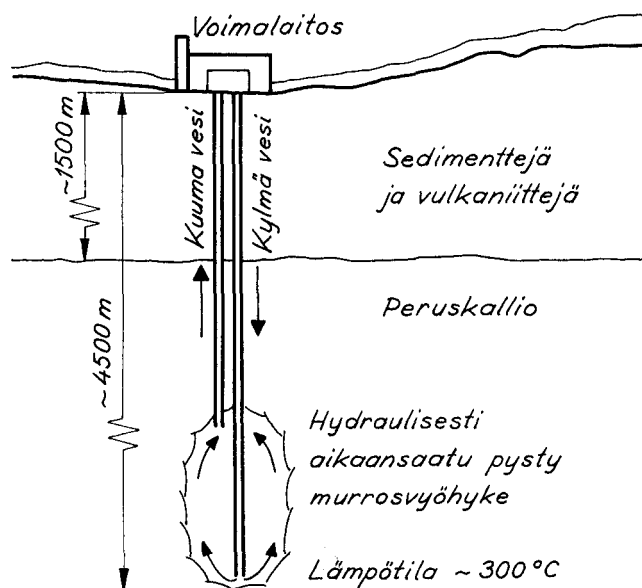
Vuoden 1976 syys—lokakuun vaihteessa pääsin Neste Oy:n säätöön myöntämän matka-apurahan turvin tutustumaan LASL:n geotieteellisen ryhmän työskentelyyn. Kirjoituksessani selostan LASL:n geotermisen energian projektia, sen tuloksia, kokemuksia ja tulevaisuuden suunnitelmia.

LOS ALAMOS SCIENTIFIC LABORATORY (LASL), New Mexico, USA

Los Alamos Scientific Laboratory (LASL) on nykyisin U.S. Energy Research and Development Administrationin (ERDA) alainen moniohjelmainen laboratorio, joka toimii Kalifornian yliopiston yhteydessä. Tutkimuskenttä käsittää monia teoreettisen ja kokeellisen fysiikan aloja. Noin 50 % toiminnasta on suuntautunut ydinenergian rauhanomaisiin sovellutuksiin. Muita tutkimusaloja ovat mm. aurinkoenergia, geoterminen energia, poraustekniikka (kalliota sulattamalla), kemia, nukleaarikemia, materiaalitutkimus, tietokonetekniikka, matematiikka, biologia, ympäristönsuojelu ja avaruustutkimus /1/. LASL onkin yksi USA:n tärkeimpiä tutkimuskeskuksia, ja sen tieteellinen tutkimustyö on saavuttanut laajaa tunnustusta. Kuivien, kuumien kalliomuodostumien hyödyntämisessä LASL on pisimmällä maailmassa. Projekti on vaatinut pitkälle menevää perustutkimusta geologian, geofysiikan ja tekniikan alalla.

LASL:n historiaa

LASL sai alkunsa toisen maailmansodan aikana talvella 1942—1943. Kalifornian yliopistossa Berkeleyssä Oppenheimer ja hänen kuuluisa ydinfyysikkoryhmänsä oli edistynyt atomipommiin liittyvissä teoreettisissa tutkimuksissa niin pitkälle, että tarvittiin sopiva paikka kokeellista työskentelyä varten. Los Alamos valittiin. Sen sijainti oli sopivan syrjäinen, mutta siellä oli kuitenkin poikakoulu, jonka tiloihin saatettiin sijoittaa noin 100 tutkijaa. Kun ensimmäinen atomipommi koe suoritettiin New Mexicon autiomaassa heinäkuussa 1945, työskenteli laboratoriossa jo 3000 henkeä. /1/



Kuva 1. Periaate energian tuottamisesta kuumasta kalliosta.

Fig. 1. Principle for extracting energy from dry hot rock.

Nyt eri alojen tutkimuslaboratoriot sijaitsivat omina yksikköinä (noin 30) hajallaan kanjonien rikkomalla Pajarito Plateaun ylätasangolla (2200 m). Välittömästi laboratorioalueen pohjoispuolella on Los Alamoksen pieni, 15 000 asukkaana kaupunki. Suurin osa sen väestöstä työskentelee LASL:n palveluksessa.

LASL:n geotieteellinen tutkimus

Geotieteet kuuluivat heti alkuvaiheista lähtien LASL:n toimintaan, aluksi vain osana aseitten testausohjelmaa. Seismologia, kalliomekaniikka ja kokeellinen korkeapainegeofysiikka olivat tärkeimmät tutkimusalat. Ajan kuluessa tutkimuskenttä on laajentunut huomattavasti ja käsittää nykyisin mm. magmaattisten prosessien, malmiesiintymien, vulkanologian ja purkausilmiöitten petrologisia, geokemiallisia ja geofysikaalisia kenttä- ja laboratorio tutkimuksia. Tärkeän osan muodostavat myös erilaiset teoreettiset, matemaattiset ja fysikaaliset simulaatiomallit. Tutkimuksia sovelletaan mm. geotermisten energia-alueitten, malmiesiintymien ja vulkaanisten riskialueitten arvioimiseen. /2/

LASL:n GEOTERMINEN PROJEKTI

LASL:n geotermisen energian ryhmä (Q-22) organisointiin muodollisesti maaliskuussa 1973. Huomattavasti laajentunut kenttätöohjelma sai tukea U.S. Atomic Energy Commissionilta (AEC). Nykyisen energiakriisin vaikutuksesta myös Yhdysvaltain hallitus kiinnostui vaihtoehtoisten energialähteitten kehittämistä. Tammikuussa 1975 muodostettiin U.S. Energy Research and Development Administration (ERDA), joka koordinoi ja tukee energiatutkimusta. Jo joulukuussa 1973 USA:n kongressi varasi vuoden 1974 budjettiin 4.7 milj. \$ geotermiseen tutkimukseen. LASL sai 3 milj. \$ ja vuonna 1975 noin 4 milj. \$. /3/

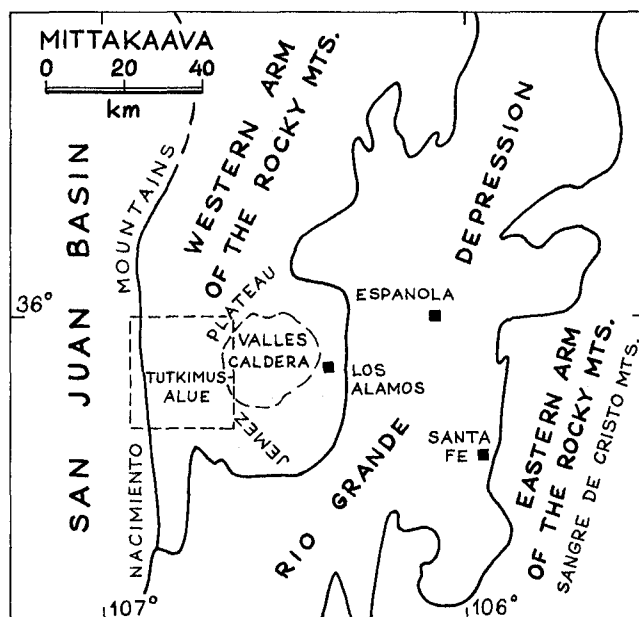
USA:n geotermisen energian tutkimus- ja kehittämisohjelma voidaan jakaa neljään ryhmään:

1. geotermisten lähteitten kartoitus ja arviointi
2. ympäristölliset ja lainsäädännölliset tekijät
3. geotermisten lähteitten hyväksikäyttö
4. teknologian kehittäminen

LASL on keskittynyt lähinnä kahteen viimeksi mainittuun tehtävään kuivien, kuumien kalliomuodostumien osalta, mutta se suorittaa myös geotermisten muodostumien kartoitusta ja arviointia. /3/

Tavoitteista

Projektin tavoitteena on kehittää menetelmiä energian tuottamiseksi taloudellisesti maankuoressa sijaitsevista kuivista, kuumista kalliosta. Tätä varten on tarvittu koelähteen alue, jolla voidaan selvittää menetelmien käyttökelpoisuutta sekä kehittää teknologiaa. Ensimmäisenä päämääränä oli aikaansaada toimiva kiertosysteemi kuumaan kalliioon. Seuraavana vaiheena on osoittaa systeemin käyttökelpoisuus sähköenergian tuottamiseen. Edelleen on tarkoituksena kehittää ja muunnella menetelmää soveltuvaksi erilaisiin geologisiiin olosuhteisiin.



Kuva 2. New Mexicon pohjoisosan kallioperustan rakenteen pääpiirteet ja tutkimusalueen sijainti (Keller, 1954/Purtymun, 1973, p. 2).

Fig. 2. Major structural features and area of investigation in north-central New Mexico (Keller, 1954/Purtymun, 1973, p. 2).

Koelähteen valinnasta

Huhtikuussa 1972 aloitettiin alustavat tutkimukset koelähteen valitsemiseksi. Valles Calderan alueella porattiin lukuisia matalia (150–230 m) testireikiä lämpötilagradientin mittaamiseksi ja lämpövirtatiheyksien laskemiseksi. Reijissä suoritettiin myös muita geofysikaalisia mittauksia ja teknisiä kokeiluja. Lopulta päädyttiin Fenton Hillin alueeseen, joka sijaitsee Jemez Plateaulla Kalliovuorten



Kuva 3. Geotermisen koelähteen alue Fenton Hillin alueella.
Fig. 3. Dry geothermal energy source demonstration site at Fenton Hill.

läntisessä haarassa Valles Calderan ja Narcimento-vuorten välissä, 32 km Los Alamoksesta länteen (kuvat 2 ja 3). Valles Calderan länsipuoli on geologisesti yksinkertaisempaa ja poraukselle edullisempaa kuin itäpuoli. Touko—kesäkuussa 1972 porattiin jo 785 m syvä testi-reikä GT-1, joka tunkeutui 143 m prekambriiseen graniittiin. Lämpötila reiän pohjalla on 100.4°C. Lupaavien koetulosten lisäksi alueen etuna on sen sijainti välittömästi maantien varressa, voima- ja puhelinlinjojen tuntumassa.

Ympäristön geologiasta

Valles Caldera on suuren nuorehkon tulivuoren kraatterialuetta, jonka toiminta alkoi noin yhdeksän miljoonaa vuotta sitten ja päättyi vasta 50 000—40 000 vuotta sitten. Aktiivisin kausi ajoittuu noin miljoonan vuoden taakse. Silloin valtava rajusti purkautunut tulivuori vajosi tyhjentyneeseen magmakammioonsa. Valles Caldera on halkaisijaltaan runsaat 20 km ja sen sisäreunoilla on joukko ryoliittidoomeja merkkinä myöhäisemmistä vulkaanisista tapahtumista. Jemez Plateau on muodostunut pääasiassa tulivuorenpurkauksen syöksestä vulkaanisesta tuhasta. Suhteellisen myöhäisen vulkanismin seurauksena syvällä (1—2 km) sijaitsevilla ympäröivissä kivissä on yhä jäljellä suuret määrät lämpöä /4/. Alueen korkea lämpötilagradientti noin 60°C/km johtuu osittain juuri tästä jäännöslämmöstä.

Naciminto-vuorten rinteillä tavataan prakambrisia graniitti- ja gneissipaljastumia. Prekambriksen pohjan päällä on paleotsooisia kalkkikiviä, hiekkakiviä ja liuskeita sekä mesotsooisia sedimenttejä ja kenotsooisia vulkaniitteja /5/. Näitten kerrostumien paksuus koalueella on 500—800 m. Prekambriksen pohjan iäksi on saatu 1680 milj. vuotta /6/.

Alueen geologista ja geofysikaalista kartoitusta jatketaan edelleen. Olin mm. mukana Valles Calderan alueella 5.—6. 10. 1976 suoritetuissa seismisissä mittauksissa, joissa räjäytysalue oli 250 km Valles Calderasta etelään. Mittauksilla pyritään selvittämään mahdollisten jäljellä olevien magmakammioitten sijaintia.

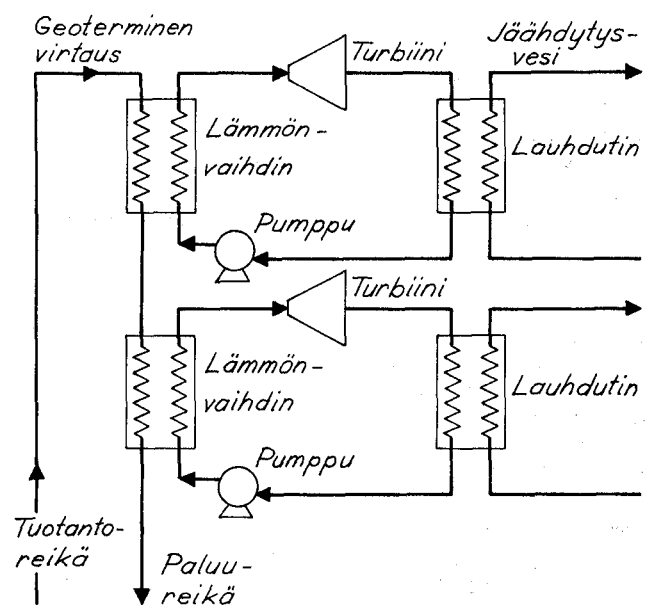
Poraus-, murtamis- ja testausohjelmasta

Testireiän GT-1 saavuttama prekambriksen peruskallio oli osoittautunut sopivaksi kokeiluohjelmaan. Helmikuussa 1974 aloitettiin Fenton Hillin alueella 2932 m syvän geotermisen testireiän GT-2 poraus tavanomaisella öljynporauskalustolla (Smith Q 9J ja Security H-100) lukuun ottamatta jaksoja, joista haluttiin porasydäntä (JOIDES Core Bit). Prekambriksen graniittinen gneissi tuli vastaan 730 m:n syvyydessä. Hydrauliset kallion murtamiskokeet aloitettiin jo 2 km:n syvyydessä, koska sopivan rakoiluvyöhykkeen luomista pidettiin yhtenä projektin kriittisimpänä vaiheena. Kokeet onnistuivat. Murrokseen pumpatun veden takaisin saanti oli lähes täydellinen. Porausta jatkettiin ja kallion huokoisuutta, tiheyttä, elastisia ominaisuuksia, lämpötilaa ja litologiasta luonnetta seurattiin pitkin matkaa mm. geofysikaalisin mittauksin.

Kokeilusysteemin varsinainen lämmönvaihtimena toimiva rakoiluvyöhyke tehtiin 3 km:n syvyyteen, jossa

lämpötila on noin 200°C. Rakoiluvyöhykkeen aikaansaamiseen käytettiin öljyporauksissa kehitettyä hydraulista murtamista. Muina vaihtoehtoina olisivat olleet räjäyttämisen joko kemiallisella räjähdysaineella tai ydinräjähteellä, myös kemiallinen liuottaminen olisi mahdollista. Valittu menetelmä katsottiin kuitenkin käyttökelpoisimmaksi. Hydraulista murtamista oli suoritettu molemmissa rei'issä (GT-2 ja EE-1) yhteensä kymmenellä eri syvyydellä välillä 1936—2951 m. Kuusi murtamisvaihetta oli tapahtunut teräsputkessa olevan rei'ityksen läpi ja neljä avoimen reiän kautta. Pumppausnopeus oli vaihdellut 30—90 l/min ja paineet 10—30 MPa. Paineen vaihtelut johtunevat syvyydestä, litologiasta, murtumisasteesta, murroksia täyttävistä mineraaleista, pumppausnopeudesta ja siitä, suoritettiinkö murtaminen avoimen reiän kautta vai vuorausputken rei'ityksen läpi. GT-2:n pohjalta synnytetty rakoiluvyöhyke on pystysuoran kiekon mallinen, säteeksi on arvioitu 120—150 m. /7/

Toukokuussa 1975 aloitettiin systeemin toisen reiän EE-1 poraus 77 m koilliseen reiästä GT-2. Noin 2 km:n syvyydessä siirryttiin suunnattuun poraukseen (kalustona Dyna Drill) murrosvyöhykkeen tavoittamiseksi, syntyi 205°:n spiraali. Lokakuun 14 päivänä 1975 reikä tavoitti murrosvyöhykkeen 3064 m:n syvyydessä. Ensimmäisen kerran ihmiskunnan historiassa oli saatu aikaan yhteys kahden porareian välillä syvällä, kuumassa, lähes läpäisemättömässä peruskalliolla. Yhteyden parantamiseksi suoritettiin myös reiässä EE-1 kalliion hydraulista murtamista. Lämpötila reiän pohjalla on 205.5°C. Standardiporauksessa kierrosnopeus oli ollut 40 rpm ja suunnatussa porauksessa 250 rpm. Tunkeutumisenopeus oli vaihdellut 0.9—11.6 m/h. Pisin standardiporauksen väli yhdellä terällä oli ollut 205 m/75h ja suunnatussa porauksessa 34.4 m/5h. /4/



Kuva 4. Kaaviokuva sähköenergian tuottamisesta geotermisessä muodostumassa kiertävästä vedestä.

Fig. 4. Schematic of electric power conversion cycles for liquid-dominated geothermal resources.

Molemmat reiät on osittain vuorattu suojaputkilla, joitten halkaisijat pienenevät pohjalle mentäessä 34 cm:tä 19.4 cm:iin. Toiseen reikään johdettu vesi kuumeene suurena lämmönvaihtimena toimivassa rakoiluvyöhykkeessä ja nousee toista reikää myöten ylös. Paineen avulla saadaan vesi pysymään ylikuumenneena vetenä, jolla on tarkoitus tuottaa höyryä käyttämään turbogeneraattoreita (kuva 4). Tällä hetkellä paikalla on vasta kaksi isoa lämmönvaihtinta, joitten avulla on pystytty arvioimaan systeemistä saatava energia. Rakoiluvyöhykkeen on arvioitu pysyvän käyttökelpoisena 10—15 vuotta. Jäähtyminen aiheuttaa kuitenkin lämpöjännityksiä ja uusien rakojen syntymistä. Alkuperäisen vyöhykkeen jäähtyessä rakoilu etenee kallion kuumempiin osiin ja systeemin ikä voi nousta moninkertaiseksi. /4/

Tulevaisuuden suunnitelmista

Parhaillaan on tarkoitus vielä erilaisin mittauksin täydentää kuvaa synnytetyn rakoiluvyöhykkeen ulottuvuudesta sekä tarkentaa reikien GT-2 ja EE-1 keskinäistä sijaintia. Tutustuessani 30. 9. 1976 demonstraatioalueeseen siellä oli juuri käynnissä mittaukset, joissa reiässä EE-1 räjäytettiin pieniä panoksia ja räjähdysaaltojen saapuminen mitattiin reiässä GT-2 vastaavalla syvyydellä kolmella toisiaan vastaan kohtisuorassa olevalla (yksi vertikaalinen, kaksi horisontaalista) geofonilla.

Kun nykyisellä syvyydellä 3000 m on suoritettu riittävästi kokeita, aiotaan reikää EE-1 jatkaa vielä 3750 m:n syvyyteen, jossa lämpötilan pitäisi olla noin 250°C. Reiän EE-1 poraus tavoitesyvyteen aloitetaan todennäköisesti huhtikuussa 1977. Jos olosuhteet ovat sopivat, kallio murtetaan hydraulisesti, ja kolmas reikä EE-2 porataan tähän uuteen rakoiluvyöhykkeeseen. Tavanomaisten kokeitten lisäksi tullaan tällä syvyydellä suorittamaan perusteellisempaa systeemin testausta ja selvitetään mahdollisuuksia 10 MW:n sähkövoimalaitoksen rakentamiseksi. Yksi ratkaistavaksi tuleva ongelma on varmasti se, miten maanpinnalla olevissa lämmönvaihtimissa voidaan estää kiertoveden kalliosta liuottaman aineksen uudelleen kiteytyminen ja sakkautuminen. Toinen mielenkiintoinen kysymys on, miten kauan kalliosta sijaitseva rakoiluvyöhyke pysyy toimivana ja toteutuuko optimistinen arvio lämpöjännityksen aiheuttamasta rakoilusta riittävässä mittakaavassa. /7/

Onnistuneen kiertosysteemin luominen 3 km:n syvyyteen on lisännyt kiinnostusta myös alueisiin, joitten lämpötilagradientti on lähellä normaalia (30°C/km). USA:n itärannikon radioaktiivisia graniitteja pidetään jo potentiaalisina geotermisinä lähteinä, ja LASL on mukana tutkimassa niitäkin. Lämpövirtatiheysarvoja on kartoitettu kautta USA:n /8, 9/. Tektonisesti aktiivinen läntinen kolmannes (yli 3 milj. km²) on selvästi kuumempaa kuin muut USA:n osat. Siellä keskimääräinen lämpövirtatiheys on noin 90 mW/m² (2.1 μcal/cm²s) ja lämpötila 6 km:n syvyydessä keskimäärin 230°C. Maan itäosissakin on muutamia pieniä, korkean lämpövirtatiheyden alueita. Koillisessa graniittiprovinssissa (noin 78 000 km²) on havaittu selvä korrelaatio lämpövirtatiheyksien ja radioaktiivisen lämmön tuoton välillä. Conwayn graniitti sisältää 4.2 % kaliumia, 16 ppm uraania ja 56 ppm toriumia. Ar-

violta noin 60 % sen lämpövirtatiheydestä 80 mW/m² (2.0 μcal/cm²s) johtuu näitten radioaktiivisten elementtien lämmöntuotosta. Geotermisen energian projektissa ollaan kuitenkin kiinnostuneempia itäisen rannikkokaistaleen (Maryland, Virginia, Pohjois- ja Etelä-Carolina) sedimenttien peittämistä graniiteista, sillä sopiva 1—2 km:n paksuinen huonosti lämpöä johtava sedimenttikerrostuma estää lämmönhukkaa ympäristöön.

TEKNIKAN ASETTAMIA EHTOJA KALLIO- MUODOSTUMIEN GEOTERMISEN ENERGIAN HYVÄKSİKÄYTÖLLE

Jotta kuivaa, kuumaa, syvällä maankuoressa sijaitsevaa kalliomuodostumaa voitaisiin nykyisellä tekniikalla käyttää energiantuotantoon, on sen täytettävä seuraavat ehdot:

1. riittävä geoterminen gradientti: sopiva lämpötila (> 200°C sähköenergiantuottamiseen ja > 80°C lämmitystarkoituksiin) kohtuullisella poraussyvyydellä (6 km)
2. mahdollisuus aikaansaada, kontrolloida ja pitää avoimena halutun suuruinen rakoiluvyöhyke, jonka pinta-ala on riittävä lämmittämään vyöhykkeessä kiertävän veden kohtuullisessa ajassa
3. käytännöllisesti katsoen läpäisemätön kallio estämään veden hukan kiertosysteemistä

Monissa kokeiluissa on osoittautunut, että prekambriin peruskallio täyttää parhaiten nämä vaatimukset. /10/

GEOTERMISEN ENERGIAN TUOTTAMISEN MAHDOLLISUUKSISTA SUOMESSA

Suomessa lämpötilagradientti on keskimäärin vain 12.6°C/km ja lämpövirtatiheys 35.0 mW/m² /11/. Mittaukset on tehty lähinnä malminetsintätarkoituksiin poratuista rei'istä. Siksi suurin osa niistä (13/18) sijaitsee malmikriittisellä Raahe—Laatokka-vyöhykkeellä. Muutaman reiän saaminen erityisesti geotermisen energian kannalta mielenkiintoisiin kohteisiin olisi toivottavaa.

Sähköenergiantuottaminen geotermisistä lähteistä tulee tuskin koskaan kysymykseen Suomen kallioperällä, mutta lämmitystarkoituksiin sopivia muodostumia voisi ehkä löytyä. Oulujoki Oy:n Muhoksen sedimenttikiven läpi graniittiseen kallioon poraamassa reiässä on tavattu tähän mennessä Suomen korkein lämpötilagradientti 24°C/km. Radiogeenisinä geotermisinä lähteinä merkittävät rapakivet ovat valitettavasti hyvin paljastuneita. Mm. Viipurin tasarakeisten rapakivimassiivien torium-, uraani- ja kaliumpitoisuudet ovat korkeita: 50 ppm Th, 12 ppm U, 5.2 % K. Laitilan rapakivi, jossa Th-, U- ja K-pitoisuudet ovat selvästi alhaisempia, on osittain Satakunnan hiekkakiven peittämä, mutta hiekkakivi on hyvin lämpöä johtavana muodostumana huono eriste. Hiekkakiveen poratessa reiässä on kuitenkin mitattu tähän mennessä Suomen korkein lämpövirtatiheys 50.4 mW/m².

Kalliomuodostumien geotermisen energian hyväksikäytön alalla tapahtuvaa kehitystä on syytä edelleen seurata, ja maamme mahdollisten geotermisten lähteitten kartoittaminen on paikallaan.

SUMMARY

THE LOS ALAMOS SCIENTIFIC LABORATORY'S WORK FOR DRY HOT ROCK GEOTHERMAL ENERGY EXTRACTION

The author reports for the Dry Hot Rock Geothermal Energy Project at the Los Alamos Scientific Laboratory (LASL).

The principle for extracting energy from hot rock in the Earth's crust is simple. The LASL concept is to drill a deep hole into the hot, relatively impermeable rock and create a large hydraulic fracture. A second hole is drilled to intersect the fracture creating a circulation loop for the injected water. The heated water may be used for electrical generation, industrial, agricultural or space heating purposes. The first man-made connection between two deep drill holes in a hot, nearly impermeable basement was made by LASL. In October 1975 fluid communication between two deep holes (~ 3000 m) was established in the Precambrian granitic basement at the Fenton Hill site in northern New Mexico. There the heat flow is nearly 200 mW/m² (4–5 hfu); the geothermal gradient increases with depth from 50°C/km to 60°C/km. The bottom-hole temperature is about 200°C.

The success of the experiment has arisen interest in this energy source also in areas with a near-normal geothermal gradient (30°C/km). In Finland the temperature gradient varies from 9.4 to 24.6°C/km, the mean being 12.6°C/km. Electrical generation from geothermal sources is thus unlikely to succeed on the Finnish basement, but formations suitable for space heating purposes may occur.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Los Alamos — Science City USA... LASL [Esite, 1975], 5 p.
2. McGetchin, T. R. Solid Earth Geosciences Research Activities at LASL, July 1 — December 31, 1974. LASL report LA-5956-PR, 1975, 93 p.
3. Tester, J. W., Proceedings of the NATO-CCMS Information Meeting on Dry Hot Rock Geothermal Energy, September 17–19, 1974, Los Alamos, New Mexico LASL report LA-5818-C, NATO CCMS report No. 38, 1974, 40 p.
4. Smith, M. C., Brown, D. W. and Pettitt, R. A., Los Alamos Dry Geothermal Source Demonstration Project. LASL Mini-Review 76–1, 1976, 4 p.
5. Purtymun, W. D., Geology of the Jemez Plateau West of Valles Caldera. LASL report LA-5124-MS, 1973, 13 p.
6. Brookins, D. G. and Laughlin, A. W., Rubidium-Strontium geochronologic study of GT-1 and GT-2 whole rocks. EOS (Am. Geophys. Union Trans.) 57, 1976, p. 352.
7. Laughlin, A. W., Pettitt, R. A., West, F. G., Eddy, A. C., Balagna, J. P. and Charles R. W., Current status of the Los Alamos dry hot rock geothermal energy extraction experiment. Manuscript, 1976, 22 p.
8. Brown, D. W., The potential for hot-dry-rock geothermal energy in the western United States. LASL report LA-UR-73-1075, 1973, 21 p.
9. Potter, R. M., Assessment of some of the geothermal resources of the eastern United States. LASL report LA-UR-75-384, 1975, 14 p.
10. Laughlin, A. W., Hot dry rock tested for geothermal energy. *Geotimes* 20 (3), 1975, p. 20–21.
11. Järvinäki, P. J. and Puranen, M., Heat flow measurements in Finland 1960–1976. Manuscript for the Monograph about heat flow in Europe, 11 p.

From p. 27

SUMMARY

GEOCHEMICAL MAPPING AT THE GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

Geochemical mapping was initiated in 1971 subsequent to a proposal by the Mining Society of Finland. In 1973 the Department of Geochemistry was founded at the Geological Survey of Finland. The mapping is aimed at covering areas of high ore potential at a rate of 7000 km² and some 80 000 samples a year.

Lake and stream sediments are studied at a density of 0.2–1 samples/km² for reconnaissance purposes, to guide regional mapping of the geochemistry of stream sediments (2–4 samples/km²) and till (10 samples/km²). Peat, vegetation, humus, water, and bedrock are studied as well, but to a more limited extent. Till and bedrock are investigated in follow-up work on a detailed scale.

Till and bedrock samples are analyzed with a tape-fed multichannel emission spectrometer with output on paper tape. At present, contents for 17 elements are calculated. Lake and stream sediments, as well as all organic samples, are normally analyzed for six heavy metals by AAS. Flameless AAS, neutron activation, and some other methods are used on a small scale for certain investigations. Metal contents are classified into intervals by the use of histograms and displayed on maps as symbols representing the intervals. For data interpretation graphical correlation diagrams, regression analysis, factor analysis, pattern recognition etc. are used. All data and maps are distributed to the users on microfiches. Symbol maps are also available as copies at scales of 1:100 000, 1:50 000 and 1:20 000.

Though the main aim is to produce geochemical maps, the large amount of anomalies already found have warranted more detailed investigations. Samples with anomalously high contents of metals are re-analyzed, complementary sampling is carried out and drift stratigraphy is studied with the help of excavators and heavy sampling equipment. The objective is to determine the character of the anomalies.

The geochemical maps have so far been used on a systematic basis only in uranium exploration. Anomalies in lake sediments have been followed up by stream sediment and drift investigations. Sampling of bedrock beneath drift has been carried out at some anomalies in drift, leading to the detection of weak uranium mineralizations. The results obtained in the application of geochemical methods to uranium exploration have been encouraging, indicating the usefulness of geochemical mapping in tracing mineralizations of other metals too.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Kataja, M., Nurmi, A., Wennervirta, H. and Vornanen E. (1970) The data processing and the interpretation of the results in pedogeochemical exploration. *Bull. Geol. Soc. Finland* 42, 151–164.
2. Kauranne, L. K. (1959) Pedogeochemical prospecting in glaciated terrain. *Bull. Comm. Géol. Finlande* 184, 1–10.
3. Nurmi, A. (1975) Geochemical exploration in a glacial ice divide region: Riikonkoski copper ore deposit, Kittilä, Finnish Lapland Institution of Mining and Metallurgy: Prospecting in areas of glaciated terrain 1975 Edinburgh 54–59
4. Wennervirta H. (1968) Application of geochemical methods to regional prospecting in Finland. *Bull. Comm. Géol. Finlande* 234, 1–91

Uusi kaivoksen tarpeisiin sovellettu lyhyen aikavälin suunnittelu- ja valvontajärjestelmä

Tekn.tri. P. Niskanen, Outokumpu Oy

Oleellisena uutena ajatuksena on ottaa käyttöön kaivoksen tuotantokaavio (kivenkulkukaavio) ja järjestää kustannuspaikat sen mukaisesti. Tähän asti ei yksityiskohtaisia tuotantokaavioita yleensä ole käytetty kaivosten jokapäiväisen suunnittelun ja valvonnan välineenä, ja toisaalta kustannuspaikat ovat olleet menetelmäperusteisia.

Tuotantokaavio osoittaa kaivoksen toiminnan rakenteen. Rakenteen jatkuva muuttuminen on oleellisin kaivoksen käytön ominaispiirre, joka erottaa sen johtamisen periaatteet täysin prosessiluonteisten tehtaiden vastaavista. Tämän kirjoituksen tarkoituksena on osoittaa, miten kustannuslaskenta pitäisi järjestää rakennekustannusten esille tuomiseksi ja operatiivisten päätösten niissä aiheuttamien muutosten huomioimiseksi. Samalla tarjoutuu mahdollisuus tulosvastuuajattelun ulottamiselle aina kaivoksen luohintakohteille saakka. Kaivoksen eri osien toiminnan kannattavuuden kokonaiskuvan valvonta tulee mahdolliseksi ja suunnitteluvaihtoehtojen aiheuttamien käyttökustannusmuutosten arviointi voidaan systematisoida lähes täysin.

Teoreettisuuden välttämiseksi asiasisältö esitetään yksityiskohtaisen laskuesimerkin muodossa. Kuka tahansa asiasta kiinnostunut voinee kuvissa ja taulukoissa esitetyn tiedon perusteella muodostaa ilman tietokonetta tai muita erikoisvälineitä itselleen käsityksen menetelmän käyttökelpoisuudesta.

Huomioitaneen vielä, että oheinen Oy Malmi Ab:n kaivos on mielikuvitusrakennelma, jonka kannattavuusluvut eivät esitä minkään olemassa olevan kaivoksen todellista tilannetta.

KAIVOKSEN TUOTANTOKAAVIO JA KUSTANNUSPAIKKAJAKO

Oy Malmi Ab:n kaivos on jo keski-ikäinen. Tarkasteluhetkellä sen kivenkulkukaavio on kuvien 1—5 mukainen: Tuotantorunko on kaivoksen historian aikana muovautunut nykyiseen muotoonsa emmekä me puutu tässä siihen, olisiko aikanaan pitänyt toimia jollakin toisella tavalla. Tavoitteena on analysoida nykytilannetta ja joitakin kaivoksen tulevan tilan vaihtoehtoja.

Jos raakkuvirrat huomioidaan, on kaivosten kivenkulkukaavio yleensä suhteellisen monimutkainen ja yksityiskohtissaan kussakin tapauksessa aina erilainen. Tutkimalla eri kaivoksia huomataan kuitenkin tiettyä kaikille yhteistä systematiikkaa:

Kiven kulkureitin varrella tavataan vaihteet **louhos**, **louhosalue**, **päätas**o ja **kaivososaston yhteiset toiminnat**. Nämä on kuvassa 1 esitetty pystysuorina lohkoriveinä vasemmalta oikealle. Tuotantokaavio on verkko, jonka

jokaisessa solmupisteessä on jokin kiven käsittelyvaihe ja samalla eräs kaivoksen pääkustannuspaikka. Kuvissa 1—5 on kustannuspaikat esitetty suorakaiteina, joiden päälle on kirjoitettu niiden nimi. Kuvassa 1, kansikuva, louhokset on järjestetty niiden lastaustason mukaisessa järjestyksessä ylhäältä alas. Jos tietty kaatonousu tai jokin muu kuljetusjärjestelmä palvelee vain yhtä louhosta, on se asianomaisen **louhoksen** alikustannuspaikka. Jos se palvelee useampaa louhosta samalla alueella, on se vastaavan **alueen** alikustannuspaikka ja vielä yleisemmässä käytössä oleva kaatonousu on alikustannuspaikkana lastaustasonsa mukaisen **päätas**on pääkustannuspaikalla. Valmistavien töiden kustannukset kerätään niiden aseman mukaisille kustannuspaikoille: Louhinnan valmistelevat työt louhoslohkoille, esim. 6IEB1 8160 mk kuvassa 1; yleiset valmistavat työt asianomaisen louhosalueen tai tason lohkoille, kuten esim. 6I61 162 396 mk (ajettu 104 m vino-perää). Jos louhoksen tai alueen valmistavia töitä tehdään usealla tasolla, lähtee sieltä useampia kivivirtoja eri tasojen kautta, kuten esim. kustannuspaikalla 6IB, jossa on ajettu 23 m perää kuljettamalla raakku +250 tason kautta ja toisaalta alempana 38 m perää, jonka kivimäärä on viety +325 tason kautta edelleen. Esimerkkinä täytössä olevasta louhoksesta on kuvan 1 louhos 6XVB, valmisteluvaiheesta olevasta 6XZ1 ja sekä louhinnan että valmistelun alla olevasta 6XEB.

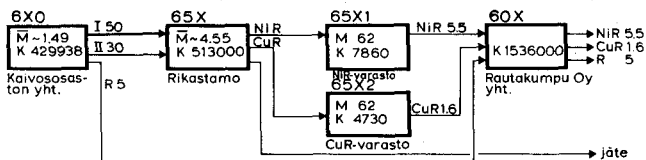
Kaavio uusitaan vuoden välein budjetoinnin yhteydessä, jolloin siihen otetaan mukaan kaikki käytössä jo olevat sekä seuraavan vuoden aikana käyttöön otettavat tuotantoreitit ja louhintakohteet.

Tämän systematiikan mukaisen tuotantokaavion piirtäminen voi ensi näkemältä tuntua vaikealta ja ehkä liian yleistetyltä. Sitä se ei kuitenkaan ole, sillä nämä periaatteet näyttävät sopivan niinkin erilaisille kaivoksille kuin Keretti, Vuonos, Kotalahti, Pyhäsalmi ja Vihanti.

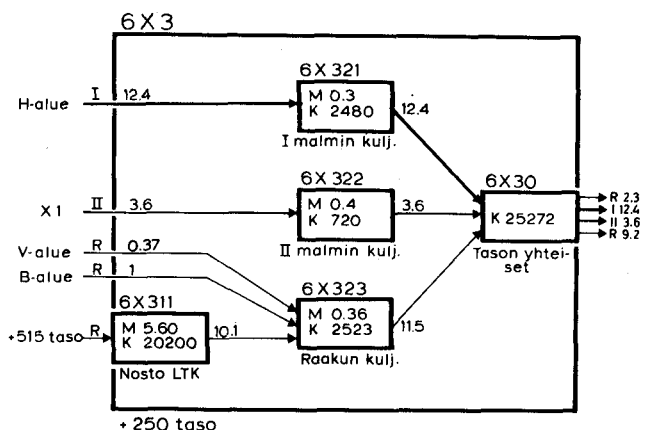
KUSTANNUSTEN SUHDE TOIMINTA-ASTEEN MUUTOKSIIN

Käsittelyvaiheen välittömät kustannukset

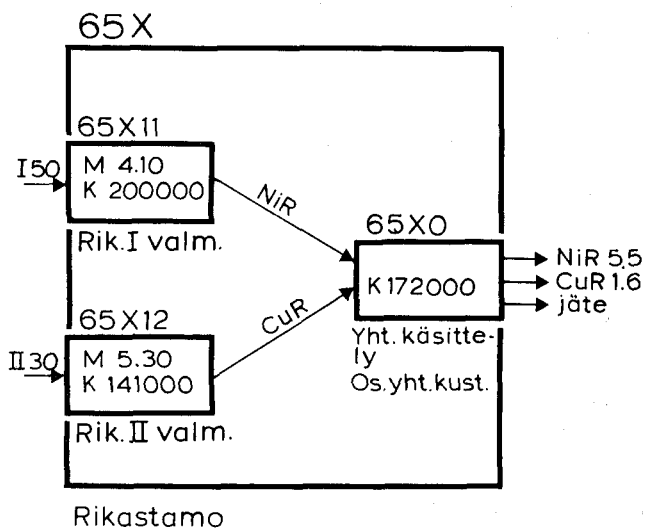
Kuvien lohkoissa on 3 kustannuslukua. Esimerkiksi louhoksella EB on kolme alemman tason kustannuspaikkaa: 6 MEB, jonne on kirjattu tuotantotoiminta-asteesta riippuvat varsinaiset tuotantokustannukset (irrotus, lastaus, mahd.kuljetus), 6KEB, jonne taas on kirjattu kaikki tuotantovalmiuden ylläpidon vaatimat kiinteät eli aikakustannukset eli kapasiteetikustannukset (tukemistyöt, kunnossapito, mahd. paikallistuuletus) ja kolmanneksi 6IEB louhinnan valmistelevien töiden ja louhinnan jälkeen tapahtuvan täytön kirjaamiseksi. Samanlainen kustannus-



Kuva 2. Loppuosa Oy Malmi Ab:n tuotantokaaviosta.
Fig. 2. Final part of the flowsheet.



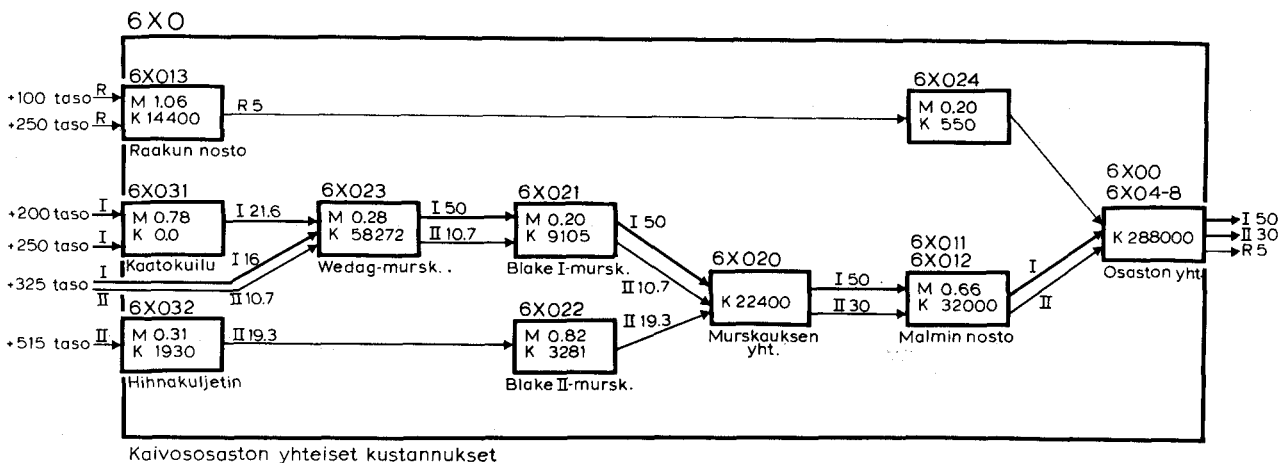
Kuva 3. Yksityiskohtainen kaavio kiven käsittelystä ta-
solla +250.
Fig. 3. Detailed rock flowsheet on +250 level.



Kuva 5. Rikastamon tuotantokaavio.
Fig. 5. Flowsheet of the concentration plant.

Erilliskustannusten käsite

Lohkon erilliskustannukset ovat kaikki ne kustannukset, jotka häviävät (syntyvät) jos lohkon toiminta lopetetaan (aloitetaan). Lopettaminenhan vaikuttaa kustannuksiin monella eri kustannuspaikalla, koska toiminta-asteet riippu-



Kuva 4. Yksityiskohtainen kaavio kaivososaston yhteisistä kivenkäsittelypisteistä.

Fig. 4. Detailed rock flowsheet of same parts of the mine.

erittely tehdään kaikille käsittelyvaiheille. Yhden lohkon kustannuksia M, K ja I yhdessä kutsutaan **käsittelyvaiheen välittömiksi kustannuksiksi**. Muuttuvat kustannukset ovat lyhyen ajan tuotantoperusteisia muuttuvia, so. jos louhoksen EB malmin louhinta on jonain kuukautena nollassa, ovat sitä myös muuttuvat kustannukset. Muuttuvat kustannukset on esitetty mk/ton (esim. EB:llä M 13,6 mk/ton), mutta kiinteät ja pitkävaikutteiset mk/kk (esim. K 9 450 mk/kk ja I 8 160 mk/kk).

vat toisistaan. **Lohkon muuttuvat erilliskustannukset** ovat kaikki ne kustannukset, jotka häviävät (syntyvät) jos lohkon toiminta-aste lasketaan nolnaan (nostetaan nollasta). Esimerkkinä muuttuvista erilliskustannuksista ovat kuvan 1 louhoslohkojen vasemmalle puolelle kirjoitetut kumulatiiviset muuttuvat kustannukset. Esim. Louhoksen AS toiminta-asteen pudottaminen nolnaan laskee kustannuksia **vaikutusalueellaan** $5000 \times 24,65 = 123,3$ tmk/kk.

KAIVOKSEN VASTUUALUEET JA NIIDEN TOIMINNAN VALVONTA

Kaivoksessa tarvitaan kahta eri toiminta-ajatusta ja valvontatekniikkaa: Toinen **louhintakohteille** ja toinen **tuotantorungon** eri käsittelyvaiheille. Louhintakohteissa tapahtuu irrotus ja primäärilastaus, tuotantorungon eri vaiheissa tarvitaan lähinnä tehokasta kuljetustekniikkaa. Tuotantorunko säilyy usein kauankin samana, kun taas louhosten lukumäärä, koko laatu ja paikka ovat jatkuvan muutoksen kohteena aiheuttaen siten myös jatkuvaa suunnittelua ja uuden rakentamista. Kaivoksella lyhyen aikavälin tärkeimmät operatiiviset päätökset koskevat louhintakohteita (esim. cutoff-pitoisuus ja aukioloaika) ja pitkän aikavälin päätökset tuotantorunkoa aikajänteen yleensä kasvaessa mitä kauemmaksi louhoksista tuotantokaaviota pitkin edetään. Kun vielä huomataan, että jos lasketaan louhoksen malmivirran aiheuttamat muuttuvat kustannukset yhteen pitkin kaaviota louhokselta rikasteiden toimituksiin, aiheutuu 50—90 % kustannuksista yleensä jo välittömästi louhoksella, kannattaa louhintakohteiden valvontaan erityisesti keskittyä.

Kukin kuvan 1 lohkoista on oma vastuualueensa, jossa kussakin voi olla useita käsittelyvaiheita kuvien 3—5 esimerkin mukaisesti. Selvitämme kohta, minkälainen raportointi vastuualueiden toiminnan valvomiseksi ja kehittämiseksi on tarpeen.

Louhintakohteen tuotannon arvo

Oy Malmi Ab omistaa vain yhden kaivoksen, jonka jaksolla 12/76 tuottamat rikasteet

Rikasteet	Kuivap. 1000 t/kk	Ni %	Cu %	Märkäp. 1000 t/kk
NiR	5,0	10	1	5,5
CuR	1,5	1	25	1,6

myydään asiakkaalle, joka maksaa rikasteiden päämetallisisällön mukaan 15 mk/Ni-kg ja 5 mk/Cu-kg. Rikasteen sivumetallista ei makseta mitään. Ni-rikasteen arvo oli $5 \times 100 \times 15 = 7,5$ Mmk ja Cu-rikasteen $1,5 \times 250 \times 5 = 1,9$ Mmk. Kaivoksesta louhitaan kahta eri malmityyppiä, joista I sisältää keskimäärin 0,8 % Ni ja 0,6 % Cu ja II keskimäärin 0,5 % Ni ja 0,4 % Cu. Malmeista tehdään kuitenkin yhteiset rikasteet saantien ollessa seuraavia

I Ni/NiR	93 %	Cu/CuR	91 %
II Ni/NiR	85 %	Cu/CuR	80 %

Näiden lukujen perusteella saadaan malmien metallisisältöjen ekvivalenttikertoimiksi

I	1 kg/Cu = 0,326 kg/Ni
II	1 kg/Cu = 0,314 kg/Ni

Koko kaivoksen tuotannon laatu ja määrä ei kuitenkaan kelpaa kaivoksen operatiivisten päätösten perustaksi. Louhosten pitoisuudet vaihtelevat huomattavasti ja ne tulee huomioida: Olettamalla tässä yksinkertaisuuden vuoksi rikastamon saannit malmien pitoisuuksista riippumattomiksi saadaan esimerkiksi louhoksen EB tuotannon arvoksi, kun sieltä on louhittu malmia 0,5 % Ni/0,4 % Cu, $5 \times 0,85 \times 15 + 4 \times 0,80 \times 5 = 79,8$ mk/ton, ja edelleen louhinnan määrällä kertoen tuotannon arvoksi PEB = 503 t/mk/kk. Laskemalla kaikkien louhosten tuotantojen arvot yhteen, saadaan edellä esitetty koko kaivoksen tuotannon arvo 9,4 Mmk/kk. Louhosten pitoisuudet, louhinnan määrä, metallien saanti ja tuotannon arvo jaksolta 12/76 on esitetty taulukossa 1.

Louhintakohteen katelaskelma

Katelaskelma taulukossa 2 osoittaa sekä toteutuneen että ennustetun tulevan taloudellisen tuloksen louhoksella EB. Samalla esitetään **budjettivertailu**. Asianmukaisen tilannekuvan saamiseksi on ylinnä lisäksi joitakin teknil-

Louhos	Laimennettu pit. (kg/ton)			Louhinta 1000 ton/kk	Saatu metallia (Ni-ekv.)		Tuotannon arvo	
	Ni	Cu	Ni/ekv.		kg/ton	ton/kk	mk/ton	1000 mk/kk
RS	0	6	1.96	1.6	1.82	3	27.3	44
AS	7	4	8.31	5.0	7.72	39	115.8	579
JP	8	6	9.96	9.0	9.26	83	138.9	1250
JM	8	6	9.96	6.0	9.26	56	138.9	833
H1	2	3	2.98	4.0	2.77	11	41.6	166
H2	17	12	20.91	8.4	19.45	163	291.8	2451
X1	3	2	3.63	3.6	3.08	11	46.3	166
VF	6	4	7.31	16.0	6.79	109	101.9	1630
U4	6	5	7.57	7.1	6.43	46	96.5	685
EA	5	4	6.26	13.0	5.32	69	79.8	1037
EB	5	4	6.26	6.3	5.32	34	79.8	503
I yht.	8	6	9.96	50.0	9.26	464	138.9	6953
II yht.	5	4	6.26	30.0	5.32	160	93.8	2391
Yht.	—	—	—	80.0	14.58	624	—	9344

Taulukko 1. Louhosten pitoisuudet, louhinta, saanti ja tuotannon arvo.
Table 1. The grades, production, recoveries and profits of the stopes.

Työnjohtajan vastuualueraportti I

6XEB: Katelaskelma (tmk)

	joulukuu 1976		Σ alusta	Σ elinikä	
	tot.	budj.	tot. yht.	ennuste	budj.
Malmin louhinta t	6 300	6.000	100 000	123 000	120 000
Pitoisuudet Ni/Cu %	0.5/0.4	0.6/0.4	0.6/0.4	0.6/0.4	0.6/0.4
Raakun louhinta t	200	—	5 800	6 000	5 600
Kapasiteetti 2 t	10 000	10 000	—	—	10 000
Malmia jäljellä t	23 000	12 000	—	—	—
Menetelmä	Välitaso	—	—	—	Välitaso
Tuotannon arvo	503.0	555.0	9251.4	11379.0	11200.0
./ muutt. erilliskustannukset	166.5	178.0	1350.0	1640.0	1560.0
Katetuotto	336.5	377.0	7901.4	9739.0	9640.0
./ välittömät kapasiteetikust.	9.5	9.0	151.1	213.0	180.0
Käyttökate	327.0	368.0	7750.3	9526.0	9460.0
./ peränajo 6IEB1	—	—	216.0	232.0	240.0
./ nousunajo 6IEB2	8.2	—	114.0	127.0	120.0
./ muut tilat 6IEB3	—	—	68.0	68.0	60.00
./ täyttö 6IEB4	—	—	—	8200.0	7900.0
./ muut yht. 6IEB5	—	—	87.0	120.0	100.0
Toimintakate	318.8	368.0	7265.3	779.0	1040.0

Taulukko 2. Esimerkki louhoskohtaisesta katelaskelmasta.
Table 2. Margin calculation example of a stope.

lisiä tietoja. Oheisena on laskentajaksona kk, mutta jason pidentäminen esim. vuosineljännekeksi ei vaikuta muuhun kuin numeroarvoihin.

Katelaskelma on helppo tehdä vähentämällä tuotannon arvosta peräkkäin muuttuvat erilliskustannukset ja kustannuspaikoille 6KEB ja 6IEB kertyneet markat sellaisenaan. Saamme kolme tulossuureta: **katetuotto**, **käyttökate** ja **toimintakate**, joista käyttökate on jaksokohtaisessa jälkilaskennassa ehkä tärkein. Jos käyttökate on positiivinen, louhos tuottaa katetta ylempien käsittelyvaiheiden kustannusten maksamiseksi. Tämä ei siis (eikä liioin vastaava toimintakate) vielä osoita, kuinka paljon louhitun malmin arvosta jää varsinaisena voittona yhtiön kassaan. Jos jollakin louhoksella käyttökate on negatiivinen ja sen oletetaan myös pysyvän sellaisena, pitää louhinta lopettaa. Tietyn jakson kate voi olla negatiivinen myös tilapäisesti esim. toiminta-asteen pudotua jonkin häiriön vaikutuksesta selvästi alle suunnitellun kapasiteetin. Näin on käynyt kuvan 6 mukaan jaksolla 1/76.

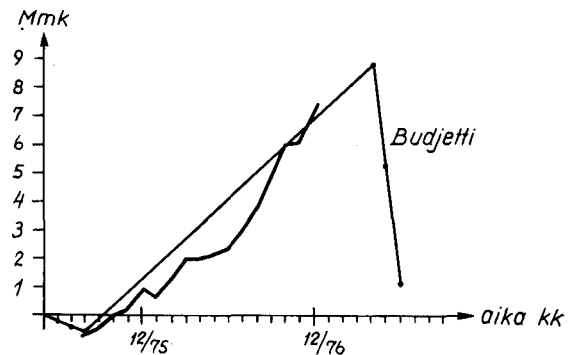
Louhintakohteen kumulatiivinen toimintakate

Toimintakatteen saamiseksi vähennetään käyttökatteesta vastaavalle I-kust. paikalle kertyneet markat sellaisenaan huomioimatta niiden mahdollista pitkävaikutteisuu-ta jaksottamalla. Käsitlyksen toiminnan ajallisesta kehittämisestä saanee parhaiten kuvan 6 mukaisesta graafisesta raportista, jossa toteutuneen kumulatiivisen toimintakatteen lisäksi on esitetty myös alkuperäinen avauspäätöksen pohjana ollut budjetti. Budjettia tehtäessä on hintojen ja kustannusten sekä rahan arvon muuttumi-

nen arvioitu parhaalla mahdollisella tavalla, joten vertailu todellisen tilanteen kanssa on mielekäästä. Ennusteiden epävarmuuden vuoksi kaivoksen kustannuslaskennassa pyritään alin vastuualue perustamaan niin pienelle louhintayksikölle, että sen ikä valmistuvine töineen ja täyttöineen jäisi alle 5 vuoden. Pitemmän aikavälin tapauksissa oletetaan kustannusten ja tuottojen arvon muuttuvan samassa tahdissa, joten esim. inflaatiokorjauksia ei tehdä.

Työnjohtajan vastuualueraportti II

6 XEB : Kumulatiivinen toimintakate :



Kuva 6. Esimerkki louhoksen kumulatiivisesta toimintakatteesta. Raportissa näkyy toteutuneen tilan ja alkuperäisen budjetin vertailu.

Fig. 6. Example of the cumulative operating margin of a stope.

Työnjohtajan vastuualueraportti III

6X5: Budjettivertailu (tmk)

	joulukuu 1976		vuoden alusta	
	tot.	budj.	tot. yht.	budj. yht.
Malmin käsittely t	19 300	20 000	212 000	240 000
Raakun käsittely t	10 100	10 000	128 000	120 000
Kapasiteetti 2 t	50 000	50 000	—	600 000
Muutt. tuot.kust. yht.	37.0	35.0	445.2	420.0
Kiint. kapasiteetikust. yht.	98.2	100.0	1130.4	1200.0
Käyttökust. yht.	135.2	135.0	1575.6	1620.0
Peränajo	65.0	80.0	780.6	960.0
Nousunajo	—	—	—	—
Muut tilat	—	15.0	22.7	23.0
Laitteet ja koneet	—	—	12.6	12.0
Muut yht.	—	20.0	48.2	47.0
Investoinnit yht.	65.0	115.0	864.1	1042.0

Taulukko 3. Esimerkki tuotantorungon vastuualueiden budjettivertailuraportista.
Table 3. Budget control report example.

Budjetointi ja budjettivalvonta

Oy Malmi Ab:n kaivoksella katelaskelmat tehdään jokaiselle louhintakohteelle ja lisäksi kaikelle toiminnalle yhteensä. Tuotantorungon vastuualueille ei niitä tehdä. Louhintakohteiden budjetin toteutumista voidaan siis valvoa katelaskelman avulla, mutta kaivoksen muista vastuualueista esitetään erityinen **budjettivertailuraportti** (taulukko 3). Muuttuvat kustannukset ja pääosa pitkävaikutteisista menoista budjetoidaan kaikkialla pelkkien käsittelytonnien ja vastaavien toimintojen perusteella. Budjetoinnissa esiintyvät toiminta-asteina siten pelkästään malmi- ja/tai raakutonnit, jotka ilmoitetaan louhintakohteiden ja tuotantorungon käsittelyvaiheiden lisäksi jokaisen vastuualueen peränajo-, nousunajo- sekä muiden tilojen louhinta- ja täyttökohteille kullekin yhteensä. Kiinteät kapasiteetikustannukset ja pitkävaikutteisista menoista laitteet ja koneet sekä muut kustannukset budjetoidaan suoraan markkoina. Budjetoinnin toiminta-asteet ja yksikköhinnat määrittelee alueesta vastuussa oleva työnjohtaja, joka saa myös kaikki budjettoimiansa markat sellaisenaan näkyville vertailuraportteissaan (taulukot 2—3).

Kustannus- ja tehokkuusvalvonta

Kaivoksen rationalisoinnilla ja valvonnan tehostamisella saavutettavissa olevista potentiaalisista kustannussäästöistä uskotaan suurimman osan olevan työnjohdon päätösten varassa. Heidän vastuualueittensa kustannusten, teknillisten työvaiheiden suoritteiden ja tehojen selväpiirteinen raportointi on silloin avainasemassa. Oy Malmi Ab:n kaivoksella esitetään vastuualueista taulukkojen 4 ja 5 mukaiset raportit (samanlainen myös tuotantorungon vastuualueista).

Budjetointi antaa toiminnan tavoitteen karkeammalla tasolla kuin mitä teknillis-taloudellinen kaivoksen toimin-

nan ohjaus ja kehitys vaativat. Siksi asetetaan eri työvaiheiden tehoille tavoitteet (raportti V), jotka ovat työntutkimusten tai vastaavien avulla selvitettyjä sen toiminnan ihannesaavutuksia (nk. suoritusstandardeja tai normeja). Tavoitteena on päästä kullakin yksittäisellä työvaiheella mahdollisimman lähelle näitä normeja.

Kustannus- ja tehoreporteissa on eritelty suoritteet, kustannukset ja tehot tuotannonkijöittäin kolmessa ryhmässä. Kaivostekniikan kehittyminen näkyy pitkällä tähtäimellä näiden tuotannonkijöiden yksittäisissä tehoissa, suoritusstandardeissa, keskinäisissä suhteissa, uusien tekijöiden ilmaantumissa ja vanhojen katoamisissa. Nämä eritellyt esittävät työnjohtajan säätönapulat ja hänen suorittamiensa toimenpiteiden tulos näkyy näissä raporteissa. Hän vertaa raportteja oman alueensa aikaisempien kuukausien vastaavien raporttien lisäksi muiden työnjohtajien vastuualueiden raportteihin ja hänen tulee pystyä selittämään mistä luonnon oikusta tai budjetin aiheuttamista pakotteista hänen alueensa mahdolliset huonot saavutukset johtuvat.

Teho- ja kustannuslukujen esittäminen erikseen muutetuille, kiinteille ja pitkävaikutteisille kustannuksille antaa vasta kunnollisen mahdollisuuden keskittyä kaivoksen hyväksikäytön kannattavuuden ohjaamiseen. Tavoitteen pitäisi nähdä kaivoksen kiinteiden laitteiden sekä perä- ja nousuverkon (näitä edustavat kiinteät kustannukset) sellaisena rakentamisena ja sopeuttamisena (valmistavat työt ja täyttö), joka johtaa mahdollisimman suuriin katetuottoihin (suuri tuotannon arvo ja alhaiset muuttuvat kustannukset).

Kustannus- ja tehoreportit muodostavat välittömän valvonnan lisäksi pohjan kaivoksen suunnitteluparametrien arvioinnille ja edelleen pitkän aikavälin teknillisen kehityksen ja suorituskyvyn tarkastelulle. Viimeksi mainittu näkökohdan vuoksi vuosikertomukseen liitetään vuoden aikana loppuneiden louhintakohteiden viimeisen jakson raportit I-V.

Työnjohtajan vastuualueraportti IV

6MEB: Muuttuvat tuotantokustannukset

	joulukuu 1976		alusta yht.	
	tot.suorite	(tmk)	suoritteet	(tmk)
Pitkäreikäporaous pom	10 356	93.2	83 922	755.3
Paineilma pom	10 356	9.9	83 922	80.3
Räj.aineet				
Aniittia kg	525	2.1	4 300	17.2
Anoa kg	6 900	20.7	55 967	167.9
Lastaus				
Wagner ST5 h	93.0	18.2	757.0	147.6
Trukkikuljetus				
Volvo h	209.0	14.6	1 691.0	118.4
Rikkoporausta				
Aniittia kg	400	1.6	3 225	12.9
Panostus h	155.0	6.2	1 260.0	50.4
Yht.	—	166.5	—	1 350.0
Louhittu malmia	6 300	—	90 000	—
Työvuoroja yht.	37.2	—	557.4	—
Palkkojen osuus (%)	—	29.3 %	—	27.5 %

6KEB: Kiinteät kapasiteetikustannukset

	joulukuu 1976		alusta yht.	
	tot.suorite	(tmk)	suoritteet	(tmk)
Muuta työtä h	7	1.8	170.7	43.9
Pulttausporausta h	—	—	32.0	1.3
Pultteja kpl	—	—	75	1.1
Rusnaus/puhd. h	63.7	5.0	731.3	57.4
Raappausta h	—	—	43.0	1.7
Ruiskubetonointi m ³	—	—	—	—
Reknusta h	—	—	18.0	0.7
Kuljetusta h	27.1	2.1	418.1	32.4
Tarveaineita	—	—	—	7.4
Muita kust.	—	0.6	—	5.2
Yht.	—	9.5	—	151.1
Työvuoroja yht.	13.0	—	188.4	—
Palkkojen osuus (%)	—	41.1 %	—	37.4 %

6IEB: Valmistavat työt ja täyttö

	joulukuu 1976		alusta yht.	
	tot.suorite	(tmk)	suoritteet	(tmk)
Peränajo jm	—	—	176.2	216.0
Nousunajo jm	20.5	8.2	285.4	114.0
Muut tilat m ³	—	—	2 720.0	68.0
Täyttö m ³	—	—	—	—
Muut yht.	—	—	—	87.0
Yht.	—	8.2	—	485.0
Louhittu malmia	—	—	10 000	—
Louhittu raakkua	184.5	8.2	5 800	—
Työvuoroja yht.	25.0	—	194.5	—
Palkkojen osuus (%)	—	26.4 %	—	28.5 %

Taulukko 4. Esimerkki yksityiskohtaisesta kustannusraportista.
Table 4. Detailed cost report.

KOKO KAIVOKSEN KATELASKELMA

Edellä esitettyjen kaivoksen sisäisten vastuualueiden ohella on seuraavan tason vastuualueena koko kaivos ja tässä esimerkkitapauksessa samalla koko yhtiö. Kun työnjohtajan lähtökohtina alueillaan ovat budjetit sekä suoritusstandardit ja kun heidän säätönappuloinaan ovat

tekniset tuotannon tekijät, ovat koko kaivoksen tasolla lähtökohtana ja säätönappuloina louhintakohteiden toiminta-asteet ja niiden yhteistoiminnan sopeuttaminen. Tämä pitää silloin sisällään kannattamattoman toiminnan lopettamisen, auki olevien kannattavien louhosten toiminta-asteiden säätelyn sekä uusien kohteiden avaamisen kaikkine valmisteluineen sekä louhintakohteiden että tuo-

Työnjohtajan vastuualueraportti V

6MEB: Tehot ja yksikkökustannukset

		joulukuu 1976		alusta tot. ka.
		tot.	tavoite	
Pitkäreikäporaous	pom/h	12.1	14.0	16.2
	mk/pom	9.9	9	9.6
Räjäaineet ja panostus	pom/ton	0.3	0.1	0.15
	g/ton	253	200	244
Lastaus	mk/räj.kg	5.7	5	6.30
	Wagner ST5	ton/h	72.0	80
Trukkikuljetus	mk/ton	2.4	2	2.3
	Volvo	ton/h	43	50
Rikotus	g/ton	3.2	3.0	3.2
		65	30	35
Malmin louhinta	mk/ton	102.65	90	105.7
Kiinteät kust.	ton/vuorot yht.	26.43	25.0	25.6
	mk/ton	1.51	1.5	1.6

6MEB: Tehot ja yksikkökustannukset

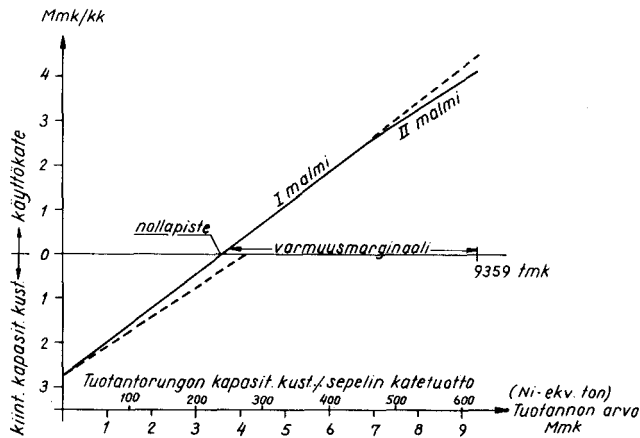
		joulukuu 1976		alusta tot. ka.
		tot.	tavoite	
Peränaajo	jm/kk	73	100	90
	mk/jm	1250	1200	1232
Lyhytreikäporaous	mk/ton	27.2	25	26.7
	pom/h	103.2	100	105.4
Lastaus	mk/pom	5.2	4	4.8
	Wagner ST5	ton/h	15	20
Nousunajo	mk/ton	9.2	8	8.6
	jm/kk	30	30	30
Muut tilat	mk/jm	420	400	420
	mk/ton	32.5	30	31.7
Täyttö	mk/m ³	26.7	25	23.4
	mk/m ³		22	—

Taulukko 5. Esimerkki yksityiskohtaisesta teho- ja yksikkökustannusraportista.
Table 5. Detailed efficiency and unit cost report.

		Jakso 12/76			
		Yht.	I-malmi	II-malmi	Sepeli
NiR-tuotanto	t Ni	500	372	128	
CuR-tuotanto	t Cu	370	274	96	
Sepelin myynti, 1000 t		5			5
Tuotannon arvo yht.		9359	6953	2391	15
./.. Muutt. erilliskust.		2332	1560	763	9
Louhosityksiköiden katetuotto		7027	5393	1628	6
./.. Välittömät kapasiteetikust.		129	96	33	—
Louhosityksiköiden käyttökate		6898	5297	1595	6
./.. Tuot.rungon kapasiteetikust.		2722			
Kaivoksen käyttökate		4176			
./.. Valm. työt ja raakun käsittely		1166			
Kaivoksen toimintakate		3010			

Taulukko 6. Koko kaivosyksikön katelaskelma (tmk).
Table 6. Margin calculation of the mine (tmk).

Käyttökatekuvio



Kuva 7. Kaivoksen käyttökatekuvio ja muutamien tunnuslukujen määrittely.
Fig. 7. Operating margin diagram and some profitability indexes of the mine.

tantorungon alueilla. Koko kaivoksen katelaskelma taulukossa 6 on louhosityksiköiden katelaskelmien summa: Tuotannon arvo saadaan laskemalla louhosten tuotantojen arvojen summa ja lisäämällä raakun osuus. Muuttuvat kustannukset saadaan laskemalla ensin yhteen muuttuvat kustannukset louhoksilta pitkin niiden käsittelyreittiä myyntiin asti (erilliskustannukset) ja sen jälkeen yhdistämällä ne malmityypeittäin. Esim. II-malmin louhoksille X1, U4, EA ja EB saamme kuvan 1 mukaan 22.86, 26.75, 24.92 ja 26.42 mk/malmitonni ja edelleen $82 + 190 + 324 + 167 = 763$ tmk/kk, joka näkyy taulukossa 6. Tuotantorungon kiinteät kustannukset saadaan laske-malla yhteen kuvien 1—5 vastaavat K-kustannukset. Valmistavien ja raakutöiden osaksi saadaan I-kustannusten ja raakun käsittelyn M-kustannusten summa 1166 tmk.

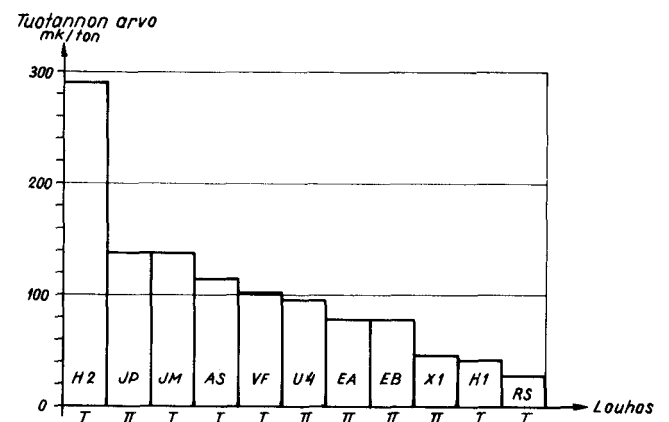
Parhaan yleiskuvan koko kaivoksen katelaskelmasta (so. taulukon 6 tiedosta) saa kuvan 7 mukaisesta graafisesta raportista. Kuva esittää havainnollisesti edellä esitetyn kaivoksen suunnittelun tavoitteen: Pyrkimyksenä on kehittää ja sopeuttaa kaivoksen välttämättömiä kiinteitä tuotantorungon tuotannontekijöitä siten, että niiden avulla saataisiin aikaan mahdollisimman suuri katetuotto. Tätä kuvastaa nk. kapasiteettiaste (louhosityks. käyttökate/tuot.rungon kapasiteetikust.), joksi saadaan 2,5. Kuvan 7 mukaan saadaan tuotantorungon kapasiteetikustannukset maksettua, kun myynti nousee tasolle 3,6 Mmk, jos se perustuu kokonaan I-malmin käyttöön. II-malmin tapauksessa myyntivaatimuksena olisi (alempi katkoviiva) 4,1 Mmk. Kautena 12/76 I-malmin koko myynti nosti käyttökateen tasolle 2,6 Mmk (louhosityksiköiden käyttökate 5,3 — tuot.rungon kapasiteetikust. 2,7) loppuosan käyttökateesta jäädessä II-malmin ansioksi. I-malmin **katetuotto**prosentti (louhosityks. käyttökate · 100/tuot.arvo) on 76 %. **Nollapisteeksi** (tuot.rungon kapasiteetikust. · 100/katetuotto) saadaan em. 3.6 Mmk, **varmuus-**

marginaali (tuot.arvo — nollapiste) 100/tuot.arvo) on 49 %. Jos koko louhinta olisi perustunut I-malmiin, olisi käyttökate noussut tasolle 4.5 Mmk (ylempi katkoviiva).

OPERATIIVISTEN PÄÄTÖSTEN VAIKUTUS KÄYTTÖKUSTANNUKSIIN

Kaivoksessa on sekä kiinteitä että liikuteltavissa olevia kapasiteettitekijöitä. Kiinteitä ovat esim. rännit, tiettyyn paikkaan asetetut lastauskoneet, junat, hihnakuuljettimet, nosto, syöttimet ja murskaimet. Niitä vastaavat kapasiteettiluvut voidaan liittää kuvien 1—5 asianomaisiin lohkoihin toiminnan laajuutta rajoittaviksi parametreiksi, joiden suuruus taas puolestaan vaikuttaa korjausten yms. määrän kautta vastaavien lohkojen kapasiteetikustannuksiin.

Muuttuvia kapasiteettitekijöitä (yhteisiä resursseja) ovat miehet ja liikkuvat koneet kuten kauhakuormaat, trukit, poraus-, pultaus-, rusnaus- ja ruiskubetonointijumbot. Nämä resurssit ovat ikäänkuin lainassa tiettyä suoritehintaa vastaan yksityisillä kustannuspaikoilla sen ajan kuin niitä tarvitaan, jonka jälkeen ne palautetaan kaivososaston yhteisten kustannusten (tai tietyn tason) yhteydessä oleville kustannuspaikoilleen (nk. apukustannuspaikat). Suoritehintaa pitää sisällään työsuorituksen aiheuttavat kustannukset (tarveaineita, palkkaa) sekä mahdollisesti koneen pääomakustannukset. Korjaustyöt kirjataan apukustannuspaikoille, joten ne vaikuttavat koko kaivoksen kiinteisiin kustannuksiin, koska apukustannuspaikalle kertyneiden kustannusten ja suoritehinnalla veloitetujen kust.ero (nk. apukust.palkkojen laskentaero) siirretään rasittamaan **kaivososaston yhteisiä (tai tietyn tason) kiinteitä kustannuksia**. Palkkakustannusten korjaamiseksi tarvitaan vähän samantapaista järjestelyä, joka selitetään kohta. Kaivoksen operatiiviset päätökset aiheuttavat näinollen muutoksia koko kaivoksen kiinteiden kustannusten rakenteessa, liikkuvien kapasiteettitekijöiden asemassa ja käyttöasteessa sekä kiinteiden kapasiteettitekijöiden käyttöasteessa.



Kuva 8. Louhintakohteiden tuotantojen arvot paremmuusjärjestyksessä.
Fig. 8. Stopes in decreasing profitability order.

Louhosten paremmusjärjestys ja cutoff-pitoisuus

Tuotannon arvon mukaan järjestettynä asettuvat louhokset kuvan 8 mukaisesti. H2 on ylivoimaisesti rikkain in situ, mutta se ei merkitse kaikkea. Vaikeat olosuhteet voivat nostaa kustannuksia ja lisäksi saannit voivat riippua pitoisuuksista. Havainnollisempi tapa onkin siis vähentää tuotannon arvosta louhoksen välittömät kustannukset ja lisäksi esittää näin saatu käyttökate talteen saatavissa olevaa Ni-ekv.-kiloa kohti kuvan 9 mukaisesti. Tätä keskimääräistä tulosta voidaan suoraan verrata keskimääräiseen myyntihintaan 15 mk/kg. Kuten huomataan, louhosten paremmusjärjestys on muuttunut. Mutta tuotantovaiheen valvontakriteeriksi ei tämä vielä riitä: louhoksen täytyy vähintäänkin maksaa omat muuttuvat erilliskustannuksensa, joiden vaikutuksesta saamme järjestyksen kuvassa 10. VF on nyt sivuuttanut U4:n ja HI on siirtynyt kannattamattomien kerhoon. Näiden louhosten tulee vielä yhdessä maksaa tuotantorungon kiinteät kapasiteetikustannukset, joten siirrymme kuvan 11 mukaiseen esitystapaan. Nyt lähdetään tuotantorungon kapasiteetikustannuksista käsin kumuloimaan louhoskohtaisia käyttökatteita kuvassa 10 ja taulukossa 7 esitetyn louhosten keskimääräisen välittömän arvon mukaisessa järjestyksessä. Ylempi viiva esittää budjetin. Samasta kuvasta näkee näin yhdellä silmäyksellä budjettipoikkeaman ja sen syyn (määräero vai yksikköarvoero), louhosten arvojärjestyksen, kannattamattomat louhokset (viiva alaspäin), tuotantorungon kiinteät kustannukset ja niiden vaihtelun (peräkkäisten jaksojen kuvista) sekä koko kaivoksen käyttökateen. Vaikka kuva 11 sisältääkin eniten tietoa, ovat kuvat 8—10 kaikki josakin suunnitteluvaiheessa tarpeellisia ennen kaikkea siksi, että niihin pitää ottaa mukaan myös kaikki suunnitellut ja tilapäisesti keskeytetyt louhokset, kun taas kuvassa 11 näkyvät (budjettiviivaa mahdollisesti lukuunottamatta) vain ne louhokset, jotka ovat asianomaisella laskentakaudella vaikuttaneet kaivoksen käyttökatteeseen.

Koska louhoksen malmin oletetaan sekoittuvan räjäytyksen yhteydessä täysin, on louhoksen kannattavuuden kriteeri (taulukon 7 louhoskoht. käyttökate) samalla myös alimman sallitun pitoisuuden eli cutoffpitoisuuden kriteeri. Tässä kirjoituksessa esitetyn katetuottoajattelun

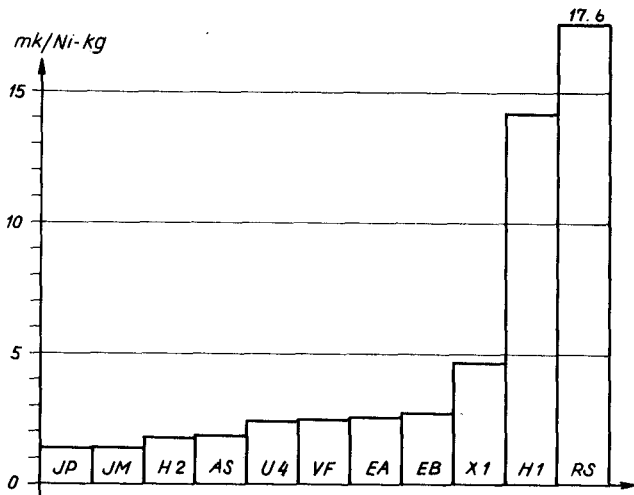
mukaan cutoff-pitoisuuden määrittämiseen otetaan siis mukaan louhoksen muuttuvat erilliskustannukset ja välittömät kiinteät kustannukset. Malmin sanotaan olevan **louhintakelpoista**, jos sen tuotannon arvo ylittää nämä kustannukset. Tämä ei vielä takaa, että malmi maksaa valmistavat työnsä eli olisi **käyttöönottokelpoista**. Käyttöönottokelpoisuuden käsitteeseen palataan pitkän tähtäimen suunnittelun yhteydessä.

Kannattamattoman toiminnan lopetus

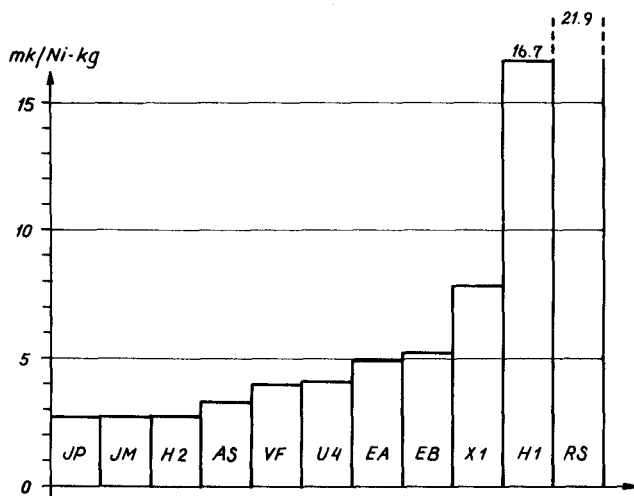
Jos louhos ei pysty maksamaan muuttuvien erilliskustannustensa ja välittömien kiinteiden kustannustensa summaa ja jos tilanne ei johdu tilapäisestä häiriöstä, kannattaa sen louhinta lopettaa. Taulukon 7 ja kuvan 11 mukaan mahdollisesti lopetettavia olisivat HI ja RS. Molemmissa tapauksissa pitoisuudet ovat osoittautuneet budjetoitua selvästi alhaisemmiksi (kuvan 11 budjettiviiva) ja lisäksi HI vaatii huonojen kiviensä vuoksi jatkuvaa tukemistyötä, mikä johtaa korkeisiin välittömiin kiinteisiin kustannuksiin. Molempien louhinta päätetään lopettaa. Kaivoksen toiminta-aste putoaa 5 600 tonnilla/kk I-malmia, mutta käyttökate ei ilman lisäehtoja kasva taulukon 7 koko määrällä 39 tmk/kk, koska miehiä ei eroteta. RS:n ja HI:n lopetuksen erilliskustannus saadaan siis laskemalla yhteen niiden muuttuvat erilliskustannukset ja erilliset kapasiteetikustannukset ja vähentämällä näihin kaikkiin sisältyvät palkkauskustannukset, jotka lopetuksen jälkeen tulevat tuotantorungon kiinteiden kustannusten lisäkuormaksi. Jos koko kaivoksen kapasiteetti jää pysyvästi 5 600 ton/kk pienemmäksi, johtaa tämä rationalisointi pitkällä tähtäimellä ehkä noin 39 tmk/kk käyttökateen parantumiseen. Jos 5 600 ton korvataan esim. AS-louhoksen toiminta-asteen nostamisella ja jos vapautuneet vuorot tarvitaan AS:llä, paranee koko kaivoksen käyttökate ensin 39 tmk/kk ja lisäksi AS:n ansiosta 510 tmk/kk eli molempien toimenpiteiden vaikutuksesta yhteensä 549 tmk/kk. Kun HI on lopetettu jää osa tuotantorungosta eli louhosalue 6XH pelkästään H2:ta palvelemaan. Sen kiinteät kust. 2,5 tmk/kk yhdistetään siksi jatkossa H2:n välittömiksi kustannuksiksi ja sen seurauksena kuvan 11 kapasiteetikustannusviiva nousee n. 2 tmk ja H2:n kulmakerroin pienenee.

	JP	JM	H2	AS	VF	U4	EA	EB	XI	HI	RS	Yht.
Tuotannon arvo	1250	833	2451	579	1630	685	1037	503	166	166	44	9344
./. Muuttuvat erilliskust.	218	148	430	123	420	190	324	167	82	162	59	2323
Katetuotto	1032	685	2021	456	1210	495	713	336	84	4	-15	7021
./. Välittömät kapasiteetikust.	11	8	29	7	13	1	18	9	5	23	5	129
Louhoskoht. käyttökate	1021	677	1992	449	1197	494	695	327	79	-19	-20	6892
./. Tuotantorungon kapasiteetikust.												2722
Kaivoksen käyttökate												4170

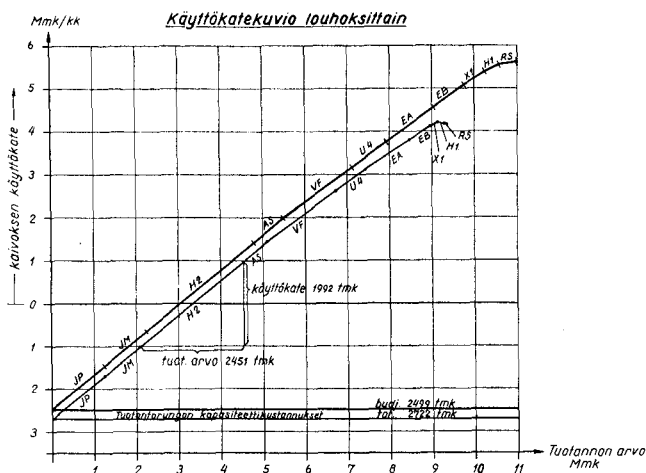
Taulukko 7. Louhintakohteiden katelaskelmat (tmk).
Table 7. Margin calculations of the stopes (tmk).



Kuva 9. Louhintakohteiden välittömät kustannukset Ni-ekvivalenttikiloa kohti.
Fig. 9. Direct cost of the stopes.



Kuva 10. Louhintakohteiden muuttuvien erilliskustannusten ja välittömien kiinteiden kustannusten summa Ni-ekvivalenttikiloa kohti.
Fig. 10. Sum of the variable difference costs and the direct fixed costs of the stopes.



Kuva 11. Louhoskohtainen käyttökatekuvio. Ylemmät viivat esittävät budjetin, alemmät toteutuneen tilanteen.
Fig. 11. Cumulative operating margin diagram of the stopes.

Toisena esimerkkinä voitaisiin ajatella, että rikkaampaa I-malmia on löydetty ylittäen +515-tason alapuolelta. Se on päätetty ottaa mahdollisimman nopeasti käyttöön keskeyttämällä tilapäisesti II-malmin louhinta louhoksista X1, U4, EA ja EB. Malmin tuotanto putoaa 30 tton/kk ja mies-, lastaus- sekä kuljetusresursseja vapautuu. Lopetuksen erilliskustannukset saadaan laskeamalla yhteen muuttuvat erilliskustannukset (763 tmk), louhosten välittömät kiinteät kustannukset (33 tmk) sekä tuotantorungon yksinomaan II-malmia palvelevien osien välittömät kiinteät kustannukset kuten mm. alue 6KE, +250-tason kust.paikka 6K322, +515-tason kust.paikat 6K511 ja 6K54, kaivosos. yhteisten ja rikastamon kust. paikat 6K032, 6K022 ja 65K12 (yhteensä 188 tmk) ja vähentämällä näihin kaikkiin sisältyneet palkkakustannukset (esim. 490 tmk). Lopetuksen erilliskustannus on siten 494 tmk kaivoksen tuotannon arvon laskiessa samalla 2 391 tmk.

Uuden louhoksen avaus

Uuden louhoksen avauksen vaikutus käyttökustannuksiin saadaan periaatteessa aivan samalla tavalla kuin vanhan lopetuksen tapauksessa. Oletetaan yksinkertaisuuden vuoksi, että kaikki em. 30 tton/kk korvataan vastaavalla määrällä I-malmia louhoksesta 6XCA, joka on esitetty kuvan 1 alareunassa katkoviivalla. Edellä lopetetut kustannuspaikat 6K511, 6K54, 6K032, 6K022 ja 65K12 otetaan uudelleen käyttöön ja osa suuremmalle kapasiteetille, joten niiden käyttökustannukset on arvioitava. Samoin arvioidaan muuttuvat erilliskustannukset ja mies-tarve. Oletetaan, että muuttuvat erilliskustannukset ja eri kust.paikkojen kiinteät kust. osoittautuvat samoiksi kuin II-malmin tilanteessa, mutta niihin sisältyvä palkkakustannusten osuus on 20 % pienempi, so. 390 tmk. Näin ollen II-malmin lopetuksen ja 6XCA:n avauksen yhteinen erilliskustannus on kaivososaston yhteisiä kiinteitä kustannuksia rasittamaan jäänyt ylimääräisen miesmäärän palkka 100 tmk.

SUUNNITTELU PITKÄLLÄ TÄHTÄIMELLÄ

Tässä kirjoituksessa on keskitytty lyhyen aikavälin jälkilaskennan ja analysoinnin ongelmiin. Työkaluiksi on esitetty tuotantokaaviota, alueellista kustannuslaskentaa, katelaskelmia ja louhoskohtaista käyttökatekuviota. Näillä välineillä voidaan kuitenkin tutkia myös uusien vaihtoehtojen käyttökustannuksien muutoksia, joten ne muodostavat tärkeän lähtökohdan pitkän tähtäimen päätöksille, jotka perustuvat nykyarvon tai sisäisen koron maksimointiin. Näihin asioihin on tarkoitus palata myöhemmin ilmestyvässä kirjoituksessa, jossa osoitetaan malmiarvon merkitys investointien eliniän määrittämisessä, osoitetaan miten kaivoksen optimaalinen louhinta-järjestys määrätään sekä esitetään louhosten avauspäätösten ja tuotantorungon laajennuspäätösten herkkyyttä ja riskianalyysien tekotapa.

SUMMARY

A NEW SHORT RANGE PLANNING AND CONTROL SYSTEM FOR METAL MINES

The fundamental new idea is to revise once a year the rock flowsheet and to organize the cost places according to it. So far the cost place system has been based on mining technics only and thus the overall profitability calculations of different parts of the mine have been too inaccurate.

Coulter-Counter-analysointorin käytöstä raekokomäärityksissä

Tekn.lis. Kari Heiskanen, Outokumpu Oy
Dipl.ins. Heikki Laapas, HTKK

TARKOITUS

Tämä lyhyt vertailu liittyy Virtasalmen rikastamolla keksästä 1976 asti käynnissä olleisiin jauhatustutkimuksiin. Tämän selvityksen tarkoituksena on tutkia jauhatuspiirin toimintaa eri luokitusterävyyksillä ja eri syötöillä. Tutkittavia jauhatuspiirin ominaisuuksia ovat dynamiikka, tuotanto, tuotteiden raekokojakautumat ja hyvin tärkeänä kohtana muutosten vaikutus seuraavassa prosessivaiheessa, vaahdotuksessa.

Tässä tapauksessa pitää raekokoanalysoinnille asettaa seuraavat ehdot:

- Koska kuparikiisu vaahdotuu 150 μm :ä hienompana, mutta vaahdotuminen huononee 20—15 μm :n alapuolella, on raekokoanalyysistä pystyttävä selvittämään jakautuma alueelle, joka on alle 8—5 μm .
- Näytteiden määrä on suuri, joten menetelmän tulee olla nopea.
- Menetelmän toistettavuuden täytyy olla hyvä.
- Menetelmän on sovelluttava seoksille, joissa yksityisten rakeiden ominaispaineerot ovat suuret.
- Analyysin tulisi olla mahdollisimman halpa sekä käyttö- että pääomakustannuksiltaan.

Mekaanisella seulonnalla päästään melko hyvin toistettavuuksiin aina 80—63 μm alueelle asti. Sitä hienommissa raeluokissa on syntyvä hajonta suuri ja seulonnan epätarkkuus häiritsevää. Tässä tarkastelussa onkin keskitetty juuri tätä hienomman (—74 μm) materiaalin raekokoanalyysiin.

Kuivaseulonta on suoritettavissa materiaalista ja hienoudesta riippuen raekokoon 15—20 μm ilmasuihkuseulalla. Tätä hienommat seulonnat on tehtävä märkäseulonnalla ns. mikroseuloilla ultraäänikylvyssä. Tällainen seulonnan menetelmäkombinaatio on toistettavuudeltaan ja terävyydeltään hyvä. Menetelmän kapasiteetti on pieni, vain 2—3 seula-analyysiä päivää kohti. Menetelmän varjopuolina ovat suurehko hankintahinta ja korkeat kustannukset analyysiä kohden.

Vaihtoehtoina seulonnalle tulevat kysymykseen toisaalta eri sedimentaatiomenetelmät ja toisaalta Coulter-Counter menetelmä. Koska sedimentaatiomenetelmät eivät täytä edellä esitettyjen vaatimusten kohtia b) ja d) eivätkä kohdan e) vaatimusta käyttökulujen halpuudesta, jäi vaihtoehdoksi seulonnalle Coulter-Counter.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin nimenomaan selvittämään onko Coulter-Counter -menetelmä tarkka, toistettava, vaikuttavatko ominaispaineerot tulokseen, vaikuttavatko sähköjohtokyvyn erot tulokseen, mitä vaatimuksia on asetettava työtilalle ja analysoijalle sekä näytteelle, miten nopea menetelmä on ja mitä käyttökustannuksia analysoinnista kertyy.

NÄYTTEEN KÄSITTELY

Vertailu suoritettiin analysoimalla samat näytteet niin seulomalla kuin Coulter-Counterilla. Näytteet, joita analysoitiin, olivat syklonin ylinäyte, kuparirikaste ja sekoitus edellämaituista (50 % — 50 %) ns. ”petäjäinen”, ja syklonin ylitteestä (—74 μm) 2,4 ja 8 min. jauhatuksella saadut näytteet. Rikastamolta otetut kertonäytteet sekoitettiin ja saadusta yhteisnäytteestä tehtiin märkäseulonta 74 μm :n seulalla. Karkea fraktio kuivaseulottiin ja siitä —74 μm :n osa yhdistettiin märkäseulonnalla saatuun fraktioon. Tämä hienotuote jaettiin Retsch-jakolaitteella 16 näytteeseen, joiden paino oli n. 20 g. Kustakin osanäytteestä erotettiin näytteet Coulter-Counteria, mikroseulontaa ja hienoa ilmasuihkuseulontaa varten. Näytteen loppuosa n. 17—18 g käytettiin kokonaisuudessaan ”karkeaan” ilmasuihkuseulontaan. Karkean ilmasuihkuseulonnan näytteiden punnitustarkkuus oli 100 mg ja muut punnitukset suoritettiin 0,1 mg:n tarkkuudella.

Märkänäytteet Coulter-Counterille ja mikroseulontaan dispergoitiin yleensä ilman lisäaineita ultraäänikylvyssä. Riittävä dispergointiaika oli 60 sek. Johtuen reagenssipeitteistä mineraalipinnoilla kuparirikaste oli dispergoitava siten, että materiaali ensin keitettiin kalkin kanssa. Ilman tätä käsittelyä oli dispersioaste huono ja väistämättä jonkin verran rikastetta kellui mittaustastian pinnalla.

SEULONTA

Karkeaseulonta suoritettiin Alpine-ilmasuihkuseulalla 63, 45 ja 32 μm :n seuloilla. Näytemäärä oli 17—18 g ja seulonta-aika 5 min. Materiaali punnittiin poistamatta sitä seuloilta. Kutakin seulaa käytettiin kolme kertaa, jonka jälkeen se ultraäänipestiin. Myös 15 μm :n ja 20 μm :n kuivaseulonta tehtiin Alpine-seulakoneella. Materiaalimäärä oli 1 g ja seulonta-aika yleensä 6x4 min. Kunkin 4 min:n jakson jälkeen materiaalia sekoitettiin koputtelemalla poistamatta sitä seulalta. Punnitus suoritettiin ensimmäisen kerran 20 min. kohdalla ja toisen kerran 24 min. kohdalla. Jos punnitusten ero oli alle 5 mg, joka vastaa 0,5 % näytemäärästä, tämän katsottiin edustavan seulonnan loppupistettä, vaikka kirjallisuudessa esitetään loppupisteen arvoksi 0,2—0,1 %. /1, 2/.

Mikroseulontaan sovellettiin Alleniuksen /3/ esittämää koejärjestelyä käyttämällä nimellisaukoiltaan 8 μm Buckbee-Mears seulaa. Massaltaan 0,3 g:n näyte dispergoitiin n. 100 ml metanolia ultraäänessä. Seulonnan loppupiste katsottiin saavutetun, kun seulan läpäissyt metanoli oli visuaalisesti tarkastellen kirkasta. (Vaatii keskimäärin 3—5 l metanolia).



Kuva 1. Coulter-Counter malli D industrial.
Fig. 1. Coulter-Counter model D industrial.

COULTER-COUNTER -MITTAUKSET

Mittaukset suoritettiin Coulter-Counter malli D industrialilla (kuva 1).

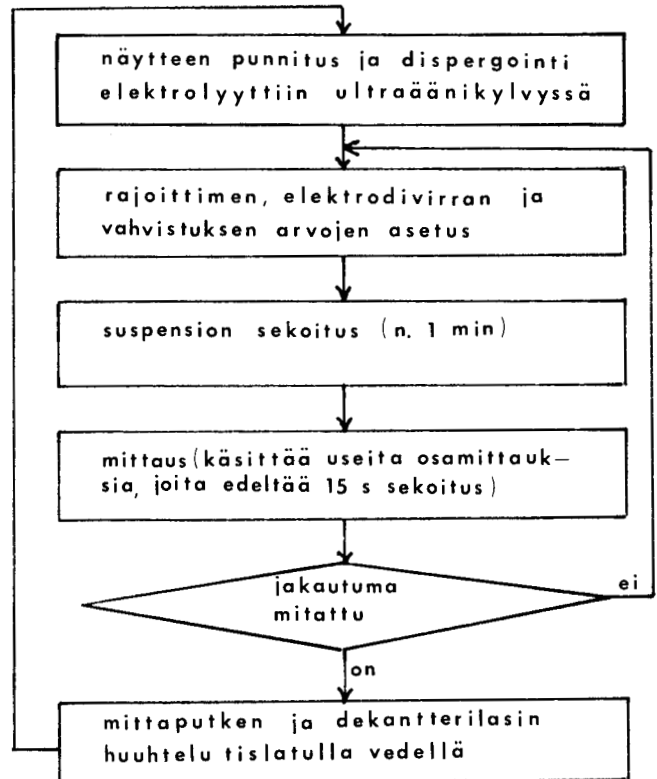
Coulter-Counter -analyysi perustuu rakeiden koon ja lukumäärän mittaukseen partikkelisuspensiosta, jossa väliaineen muodostaa sähköä johtava elektrolyytti; joko vesipohjainen, esim. natriumkloridi-liuos tai ei-vesipohjainen, esim. isopropyylialkoholi. Suspensio pakotetaan kulkemaan mittausputken alapäässä olevan aukon läpi, jonka molemmilla puolilla on elektrodit, joiden välille kytketään tasajännite.

Kun partikkeli osuu aukkoon, se syrjäyttää oman tilavuutensa verran elektrolyyttiä muuttaen hetkellisesti elektrodien välistä resistanssia. Koska piirin ulkoinen vastus on suuri, aiheuttaa resistanssin muutos lyhyen jännitepulsin, jonka amplitudi on verrannollinen rakeen tilavuuteen /4/.

Kunkin mittausputken mittausalueen rajaa aukon halkaisija (0,02—0,4 D). Haluttaessa mitata laajempia jakautumia kuin mihin yhdellä mittausputkella päästään, voidaan käyttää useampia mittausputkia. Koska kiinnostuksen kohteena oli raekokoalue 74—5 μm, näytteet voitiin analysoida yhdellä mittausputkella (200 μm).

Elektrolyytinä käytettiin 1-prosenttista natriumkloridiliuosta. Koska tislattuun veteen tehdyn elektrolyytin aiheuttamat taustapulsit olivat merkityksettömiä, ei elektrolyytin suodatusta tarvittu.

Jotta raekokoarvot voidaan laskea, täytyy mittausputki kalibroida kokeellisesti näytteellä, jonka raekoko on tunnettu, ja jonka jakautuma on mahdollisimman kapea. Koska kalibrointinäytteen raekoon keskiarvon pitää olla välillä 0,05—0,2 mittausputken aukon halkaisijasta, käytet-



Kuva 2. Coulter-Counter analyysin suorituskaavio.
Fig. 2. Procedure for Coulter-Counter analysis.

tiin polystyreenilateksia, jonka keskimääräinen raekoko oli 18 μm.

Näytteet mitattiin ns. täysipitkällä analyysitekniikalla, jolloin saatiin määritettyä kustakin raekokojakautumasta 16 pistettä. Koska laite mittaa tiettyä amplitudia suurempien pulssien määrää, täytyy mittaus aloittaa karkeammasta raekoosta lähtien. Ensimmäisen mittauksen pulssilukeman täytyy olla 0, jotta jakautuman yläpään loppupiste saadaan selville. Kukin analyysi tehtiin kuvan 2 mukaisesti.

Laite oli herkkä erilaisille sähköisille häiriöille. Tämän takia sen mittaustila suojattiin maadoitetulla alumiinilevyllä.

Karkeiden rakeiden laskeutumisen aiheuttaman virheen eliminoimiseksi joitakin mittauksia tehtiin glyseroli-NaCl-liuoksella. Tulokset osoittivat, että vakiomenetely, jolloin suspensiota sekoitettiin mekaanisesti, ei vaahtanut glyserolia toistettavien tulosten aikaansaamiseksi.

Mittaus tulokset taltiointiin ja jakautumat laskettiin Coulter Electronicsin lomakkeelle (kuva 3). Hienoimman pään ekstrapolointi tehtiin Eckhoffin yhtälöllä /5/, jonka havaittiin soveltuvan erittäin hyvin tutkituille näytteille. Näytteen 100 % tilavuus saadaan:

$$V_{100} = \sum \Delta n \bar{v}_{viim.} + \frac{\Delta n \bar{v}_{viimeinen}}{\left(\frac{d_{viim.edellinen}}{d_{viim.}} \right)^2 - 1} \quad (1)$$

Taulukko 1. Seulonnan analyysitulokset
Table 1. Size distributions with sieving

Seula (kalibr.)	Läpäisy %					
μm	1	2	3	4	5	6
67	87.5	90.7	89.4	97.1	97.2	97.5
43	71.2	77.2	75.0	85.0	86.9	88.4
30	53.1	60.5	57.0	66.5	69.1	71.9
18	31.8	39.3	35.5	40.1	42.9	48.1
14	23.4	30.7	27.1	30.8	32.9	37.5
8.5	12.3	15.7	14.5	15.8	17.6	20.3

1. syklonin ylitte
2. kuparirikaste
3. "petäjäinen"
4. 2 min. jauhettu sy
5. 4 min. jauhettu sy
6. 8 min. jauhettu sy

Taulukko 2. Coulter-Counter analyysitulokset
Table 2. Size distributions with Coulter-Counter

Raekoko	Läpäisy %					
μm	1	2	3	4	5	6
62.5	96.3	98.6	97.8	99.8	100.0	100.0
49.6	82.0	91.0	88.0	92.8	92.4	94.6
39.9	67.8	79.6	74.6	79.5	80.1	81.0
31.8	54.4	67.0	60.4	65.3	70.0	71.3
25.2	43.0	55.0	48.7	52.3	57.7	59.8
20.2	34.4	43.8	39.2	42.0	46.5	49.6
16.1	26.9	34.6	30.3	32.0	35.7	39.5
12.8	21.0	26.6	23.5	24.8	27.4	30.7
10.1	16.2	20.3	17.5	18.4	20.4	23.9
8.3	12.1	15.0	13.0	13.2	15.1	17.4
6.9	8.5	10.5	9.1	9.2	10.7	12.1
5.4	6.2	7.8	6.5	6.4	7.5	8.6
4.7	4.5	5.7	4.8	4.7	5.5	6.3

Tuotteet kuten taulukossa 1.

Taulukko 3. Virtasalmen syklonin ylitteen -74 μm fraction seula-analyysin läpäisyarvot ja hajonnan estimaatit.
Table 3. Size distribution means, variances and coefficients of variation of -74 μm fraction in cyclone overflow with sieving.

Seula	Läpäisy %			
Nim. kalibr.	\bar{y}	hajonnan	estimaatti s	s/\bar{y} %
μm				
63	67	87.5	0.2404	0.27
45	43	71.2	0.4122	0.58
32	30	53.1	0.4335	0.82
20	18	31.8	0.1482	0.47
15	14	23.4	0.2000	0.86
8	8.5	12.3	0.6442	5.25

Taulukko 4. Virtasalmen syklonin ylitteen -74 μm fraktion Coulter-Counter analyysin läpäisyarvot ja hajonnan estimaatit.

Table 4. Size distribution means, variances and coefficients of variation of -74 μm fraction in cyclone overflow with Coulter-Counter

Raekoko	läpäisy %	hajonnan	
μm	\bar{y}	estimaatti s	s/\bar{y} %
62.5	96.3	1.1285	1.2
49.6	82.0	1.7332	2.1
39.9	67.8	1.7514	2.6
31.8	54.4	1.5832	2.9
25.2	43.0	1.5278	3.6
20.2	34.4	1.0909	3.2
16.1	26.9	0.9437	3.5
12.8	21.0	0.9828	4.7
10.1	16.2	0.8158	5.0
8.3	12.1	0.7959	6.6
6.9	8.5	0.6445	7.7
5.4	6.2	0.7874	12.6
4.7	4.5	0.5741	12.6

Taulukko 5. Analyysien suoritusajan aikavertailu seulomalla ja Coulter-Counterilla.

Table 5. Time comparison between sieving and Coulter-Counter.

	Seulonta	Coulter-Counter
Märkäseulonta ja kuivatus	20	20 min.
Alpineseulonta 63, 45 ja 32 μm	30	
Alpineseulonta 15,20 μm	60	
Suuttimenvaihto ym.	5	
Mikroseulonta, punnit. ja kuivatus	60	
Coulter-Counter disperg		5
" mittaus		20
Tulosten käsittely	15	15
	3 h 10 min.	40 min.

Taulukko 6. Hankintakustannukset.

Table 6. Capital investments.

	Seulonta	Coulter-Counter
Ultraääniallas	4 000,—	2 500,—
Coulter-Counter		14 000,—
Alpine seulakone	15 000,—	
Seulat, 63, 45, 32	1 100,—	
Seulat 20, 15, 8	8 100,—	
	28 200,—	16 500,—

Huom. Seulakoneen ja seulojen hinnat perustuvat 1—2 vuotta vanhoihin tietoihin.

Taulukko 7. Käyttökustannukset
Table 7. Analysing costs.

Tarveaineet	Seulonta	Coulter-Counter
— mittaputki, dekantterilasit		1.00
— suolaliuos		0.01
— metanoli ¹ (etanoli)	8.00 (4.00)	
— seulat ²	46.30	
— lomakkeet	.50	.50
	54.80 (50.80)	1.51
Työ ³	79.20	16.70
	134.00 (130.00)	18.21

Huomautukset

- 1) Metanolia kuluu 3—5 litraa. Tästä saadaan kokeusten mukaan uudelleen puhdistettua 70—80 %.
- 2) Seulojen kuluminen on arvioitu VTT:n vuoriteknlaboratorion ja TKK:n rikastusteknlaboratorion kokemusten pohjalta.

Seula µm	hankintahinta mk	kesto seulomakert.	hinta mk/seul.
63	200	400	0.50
45	280	400	0.70
32	640	400	1.60
20	3000	200	15.00
15	4500	200	22.50
8	600	100	6.00
	9220		46.30

³) Työtunnin hinta 25,—

Taulukoissa 6 ja 7 on ensin verrattu hankintakustannuksia ja sen jälkeen käyttökustannuksia.

Seulonnan vaatiman laitteiston hankintakustannus on lähes kaksi kertaa suurempi kuin Coulter-Counterin laitteiston. Hankintakustannusten osuutta käyttökustannuksiin ei ole otettu huomioon. Käyttökustannuksia laskettaessa on oletettu, että metanolia kuluu n. 3—5 l. Tästä saadaan kokemusten mukaan uudelleen puhdistettua 70—80 %. Taulukossa 7 on sulkuihin merkitty vastaava kustannuserä käytettäessä etanolia. Seulojen kuluminen on arvioitu yhdessä VTT:n vuoritekniikan laboratorion kanssa. Työtunnin hinnaksi on laskettu 25 markkaa/tunti. Käyttökustannusten ero on niin suuri, että yhden seulonnan hinnalla on tehtävissä kuusi Coulter-Counter-määrittystä.

YHTEENVETO

Tämä lyhyt vertailu seulonnan ja Coulter-Counterin välillä osoitti, että molemmilla menetelmillä saatavat raekokoanalyysit ovat virherajojen sisällä yhtenevät. Ainoastaan raekokoalueella yli 50 µm oli Coulter-Counter-jakautumassa selvä ero seulontaan nähden johtuen rakeiden nopeasta vajoamisesta. Mittausten hajonta oli Coulter-Counterilla hieman suurempi. Kuitenkaan ei ole varmaa voidaanko jatkuvasti ylläpitää sitä huolellisuutta, jolla seulonnan pienet hajonnat saatiin. Coulter-

Counterilla on huolellisen standardimenetelmän suoritus helpompaa. Laitteen kompaktin rakenteen ansiosta sen sijoittaminen laboratorioon on yksinkertaista, ja se asetetaan työtilalle lähinnä vain vaatimuksen, ettei tilassa eikä sähköverkossa esiinny pahoja sähköisiä häiriöitä.

Teollisista prosesseista otetuissa näytteissä on näytteenottovirheen osuus niin paljon suurempi kuin kummankaan menetelmän hajonta, että menetelmiä voidaan pitää käytännössä yhtä tarkkoina. Sekä analysointiaika että analyysikustannukset ovat Coulter-Counterin eduksi, ja luotettava analyysitekniikka saavutetaan jo muutaman harjoittelukerran jälkeen. Tarvittaessa uutta laitteistoa raekokomäärityksiin on Coulter-Counter varten otettava vaihtoehto seulonnalle.

Haluamme kiittää Tamro Oy:tä Coulter-Counter -laitteen lainasta ja Outokumpu Oy:n johtoa luvasta julkaista tämä tutkimus.

SUMMARY

ON DETERMINATION OF SIZE DISTRIBUTIONS WITH COULTER-COUNTER

Grinding circuit studies has been made at Virtasalmi mine of Outokumpu Co since summer 1976. The aim of these studies is to study closed circuit behaviour with different classifier performances and different feed. As the amount of samples for particle size analysis exceeded the capacity of the small lab available, a comparison between sieving and Coulter-Counter model D industrial was made.

In the test we studied classifier overflow, copper concentrate, mixture of 50 % concentrate and 50 % overflow, and differently ground classifier overflow. All materials were first sieved to obtain — 74 µm fraction. These fractions were used as test material. Coarser sieving was done with an air jet sieve with 32,45 and 63 µm sieves, dry micromesh sieving with 15 and 20 µm sieves and wet micromesh sieving with a 8 µm sieve. Coulter-Counter analysis was done with a normal procedure with 200 µm tube.

The results in the test were very good. The time needed for one complete Coulter-Counter analysis was about 20—30 minutes and resp. sieving needed 2—3 hours. The reproducibility of both methods was good. It was better with sieving. The coefficient of variation for sieving ranged from 0.3—0.9 %, except for 8 µm sieve 5.3 %. For Coulter-Counter the range was 1.2—12.6 %. Following features favour Coulter-Counter. The saving of time is considerable. The procedure of Coulter-Counter measurement is simple. Also the costs of analysis are favouring Coulter-Counter.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. International Standard ISO 2591 Ref.No ISO 2591—1973 (E)
2. British Standard B.S. 1976 (1952)
3. Allenius H. Vuoriteollisuus n:o 2 1974 pp 85—89
4. Allen T. Particle Size Measurement 2 edn. Chapman and Hall 1974 p. 301—312
5. Eckhoff R.K. Proc. Coulter Counter Conference Cardiff (1966) pp 80—94
6. Heywood H. Inst. Min. Met. 55 p 373.

Automaation vaikutus rikastamotyöhön ja työntekijäin mielipiteisiin II

Prof. Sauli Häkkinen, TKK

Dipl.ins. Esko Nuotio, Suomen Akatemia (TKK) ja

Tutkijaprof. Antti Niemi, Suomen Akatemia (TKK)

JOHDANTO

Artikkelin ensimmäisessä osassa /1/ suoritettiin rikastamojen automaation teknistä erittelyä ja tarkasteltiin automaation vaikutusta rikastamon käyttöön sekä työntekijäin mielipiteitä rikastamojen automaatiosta ja sen lisääntymisestä. Tässä jatkoartikkelissa selvitetään yksityiskohteisemmin eri ammattiryhmien välillä vastauksissa todettuja eroja ja niiden riippuvuutta automaatioasteesta. Yksittäisissä kysymyksissä ryhmien välillä esiintyvien, tilastollisesti merkitsevien erojen tarkastelun lisäksi on suoritettu erotteluanalyysi. Sen avulla etsitään yhdistettyjä muuttujia, jotka erottelevat eri työntekijäryhmät ja automaatiotasot toisistaan selvemmin kuin yksittäisiin kysymyksiin annetut vastaukset.

Rikastamot jaettiin automaatiotason mukaan kolmeen ryhmään: alhaiseen (I), kohtalaiseen (II) ja korkeaan (III). Jakoperusteet on esitetty edellisessä artikkelissa. Työntekijät luokiteltiin työtehtävien perusteella neljään pääryhmään:

1. Työnjohtajat ja valvomon päivystäjät
2. Vaahdottajat, jauhajat ja murskaajat eli määrätystä osaprosessista vastaavat työntekijät
3. Muut prosessimiehet
4. Laitosmiehet ja muut työntekijät

Näiden pääryhmien ja myös alaryhmien vastauksia esitettiin kysymyksiin tarkastellaan seuraavassa eri automaatiotasolla.

ERI TYÖNTEKIJÄRYHMIEN MIELIPITEET AUTOMAATION VAIKUTUKSISTA

Vastausten lukumäärä useimpiin kysymyksiin oli 243. Kun nämä luokiteltiin sekä automaatiotason että tehtävien mukaisiin ryhmiin, jäivät vastausten lukumäärät joidenkin alaryhmien osalta niin pieniksi, että alaryhmiä oli yhdistettävä, jotta ryhmien välisiä eroja oli mahdollista analysoida tilastollisesti. Tämä tapahtui χ^2 -testiä käyttäen vertaamalla ryhmien vastausfrekvenssejä teoreettisiin odotusarvoihin ja toteamalla erojen tilastollinen merkitsevyys. Erot ilmoitetaan seuraavassa erittäin merkitseviksi ($p < 0.001$), merkitseviksi ($p < 0.01$) tai melkein merkitseviksi ($p < 0.05$), jolloin p tarkoittaa erehtymisriskiä.

Korkean automaatiotason rikastamoissa työntekijäin mielipiteet työnsä muuttumisesta lisääntyvän instrumentoinnin ja automaation vaikutuksesta osoittivat, että osa työntekijöistä tunsivat työnsä tulleen vaikeammaksi ja osa taas helpommaksi. Tätä analysoidaan seuraavassa yksityiskohtaisemmin (Taulukko 1.). Taulukoissa on esitetty tulokset vain pääryhmittäin.

Alhaisella automaation tasolla työntekijöiden enemmistö ei omannut selvää mielipidettä työnsä muuttumisesta. Kuitenkin 40 % vaahdottajista ja murskaajista tunsivat työnsä tulleen helpommaksi, mistä johtuen tämä alaryhmä erottui melkein merkitsevästi muista. Tämä ilmeisesti johtui rikastamojen laboratorioissa käyttöönotetuista atomiabsorptiospektrometreistä kemiallisen analyysin te-

Taulukko 1. Mielipiteet automaation vaikutuksesta työn vaikeusasteeseen. "Automaation laajetessa työ on muuttunut..."

Table 1. Opinions on effect of automation on difficulty of work. "By increase of automation my work as a whole has changed..."

Auto- maation taso/ level	Muutoksen suunta	Tehtäväryhmä				Yht.
		1	2	3	4	
I	1. Vaikeammaksi	0	0	0	—	—
	2. Ei muutosta tai ei mielipidettä	3	19	7	—	29
	3. Helpommaksi	0	8	0	—	8
II	1. Vaikeammaksi	3	2	1	1	7
	2. Ei muutosta tai ei mielipidettä	3	11	9	11	34
	3. Helpommaksi	5	12	14	4	35
III	1. Vaikeammaksi	17	2	14	9	42
	2. Ei muutosta tai ei mielipidettä	3	11	6	11	31
	3. Helpommaksi	8	9	22	8	47

10 työntekijää ei vastannut.

No answer was given by 10 workers.

Muutoksen suunta = Trend. Tehtäväryhmä = Professional group., 1 = Foremen and process supervisors, 2 = Floaters, grinders and crushers or the designated operators of the corresponding production processes, 3 = Other process workers, 4 = Repair men and other workers. Yht. = Total.

Leftmost column: I low, II moderate, III high.

Second column: 1. More difficult, 2. No change or no opinion, 3. Easier.

hostajina sekä murskaamoissa käyttöönotetuista metallinilmäisimistä ja paikallisista ohjauskeskuksista.

Keskiasteen automaatiotason rikastamoissa työnjohtajat sekä 2. ja 3. ryhmän prosessityöntekijät erosivat muista ($p < 0.05$). Heidän mielestään lisääntynyt instrumentointi ja analogiasäätö olivat helpottaneet työtä. Korkealla automaatiotasolla toisen ryhmän työntekijät tunsivat työn joko helpottuneen tai pysyneen ennallaan ($p < 0.01$). Loput työntekijöistä korjausmiehiä lukuunottamatta katsoivat melkein poikkeuksetta työnsä muuttuneen. Jopa samassakin työntekijäryhmässä työn todettiin muuttuneen sekä vaikeammaksi että helpommaksi. Muutos edelliseen suuntaan oli vallitseva valvomopäivystäjillä ($p < 0.01$) kun taas 3. ryhmä (muut prosessimiehet) pääasiallisesti totesi työnsä helpottuneen ($p < 0.05$).

Vastakkaiset mielipiteet työn muuttumisesta automaation edistyessä riippuvat ensisijassa vastaajien tehtävistä, mutta myös vastaajan henkilökohtaisesta suhtautumisesta työhön. Pitkälle viety automaatio merkitsee ensisijaisesti työn vaikeutumista niiden osalta, joiden sama informaatio ja sen perusteella tehdyt johtopäätökset ja toimenpiteet koskevat koko rikastamo. Helpottuminen on ilmeinen prosessin rajoitetuissa osissa työskentelevien työntekijäin osalta.

Työn "vaikeus" on sinänsä moniselitteinen käsite. Se voi esim. tarkoittaa yhtä hyvin vaikeutta ohjaus- ja muista toimenpiteistä päättämässä kuin tehtyjen päätösten toteuttamisessa. Tästä syystä eritellään seuraavas-

sa myös eräisiin yksiselitteisempiin kysymyksiin saatuja vastauksia työntekijäryhmittäin. Vastaavia erittelemättömiä tuloksia on esitetty edellisessä artikkelissa.

Muutamilla kysymyksillä selvitettiin automaatiosta aiheutuvia fyysisiä rasituksia. Tarkkaa näköä vaaditaan eniten vaahdottajilta ($p < 0.05$). Heidän työnsä, automaatioasteesta riippumatta, kohdistuu ensisijaisesti kennojen toiminnan visuaaliseen tarkkailuun. Muista erottuivat erittäin merkittävästi pitkälle automatisoitujen rikastamojen valvomopäivystäjät ja laitosmiehet; puolet täten yhdistetyn ryhmän työntekijöistä oli todennut tarkan näön vaatimuksen kasvaneen automaation lisääntyessä. Edellisillä tämä ilmeisesti johtui mittareiden, piirtureiden ja tietokoneraporttien lukemistarpeesta ja jälkimmäisillä siitä yleisesti vaadittavasta korkeamman tasoisesta teknologiasta, jota tämän tasoisissa rikastamoissa tarvitaan.

Kuulon tarkkuudelle ei yleensä asetettu suuria vaatimuksia. Erittäin merkittävästi muita suuremmaksi ilmoitettiin tämän vaatimuksen kuitenkin korkeata automaatio-tasoa edustavien rikastamojen laitosmiehet ja vaahdottajat. Edelliset myös yhdistivät tämän vaatimuksen korostumisen automaation lisääntymiseen.

Rikastamotyötä pidettiin yleensä enintään "jossakin määrin" fyysisesti rasittavana. Työnjohtajat ja valvomopäivystäjät katsoivat työnsä fyysisesti erittäin merkittävästi kevyemmäksi kuin muut, kun taas laitosmiehillä oli yhtä voimakas vastakkainen mielipide. Lähes 40 % heistä katsoi työnsä "suuresta määrin" fyysisesti rasittavaksi.

Toisella kysymyssarjalla tiedusteltiin työn "henkisille kyvyille" asettamia vaatimuksia. Yleinen kysymys työn henkisestä rasittavuudesta osoitti kaikkien ammattiryhmien pitävän työtään ainakin jossakin määrin henkisesti rasittavana. Poikkeuksen muodostivat murskaajat, joista vain 30 % oli tätä mieltä. Rasituksen korostumisen automaation lisääntyessä olivat korkeatasoisesti automatisoiduissa rikastamoissa valvomopäivystäjät todenneet merkittävästi muita selvemmin.

Kysymykset, jotka koskivat nopealle reagoinnille ja hyvälle päättelykyvyille asetettavia vaatimuksia, tuottivat keskenään samantapaisia vastausjakautumia. Ensimmäinen ryhmä erosi muista työntekijöistä pitäen työtään näissä suhteissa suuresti vaativana. Samaa mieltä oli yli puolet vaahdottajista ja laitosmiehistä, kun taas muut prosessityöntekijät katsoivat nämä vaatimukset jossakin määrin vähemmän tärkeiksi. Kolmasosa murskaajista ei katsonut työssään tarvitsevansa hyvää päättelykykyä lainkaan ja toisetkin ainoastaan jossakin määrin. Molempien vaatimusten kasvun automaation lisääntyessä totesivat suureksi koko 1. ryhmä ja III-tason laitosmiehet. Näin yhdistetty ryhmä erosi muista työntekijöistä päättelykyvyn vaatimuksen suhteen erittäin merkittävästi ja nopean reagoitakyvyn suhteen melkein merkittävästi.

Tulokset ovat ilmeisessä yhteydessä mittausinformaation lisääntymiseen ja sen hyväksikäytön asettamiin vaatimuksiin. Murskaamoissa prosessin syy- ja seuraussuhteet ovat kuitenkin suhteellisen suoraviivaisia. Lisääntyneeseen mittausinformaatioon liittyvä prosessin tarkkailumahdollisuuksien paraneminen näyttää toisaalta asettavan vaatimuksia myös laitosmiesten työlle.

Hyvän muistin vaatimusta tähdensivät työnjohtajien, valvomopäivystäjien ja vaahdottajien ryhmä, joka tässä suhteessa erottui erittäin merkittävästi muista. Murskaajat korostivat tätäkin seikkaa muita vähemmän ($p < 0.05$). Korkealla automaatiotasolla 1. ryhmä totesi muita työntekijöitä merkittävästi voimakkaammin hyvän muistin vaatimuksen kasvavan automaation edistyessä. Näistä kuitenkin III-tason vaahdottajien ja laitosmiesten vastaukset olivat samansuuntaisia kuin 1. ryhmän. Tulokset viittaavat lähinnä vaahdottamossa esiintyviin normaalista poikkeaviin tilanteisiin, joita automaattinen säätö ei hallitse riittävän hyvin. Tämän vuoksi ne edellyttävät poikkeavan tilanteen ja sen aikana vallonneiden olosuhteiden mieleenpainamista ja muistamista sekä häiriötilanteiden jälkeensä tapahtuvaa analysointia mahdollisesti uusiutuvaa tilannetta varten.

Kolmannella kysymyssarjalla selvitettiin työn virikkeellisyyttä (Taulukko 2.).

Työnjohtajien ja valvomon päivystäjien ryhmä totesi työnsä hyvin kiinnostavaksi eroten erittäin merkittävästi muista. Yhtä voimakkaasti he katsoivat työnsä kiinnostavuuden kasvaneen automaation lisääntyessä. Muista ryhmistä vaahdottajat ja laitosmiehet katsoivat työnsä merkittävästi kiinnostavammaksi kuin muut. Juuri kukaan ei katsonut työnsä kiinnostavuuden vähentyneen automaation lisääntyessä.

Kaikki työnjohtajat ja laitosmiehet totesivat työnsä erittäin merkittävästi vaihtelevammaksi kuin muut, joista vain tason I vaahdottajat ja tason III valvomon päivystäjät erottuivat jonkin verran ensinmainittujen suuntaan (Taulukko 3.).

Vaihtelevuuden lisääntymistä automaation kasvaessa olivat huomanneet selvästi tasolla III 1. ryhmä ja laitosmiehet. Noin kolmannes 2. ja 3. ryhmän työntekijöistä ei pitänyt työtään lainkaan vaihtelevana. Vain eräät

Taulukko 2. Mielipiteet työn kiinnostavuudesta.
Table 2. Opinions on interest of own present work.

Auto- maation taso/ level	Työn kiinnostavuus	Tehtäväryhmä				Yht.
		1	2	3	4	
I	1. Kiinnostavaa	3	8	0	—	11
	2. Jokseenkin kiinnostavaa	0	15	2	—	17
	3. Ei lainkaan kiinnostavaa	0	3	4	—	7
II	1. Kiinnostavaa	7	4	3	2	16
	2. Jokseenkin kiinnostavaa	3	12	16	11	42
	3. Ei lainkaan kiinnostavaa	1	5	4	2	12
III	1. Kiinnostavaa	19	6	9	8	42
	2. Jokseenkin kiinnostavaa	6	9	24	13	52
	3. Ei lainkaan kiinnostavaa	1	5	6	7	19

25 työntekijää eli n. 10 % kullakin automaatiotasolla ei vastannut.
No answer was given by 25 more workers, or by about 10 % at each level of automation.
Työn kiinnostavuus = Interest of work. — 1. Interesting, 2. Somewhat interesting, 3. Not at all interesting

Taulukko 3. Mielipiteet työn vaihtelevuudesta.
Table 3. Opinions on variation of own present work.

Auto- maation taso/ level	Työn vaihtelevuus	Tehtäväryhmä				Yht.
		1	2	3	4	
I	1. Vaihtelevaa	1	8	0	—	9
	2. Jokseenkin vaihtelevaa	2	8	2	—	12
	3. Ei lainkaan vaihtelevaa	0	9	4	—	13
II	1. Vaihtelevaa	4	4	6	10	24
	2. Jokseenkin vaihtelevaa	3	8	8	3	22
	3. Ei lainkaan vaihtelevaa	4	10	9	2	25
III	1. Vaihtelevaa	16	4	8	15	43
	2. Jokseenkin vaihtelevaa	7	11	26	9	53
	3. Ei lainkaan vaihtelevaa	1	5	8	4	18

24 työntekijää eli n. 8...13 % eri automaatio-asteilla ei vastannut.

No answer given by 24 more workers, or by 8...13 % at each level of automation.

Työn vaihtelevuus = Variation of work. — 1. Varying, 2. Somewhat varying, 3. Not at all varying.

murskaajat katsoivat vaihtelevuuden vähenemisen liittyvän automaation lisääntymiseen.

Näyttää siltä, että lisääntynyt mittausinformaatio ja parantuneet hallintamahdollisuudet lisäävät työn vaihtelevuutta, erityisesti koko laitosta johtavalla ja valvovalla tasolla. Prosessi-instrumenttien käyttöönotto ja näiden avulla saatava entistä tarkempi informaatio johtaa tarvittavien huolto- ja korjaustoimenpiteiden monipuolistumiseen ja määrälliseen lisäykseen. Työn keskimääräinen vaihtelevuus prosessilinjalalla näyttää olevan jotakuinkin riippumaton automaatio-asteesta.

Työ koettiin yleensä hyvin vastuulliseksi; tuskin kukaan piti työtään vähän vastuuta vaativana tai totesi vastuullisuuden vähenevän automaation lisääntyessä. Tasolla I eniten vastuuta tunsivat työnjohtajat ja vaahdottajat. Tasolla II ja III vastuullisuutta piti 1. ryhmä merkittävästi voimakkaampana kuin muut, vaikka myös yli puolet 2. ja 3. ryhmän ja 40 % 4. ryhmän työntekijöistä piti työtään suurella määrällä vastuullisena. Vastuun kasvu automaation lisääntyessä oli ilmeisempää ($p < 0.01$) valvomomien päivystäjille kuin muille ryhmille tai alaryhmille, joista vaihteleva määrä, enintään puolet, totesi tämän seikan.

Mittausinformaation lisääntyminen ja parantunut prosessin tuntemus teollisen hierarkian eri tasoilla näyttää saattavan työntekijät tuntemaan suurempaa vastuuta työstään. Vastuun kasvu sijoittuu valvomoon selvästi voimakkaammin kuin kentälle tai työnjohtajan osalle. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että välittömät tiedot prosessin tilasta keskittyvät valvomoon.

EROTTELUANALYYSIN SOVELTAMINEN

Yleistä

Vastaukset kyselylomakkeen moniin kysymyksiin osoitti-

vat, että työntekijöiden mielipiteet erosivat huomattavasti sekä eri automaatioasteita edustavien rikastamojen että eri työntekijäryhmien välillä. Eräissä kysymyksissä tiedusteltiin kuitenkin samantapaisia asioita, joten tulokset niiden osalta olivat korreloituneita keskenään. Informaation selkeyttämiseksi ja tiivistämiseksi sovellettiin erotteluanalyysiä. Tarkoituksena oli löytää yhdistettyjä muuttujia, jotka erottelisivat automaatioasteet ja työntekijäryhmät toisistaan selvemmin kuin alkuperäiset muuttujat.

Erotteluanalyysi lähtee olettamuksesta, että muuttujat ovat jatkuvia, normaalisti jakautuneita ja niiden yhteiskäytävät multinormaalaisia. Menettelyä sovelletaan kuitenkin yleisesti myös silloin, kun jakautumien normaali-suusehdot eivät toteudu. Muuttujien keskiarvot voivat olla eri ryhmässä yhtä suuret tai eri suuret, mutta niiden varianssien ja kovarianssien tulisi olla yhtä suuret. Uudet muuttujat muodostetaan alkuperäisten funktioina ja niiden parametreille annetaan sellaiset arvot, että ryhmien välisten varianssien suhde ryhmien sisäisiin variansseihin saa maksimi-arvon. Uudet muuttujat, ns. erottelijat ovat alkuperäisten muuttujien lineaarikombinaatioita.

$$y = Ax$$

Erottelijoiden lukumäärä on joko yhtä vaille ryhmien lukumäärä tai sama kuin alkuperäisten muuttujien lukumäärä riippuen siitä, kumpi näistä kahdesta luvusta on pienempi. Erottelijat ovat keskenään ortogonaalisia. Tällä tavoin analyysi etsii tekijät, jotka erottelevat ryhmät mahdollisimman tehokkaasti toisistaan. Kertoimien laskeinta on ominaisarvototehtävä.

Laskennan suorittamiseen käytettiin tilastollista ohjelmapakettia HYLPS /2/. Erottelufunktioiden muodostamisen ohella ohjelma sisältää aliohjelman niiden alkupe- räismuuttujien valitsemiseksi, jotka erottelevat ryhmät parhaiten toisistaan Wilksin lambdakriteerion ja F-testin nojalla. χ^2 -testin avulla tutkitaan, eroavatko erottelijain keskiarvot merkittävästi toisistaan eri ryhmässä. Oletus eri ryhmien kovarianssimatriisien yhtäsuuruudesta testataan Boxin F-approksimaation avulla.

Ominaisarvototehtävän ratkaisuna saatavat painokertoimet a_{ij} osoittavat kuinka tehokkaasti kukin muuttuja erottelee ryhmät toisistaan. Erottelun tulokinnassa voidaan käyttää hyväksi myös erottelijain ja alkuperäisten muuttujien korrelaatiokertoimia. Jokaisen erottelijain keskiarvo yksittäiselle ryhmälle kuvaa ryhmien välisten eroavaisuuksien luonnetta.

Ammattiryhmiin kohdistuva erotteluanalyysi

Tämän erotteluanalyysin tulosten voitiin odottaa kuvavan eroavuuksia eri ammattiryhmien työn luonteessa, johon liittyvät tekijät puolestaan kytkeytyvät automaatioon. Aineiston pienuuden vuoksi ei erottelua eri automaatioasteiden suhteen voitu tehdä samanaikaisesti. Ammattiryhmien lukumääräkin oli rajoitettava neljään pääryhmään.

Käytettävissä oleva tietokoneohjelma ei kyennyt käsittelemään kuin 100 muuttujaa samanaikaisesti. Alustava karsinta suoritettiin sen vuoksi harkinnanvaraisesti, mikä jälkeen ohjelma valitsi tarkempaan analyysiin 23 muuttujaa. Koska ryhmiä oli neljä, saatiin kolme erotte-

lufunktiota. χ^2 -testi hylkäsi hypoteesin ryhmäkeskiarvojen yhtäsuuruudesta 1 %:n merkitsevyystasolla, joten kaikki kolme erottelufunktiota sisällytettiin tarkasteluun. Ryhmien kovarianssimatriisit eivät merkitsevästi poikenneet toisistaan. Kunkin erottelufunktion tärkeimmät muuttujat, niiden painokertoimet ja korrelaatiokerroimet erottelijan kanssa on esitetty taulukossa 4; katso myös taulukko 10.

Taulukko 4. Ammattiryhmiin kohdistuva erotteluanalyysi. Painokertoimet a_{ji} ja muuttujien x_i korrelaatiokerroimet erottelufunktioiden y_j välillä.

Table 4. Discrimination between professional groups. Weighting factors a_{ji} and coefficients of correlation of variables x_i with discriminant functions y_j .

y_1			y_2			y_3		
Muuttuja x_i	Normalisoitu painokerroin	Korrelaatiokerroin	Muuttuja x_i	Normalisoitu painokerroin	Korrelaatiokerroin	Muuttuja x_i	Normalisoitu painokerroin	Korrelaatiokerroin
20	0.44	0.71	23	0.58	0.50	41	-0.66	-0.52
42	-0.34	-0.48	85	0.49	0.37	84	-0.38	-0.10
40	-0.33	-0.42	41	0.47	0.32	40	0.35	0.32
11	0.32	0.64	42	-0.41	-0.07	23	0.29	0.42
50	-0.30	-0.40	43	-0.39	-0.28	85	0.27	0.15
52	-0.29	-0.36	83	-0.38	0.08	21	0.25	0.41
73	0.26	0.14	50	0.37	0.05	73	0.24	0.27
8	0.26	0.17	64	0.32	0.40	78	0.23	0.29
41	0.26	-0.19	45	-0.29	-0.24	52	0.21	-0.05
33	-0.23	-0.21	52	0.25	0.29	56	-0.19	-0.20
93	-0.23	-0.21	73	-0.21	-0.26	96	0.18	0.17
78	0.18	0.19	32	-0.20	-0.22	93	0.15	0.15
96	0.16	0.23	40	0.16	0.29	83	0.15	0.17
43	-0.10	-0.37	20	0.12	0.20	50	-0.15	-0.20

Muuttuja = Variable. Normalisoitu painokerroin = Normalised weighting factor. Korrelaatiokerroin = Coefficient of correlation.

Taulukko 5. Erottelufunktioiden y_j ryhmäkeskiarvot.

Table 5. Group means of discriminant functions y_j

Ryhmä	y_1	y_2	y_3
1	-2.24	0.00	-0.25
2	0.55	-1.09	-0.12
3	0.20	0.48	0.72
4	0.84	1.02	-0.80

Ensimmäisen erottelijan osuus erottelussa oli 54 %. Ryhmäkeskiarvoista (Taulukko 5.) nähdään, että ensimmäinen erottelija erottaa lähinnä ensimmäisen ryhmän muista. Painokertoimista nähdään, että erottelun saavat aikaan osaksi työpaikan fyysiset haattatekijät (20,11) ja työsinänsä (73,33), osaksi työntekijäin ilmoittamat negatiiviset tuntemukset kuten työn mielenkiinnottomuus (42), sen vaatima päättelykyvyn alhainen taso (50), automaatiosta johtuva työn muuttuminen monotonisemmaksi (52) ja yleinen väsymys työhön (96), joka saa positiivisen painokertoimen. Muuttujan x_{41} (työn vaihtelevuus) merkitys on katsottava vähäiseksi korrelaatiokerroimen pienen ar-

von vuoksi, joka samalla on erimerkkinen painokertoimeen nähden. Ryhmäkeskiarvoihin vertaamalla nähdään, että tulokset ovat yleensä samansuuntaisia edellisessä kohdassa esitettyjen yksittäisten vastausten jakautumien kanssa.

Yhdenmukaisuus oli selvintä työnjohtajien ja valvomon päivistäjien kohdalla, joiden ryhmäkeskiarvo myös eniten poikkeaa muiden ryhmien keskiarvoista. Erottelijaa voidaan nimittää "työhön liittyvien epämukavien työolosuhteiden ja negatiivisten tuntemusten funktioksi" ja sen arvot 1. ryhmällä oli paljon muita pienempiä.

Suoranaisesti automaatioon liittyy neljä muuttujaa (40, 52, 33, 78). Nämä muuttujat yleensä käyttäytyivät ryhmäkeskiarvojen edellyttämällä tavalla. Erityisesti ensimmäisellä ryhmällä oli kyselyn mukaan paras selvyys automaation tavoitteista, heidän työnsä oli muuttunut automaation mukana voimakkaimmin vaihtelevaan suuntaan ja heidän mahdollisuutensa irrottautua työtehtävistä olivat voimakkaimmin vähentyneet. Automaation välillisten vaikutusten osalta viitataan muiden muuttujien aikaisempaan käsittelyyn.

Toisen erottelijan osuus erottelussa oli 31 %. Ryhmäkeskiarvoista (Taulukko 5.) nähdään, että funktio erottelee erityisesti toisen ryhmän ja saa aikaan selvimmän eron toisen ja neljännen ryhmän välille, ts. prosessin hoitoon jatkuvasti osallistuvien ammattiryhmien (jauhajat, vaahdottajat ja murskaajat) ja työntekijäin, jotka työskentelevät epäsäännöllisesti vaihtelevissa korjaus-, huoltotyöntehtävissä. Muutamia tärkeimmistä muuttujista liittyvät työn henkisiin tekijöihin. Erottelijan arvo kasvaa kun työ on vaihtelevaa (41, 52), mielenkiinnottomaa (42), ei vastuullista (43) ja henkisesti kevyttä (45) vaikkakin päättelykykyä vaativaa (50). Itseopiskelun merkitys eli vuorotyöstä sille aiheutuva haitta (85) vaikuttaa erottelufunktion arvoa nostavasti. Vaikka tehtäviä saattaa olla työssä paljonkin (64) ei se kuitenkaan anna korkeaa motivaatiota. Asenteet automaation yhteen erityispiirteeseen (23) ovat korostuneesti esillä. Funktio lienee enemmän yhteydessä kemikaalien säädön erikoisluonteeseen kuin asenteisiin automaatiota kohtaan yleensä. On osoitettu, että vaahdotuskemikaalien dynamiikka on monimutkaista ja niiden syötön säätö vaikeampaa kuin useimpien muiden muuttujien /3/. Vastausten tarkastelu ammattiryhmittäin osoittaa, että vaahdottajat, jotka vastaavat kyseisten prosessien säädöstä, olivat vähemmän optimistisia siihen kuin muihin säätötoimenpiteisiin nähden. Täten muuttujaa voitaneen pitää prosessin toiminnan puutteellisen ymmärtämisen mittana. Erottelijan nimeksi soveltunee "käyttämättömän henkisen potentiaalinen funktio" ja sen arvo on suurin 4. ryhmällä.

Kolmannen erottelijan osuus oli erottelussa 15 %. Ryhmäkeskiarvojen mukaan tämä erottelee parhaiten 3. ja 4. ryhmän eli vähemmän erikoistuneet prosessityöntekijät ja työntekijät, jotka ovat etällä prosessilinjasta. Muuttuja 41, työn vaihtelevuuden tuntemus, on funktiossa tärkein, mutta myös muiden muuttujien ryhmä liittyy tähän osoittaen automaation suhteen positiivisia odotuksia ja kokemuksia (40, 23, 21, 78, 56, 32). Erottelija voitaneen nimittää "työn vaihtelevuuden ja automaatiomyönteisyyden funktioksi".

Erotteluanalyysin onnistuneisuutta tarkasteltiin siihen liitettyllä jälkiluokittelulla. Jokaisen vastaajan piste-määriä verrattiin neljälle ryhmälle laskettuihin erottelufunktioiden keskiarvoihin. Vastaaja sijoitettiin siihen ryhmään, johon hän tämän perusteella parhaiten sopi. Yksittäiset luokittelupistemäärät, jotka olivat kääntäen verrannollisia etäisyyksiin muuttujien ryhmäkeskiarvoista, laskettiin ja niitä käytettiin sijoituskriteeroina. Alkuperäisen luokituksen sopivuus työn luonnehdintaan työn eri funktioihin on esitetty taulukossa 6., joka osoittaa ryhmien väliset siirtymiset. Vastaaajien pysymistä alkuperäisessä ryhmässään esittää lävistäjällä olevien havaintojen osuus, joka on 66 %. Siirtymät ovat tavallisimpia 2. ja 3. ryhmän välillä, jotka työtehtävien kannalta muistuttavat eniten toisiaan. Ryhmästä toiseen siirtyneiden vastaajien yksilöllinen tarkastelu antoi useimmiten sangen ymmärrettäviä selityksiä. Näitä ei kuitenkaan esitetä tässä yksityiskohtaisesti.

Taulukko 6. Vastaaajien luokittelu tehtäväryhmittäin.
Table 6. Classification of subjects into professional groups.

Alkuperäinen ryhmä	Laskettu ryhmä			
	1	2	3	4
1	33	4	5	1
2	2	52	17	7
3	6	14	48	11
4	2	5	7	30

Alkuperäinen ryhmä = Original group. Laskettu ryhmä = Computed group.

Automaatioasteeseen kohdistuva erotteluanalyysi

Kolmen automaatiotason erotteluanalyysissä saatiin kaksi erottelufunktiota. Ohjelma valitsi 17 muuttujaa tarkempaan analyysiin. Ryhmäkeskiarvojen ja ryhmittäisten kovarianssimatriisien suhteen tulokset olivat samat kuin edellisessä analyysissä. Tärkeimmät alkuperäiset muuttujat, niiden painokertoimet ja korrelaatiokertoimet erottelufunktioittain ovat taulukossa 7. ja ryhmäkeskiarvot taulukossa 8.

Ensimmäisen erottelijan osuus erottelussa on 75 %. Ryhmäkeskiarvojen mukaan tämä saa suurimman arvon alhaisella automaatiotasolla, joka erottuu selvästi muista tasoista. Automaatioon liittyvillä kahdella muuttujalla (40, 32) on suurimmat painokertoimet. Erottelijan arvo kasvaa sitä mukaa kuin perehtyneisyys automaation päämääriin vähenee. Fyysisillä vaatimuksilla (96, 47) on yhdensuuntainen ja henkiselä kuormituksella (64, 32, 63) vastakkainen osuus funktion kasvuun. Erottelijaa voitaneen kutsua "automaatioon perehtymättömyyden ja alhaisen henkisen ja korkean fyysisen kuormittavuuden funktioksi" ja se saa suurimman arvonsa alhaisella automaatiotasolla.

Toisen funktion osuus erottelussa on 25 %. Ryhmäkeskiarvoista taulukosta 8 nähdään, että erottelija erottaa tason II eli kohtalaisen automaatiotason rikastamot muista. Työn yksitoikkoisuus (31, 66) ja työtahdin riippuvuus työnjohtajista (76) ovat nyt vallitsevina muuttujina. Työn aiheuttama yleinen väsymys ja selvyys automaation ta-

Taulukko 7. Automaatioasteeseen kohdistuva erottelu. Painokertoimet a_{ji} ja muuttujien x_i korrelaatiokertoimet erottelufunktioiden y_j välillä.

Table 7. Discrimination between levels of automation. Weighting factors a_{ji} and coefficients of correlation of variables x_i with discriminant functions y_j .

Muuttuja x_i	y_1		y_2		
	Normalisoitu painokerroin	Korrelaatiokerroin	Muuttuja x_i	Normalisoitu painokerroin	Korrelaatiokerroin
40	-0.63	-0.67	31	-0.52	-0.59
64	-0.40	-0.48	76	0.39	0.28
32	0.39	0.33	66	0.39	0.60
96	0.31	0.03	96	0.33	0.40
47	0.31	0.07	40	0.33	0.22
63	0.26	0.08	48	-0.28	-0.25
20	-0.26	-0.25	46	-0.27	-0.22
94	-0.25	-0.17	50	0.26	0.06
11	-0.24	-0.17	77	0.19	0.16
48	-0.23	-0.24	32	0.18	0.20
76	-0.22	-0.28	94	-0.16	-0.04
77	0.21	0.21	93	0.14	0.05
46	0.21	0.07	47	0.10	-0.20
93	-0.18	-0.26	11	-0.09	0.10
50	-0.16	-0.16	63	0.06	0.28

Taulukko 8. Erottelufunktioiden y_j ryhmäkeskiarvot.
Table 8. Groups means of discriminant functions y_j

Ryhmä	y_1	y_2
I	1.77	-0.40
II	0.09	0.67
III	-0.59	-0.30

voitteista ovat myös kohtalaisen tärkeitä. Erottelufunktio voidaan nimetä "yksitoikkoisen ja sidotun työn funktioksi". Se ilmeisesti liittyy keskiasteen automaation yleisesti tunnettuihin haittatekijöihin.

Kolmen automaatiotason yksittäisten muuttujien jakautumien eroja ei testattu tilastollisin merkitsevyydestein. Taulukon 7. muuttujien yksittäisten jakautumien tarkastelu osoitti, että ottamalla painokertoimen etumerkki huomioon näiden kasvu oli samansuuntainen kuin vastaavan erottelufunktion kasvu.

Taulukon 9. matriisi laskettiin samalla tavoin kuin ensimmäisessä erotteluanalyysissä. Lävistäjähavaintojen osuus on nyt 65 %. Siirtymät ovat tavallisimpia tasojen II ja III välillä, jossa myös rajojen väliset erot ovat pienimmät.

Taulukko 9. Vastaaajien luokittelu automaatioryhmittäin.
Table 9. Classification of subjects into levels of automation.

Alkuperäinen ryhmä	Laskettu ryhmä		
	I	II	III
I	25	7	7
II	8	47	23
III	12	28	89

Molemmissa analyyseissa noin 2/3 kaikista vastaajista sijoittui alkuperäisiin ryhmiin ja tasoihin. On huomattava, että luokitusmenetelmä on riippumaton edeltävästä erotteluanalyysistä, muuten kuin alkuperäisten muuttujien valinnan osalta. Tulokset osoittavat selvästi ja johdonmukaisesti, että työntekijäryhmillä on eri tehtävissä ja eri automaatiotasolla niille ominaisia ja toisistaan erottuvia tuntemuksia ja käsityksiä työstä, automaatiosta ja työskentely-ympäristöstä.

JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää teknologisen muutoksen, erityisesti automaation edistymisen vaikutusta rikastamotyöntekijäin tyypillisten tehtävien muuttumiseen. Tämä toteutettiin analysoimalla näitä tehtäviä automaation eri tasoilla ja suorittamalla työnjohtajiin ja työntekijöihin kohdistunut mielipidetiedustelu. Useimmat aikaisemmin tehdyt vastaavat tutkimukset ovat keskittyneet joko ainoastaan teknisiin näkökohtiin tai vain mielipidetiedusteluun. Tässä tutkimuksessa pyrittiin kokonaiskäsitykseen yhdistämällä molemmat lähestymistavat. Näiden keskinäisiä yhteyksiä analysoitiin sekä riittäntaulukointien että erotteluanalyysin avulla.

Rikastamot jaettiin automaatioon liittyvien teknologisten näkökohtien perusteella kolmeen tasoon. Osoittautui, että työntekijöiden keskimääräiset mielipiteet vaihtelivat voimakkaasti näiden tasojen funktiona. Työntekijät jaettiin edelleen neljään ryhmään työnsä yleispiirteiden perusteella ja todettiin heidän näkemyksensä automaatiosta eroavan ryhmittäin toisistaan. Työn henkiset vaatimukset ja rasitustekijät kohdistuvat ensisijaisesti työnjohtajiin ja valvomon päivystäjiin, joiden työ käsittää koko laitoksen käytön ohjauksen ja valvonnan. Samanlaisia ominaisuuksia todettiin vaadittavan jossakin määrin myös vaahdotajilta. Mutta myös laitosmiesten työssä, joka on jokseenkin riippumaton muista, havaittiin työn "henkistymistä".

Erotteluanalyysi toi esiin yhdistettyjä muuttujia, jotka yleisesti ovat samansuuntaisia yksittäisten kysymysten antamien tulosten kanssa. Automaatioon suoraan kuuluvien muuttujien lisäksi monet muut muuttujat olivat mukana erottelufunktioiden osoittamassa automaatiotasojen välisiä eroja. Kun erottelijoille on annettavissa suhteellisen laajoja tulkintoja, voidaan keskimäärin sanoa, että ne käyttömiehet, jotka ovat erikoistuneet yksittäisten perusprosessien valvontaan, suhtautuvat automaatioon suuremmin varauksin ja kuormittuvat enemmän henkisesti kuin muut prosessityöntekijät, jotka toisaalta tuntevat työnsä yksitoikkoisemmaksi. Työnjohtajat ja valvomon päivystäjät suhtautuvat positiivisimmin työhönsä ja työnjohtajien asenne automaatioon on myös voimakkaimmin positiivista. Laitosmiesten ja muiden työntekijöiden suhtautuminen on vähemmän positiivista siitä huolimatta, että he kokevat työnsä eniten vaihtelevaksi ja henkisesti kevyeksi.

Erottelu eri automaatiotasojen välillä osoittaa, että käsinohjatut rikastamot erottuvat selvästi kahden korkeamman tason rikastamoista. Tämä johtuu luonnollisesta suuresta erosta automaatioasteessa ja tätä vastaavasta työn henkisestä ja fyysisestä rasittavuudesta. Keskitasolla on havaittavissa niiden muuttujien korostumista, jotka ovat olleet leimaa-antavina negatiivisina piirteinä kappaletuoteteollisuudenkin puoliautomaatiosta.

Taulukko 10. Muuttujat. — Arvon kasvusuunta sulkeissa (matala—korkea).

Table 10. Variables. — Direction of growth in parentheses (low—high).

8	Työ ennen rikastamolle tuloa (epämääräinen suunta)
8	Job before concentrator work (arbitrary direction)
11	Pölyhaitta (merkityksetön — suuri)
11	Disturbance by dust (insignificant — great)
20	Työpaikan likaisuushaitta (merkityksetön — suuri)
20	Disturbance by dirty working place (insignificant — great)
21	Asenne jauhatuksen automaattiseen säätöön (negatiivinen — positiivinen)
21	Attitude toward automatic control of grinding (negative — positive)
23	Asenne kemikaalien syötön automaattiseen säätöön (negatiivinen — positiivinen)
23	Attitude toward automatic control of chemicals feed (negative — positive)
31	Työn muuttuminen automaation lisääntyessä (yksitoikkoista — vaihtelevaa)
31	Change of work with increasing automation (monotonous — varying)
32	Työn muuttuminen automaation lisääntyessä (vaikeata — helppoa)
32	Change of work with increasing automation (difficult — easy)
33	Työn muuttuminen automaation lisääntyessä (epäterveellistä — terveellistä)
33	Change of work with increasing automation (unhealthy — healthy)
40	Tietoisuus automaation tavoitteista (olematon — hyvä)
40	Familiarity with goals of automation (none — good)
41	Työn luonne (yksitoikkoinen — vaihteleva)
41	Attribute of work (monotonous — varying)
42	Työn luonne (mielenkiinnoton — kiinnostava)
42	Attribute of work (uninteresting — interesting)
43	Työn luonne (vähän vastuullinen — vastuullinen)
43	Attribute of work (irresponsible — responsible)
45	Työn luonne (henkisesti: kevyt — raskas)
45	Attribute of work (mentally: light — heavy)
46	Työ vaatii suurta tarkkuutta (vähän — runsaasti)
46	Work requires high accuracy (no — yes)
47	Työ vaatii tarkkaa näköä (vähän — runsaasti)
47	Work requires accurate vision (no — yes)
48	Työ vaatii tarkkaa kuuloa (vähän — runsaasti)
48	Work requires accurate hearing (no — yes)
50	Työ vaatii hyvää päättelykykyä (vähän — runsaasti)
50	Work requires ability of reasoning (no — yes)
52	Työn muuttuminen automaation kasvaessa (yksitoikkoista — vaihtelevaa (asteikko 1—3))
52	Change of work with increasing automation (monotonous — varying (scale 1—3))
56	Työn muuttuminen automaation kasvaessa (henkisesti: kevyemmäksi — raskaammaksi)
56	Change of work with increasing automation (mentally: lighter — heavier)
63	Työ on ikävyyttävää (ei koskaan — usein)
63	Work is boring (never — often)
64	Liikaa tehtäviä (ei koskaan — usein)
64	Work is excessive (never — often)
66	Työ on yksitoikkoista (ei koskaan — usein)
66	Work is monotonous (never — often)
73	Työtahdin riippuvuus koneista (vähän — suuresti)
73	Working pace determined by machines (no — yes)
76	Työtahdin riippuvuus työnjohdosta (vähän — suuresti)
76	Working pace determined by foremen (no — yes)
77	Irroitautuminen työstä (vaikeata — helppoa)
77	Disengagement from work (difficult — easy)
78	Työstä irroitautumisen muuttuminen automaation kasvaessa (vaikeata — helppoa)
78	Change of disengagement from work with increasing automation (difficult — easy)
83	Vuorotyön vaikutus sosiaaliseen osallistumiseen (olematon — haittaa)
83	Effect of shift work on social participation (none — harmful)

Taulukko 10. jatk.
Table 10. cont.

84	Vuorotyön vaikutus harrastuksiin (olematon — haittaa)
84	Effect of shift work on hobbies (none — harmful)
85	Vuorotyön vaikutus opiskeluun (olematon — haittaa)
85	Effect of shift work on studies (none — harmful)
93	Vuorojakson haluttu pituus (lyhyt — pitkä)
93	Desirable length of shift period (short — long)
94	Työ aiheuttaa päänsärkyä (ei lainkaan — runsaasti)
94	Headache caused by work (none — much)
96	Työ aiheuttaa yleistä väsymystä (ei lainkaan — runsaasti)
96	General fatigue by work (none — high)

SUMMARY

EFFECT OF AUTOMATION ON WORK IN CONCENTRATORS AND ON WORKERS' OPINIONS, II.

In an earlier paper /1/, the character of work and its change with advance of automation in Finnish concentrators were described and the workers' views and opinions related to work, instrumentation and automation, working environment etc. were tabulated as functions of levels of automation. Now the workers are divided in four groups on the basis of the general character of their work, and it is shown that the views of the workers as functions of automation are statistically significantly different for the individual groups. The mental requirements and loads are primarily directed to the foremen and process supervisors, who are concerned with operation of the whole plant, and the floaters have similar recognitions. Also the repair men who work relatively independently have found mentally positive development.

Discriminant analysis is applied to the answers which are classified according to the professional groups but regardless of levels of automation. It reveals combined variables which in the average sense indicate that the craftsmen specializing in the individual basic process operations are less accepting towards automation and more loaded mentally than the other process workers, who on the other hand feel their work most monotonous. The foremen and process supervisors have the most positive feeling of work and the foremen's attitude to automation is also primarily positive. The feeling in the group of repair men and other workers is less positive, although their work is most varying and mentally light.

Discrimination between the levels of automation shows that the manually controlled concentrators are separated strongly from the two higher levels due to natural differences in degree of automation and in mental and physical strain. The medium level is distinguished by factors which show similarity with the known drawbacks of medium phase automation in discrete manufacture.

An English report of the study is available /4/.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- 1 A. J. Niemi, E. Nuotio, S. Häkkinen. Vuoriteollisuus — Bergshanteringen. 34 (1976) 129—136
- 2 —, HYLPS Computer Software for mathematical statistics, University of Helsinki Computer Centre
- 3 A. Niemi. Acta Polyt. Scand. Chem. No 48, Helsinki 1966
- 4 A. J. Niemi, E. Nuotio, S. Häkkinen. 2nd IFAC Symp. on Automation in Mining, Mineral & Metal Processing, 1976



EERO MÄKISEN MITALIEN JAKO

Vuorimiesyhdistyksen 25. 3. 1977 pidetyn vuosikokouksen yhteydessä luovutettiin yhdistyksen hallituksen myöntämät Eero Mäkisen mitalit professori Aarno Kahmalle ja yli-insinööri Heikki Tannerille.

Professori Kahma on tultuaan 1946 Geologisen tutkimuslaitoksen malminetsinnän johtajaksi erikoisesti ansioitunut aerofysikaalisten tutkimusmenetelmien kehittämisessä ja käyttöönotossa maassamme. Ehkä ensimmäisenä valtiona koko maailmassa Suomi on nyt systemaattisesti mitattu näillä menetelmillä. Saadut tulokset ovat suuresti auttaneet malminetsijöitä. Professori Kahman osuus Vihannin, Korsnäsin, Kemin, Hällinmäen, Hituran ja Hammaslahden esiintymien löytämisessä on ollut sangen merkittävä.

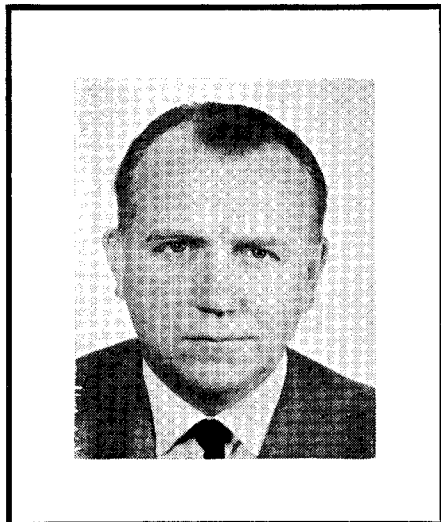
Yli-insinööri Tannerin monipuolisesta maamme vuoriteollisuutta edistävästä toiminnasta mainittakoon hänen johdolla suoritetun Outokummun kaivoksen nykyisen täyttölouhintamenetelmän kehittäminen, Keretin kaivoksen rakentaminen 1950-luvun lopulla tekniikaltaan maailman huippua edustavaksi ja Kokkolan tehtaiden rakentaminen eräiksi maamme suurimmista metallurgisista keskuksista. Vuodesta 1975 alkaen yli-insinööri Tanner toimii Outokumpu Oy:n ulkomaisen yritystoiminnan johtajana.

Kuvassa oikealla prof. Kahma, vasemmalla yli-ins. Tanner.

PETTER FORSSTRÖM PRIS — PETTER FORSSTRÖM-PALKINTO

Lohjan Kalkkitechdas Oy — Lojo Kalkverk Ab lahjoitti v 1963 10 000 markkaa jaettavaksi 2 000 markan suuruisina palkintoina tunnustuksena Vuoriteollisuus-lehdessä julkaistusta ansiokkaasta työstä.

Lahjasummasta käyttämättä jääneen erän on Vuorimiesyhdistyksen hallitus päättänyt myöntää tekn. lis. Toimi Lukkariselle. Tämän työn tulokset on julkaistu Vuoriteollisuus-Bergshantering-lehden numerossa 1 v. 1967 artikkelissa "Kuparikuonan rikastaminen Outokumpu Oy:ssä". Ilmoitus palkinnosta julkistettiin 25. 3. 1977 pidetyssä Vuorimiesyhdistyksen kokouksessa.



BRUCE AHLFORS

25. 6. 1920 — 29. 1. 1977

Den 29 januari 1977 avled i Helsingfors dipl.ing. Bruce Ahlfors i en ålder av 56 år.

Efter studentexamen vid Svenska Lyceum i Helsingfors avlade han diplomingenjörsexamen vid Helsingfors Tekniska Högskola år 1948.

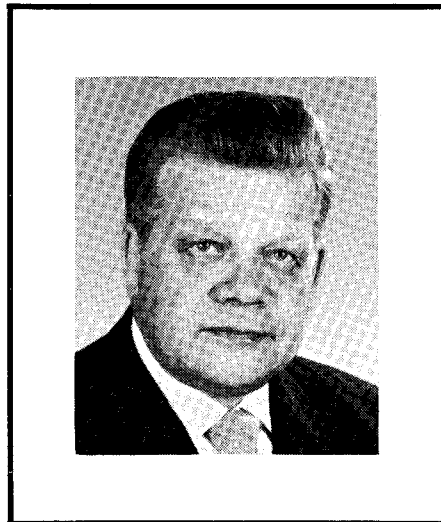
Han verkade som gruv- och driftsingenjör vid Karl Forsström Ab 1948—52 samt som teknisk direktör till år 1955. Han var anställd hos Oy Julius Tallberg Ab 1955—1960, där han utförde försäljningsuppgifter, varefter han flyttade till Oy Grönblom Ab som avdelningschef, vilken uppgift han innehade under åren 1960—1965.

Han var därefter anställd vid John Worsor & Co., Oy Rolac Ab och senast hos Ekströms Maskinaffär Ab, där han arbetade aktivt ända in i det sista.

Sprängteknik var dipl.ing. Ahlfors' specialbranch, och han undervisade vid olika kurser samt var under många år assistent i gruvteknik vid Tekniska högskolan.

Vid sidan av sitt arbete hade han många intressen. Speciellt scoutrörelsen låg hans hjärta nära, och han sysslade med detta under många år. Under krigen fungerade han som sanitetsunderofficer.

Dipl.ing. Ahlfors var medlem i Bergsmannaföreningen sedan 1948.



PAULI K. ISOKANGAS

6. 6. 1925 — 31. 1. 1977

Päägeologi, fil.lis. Pauli Isokangas kuoli 31. päivänä tammikuuta 1977. Hän oli syntynyt Vihannissa 6. 6. 1925, pääsi ylioppilaaksi Raudaskylän yhteiskoulusta vuonna 1945 ja opiskeli Helsingin yliopistossa pääaineenaan geologia ja mineralogia valmistuen filosofian kandidaatiksi vuonna 1952. Fil.lis. tutkinnon Pauli Isokangas suoritti vuonna 1975.

Pauli Isokangas astui valmistumiskeväänään Outokumpu Oy:n palvelukseen rakenteilla olevan Vihannin kaivoksen kaivosgeologiksi. Kaivoksen geologisen osaston päällikkönä hän toimi vuodet 1958—1960 siirtyen tämän jälkeen Rovaniemelle vastaamaan yhtiön Lapissa aloittamista malminetsintätöistä. Tästä tehtävästä hänet nimitettiin yhtiön koko malminetsintätoimen johtoon vuonna 1966 ja edelleen yhtiön päägeologiksi vuonna 1975.

Monet valtakunnalliset toimikunnat, jaostot ja seurat ovat voineet käyttää Pauli Isokankaan asiantuntemusta erilaisissa luottamustoimissa ja erikoistehtävissä. Hän oli mm. Suomen Geologisen Seuran puheenjohtaja vuonna 1974.

Pauli Isokangas joutui tehtävissään tutustumaan perusteellisesti Suomen geologiaan ja malmiesiintymiin. Useilla matkoillaan eri puolille maailmaa hän kartutti edelleen malmigeologista tietämystään. Hänen kirjoituksensa Suomen mineraaliesiintymistä, joka ilmestyy postuumina Englannissa osana teoksesta The Mineral Deposits of Europe, perustuukin laajaan henkilökohtaiseen tutustumiseen ja tulee olemaan toistaiseksi seikkaperäisin selvitys alallaan.

Vuorimiesyhdistyksen jäsen fil.lis. Pauli Isokangas oli vuodesta 1953 alkaen.

TILASTOTIETOJA
vuoriteollisuudesta vuonna 1976
koonnut ylitarkastaja Urpo J. Salo

Kaivos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu kiveä tonnia	Malmia tai hyötykiveä tonnia	Kaivostyöntekijöitä v. 1976 aikana			Kaivok- sessa suoritet- tuja työ- tunteja
						avo- lou- hos	maan- alla	yht.	
Malmi- kaivokset									
1 Otanmäki	Vuolijoki	V, Fe, TiO ₂	Rautaruukki Oy	1 301 000	1 157 400	—	157	157	305 379
2 Vuonos	Outokumpu	Cu, Zn, Ni, Co	Outokumpu Oy	1 202 537	1 073 856	11	147	158	281 936
3 Rautuvaara	Kolari	Fe	Rautaruukki Oy	1 149 000	812 000	46	97	143	272 885
4 Vihanti	Vihanti	Zn, Cu, Pb	Outokumpu Oy	959 000	903 734	—	157	157	301 555
5 Kemi	Kemi mlk	Cr	Outokumpu Oy	951 060	625 480	20	—	20	37 202
6 Mustavaara	Taivalkoski	V	Rautaruukki Oy	940 000	730 000	32	—	32	61 115
7 Pyhäsalmi	Pyhäjärvi	Cu, Zn, S	Outokumpu Oy	908 166	811 430	—	149	149	286 196
8 Keretti	Outokumpu	Cu, Zn, S, Co	Outokumpu Oy	732 088	701 337	—	198	198	380 860
9 Hitura	Nivala	Ni, Cu	Outokumpu Oy	711 084	329 591	16	—	16	30 691
10 Kotalahti	Leppävirta	Ni, Cu	Outokumpu Oy	535 243	484 654	—	113	113	216 515
11 Luikonlahti	Kaavi	Cu, Zn, Co, S	Myllykoski Oy	501 253	438 570	—	86	86	165 093
12 Hammaslahti	Pyhäselkä	Cu	Outokumpu Oy	472 430	407 500	4	74	78	149 042
13 Vammala *)	Vammala	Ni, Cu	Outokumpu Oy	352 008	106 887	7	24	31	60 446
14 Virtasalmi	Virtasalmi	Cu	Outokumpu Oy	298 297	267 030	—	24	24	46 493
15 Pahta- vuoma **)	Kittilä	Cu	Outokumpu Oy	17 500	2 300	—	6	6	11 929
Malmikaivokset 15 kpl yht.				11 030 664	8 851 769	136	1 232	1 368	2 607 337
Kalkkikivi- kaivokset									
1 Parainen	Parainen	kalkkikivi	Paraisten Kalkki Oy	1 762 927	1 292 707	30	7	37	78 189
2 Tytyri	Lohja	kalkkikivi	Oy Lohja Ab	858 509	858 509	—	60	60	114 843
3 Ihalainen	Lappeen- ranta	kalkkikivi	Paraisten Kalkki Oy	790 320	790 320	24	2	26	49 823
4 Mustio	Karjaa	kalkkikivi	Oy Lohja Ab	448 436	410 387	13	—	13	24 186
5 Ruokojärvi	Kerimäki	kalkkikivi	Ruskealan Marmori Oy	353 749	336 107	1	43	44	84 849
6 Äkäsjoensuu	Kolari	kalkkikivi	Paraisten Kalkki Oy	219 300	219 300	8	—	8	15 500
7 Kalkkimaa	Tornio	dolomiitti kvartsi	Rauma-Repola Oy	173 300	173 300	4	—	4	7 742
8 Förby	Särkisalo	kalkkikivi	K. Forström Oy	139 653	126 303	—	25	25	48 072
9 Ankele	Virtasalmi	dolomiitti	Paraisten Kalkki Oy	126 745	80 533	3	—	3	4 280
10 Ryytimaa	Vimpeli	dolomiitti	Paraisten Kalkki Oy	101 215	101 215	4	—	4	6 814
11 Montola ***)	Virtasalmi	dolomiitti	Paraisten Kalkki Oy	98 012	83 952	—	10	10	19 165
12 Sipoo	Sipoo	kalkkikivi	Oy Lohja Ab	85 673	85 673	—	8	8	15 362
Kalkkikivikaivokset 12 kpl yht.				5 157 839	4 558 306	87	155	242	468 825
Mineraali- kaivokset									
1 Lahnas- lampi	Sotkamo	talkki, Ni	Yhtyneet Paperit. Oy	351 692	253 974	13	—	13	25 197
2 Kemiö	Kemiö	maasälpä, kvartsi	Oy Lohja Ab	164 937	161 937	6	—	6	11 936
3 Kinahmi	Nilsjä	kvartsi	Oy Lohja Ab	161 116	153 086	3	—	3	6 500
4 Hiekka- mäki ****)	Nilsjä	kvartsi	Oy Lohja Ab	8 277	8 277	1	—	1	500
5 Haapaluoma	Peräseinä- joki	kvartsi maasälpä	Oy Lohja Ab	5 213	5 213	1	—	1	485
Mineraalikaivokset 5 kpl yht.				691 235	582 487	24	—	24	44 618
Muut kaivokset, vuorivillan ja sementin valmistukseen tarvittavia kiviaineksia									
1 Peijunmäki	Parikkala	Fe, Al, Mg	Paraisten Kalkki Oy	29 545	28 302	2	—	2	2 024
2 Sallittu	Suomusjärvi	Fe, Al, Mg	Paraisten Kalkki Oy	27 000	18 500	1	—	1	790
3 Parsby	Parainen	Fe, Al	Paraisten Kalkki Oy	25 840	25 840	1	—	1	504
4 Mustamäki	Lemi	Fe, Al	Paraisten Kalkki Oy	25 779	25 779	1	—	1	374
5 Ybbnäs	Parainen	Fe, Al, Mg	Paraisten Kalkki Oy	23 518	23 518	1	—	1	712
6 Kuivaniemi	Kuivaniemi	Al, Fe, Mg	Paraisten Kalkki Oy	13 246	7 948	1	—	1	120
7 Kangas	Parikkala	Fe, Al, Mg	Paraisten Kalkki Oy	12 280	12 280	1	—	1	536
8 Mantovaara	Sodankylä	Al	Paraisten Kalkki Oy	5 397	5 397	1	—	1	2 000
9 Mikonvaara	Parikkala	Al, Fe	Paraisten Kalkki Oy	2 150	2 150	1	—	1	192
10 Vuorenrinne	Lappeen- ranta	Al, Fe	Paraisten Kalkki Oy	1 055	1 055	1	—	1	84
Muut kaivokset 10 kpl yht.				165 810	150 769	11	—	11	7 336
Kaikki kaivokset 42 kpl yht.				17 045 548	14 143 331	258	1 387	1 645	3 128 116

*) ent. Stormi; **) tutkimustyömaa; ***) toiminta päättyi v. 1976; ****) ent. Nilsjä.

Rikasteiden, metallien, mineraalien ja sementin tuotanto

	1974	1975	1976	Keskipitoisuus % vuonna 1976
Rikasteet tonnia				
Rautarikasteita yhteensä	937 099	908 398	1 167 335	65,8
— rautarikaste ja pelletit	569 447	376 134	599 360	67,1
— pasute, purppuramalmi (Kokkola ja Siilinjärvi)	367 652	532 264	567 975	64,3
Rikkirikaste	703 790	519 067	494 118	47,3
Kromirikaste, palamalmi ja valuhiekka (Cr ₂ O ₃ %)	165 479	331 540	413 981	40,4 27,6 ja 46,5
Kobolttirikaste	25 831	209 287	190 941	0,67
Kuparirikaste	172 269	186 698	183 024	22,8
Ilmeniittirikaste (TiO ₂ %)	152 000	122 600	122 600	45,7
Sinkkirikaste	117 941	108 064	122 532	49,9
Nikkelirikaste	122 252	116 460	115 595	5,5
Lyijyrikaste	2 975	2 206	3 066	36,9
Metallit tonnia				
Raakarauta (malmeista)	1 381 069	1 367 828	1 329 415	
Sinkki	91 786	109 885	110 633	
Elementääriirikki	99 589	84 409	85 733	
Ferrokromi	47 932	39 787	40 353	
Katodikupari	38 277	35 764	38 149	
Katodinikkeli	6 455	6 544	7 624	
Vanadiinipentoksidi	2 647	2 276	2 589	
Koboltti	812	821	892	
Kadmium	156	217	428	
Hopea kg	25 216	23 136	24 051	
Elohopea kg	6 320	10 654	13 186	
Seleeni kg	9 690	8 477	9 931	
Kulta kg	645	691	818	
Mineraalit tonnia				
Kalkkikivi yhteensä	4 632 620	4 373 323	4 250 470	
Kalkkikiven käyttö:				
— sementin valmistus	3 202 168	2 861 309	2 394 440	
— maanparannuskalkki	425 007	631 213	1 029 517	
— kalkinpoltto	511 783	481 974	461 690	
— rouheet, tekn.hienojauheet ym.	347 518	262 177	237 144	
— sulfiitti- ja metallurginen kivi	144 392	128 316	127 679	
Talkki (jauhe ja murske)	128 269	124 260	148 531	
Kvartsi	120 300	105 480	108 884	
Vuorivillakivi	103 640	77 806	84 058	
Sementinvalmistuksen lisäkiveä	44 640	64 676	79 159	
Maasälpä	63 577	68 577	68 213	
Wollastoniitti	9 118	13 089	6 165	
Apatiitti	—	2 107	4 187	
Sementti tonnia	2 203 109	2 063 073	1 825 296	

Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.

TOIMINTAKERTOMUS 23. 2. 1977

Hallituksen toiminta vuodelta 1976

Vuosikokoukset

Vuorimiesyhdistyksen sääntömääräinen 33. vuosikokous pidettiin Helsingissä 18. 3. 1976. Kokouksen avasi puheenjohtaja yli-ins. Heikki Tanner katsauksella vuoriteollisuuden kehitykseen vuonna 1975.

Virallisten kokousasioiden jälkeen kuultiin seuraavat esitelmät:

- Vuorineuvos Helge Haavisto, Rautaruukki Oy: Suomen rauta- ja terästeollisuus, sen tulevaisuuden näkymät ja merkitys
- Toimitusjohtaja Henrik Öhquist, OVAKO Oy: Suomen rauta- ja terästeollisuus vientimarkkinoilla
- Toimitusjohtaja Jaakko Ihamuotila, Valmet Oy, puolesta esitti johtaja Olli Eloranta: Suomen rauta- ja terästeollisuuden merkitys konepajateollisuuden kannalta

Eero Mäkinen -mitalit myönnettiin professori R. T. Hukille ja professori M. H. Tikkaselle.

Jaostot kokoontuivat iltapäivällä kukin erikoisalansa esitelmin.

Illallistanssiaisissa ravintola Marskissa vastasi isännyydestä Kemira Oy.

Toimihenkilöt

Yhdistyksen luottamustehtävissä ovat toimineet seuraavat henkilöt:

Puheenjohtajana: johtaja Nils L. Gripenberg
 Varapuheenjohtajana: professori Heikki Paarma
 Hallituksen jäseninä:
 professori Kauko Korpela
 johtaja Esko Pihko
 FT Esko Peltola
 DI Rainer Tuovinen
 professori M. H. Tikkanen
 johtaja Esko Nermes
 DI Väinö Hulmi
 johtaja Väinö Juntunen
 DI Pertti Kostamo
 Rahastonhoitajana: TL Heikki Aulanko
 Sihteereinä: DI Erkki Ström ja FM Esa Mattila

Yhdistyksen toiminta

Hallitus on kokoontunut toimintavuoden aikana kuusi kertaa. Läsän ovat olleet myös jaostojen puheenjohtajat ja rahastonhoitajat.

Yhdistyksen lehti Vuoriteollisuus — Bergshanteringen on ilmestynyt kaksi kertaa. Lehden päätoimittajana on toiminut professori Martti Sulonen.

TkT Kalevi Kiukkola on toiminut toimitusneuvoston puheenjohtajana.

N.I.F.:n Bergsingeniörenes Avdelingin vuosikokouksessa yhdistystä edusti Heikki Tanner.

Svenska Gruvföreningen 35-vuotisjuhlakokouksessa yhdistystä edustivat Juhani Nuutilainen, Urho Valtakari ja Hans Allenius, jotka luovuttivat lahjaksi Vuoriteollisuus-lehden kokoelman.

Jaostot

Yhdistyksen toiminta jäsenkuntansa ammattitaidon ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi on entiseen tapaan ollut monipuolista yhdistyksen neljän alajaoston puitteissa.

Jaostot ovat pitäneet yhdistyksen nimissä yhteyksiä eri yhdistyksiin ja ovat hoitaneet lausuntojen antamisen kunkin erikoisalalta. Täydennyskoulutuksen, ekskursioiden ja esitelmätilaisuuksien lisäksi on ollut yhteisiä tilaisuuksia teekkareille ja korkeakoulujen opintosiihteereille.

Jaostojen toimihenkilöinä ovat olleet:

Geologijaosto

puh.joht. FT Juhani Nuutilainen
 sihteeri DI Liisa Kivekäs

Kaivosjaosto

puh.joht. joht. Urho Valtakari
 sihteeri FL Lennart Laurén

Metallurgijaosto

puh.joht. TL Asko Parviainen
 sihteeri DI Heikki Kivinen

Rikastus- ja prosessitekniikan jaosto

puh.joht. joht. Timo Heikkinen
 sihteeri DI Olli Korhonen

Yhdistyksen jäsenmäärä

Yhdistyksen jäsenmäärä oli 31. 12. 1976 **1 246**. Lisäystä oli vuoden kuluessa 84.

Eri jaostojen jäsenmäärät:

Metallurgijaosto	704
Kaivosjaosto	290
Geologijaosto	279
Rikastus- ja prosessitekniikan jaosto	168

Tutkimusvaltuuskunta

Tutkimusvaltuuskunta on toimikautena kokoontunut 2 kertaa. Valtuuskunnan puheenjohtajana on toiminut Erkki Heiskanen ja sihteerinä Hans Allenius.

Toimikunnissa ovat puheenjohtajina toimineet:

Geologinen toimikunta, professori Aimo Mikkola
 Kaivostekninen toimikunta, professori Paavo Maijala
 Rikastustekninen toimikunta, professori R. T. Hukki
 Toiminnassa on ollut 17 työkomiteaa.

Pohjoismaisen yhteistyön tuloksena Vuorimiesyhdistys on saanut Ruotsista 17 raporttia ja Norjasta 6 raporttia. Yhdistys on toimittanut 3 raporttia Ruotsiin sekä Norjaan.

Tilivuoden aikana on valtuuskunnan menoihin käytetty 37 951,00 mk.

Hyväksytty

Helsingissä 18. 3. 1977

Vuorimiesyhdistyksen hallitus

TULOSLASKELMA 1. 1.—31. 12. 1976

Tulot			
Jäsenmaksut	34 205,—		
Tutkimusvaltuuskunnan kannatusmaksut	28 500,—		
Lehden tulot	56 085,90		
Painotuotteiden myynti	8 022,14	126 813,04	
Menot			
Tutkimusvaltuuskunnan menot ..	31 568,91		
Lehden menot	76 875,53		
Vuosijuhla	7 028,39		
Jäsentoiminta ja koulutus	5 204,25		
Virkailijapalkkiot	6 100,—		
Sosiaaliturvamaksut	5 343,30		
Jäsenluettelon ylläpito	1 371,10		
Painotuotteiden hankinta	4 732,10		
Toimisto, postitus ym.	3 275,44		
Luottotappio (saatavien poistot) ..	647,50	142 146,52	
			—15 333,48
Muut tulot			
Korkotulot	542,15	542,15	
Tilikauden alijäämä			—14 791,33

TASE 31. 12. 1976

Vastaavaa			
Rahoitusomaisuus			
Kassa	332,61		
Postisiirtotili	5 122,53		
Siirtotalletustili	8 479,54		
Pankkitilit	349,87	14 284,55	
Tilisaamiset		26 309,52	
			40 594,07
Vastattavaa			
Vieras pääoma:			
Tilivelat		29 270,75	
Siirtovelat		10 505,35	
			39 776,10
Oma pääoma:			
Ylijäämä edellisiltä vuosilta	15 609,30		
Tilikauden alijäämä	—14 791,33	817,97	
			40 594,07

Espossa 22. 2. 1977

Heikki Aulanko
rahastonhoitaja

TULO- JA MENOARVIOEHDOTUS VUODELLE 1977

Jäsenmaksut 1125x40,—	45 000,—		
Kannattajajäsenmaksu (Ovako)	4 000,—		
Lehden tulot	60 000,—		
Tutk.valtuuskunnan jäsenmaksut	34 800,—		
Monisteiden ja painotuotteiden myynti	4 400,—		
Korkotuotot	300,—		
Muut tuotot	1 500,—		
		150 000,—	
Tutkimusvaltuuskunnan omat menot	37 000,—		
Lehden menot	67 000,—		
Muut menot			
Vuosijuhla	8 000,—		
Petter Forsström palkinto	2 000,—		
Virkailijapalkkiot	7 000,—		
Jäsenluettelon ylläpito	2 000,—		
Jäsentoiminta ja koulutus	12 000,—		
Sekalaiset kulut	4 000,—	40 000,—	
			139 000,—
Tilivuoden ylijäämä		11 000,—	
			150 000,—

Espossa 25. 2. 1977

Heikki Aulanko

GEOLOGISEN TOIMIKUNNAN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1976

KOKOONPANO

Geologisen toimikunnan puheenjohtajana on ollut professori Aimo Mikkola ja jäseninä

- FM Rolf Boström, Paraisten Kalkki Oy
FT Juhani Nuutilainen, Rautaruukki Oy
Prof. Maunu Puranen, Geologinen tutkimuslaitos
1. 1. 1976—9. 12. 1976
FT Heikki Wennervirta, Outokumpu Oy
1. 1. 1976—10. 12. 1976
FT Pentti Rouhunkoski, Outokumpu Oy
10. 12. 1976 alkaen
TT Toivo Siikarla, Geologinen tutkimuslaitos
9. 12. 1976 alkaen

KOKOUKSET

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt kaksi kansallista kokousta: 4. 2. 1976 ja 9. 12. 1976, molemmat Otaniemessä.

Luulajassa 11.—12. 3. 1976 pidetyssä yhteispohjoismaisessa kokouksessa Suomea edustivat A. Mikkola, R. Boström, J. Nuutilainen ja H. Allenius. Kokousta edeltäneenä päivänä osanottajat tutustuivat Boliden Ab:n geologiseen toimintaan Bolidenissa.

KÄYNNISSÄ OLLEET TYÖKOMITEAT

Magnetiska tolkningsmetoder

Yhteispohjoismaisesta työkomitean puheenjohtajana on S. Werner ja jäseninä S. E. Hjelt, K. Ryssdal ja J. Zuber. Kirjallisen loppuraportin kokoomistyö on viivästynyt. Suomen osuus on valmis.

N:o 44 Geologian ja geokemian maa- ja kallioperästä tapahtuvan näytteenoton teknillinen suoritus

Komitean puheenjohtajana on toiminut K. Airas ja jäseninä A. Björklund, P. Hörkkö, M. Kokkola, R. Saikkonen, B. Öhman ja K. Rönkkö. Komitean loppuraportti on julkaistu. Yhteenvedo Ruotsia ja Norjaa varten valmistuneen vuoden 1977 aikana.

N:o 46 Avattujen kalliotilojen geologinen kartoittaminen

Valtiovarainministeriön asettaman valvontaryhmän alustava mietintö on valmistunut. Raportti poikkeaa niistä periaatteista, jotka geologisen toimikunnan nimeämä työryhmä (Mikkola, Wennervirta, Vuorinen) asetti. Tutkimusvaltuuskunta on toimikunnan ehdotuksen mukaisesti lopettanut komitean työn, mutta velvoittaa geologista toimikuntaa seuraamaan tilannetta.

N:o 50 Kaukokartoitus malminetsinnässä

Vastuu J. Talvitien komitean toiminnasta on siirtynyt geologian jaostolle. Komitea järjestää kaukokartoitusta käsittelevän symposiumin ja näyttelyn vuorimiespäivien 1977 yhteyteen.

Symposiumissa pidetyt esitelmät julkaistaan. Tutkimusvaltuuskunta on pidentänyt komitean toiminta-aikaa vuoden 1977 loppuun.

N:o 51 Sortumien geologiset syyt

Komitea on aloittanut toimintansa. Työryhmän kokoonpano on ollut seuraava: I. Heikkilä, puheenjohtaja, O. Helovuori, L. Laurén ja V. Suominen. Komitea on kutsunut asiantuntijoiksi J. Mustalan ja R. Uusinokan. Työ jatkuu.

No 52 Kairausreikien suunnan mittaus ja reikien suuntaus

Tutkimusvaltuuskunta on tehnyt periaatepäätöksen e.m. komitean perustamiseksi. Tutkimusohjelmasta, kokoonpanosta j.n.e. päätetään seuraavassa kokouksessa.

MUITA KOKOUKSISSA KÄSITELTYJÄ AIHEITA

Toimikunta on kokouksissaan keskustellut seuraavista aiheista:

- mineraalipoliittisten toimikuntien toiminta
 - eri kivilajien timanttikairattavuus
 - pohjoismaiset tutkimusprojektit ja yhteistyö. Helsingissä 8. 1. 1977
- Toimikunnan puolesta

Aimo Mikkola
puheenjohtaja

Hans Allenius
sihteeri

KAIVOSTEKNILLISEN TOIMIKUNNAN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1976

KOKOONPANO

Kaivosteknillisen toimikunnan puheenjohtajana on ollut professori Paavo Maijala ja jäsenenä

- DI Henrik Eklund, Oy Lohja Ab, 16. 3. 1976 alkaen
- Joht. Caj Holm, Oy Lohja Ab, 1. 1.—16. 3. 1976
- DI Pentti Lehtinen, Imatran Voima Oy
- TkL Raimo Matikainen, Outokumpu Oy
- FM Göran Mitts, Paraisten Kalkki Oy
- Joht. Rainer Tuovinen, Rautaruukki Oy

KOKOUKSET

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt neljä kansallista kokousta: 16. 3. 1976 Otaniemessä, 6. 5. 1976 Lepiniemessä, 12. 10. 1976 Paraisilla ja 2. 12. 1976 Trondheimissä 14.—15. 6. 1976 ja pidetyssä yhteispohjoismaisessa kokouksessa Suomea edustivat P. Maijala, R. Tuovinen ja H. Allenius. Yhteispohjoismainen turvallisuuskokous pidettiin Brevikissä, Norjassa 16.—18. 6. 1976, jossa Suomen edustajina olivat V. Kontio, R. Maaranen ja R. Myyryläinen.

KÄYNNISSÄ OLLEET TYÖKOMITEAT

No 27 Kallion rakenteelliset ominaisuudet

Professori Maijalan johtaman komitean loppuraportin englanninkielinen lyhennelmä on monistusvaiheessa. Yhteenveto valmistuu vuoden 1977 alussa.

No 35 Louhoskattojen valvonta

Tutkimusvaltuuskunta on toimikunnan ehdotuksen mukaisesti lopettanut komitean työn ilman loppuraporttia koska Ruotsi, jonka käsissä työ oli melkein kokonaan, on lakkauttanut oman komiteansa. Yhteispohjoismaisen projektin suomalaisena yhteismiehenä toimi DI Myyryläinen.

No 36 Pakokaasukomitea

DI Harjunpään komitean tutkimusraportti on valmistunut. Tutkimusvaltuuskunta on lopettanut komitean työn. Harjunpää jatkaa kuitenkin yhteismiehenä yhteispohjoismaisen pakokaasututkimuksen alalla. Professori Maijala on yhdessä Harjunpään kanssa laatinut kirjeen, joka VMY:n hallituksen allekirjoittamana on lähetetty Kauppa- ja teollisuusministeriölle. Kirjeessä on ehdotettu laajemman tutkimusorganisaation perustamista tutkimaan kaivosten pakokaasuongelmia.

No 41 ATK:n soveltaminen louhinnassa

Lopetetun työkomitean loppukomenttina julkaistaan Vuoriteollisuus-lehden numerossa 1/1977 P. Niskasen koostaman raportin ensimmäinen tekstisivu.

No 42 Kaivosten työympäristö

Työkomitean DI Myyryläinen (puheenjohtaja), Maaranen, Raike, Viertokangas ja Heikkinen (sihteeri) loppuraportti ruotsinkielisine yhteenvetoinen on valmistunut. Tutkimusvaltuuskunta on toimikunnan ehdotuksen mukaisesti lopettanut komitean työn.

No 49 Pohjavesikysymys kaivoksissa

Komitean uudeksi puheenjohtajaksi on valittu FM Rosenlund, Rautaruukki Oy. Yhteismiehinä toimivat Grönqvist, Outokumpu Oy, Leskelä, Imatran Voima Oy, Miettinen Oy Lohja Ab. Paraisten Kalkki Oy:n edustajaksi tulee Mitts.

Komitean tutkimusohjelman runko on hyväksytty ja toiminnan käynnistäminen tapahtuu vuoden 1977 alkupuolella.

MUITA KOKOUKSISSA KÄSITELTYJÄ AIHEITA

Toimikunta on kokouksissaan keskustellut seuraavista aiheista:

- kaivosten sähkölaitteet
- suurläpimittaisten louhintareikien käyttö maanalaisessa louhinnassa
- louhintateknillinen sanasto
- turvallisuusasetukset
- palontorjunta kaivoksissa
- mekaaninen rusnaus
- pelastushenkilöt ja heidän koulutuksensa
- meluntorjunta
- viestintä ja hälytysjärjestelmät
- ruiskubetonointi
- liejünkäsittely ja öljynerotus
- pultitus
- poltto- ja voiteluaineiden käsittely maan alla
- kaivosten raportoinnin yhdenmukaistaminen
- pölyntorjunta
- optimiperäkköön määräytyminen
- tuuletus kaivoksissa
- työturvallisuuskomiteoiden yhteispohjoismaisten kontaktien hoitaminen Suomen osalta
- pohjoismaiset tutkimusprojektit ja yhteistyö Helsingissä 8. 1. 1977

Paavo V. Maijala
puheenjohtaja

Hans Allenius
sihteeri

RIKASTUSTEKNILLISEN TOIMIKUNNAN TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1976

KOKOONPANO

Rikastusteknillisen toimikunnan puheenjohtajana on ollut professori R. T. Hukki ja jäsenenä

- TkL Kyösti Kitunen, Paraisten Kalkki Oy
- DI Jorma Koponen, Oy Lohja Ab
- DI Esko Lehtonen, Outokumpu Oy
- DI Risto Rinne, Rautaruukki Oy.

KOKOUKSET

Toimikunta on toimikauden aikana pitänyt kaksi kansallista kokousta 8. 3. 1976 ja 30. 11. 1976, molemmat Otaniemessä. Toimikuntien yleispohjoismainen kokous pidettiin 22.—23. 4. 1976. Kemissä. Ensimmäisen päivän esitelmä-

tilaisuuteen oli norjalaisten (7 henk.) ja ruotsalaisten (6 henk.) vieraiden lisäksi kutsuttu toistakymmentä eri yhtiöiden edustajaa Suomesta. Päivien isäntänä oli Outokumpu Oy.

H. Kallio ja T. Niitti edustivat Suomea Kirkenesissä 1.—2. 6. 1976 pidetyssä Norjan rikastusteknillisen toimikunnan kokouksessa, jossa yhtenä teemana oli kulumiskysymykset autogeenijauhituksen yhteydessä. Bolidenissä 28.—29. 9. 1976 pidettyyn jätealueiden nurmettamiseminaariin osallistui J. Korkman esitelmällään "Revegeteringens kemiska förutsättningar" sekä H. Lantto aiheenaan "Erfarenheter vid revegetering av Otanmäki gruvområde". Suomen kolmantena edustajana oli P. Grönqvist.

KÄYNNISSÄ OLLEET TYÖKOMITEAT

Stenmaling

Yhteispohjoismaisen työkomitean puheenjohtajana on professori Digre ja suomalaisena yhteysmiehenä DI Niitti. Työ jatkuu norjalaisten toimesta.

N:o 38 Luokittelu märkäjauhituksen yhteydessä

Komitean puheenjohtajana on toiminut professori Hukki. VTT:n vuoriteknikan laboratorioissa kehitetyn hydraulisen kartioluokittimen kokeilut ovat jatkuneet sekä koetehdas- että teollisuusmittakaavassa.

Koetehtaassa Kotalahden syklonihiekalla saavutetut tulokset ovat olleet:

Syöttö kartioluokittimeen, jonka läpimitta on 0,6 m, 8—12 t/h kiintoainetta. Syötteen hienous on ollut 20—25 % —200 mesh. Alitteen hienous on vaihdellut 2,5 — 4 % — 200 mesh luokittimen ylitteen ollessa 95 % — 200...300 µm. Ylitteen lietetiheys on ollut noin 20 %.

Työ jatkuu.

N:o 45 Perustutkimus sulkeisesta kuivajauhatuspiiristä raekoon ylärajana 95 % — 45 µm.

Työkomitean jäseninä ovat olleet professori Hukki, puheenjohtaja, TkL Kitunen ja DI Koponen.

Tutkimuksen suorittanut DI Kajan on julkaissut tulokset Vuoriteollisuus-lehdessä. Tutkimusvaltuuskunta on toimikunnan ehdotuksen mukaisesti lopettanut komitean työn.

N:o 47 Murskeen varastointi talviolosuhteissa

Työkomitea, jonka muodostivat DI Kekki, puheenjohtaja, TkL Lantto, DI Vanninen, DI Westerlund on saanut työnsä valmiiksi. Loppuraportti ruotsinkielisine yhteenvetoinen on julkaistu.

Tutkimusvaltuuskunta on toimikunnan ehdotuksen mukaisesti lopettanut komitean työn.

N:o 48 Kaivosten jätealueiden saattaminen uudelleen kasvillisuuden peittämiksi

DI Kempin työsteiden takia jättämän komitean puheenjohtajan tehtävän on perinyt DI Kallio. Outokumpu Oy:n uudeksi edustajaksi työryhmään on valittu DI Rantanen. Komitean muut jäsenet ovat FT Korkman ja DI Raike.

Työryhmän loppuraportin kokoamisvaihe on käynnissä. Raportti julkaistaan vuoden 1977 aikana.

MUITA KOKOUKSISSA KÄSITELTYJÄ AIHEITA

Toimikunta on kokouksissaan keskustellut seuraavista aiheista:

- kuivat rikastusprosessit
 - rikastamo- ja murskaamorakennusten lämpötilavaihtimukset
 - energian käyttö rikastamoilla
 - kivihiilen jauhatus
 - kulutusta kestävä materiaalit
 - pohjoismaiset tutkimusprojektit ja yhteistyö.
- Helsingissä 8. 1. 1977
Toimikunnan puolesta

R. T. Hukki
puheenjohtaja

Hans Allenius
sihteeri

ATK:N SOVELTAMINEN LOUHINNASSA

(Loppuraportti)

Työkomitea N:o 41

Työkomitean kokoonpano on ollut seuraava:

Komitean puheenjohtajana toimi tekn.tri. Pentti Niskanen ja jäsenenä DI C-F. Bäckström, FL L. Laurén sekä DI E. Pajarinen.

Komitean tehtävä oli kaksiosainen:

- a) saada aikaan ATK-ohjelmistojen tietopankki ja
- b) toimia koordinoivana elimenä louhintateknikan ATK-alalla.

V. 1973 kartoitettiin tilanne, joka julkaistiin ohjelmiston lyhennelmäkokoelmana Vuoriteollisuuslehdessä n:o 2, 1973. Uudelleenkartoitus suoritettiin vuoden 1976 elokuussa, ja sen tuloksena saadut uudet ohjelmat on esitelty oheisena.

Komitea on tutkinut yhdistyksen pääosakkaiden työn koordinoitumahdollisuuksia ja todennut ne vähäisiksi.

Komitean käynnistyksen jälkeen on VTT valtionvarainministeriön järjestelyosaston toimeksiannosta ryhtynyt perustamaan valtakunnallista ATK-pohjaista ohjelmarekisteriä, joka tulee aluksi sisältämään tiedot valtion virastojen ja laitosten (myöhemmin myös muiden yritysten) hallinnassa/käytössä olevista teknismatemaattisista sovellutusohjelmista.

Komitean suositus on, että yritykset lähettävät tulevaisuudessa ohjelmätietonsa VTT:n rekisteriin. VMY:n sisäinen edellisen kanssa päällekkäinen järjestelmä voidaan tällöin tarpeettomana lopettaa.

TUTKIMUSVALTUUSKUNNAN

TOIMINTAKERTOMUS VUODELTA 1976

(Lyhennelmä)

Tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana on toiminut johtaja Erkki V. Heiskanen, varapuheenjohtajana johtaja Caj Holm ja sihteerinä TkL Hans Allenius.

Tutkimusvaltuuskunnan kokoonpano on ollut seuraava:

Teollisuuden edustajina:

<i>Varsinaiset jäsenet</i>	<i>Varajäsenet</i>
Carl-Fredrik Bäckström	Jorma Koponen
Oy Lohja Ab	
Teuvo Grönfors	Heikki Lario
Roxon Oy	
Karl Haahti	Sigvar Forsström
Karl Forsström Oy	
Kalle Hakalehto	Paavo Hörkkö
Tampella Oy, Tamrock	
Erkki Heiskanen	Lauri Koivikko
Myllykoski Oy, Ruskealan	
Marmor Oy	
Pentti Karpinen	Antti Mikkonen
Suomen Malmi Oy	

Kalevi Kiukkola	Ahti Mäki
Kemira Oy	
Pentti Lehtinen	Reijo Gardemeister
Imatran Voima Oy	
Esko Lehtonen	Timo Niitti
Outokumpu Oy	
Raimo Matikainen	Paavo Kupias
Outokumpu Oy	
Pentti Suurmaa	
Rauma-Repola Oy	
Rainer Tuovinen	Krister Relander
Rautaruukki Oy	
Urho Valtakari	Rolf Boström
Paraisten Kalkki Oy	

VMY:n hallituksen kutsuma lisäjäsen:

Lauri Hyvärinen
Geologinen tutkimuslaitos

VMY:n jaostojen edustajat:

Geologijaosto
puh.joht. Juhani Nuutilainen
Kaivosjaosto
puh.joht. Urho Valtakari
Metallurgijaosto
puh.joht. Asko Parviainen
Rikastus- ja prosessitekniiikan jaosto
puh.joht. Timo Heikkinen

Vuoden loppupuolella VMY:n hallitus hyväksyi Oy Lemminkäisen tutkimusvaltuuskunnan jäseneksi.

VMY:n hallitus on hyväksynyt tutkimusvaltuuskunnan sääntöjen uuden muodon 3 § osalta, joka koskee valtuuskunnan kokoonpanoa ja nimeämistä.

Tutkimusvaltuuskunta on vuoden aikana kokoontunut kaksi kertaa.

Toiminnassa olleet työkomiteat

- N:o 27 Kallion rakenteelliset ominaisuudet.
N:o 35 Louhoskattojen valvonta.
N:o 36 Pakokaasukomitea.
N:o 38 Luokittelu märkäjauhatuksen yhteydessä.
N:o 41 ATK:n soveltaminen louhinnassa.
N:o 42 Kaivosten työympäristö.
N:o 44 Geologian ja geokemian maa- ja kallioperästä tapahtuvan näytteenoton teknillinen suoritus.
N:o 45 Perustutkimus sulkeisesta kuivajauhatuspiiristä raekoon ylärajana 95 % — 45 µm.
N:o 46 Avattujen kalliotilojen geologinen kartoittaminen.
N:o 47 Murskeen varastointi talviolosuhteissa.
N:o 48 Kaivosten jätealueiden saattaminen uudelleen kasvillisuuden peittämiksi.
N:o 49 Pohjavesikysymys kaivoksissa.
N:o 50 Kaukokartoitus malminetsinnässä.
N:o 51 Sortumien geologiset syyt.
N:o 52 Kairausreikien suunnan mittaus ja reikien suuntaus.

Stenmaling
Magnetiska tolkningsmetoder

Tutkimustoiminnan rahoitus

Tutkimusvaltuuskunnan toiminnan juoksevat kulut on rahoitettu kannattavilta jäseniltä perityllä jäsenmaksulla ja tutkimusselostoiden myynnistä saaduilla tuloilla.

Tutkimusvaltuuskunnan tilinpäätös vuodelta 1976 muodostuu seuraavaksi:

Menot

Tutkimusvaltuuskunnan siht. palkkio	16 800,—
Siht. ja jaostojen puh.johtajien matk.kust.	12 251,96
Tutk.selosteiden kirjoitus-, monistus- ja sitomis- kuluja	4 732,10
Myynti- ja asiainhoitokuluja	900,—
Posti- ja toimistokuluja	700,—
Sosiaaliturvamaksut	1 650,—
Sekalaisia kuluja	916,95
Yhteensä	37 951,01

Tulot

Kannattavien jäsenten maksut	28 500,—
Tutkimusselostoiden myynti	8 222,14
	36 722,14
Tilivuoden alijäämä	1 228,87
Yhteensä	37 951,01

Toimikuntien toiminta

Katso toimintakertomukset.

Pohjoismainen yhteistyö

Toimikuntatasolla tapahtuneen pohjoismaisen yhteistoi-
minnan lisäksi on tutkimusvaltuuskunnan edustajia osal-
listunut seuraaviin kokouksiin:

- Kirkenesissä 1.—2. 6. 1976 pidettyyn Norjan rikas-
tusteknillisen toimikunnan kokoukseen osallistuivat DI
H. Kallio ja DI T. Niitti.
- Brevikissä pidettiin 16.—18. 6. 1976 yhteispohjoismai-
nen turvallisuuskokous. Suomea edustivat DI V. Kon-
tio, Ins. R. Maaranen ja DI R. Myyryläinen.
- Bolidenissa 28.—29. 9. 1976 pidetyssä jättealueiden nur-
mettamiseminaarissa esitelmöivät FT J. Korkman ai-
heenaan "Revegeteringens kemiska förutsättningar" ja
TkL H. Lantto aiheenaan "Erfarenheter vid revegete-
ring av Otanmäki gruvområde". Suomen kolmantena
edustajana oli joht. P. Grönqvist.
- Valtuuskunnan sihteeri osallistui Gruvforskningens
syyskokoukseen 5.—6. 10. 1976 Tukholmassa, jossa
käytiin läpi Ruotsin tutkimusprojektit. Sihteeri esit-
teli kokouksessa yhteispohjoismaiset tutkimusaiheet.
- Valtuuskunnan sihteeri edusti tutkimusvaltuuskuntaa
Svenska Gruvföreningens 35-vuotisjuhlallisuuksissa
26. 11. 1976 Tukholmassa.

Kolmen pohjoismaan sihteerit ovat vuoden aikana ko-
koontuneet kahdesti informoimaan omilla maissaan käyn-
nissä olevista töistä sekä keskustelemaan pohjoismaisen
yhteistyön käytännön järjestelyistä. Kokoukset pidettiin
26.—27. 1. 1976 Trondheimissa ja 4. 10. 1976 Tukhol-
B-207

Tutkimusvaltuuskunta on vuoden 1976 aikana saanut
seuraavat tutkimusraportit Svenska Gruvföreningensiltä:

- B-204 Skivrasbrytning
B-205 Igensättningsbrytning i Sverige-utvecklingstren-
der och tillämpning.
B-206 Utredning om inverkan av marktemperaturens
årsvariationer på temperaturer i korta borrhål
samt vidare utveckling av geotermik som pro-
spekteringshjälp.
B-207 Mekaniserad skrotning.
B-208 Testmetoder för ballastmaterial.
B-210 Övervakning av takstabiliteten i samband med
gruvbrytning — utveckling av prototyptrust-
ning till driftsmässiga krav.
B-211 Förekomst och utbredning av asbestmineral i
svenska i drift varande gruvor.

- B-212 Utveckling av nukleär metod för tungmineralprospektering i morän — En förstudie.
 B-213 Strålskydd — Leukemi
 B-214 Riktad och avlänkad diamantborrning. Utredning beträffande diamantborrningsteknikens nuläge i Sverige och Sovjetunionen.
 B-215 Framtida borrhings — och sprängningsteknik i u.j.-gruvor.
 B-216 Inriktning av borrhåll.
 C-64 Optimering och simulering av djupprospektering, en förstudie.
 C-66 Dieselvagnar under jord.
 C-67 Spräckning av skut medelst kilning i förbörtrade hål.
 C-69 Användning av mineralberedningens restprodukter.

Malmletning med hjälp av geologiska strukturer.

Tutkimusvaltuuskunta on vuoden aikana saanut seuraavat tutkimusraportit BVLi:ltä:

- TR-18/2 Elektrisk tenning.
 TR-24/3 Regulering i knuseanlegg.
 TR-28/2 En undersökelse av malmmineralers frimålnings-egenskaper.
 TR-30/3 Slurrytanker i oppredning.
 TR-33/1 Resirkulering av avgangsvann.
 TR-34/1 Bergets stabilitet i dagbrudd — Ekstensometermålningar.

Raportit on jaettu kannattaville jäsenille.

Tutkimusvaltuuskunta on lähettänyt lyhennelmät komiteoiden,

- N:o 42. Kaivosten työympäristö
 N:o 45. Perustutkimus sulkeisesta kuivajauhatuspiiristä, raekoon ylärajana 95 % — 45 µm
 N:o 47. Murskeen varastointi talviolosuhteissa loppuraporteista Norjaan ja Ruotsiin.
 Tutkimusvaltuuskunnan puolesta

Erkki V. Heiskanen
puheenjohtaja

Hans Allenius
sihteeri

UUTTA JÄSENIÄ — NYTT OM MEDLEMMARNA

I **Mikael Ahlskog**. Os.: Ruskontie 12 B, 92120 Raahe 2.
 FM **Kari Airas** on nimitetty Rautaruukki Oy, geologisen tutkimuksen rautamalmiprojektin päälliköksi. Os.: Maljatie 10 A 2, 90250 Oulu 25.

DI **Jaakko Ahtiainen**. Os.: Sepänkatu 3—5 B 19, 83500 Outokumpu.

DI **Yrjö Anjala**. Os.: Kuitinmäenkaari 10 D, 02210 Espoo 21.

I **Juhani Artola** on nimitetty Makrotalo Oy:n Saudi-Arabian aluetoimiston paikallisjohtajaksi.

TkT **Jussi Asteljoki** on siirtynyt Outokumpu Oy, Teknillisen suunnittelun palvelukseen. Os.: Ulvilantie 19 E 14, 00350 Helsinki 35.

DI **Tomas Astorga**. Os.: Yrjönkatu 5 D 26, 83500 Outokumpu.

TkL **Hannu Autio**. Os.: Ampuhaukantie 4 A 21, 90250 Oulu 25.

DI **Martin Degerth**. Adr.: Frihetsvägen 19, 10600 Ekenäs.
 DI **Gösta Diehl**. Adr.: Laukontori 6 B 11, 33200 Tammerfors 20.

DI **Eero Erkkilä** on nimitetty Outokumpu Oy, Pyhäsalen kaivoksen kaivoksenjohtajaksi.

FT **Gabor Gaal** on siirtynyt Outokumpu Oy, Malminetsinnän palvelukseen tutkimus- ja kehitysryhmän erikoistehtäviin. Os.: Niipperintie 86, 02970 Espoo 97.

FM **Seppo Haarala** on nimitetty Ovako-ryhmän tutkimuskeskuksen tuotekehitysosaston päälliköksi.

TkT **Kalle Hakalehto** on nimitetty Oy Tampella Ab, keskushallinnon tutkimus- ja kehitysjohtajaksi.

DI **Antero Hakapää** on palannut Suomeen Sambiasta ja toimii Outokumpu Oy, Kotalahden kaivoksen kaivososaston päällikönä. Os.: 71470 Oravikoski.

DI **Pentti Hintikka**. Os.: Tornitaso 7 A 41, 02120 Espoo 12.

DI **Taisto Huhtelin** toimii Outokumpu Oy, Teknillisen suunnittelun PTK-ryhmän apulaispäällikönä. Os.: Soukanahde 1 A 6, 02360 Espoo 36.

DI **Kari Huju**. Os.: Tikasniityntie 18, 02200 Espoo 20.
 FK **Markku Isohanni**. Os.: Närvilänkatu 2 as 2, 67100 Kokkola 10.

Övering. **Anders Jernström**. Adr.: Sigfrid Aronigatan 6 B 15, 10600 Ekenäs.

DI **Hannu Jokinen** on siirtynyt Kehitysaluerahasto Oy:n palvelukseen yritystutkijaksi. Os.: Puijontie 3 A 5, 70100 Kuopio 10.

DI **Kari Jokinen** toimii Outokumpu Oy, Tornion tehtaila kromituotteiden myyntipäällikönä. Os.: Ahotie 11 E 1, 95420 Tornio 2.

DI **Kari Keskinen** on siirtynyt Rautaruukki Oy, Hämeenlinnan tehtaalle toimien tuotanto-osaston osastoinnööriä. Os.: Verkkotie 3 D 25, 13200 Hämeenlinna 20.

TkT **Jorma Kivilahti** on nimitetty Helsingin teknillisen korkeakoulun metallurgian apulaisprofessoriksi.

DI **Arto Kivimäki** on Outokumpu Oy, Teknillisen suunnittelun palveluksessa projekti-insinööriä. Os.: Niittymäntie 3 B 17, 02200 Espoo 20.

I **Arimo Kortehisto** toimii Outokumpu Oy, Metallurgisen tutkimuksen tutkimusinsinööriä.

DI **Mikko Kumpula** on siirtynyt Ab E-Boxin palvelukseen tehtävänä myynti, tekninen palvelu ja tuotekehitys. Os.: Pikkuhuolminkatu 15 E, 92100 Raahe.

FM **Esko Kuula** toimii Outokumpu Oy, Tornion tehtailla analyttisen laboratorion fyysikkona. Os.: Petäjätie 3 C, 95410 Kiviranta.

DI **Ensio Lakanen**. Os.: Kp 7, 03100 Nummela.

FK **John Larsson**. Adr.: Brokulla B 8, 21600 Pargas.

DI **Tapio Laukkanen** toimii Outokumpu Oy, Teknillisen viennin tuotelinjapäällikönä. Os.: Tonttumäentie 35 B 13, 02200 Espoo 20.

FK **Pekka Lestinen** on siirtynyt Geologisen tutkimuslaitoksen Väli-Suomen aluetoimistoon. Os.: Anspanolku 3, 70910 Vuorela.

DI **Raimo Levonmaa** on siirtynyt Outokumpu Oy, Tornion tehtaiden tutkimuslaboratorioon tutkimusinsinööriksi. Os.: Untolantie 3 B 4, 95420 Tornio 2.

DI **Juhani Luhtala**. Os.: Rensulantie 5, 84100 Ylivieska 10.

DI **Juhani Markula** on nimitetty Valmet Oy, Linnavuoren tehtaiden isännöitsijäksi.

DI **Tapio Moisala**. Os.: Avaruuskatu 4 C 44, 02210 Espoo 21.

TkL **Jorma Myyri** on siirtynyt Outokumpu Oy, Harjavallan tehtaalle, tutkimusosaston tutkimusinsinööriksi. Os.: Huovintie 6 B, 29200 Harjavalta.

FL **Kaarlo Mäkelä** toimii Outokumpu Oy, Malminetsinnän geologina. Os.: Sateentie 8 E 143, 02100 Espoo 10.

DI **Mikko Mäkelä**. Os.: Tiedepolku 2 I, 40720 Jyväskylä 72.

TkT **Kalevi Nikkilä** on siirtynyt Ovako Oy:n palvelukseen Imatran terästehtaalle karkeavalssaamon käyttöinsinööriksi. Os.: Terästehdas B 99 as 3, 55610 Imatra 61.

DI **Kalevi Onnela** on nimitetty Oy W. Rosenlew Ab, Metalliteollisuuden apulaisjohtajaksi.

FM **Tuula Paasivirta**. Os.: Sateentie 6 B 107, 02100 Espoo 10.

DI **Lauri Pajari** on Outokumpu Oy, Teknillisen viennin palveluksessa tehtävinä markkinoinnin suunnittelu ja tutkimukset sekä myynninedistämistoiminta.

FK **Lauri Pakkanen**. Os.: Horsmakuja 3, 28450 Vanha-Ulvila.

DI **Pertti Paulin** on nimitetty Oy Lohja Ab, Sasekan tuotantopäälliköksi. Os.: Kallvikintie 39, 00980 Helsinki 98.

DI **Risto Pellikka** on nimitetty Outokumpu Oy, Tornion jaloterästehtaan jaloterässulaton teknilliseksi johtajaksi.

DI **Jussi Peltonen**. Os.: Ensontie 45 C 19, 55610 Imatra 61.

DI **Mauri Peltonen** toimii Ovako Oy:n keskuskonttorissa konsulttina.

DI **Pentti Pesola**. Os.: Kalamiehentie 8 C, 04300 Hyrylä.
 Prof. **Juha Pietikäinen**. Os.: Kurkijoentie 11, 02140 Espoo 14.

FK **Pekka Pihlaja**. Os.: Vähä-Hämeenkatu 5 A 11, 20500 Turku 50.

DI **Jorma Platan** on siirtynyt Outokumpu Oy, Teknilliseen vientiin tuotepäälliköksi. Os.: Kauppalantie 34 B 13, 00320 Helsinki 32.

DI **Jaakko Pöijärvi**. Os.: Horsmakuja 1, 28450 Vanha-Ulvila.

DI **Raimo Rantanen** on nimitetty Outokumpu Oy, Porin tehtaiden teknilliseksi johtajaksi.

DI **Esa Rousu** on nimitetty Kemira Oy, Kokkolan tehtaiden johtajaksi.

DI **Kyösti Saarhelo**. Os.: Hakarinne 2 S 224, 02100 Espoo 10.

DI **Kari Salminen**. Os.: 29570 Söörmarkku.

DI **Seppo Salonen**. Os.: Porvoonkatu 9 A 29, 00500 Helsinki 50.

DI **Jarl Sandström**. Adr.: Fältskarsgatan 19, 67100 Karlaby 10.

DI **Kai-Markus Saurio**. Os.: Maamonlahdentie 1 I 49, 00200 Helsinki 20.

DI **Lauri Siirama** on siirtynyt Rautaruukki Oy, Mustavaaran kaivokselle käyttöinsinööriksi. Os.: Rautarivi B 1, 93400 Taivalkoski.

FL **Veikko Sjöberg** on nimitetty Rautaruukki Oy:n tutkimuslaitoksen johtajaksi.

FK **Vilho Suokonautio**. Os.: Juhannusmäki 11 A, 02200 Espoo 20.

DI **Ilmari Tapola** toimii Stala Oy:n kehityspäällikkönä. Os.: Korpinkatu 2, 15610 Lahti 61.

FK **Timo Tervo**. Os.: Alppikatu 5 B 74, 00530 Helsinki 53.

FK **Esa Tommila** on siirtynyt Teollisuuden Keskusliiton palvelukseen ympäristönsuojeluasiamieheksi.

DI **Juho Tuomikoski** on nimitetty Oittivalu Oy:n myyntipäälliköksi. Os.: Oittirinne C 20, 12100 Oitti.

DI **Osmo Tuori**. Os.: Pahkametsänsäkatu 1 B 31, 00520 Helsinki 52.

DI **Juhani Tuutti** toimii Ovako Oy:n keskuskonttorin ostoeconomistina.

FM **Matti Tyni** on nimitetty Myllykoski Oy, Luikonlahden kaivoksen johtajaksi.

DI **Kari Tähtinen**. Os.: Tainionkoskentie 22 as 8, 55100 Imatra 10.

DI **Kalle Vaaajoensuu** toimii Outokumpu Oy:n kaivosteknillisessä ryhmässä. Os.: 83500 Outokumpu.

FT **Heikki Wennervirta**. Os.: Neitsytpolku 3 B, 00140 Helsinki 14.

DI **Erkki Wiinamäki** on nimitetty Suomen Forsiitti-Dynamiitti Oy:n räjähdyssainetuotannon johtajaksi.

DI **Jorma Viljanen**. Os.: Soukankuja 16 A 4, 02360 Espoo 36.

DI **Pertti Virtanen** on nimitetty Oy Lohja Ab:n Rakenuspalvelu- ja Tiesepelyyksikön päälliköksi.

DI **Pertti Voutilainen** on nimitetty Outokumpu Oy:n kaivos- ja kehitystoimen johtajaksi sekä johtokunnan asiantuntijajäseneksi. Os.: Juhannusmäki 11 C, 02200 Espoo 20.

DI **Erkki Yllö**. Os.: Espoonlahdentie 13, 02320 Espoo 32.

UUSIA JÄSENIÄ — NYA MEDLEMMAR

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

Kokouksessa 7. 1. 1977

Ainala, Markku Sakari, DI, s. 3. 2. 1949. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, korroosiolaboratorio. Os.: Kirstinmäki 13 B 25, 02760 Espoo 76.

Anttonen, Reijo Tapio, DI, s. 26. 2. 1950. Outokumpu Oy, Outokummun kaivos, tutkimusins. Os.: Pohjoisahonkatu 20 as 2, 83500 Outokumpu.

Elomaa, Tero Vilho, DI, s. 14. 8. 1936. Prosessikone Oy, toim. johtaja. Os.: Luolavuorentie 46 A 9, 20720 Turku 72.

Forsén, Olof Berndt Wilhelm, DI, f. 9. 8. 1947. Helsingfors tekniska högskola, bergsindustriavdelningen, prosessmetallurgiska laboratoriet, assistent. Adr.: Båtsmansgatan 25 A 6, 00150 Helsingfors 15.

Frii, Jarmo Juhani, DI, s. 9. 9. 1950. Outokumpu Oy, Viuhannin kaivos, kaivoksen tutkimusins. Os.: Kaivoskatu 12, 86440 Lampisaari.

Honkatukia, Liisa Tellervo, DI, s. 1. 3. 1951. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, assistentti. Os.: Vilkenintie 4, 00640 Helsinki 64.

Kivivuori, Seppo Onni Juhani, DI, s. 11. 6. 1946. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, assistentti. Os.: Sampsantie 40 H 25, 00600 Helsinki 60.

Parviainen, Osmo Aaro Tapio, DI, s. 22. 12. 1944. Outokumpu Oy, Outokummun kaivosten työsuojelupäällikkö. Os.: Raivonmäentie 6 A, 83500 Outokumpu.

Pitkänen, Heikki Tapani, DI, s. 17. 8. 1951. Rautaruukki Oy, tutkimuslaitos, tutkimusins. Os.: Ollinkehä 8 E 56, 92120 Raaha 2.

Pulkkinen, Raimo Erik Emerik, DI, s. 28. 3. 1949. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, assistentti. Os.: Tanotorventie 32 A 15, 00420 Helsinki 42.

Ramula, Pekka Ilmari, DI, s. 30. 5. 1945. Oy Tampella Ab—Tamrock, kotimaan myyntiosaston päällikkö. Os.: Pikkusaarenkuja 4 A 40, 33410 Tampere 41.

Rintamaa, Rauno, DI, s. 3. 7. 1950. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, tutkimusins. Os.: Tornihaukantie 6 F 108, 02620 Espoo 62.

Ruotsalainen, Seija Marjut, DI, s. 19. 12. 1952. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, tutkimusassistentti. Os.: Linnankoskenkatu 8 B 44, 00250 Helsinki 25.

Saastamoinen, Ilpo Tapio, DI, s. 17. 3. 1951. Oy Fiskars Ab, materiaali-teknillinen jaosto, tutkimusins. Os.: Vestergård A 11, 10410 Äminnefors.

Tähkőja, Kalevi Juhani, DI, s. 5. 4. 1946. Outokumpu Oy, Kotalahden ja Virtasalmen kaivosten työsuojelains. Os.: 71470 Oravikoski.

Viljanen, Jorma Sakari, DI, s. 14. 1. 1948. Kauppa- ja teollisuusministeriö, atomitoimisto, tutkija. Os.: Soukankuja 16 A 4, 02360 Espoo 36.

Väinölä, Reima, DI, s. 2. 4. 1951. Ovako-ryhmä, tutkimuskeskus, tutkimusins. Os.: Terästehdas B 108, 55610 Imatra 61.

Kokouksessa 25. 2. 1977

Ekdahl, Simo Elias, FK, s. 31. 1. 1947. Geologinen tutkimuslaitos, Väli-Suomen aluetuimisto, malmiosasto, geologi. Os.: Piisaminpolku 9, 71800 Siilinjärvi.

Enckell, Patrick Jarl Edvard, TkL, f. 10. 8. 1937. Pargas Kalk Ab, operativ direktör för basmaterialgruppen. Adr.: Docentvägen 3 B, 02700 Grankulla.

Kähkönen, Olavi Matti, DI, s. 28. 5. 1947. Rautaruukki Oy, tutkimuslaitos, tutkimusins. Os.: Kujatie 20 A 7, 92100 Raaha.

Penttilä, Vesa-Jussi, FK, s. 27. 8. 1947. Outokumpu Oy, Hammaslahden kaivos, kaivosgeologi. Os.: Nuutilantie 6 A 10, 82210 Hammaslahti.

Sammalisto, Sorri Juhani, DI, s. 19. 2. 1952. Outokumpu Oy, kaivosteknillinen ryhmä, tutkimusins. Os.: Pohjoisahonkatu 22 as 7, 83500 Outokumpu.

Sotka, Pentti Mikael, FK, s. 10. 1. 1950. Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiö, tutkimusgeologi. Os.: Vaskivuorentie 4 F 39, 01610 Vantaa 61.

Syrjänen, Pekka Tapani, I., s. 14. 5. 1946. Outokumpu Oy, Harjavallan tehtaas, kuonarikastamon käyttöins. Os.: Saimaantie 3 C, 29200 Harjavalta.

Vanhala, Lasse Kalevi, I., s. 11. 4. 1944. Outokumpu Oy, Kemin kaivos, rikastamon käyttöins. Os.: Nahkurinkatu 25 D 31, 94100 Kemi 10.

Aikäs, Olli Petteri, FK, s. 1. 10. 1948. Geologinen tutkimuslaitos, malmiosasto, geologi. Os.: Sokinvuori 4 B 25, 02760 Espoo 76.

Kokouksessa 18. 3. 1977

Airo, Jorma Antero, DI, s. 1. 9. 1950. Oy Wärtsilä Ab, Taalintehtaas, tutkimusins. Os.: Trollberga B 26, 25900 Taalintehdas.

Ala-Antti, Seppo Juhani, DI, s. 9. 10. 1941. Outokumpu Oy, Tornion tehtaas, vienti-ins. Os.: Ahotie 11 C 20, 95420 Tornio 2.

Bryk, Petri Juhani, DI, s. 13. 2. 1951. Os.: Itäinen Puistotie 3 A 3, 00140 Helsinki 14.

Eerola, Kalle Reino Antero, DI, s. 1. 10. 1948. Oy John Stenberg Ab, laadunvarmistusjaoksen päällikkö. Os.: Kuu-sitie 8 A 14, 00270 Helsinki 27.

Haapala, Pentti Kustaa Antero, DI, s. 20. 2. 1950. Oy Wärtsilä Ab, Pietarsaaren tehdas, valimometallurgi. Os.: Satamakatu 12, 68600 Pietarsaari.

Heiskanen, Voitto Kalevi, DI, s. 28. 10. 1948. Rautaruukki Oy, Malminetsintä, tulkintageofyysikko. Os.: Hillapolku 7 C 26, 96500 Rovaniemi 50.

Hocksell, Veli Eerik, DI, s. 18. 5. 1951. Ovako-ryhmä, tutkimuskeskus, tutkimusins. Os.: Terästehdas B 104 A 1, 55610 Imatra 61.

Moisio, Jouko Kaino Kalervo, DI, s. 4. 6. 1941. Valmet Oy, Rautpohjan tehdas, laadunohjausosaston päällikkö. Os.: Valmuskantie 12 D, 40640 Jyväskylä 64.

Mäntylä, Tapio Armas, DI, s. 25. 3. 1947. Suomen Akatemia, Valtion teknillistieteellinen toimikunta, tutkija. Os.: Orivedenkatu 22 D 69, 33720 Tampere 72.

Niemi, Tom Olavi, DI, f. 30. 5. 1950. Outokumpu Oy, Gamlakarleby fabriker, koboltfabriken, forskningsing. Adr.: Hakalaxgatan 93 bost. 22, 67100 Karleby 10.

Romu, Martti Juhani, FK, s. 10. 1. 1949. Turun Yliopisto, maaperägeologian osasto, assistentti. Os.: Valpuri Innamankatu 5 B 33, 20600 Turku 60.

Saarnio, Heikki Aarre Tuure, FK, s. 20. 4. 1946. Outokumpu Oy, Outokummun kaivos, tutkimusgeologi. Os.: Kuilukatu 7 B 28, 83500 Outokumpu.

Tiainen, Tuomo Johannes, DI, s. 18. 7. 1947. Tampereen teknillinen korkeakoulu, materiaaliopin laitos, yliassistentti. Os.: Lukonmäenkatu 7—9 D 15, 33700 Tampere 70.

Vaho, Paula Liisa, I., s. 30. 12. 1949. Outokumpu Oy, Porin tehtaas, metallilaboratorio, tutkimusins. Os.: Tuorsniemi, 28600 Pori 60.

Welling, Heikki Juhani, DI, s. 13. 7. 1947. Os.: Haahkatie 10 B 48, 00200 Helsinki 20.

Vestola, Lauri Juhani, DI, s. 20. 8. 1944. Valmet Oy, Rautpohjan tehdas, materiaalitutkimusosaston tutkijaryhmän päällikkö. Os.: Saihokatu 1 A 12, 40630 Jyväskylä 63.

SUORITETTUA TUTKINTOJA — AVLAGDA EXAMINA

HELSINGIN TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Vuoriteollisuusosasto

Tekniikan tohtorit:

Honkasalo, Jorma Antero:

Lokakuun 8 pnä 1976 tarkastettiin väitöskirja "Stress Corrosion Cracking of Austenitic Stainless Steel at Room Temperature". Virallisina vastaväittäjinä toimivat professori Juha Pietikäinen ja tekniikan tohtori Jorma Kivi-lahti sekä valvojana professori Lindroos.

Nikkilä, Kalevi:

Maaliskuun 4 pnä 1977 tarkastettiin väitöskirja "On the Effects of Front and Back Tensions on Wire Rod Rolling". Virallisina vastaväittäjinä toimivat tekn.tri Lasse Salonen ja tekn.tri Veikko Valorinta sekä valvojana prof. Sulonen.

Uitti, Juhani:

Helmikuun 18 pnä 1977 tarkastettiin väitöskirja "Reibung, Schmierung und Oberflächenqualität beim Kaltwalzen von Reinem Kupfer und Messingen Ms 80 sowie Ms 63". Virallisina vastaväittäjinä toimivat tekn.tri Erkki Räsänen ja tekn.tri Raimo Rätty sekä valvojana prof. Sulonen.

Tekniikan lisensiaatit:

Johansson, Rauno:

"Triga Mark II reaktorin N₂-kryostaatti ja sen käyttäminen säteilysvauriotutkimuksiin" prof. Tikkasen johdolla.

Korhonen, Matti:

"Hitsausjännitysten mittaaminen röntgendiffraktion avulla" professori Lindroosin johdolla.

Kostamo, Pertti:

"Tutkimus koskien kuonasyhteimiä CaO-SiO₂-FeO" sekä CaF₂:n vaikutusta siihen" professori Tikkasen johdolla.

Seppänen, Matti:

"LaCoO₃:n epästokiometria ja ternäärysten yhdisteiden stabilisuusalueiden määrittäminen La-Co-O-systeemissä" professori Tikkasen johdolla.

Työssä määrättiin La-Co-O-systeemin ternäärysten faasi-erien stabilisuusalueet käyttäen kiinteäelektrolyyttikennoa hapen aktiivisuuden mittaamisessa. Epästokiometriä hapen aktiivisuuden funktiona määrättiin coulometrisella titrauksella. Happivakanssit todettiin vallitseviksi ioniksi virheeksi. Seebeck-koeffisientin määrittämisen perusteella LaCoO₃:ssa varausten kuljettajien konsentraatiot olivat riippumattomia hapen aktiivisuudesta ja lämpötilasta.

Taskinen, Pekka:

"Morfologisista prosesseista wolframioksidien vetypelkistyksessä" professori Tikkasen johdolla.

Työssä seurattiin suboksidien ja metallisen volframien muodostumista puhtaan ja K-Al-SiO₂-seosteisen WO₃:n ja WO₂:n pelkistyksessä kuivassa 1...100 % H-N₂-atmosfäärissä käyttäen röntgendiffraktiota ja pyyhkäisyelektronimikroskooppia.

Törrönen, Kari:

"The Effect of Quenching and Tempering on Microstructure and Mechanical Properties of a Cr-Mo-V pressure Vessel Steel" professori Lindroosin johdolla.

Diplomi-insinöörit:

Airo, Jorma:

"Eräiden tekijöiden vaikutus kääntövalussa syntyvän valanteen ominaisuuksiin" professori Tikkasen johdolla.

Työssä on kirjallisuustutkimuksen avulla perehdytty jähmettymisen kulkuun valannevalussa ja kääntövalussa kääntöaikaan tapahtuvien sulan liikkeiden vaikutuksiin valanteen jähmettymisrakenteeseen ja suotaumiseen.

Valanteen jähmettymisrakennetta tarkasteltaessa selvitetiin ensisijaisesti kääntöaikojen vaikutus kutistumis- onkalon eli paipin sijaintiin ja muotoon valanteessa.

Valanteen homogenisuutta tarkasteltaessa kartoitettiin makrosuotaumat ja makroskaalan epähomogenisuudet.

Haavisto, Maarit:

"Mikrorakenteen vaikutus ultraäänen vaimenemiseen austeniittisessa ruostumattomassa teräksessä" dosentti Forsténin johdolla.

Tutkittiin eri tekijöiden vaikutusta ultraäänen vaimenemiseen austeniittisessä muokatussa materiaalissa, sekä erityisesti valumateriaalissa, missä vaimeneminen on erittäin voimakasta.

Havaittiin rakenteen suuntautuneisuuden vaikuttavan erittäin voimakkaasti ultraäänen vaimenemiseen. Valuisa esiintyvät mikrosäröt ja huokokset lisäävät vaimenemista. Sen sijaan delta-ferriittipitoisuudella ei ole kovin merkittävää vaikutusta, kuten ei pienillä karbidi- pitoisuuksillakaan. Yleensä muokatuilla materiaaleilla vaimeneminen kasvaa raekoon kasvaessa.

Austeniittisten ruostumattomien valujen ja hitsien tutkimiseen ultraäänellä on paras käyttää pitkittäisiä ääniaaltoja, pientä taajuutta ja fokuoituja luotaimia.

Hyötyläinen, Raimo:

"Kaivosten nostoköysien kunnan tarkastus sähkömagneettisilla laitteilla" professori Maijalan johdolla.

Työn tarkoituksena on selvittää kaivosten teräksisten nostoköysien kunnan tarkastusmahdollisuuksia sähkömagneettisilla laitteilla. Tällöin kiinnitetään huomiota sähkömagneettisen menetelmän teoreettiseen perustaan ja laitteiden toimintaperiaatteeseen sekä laitteilla saatavien mitaustulosten tulkintaan. Erityisesti käsitellään Suomessa käytettävää sähkömagneettista köysitarkastuslaitetta. Ta-voitteena on pyrkiä parantamaan ja kehittämään köysi-

tarkastuslaitteen mittauskäyrien pohjalta tapahtuvaa köyden kunnan arviointia ja määrittystä. Tätä varten on tarpeellista tarkastella teräsköysiä, niiden rakennetta ja ominaisuuksia sekä kaivosten nostoköysien kuntoon vaikuttavia tekijöitä samoin kuin köysissä esiintyviä muutoksia ja vikoja. Työ pohjautuu kirjallisuusselvitykseen sekä sähkömagneettisen köysitarkastuslaitteen osalta myös käytännöstä saatujen kokemusten ja mittaustulosten analysointiin.

Häkämies, Mikko:

"Tutkimus vismutin käyttäytymisestä kuparikivessä" professori Tikkasen johdolla.

Työssä määrättiin Cu-(Fe)-Bi-S systeemin höyrynpaine 1200 °C:ssa (1473K) kuljetusmenetelmällä argonin toimiesä kantajakaasuna. Höyrynpaineen avulla määrättiin vismutin aktiivisuus ja aktiivisuuskerroin sulassa eri seoskoostumuksilla. Raudan vaikutusta vismutin aktiivisuuteen tutkittiin seostamalla yhteen seokseen rautaa 15 p-% ja kahteen seokseen 10 p-%. Seosten vismuttipitoisuus vaihteli välillä 0,66...3,73 p-%. Rikkiptoisuudet vaihtelivat siten, että seoskoostumukset sijoittuivat Cu-Bi-S systeemin liukoisuusaukon ulko- ja sisäpuolelle. Lisäksi tutkittiin höyrystymisen kinetiikkaa termovaa'alla.

Hämäläinen, Tapio:

"Aerosähköisiin matalalentomittauksiin liittyviä pienois-mallitutkimuksia" professori Purasen johdolla.

Työssä on aluksi tarkastettu kiinteäkelaisten aerosähköisten mittaussysteemien ominaisuuksia ja soveltuvuutta eri olosuhteisiin suorituskykykriteerien kannalta. Eri kelajärjestelmien vertailemiseksi teoreettisesti on laskettu äärettömän hyvin johtavan puolitason aiheuttamia anomaliaita eri kelajärjestelmissä.

Lähinnä geologisen tutkimuslaitoksen käyttämiä aerosähköisiä mittaussysteemeitä varten on suoritettu pienois-mallimittauksia yhden ohuen levyn mallia käyttäen.

Koskinen, Pauli:

"Hehkutusatmosfäärin vaikutus terästeelmän hapettumishäviöihin sekä pintavikoihin" professori Sulosen johdolla.

Työssä tutkittiin neljän eri teräslaadun hapettumista ja pintavikojen kehittymistä kolmessa erilaisessa hehkutuskäsittelyssä.

Näytteet hehkutettiin laboratoriuunissa synteettisesti valmistetuissa atmosfääreissä, jotka vastasivat maakaasun poltossa muodostuvia atmosfäärejä ilmakertoimen ollessa 0,9...1,2.

Kumpulainen, Jarmo:

"Alumiini- ja teräsohutlevyjen kylmämuovattavuusparametrien määrittäminen" dosentti Kleemolan johdolla.

Työssä määritettiin pehmeän ja puolikovan alumiinin sekä teräksen anisotrooppisuutta kuvaavat parametrit, muokkauslujittumiseksponentit, muodonmuutosnopeus-eksponentit ja venymäjakaumat yksiaksiaalisten vetokokeiden avulla. Lisäksi määritettiin koemateriaalien jännitysvenymäriippuvuudet sekä yksiaksiaalisten että kaksiaksiaalisten vetokokeiden avulla. Rajamuovattavuuspiirrosten syvävetopuoli määritettiin vetokokeiden ja venytysmuovauspuoli hydraulisten pullistuskokeiden avulla. Lisäksi mitattiin tärkeimpien muovausten deformaatiopolut. Teräkselle laskettiin mitattujen deformaatiopolkujen avulla suoria polkuja vastaava teoreettinen rajamuovattavuuspiirros. Koemateriaalien murtumarajavenymät laskettiin mitatuista murtumapintojen paksuuksista.

Kuusisto, Risto:

"Happikonsentraatiokennon toiminta inerteissä kaasuseoksissa" professori Tikkasen johdolla.

Leinilä, Timo:

"Valun jälkeisen kuumamuokkauksen ja jäähtymisnopeuden vaikutus ferriittisen ruostumattoman teräksen sitkeysominaisuuksiin" professori Sulosen johdolla.

Työssä tutkittiin välittömästi valun jälkeisen jäähtymisen aikana suoritettua valssauksen ja eri jäähtymisnopeuksien vaikutusta titaanilla stabiloidun 18Cr-2Mo-teräksen iskusitkeysominaisuuksiin. Valssaukset suoritettiin lämpötiloissa 1000, 900 ja 800° C. Jäähdytyskäsitteilyinä käytettiin uunin mukana tapahtuvaa jäähdytystä, vesisammutusta ja ilmajäähdytystä.

Sitkeyden kannalta parhaaksi valssauslämpötilaksi osoittautui 900° C ja jäähdytyskäsitteilyksi ilmajäähdytys.

Lindeman, Esa:

"Kaivostilojen lujitustarpeen määrittäminen ja lujitusmenetelmän valinta" professori Maijalan johdolla.

Työssä on käsitelty kallion lujitustarpeeseen vaikuttavia tekijöitä, joista tarkemmin on tarkasteltu kallion primäärijännitystilän vaikutusta.

Lujitustarpeen määrittämistä varten kehitetyistä luokitutusmenetelmistä on esitetty viisi, jotka perustuvat tiimanttikairasydänten rikkonaisuuden määrittämisestä saattaviin tunnuslukuihin.

Lujitusmenetelmistä on käsitelty pulttustusta, ruiskubetonointia ja injektointia sekä niiden mitoitusta ja kustannuksia.

Mäkinen, Erkki:

"Nosto- ja louhintasuunnitelma Sipoon kaivokselle" professori Maijalan johdolla.

Työn tarkoituksena oli valita Oy Lohja Ab:n Sipoon kalkkikivikaivokselle nostotapa, kun kaivoksen nostoa kasvatetaan 100 000 t/v:sta 250 000 t/v:iin. Lähtökohtana työlle oli, että nosto suoritetaan tasolta +160 m.

Työn alkuosassa selvitettiin alueen geologiaa ja kaivoksen tilanne kesällä 1976. Nostotavan valinnassa tarkasteltiin neljää eri nostovaihtoehtoa. Valintakriteerinä käytettiin kustannuksia, jotka syntyvät nostovaihtoehtojen toteuttamisesta. Lisäksi arvioitiin tarkasteltavina olleiden nostotapojen vaikutusta kaivoksen toiminnan joustavuuteen.

Työn loppuosassa suunniteltiin koskemattoman kalkkikivikerroksen louhintaa ja mitoitettiin kalustoa noston 250 000 t/v saavuttamiseksi Sipoon kaivoksella.

Neuvo, Jussi Mikael:

"Tapinhitsaus ohutlevyn lävitse" prof. Lindroosin johdolla.

Työssä tutkittiin Ø 19 mm tappien hitsausta läpihitsausmenetelmällä ohutlevyn läpi maalaamattomaan tai maalattuun teräspalkkiin. Tutkimuksilla pyrittiin selvittämään erilaisten ohutlevyjen, maalittyppien ja 12 mm paksaisten niukkahiillisten teräspalkkien soveltuvuutta edellä mainittuun tarkoitukseen. Käytetyt ohutlevyt olivat joko päällystämättömiä tai kuumasinkittyjä. Työssä pyrittiin lisäksi selvittämään kosteuden vaikutusta hitsattavuuteen sekä perehdyttiin liitosten makro- ja mikrorakenteisiin.

Työssä käytettiin kahta erilaista koestusmenetelmää: leikkaus-taivutus- ja taivutuskoetta, joka soveltuu myös käytännössä työmaalla suoritettavaan koestukseen.

Ojanperä, Mauri:

"Tankovaleetun terästeelmän kuumasitkeys ja leveneminen kuumavalssauksessa" professori Sulosen johdolla.

Orivuori, Esko:

Siilinjärven karbonaattimuodostuman petrofysiikka" professori Mikkolan johdolla.

Työssä on selvitetty Kemira Oy:n Kuopion koillispuolella sijaitsevan Siilinjärven apatiittipitoisen karbonaattimuodostuman geotermiset ominaisuudet sekä ne esiintymän kivilajien geofysikaaliset ominaisvakiot, jotka eniten kiinnostavat malminetsijöitä: tiheys, huokoisuus, susceptibiliteetti, magneettipitoisuus ja sähkönjohtavuus.

Gammasäteilyspektrometrilla on määritetty lisäksi muodostuman U-, Th- ja K-pitoisuudet.

Pitkänen, Hannu:

"Tutkimus eräiden Cu-metallien jännityskorroosiosta passiivissa ja aktiivissa" professori Lindroosin johdolla.

Ramula, Pekka:

"Mineraalien ja kivilajien Curie-lämpötilojen mittausten menetelmistä ja susceptibiliteettiarvojen lämpötilariippuvuudesta" professori Purasen johdolla.

Riikonen, Juha:

"Poraus-, lastaus- ja välikuljetuskalustojen käyttöasteen selvitys Outokummun kaivoksilla" professori Majjalan johdolla.

Työssä selvitettiin Outokummun kaivosten maanalaisen louhintakalustojen käyttöasteet, käyttäen hyväksi käyttöilmoituksia, käyttötuntimittareita ja ajankäyttötutkimusta.

Tulosten tarkastelussa selvitettiin eri menetelmillä saatujen tulosten välisiin eroihin vaikuttavat syyt, ne olosuhteet ja tekijät, jotka käyttöasteeseen vaikuttavat, sekä esitettiin toimenpiteet käyttöasteen nostamiseksi.

Ruutu, Kari:

"Valuterästen kuumarepeämätalpuksen määrittäminen differentiaalisten jäähtymiskäyrien avulla" professori Lindroosin johdolla.

Määrätyn muotoisten ja kokoisten koekappaleiden jäähtymistä ja jähmettymistä seurattiin laitteella, joka piirsi terästen jäähtymiskäyrät sekä niiden 1. aikaderiivaatat dT/dt . Käyrät otettiin (yksi/sulatus) raffiointivaiheen jälkeen.

Samoista sulatuksista valettiin koesauvat (kaksi/sulatus), joiden mahdollisia kuumarepeämiä tutkittiin. Todettiin, että derivaattakäyrän muodosta voidaan todeta, onko teräs tarpeeksi puhdas, jotta loppudeoksidaatio voidaan suorittaa. Mikäli teräs sisälsi paljon epämetallisia epäpuhtauksia, derivaattakäyrän putous oli loiva, ja koesauvat repesivät.

Saari, Risto:

"Kylmävalssauksen tehokkuuden parantaminen valssausohjelmien ja automatisoinnin avulla" professori Sulosen johdolla.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko teoreettisiin ja käytännön perustein valssausohjelmien ja automatisoinnin avulla parantaa kuparimetallien kylmävalssauksen tehokkuutta. Automatisoitua valssausa tutkittiin kirjallisuustietojen pohjalta. Tutkimuksen kohteellisena osana suunniteltiin valssausohjelmien laskentaan sopiva tietokoneohjelma ja kokeiltiin laskettuja ohjelmia todellisessa tuotannossa. Laskettujen ohjelmien sopivuus mitattuihin arvoihin oli tyydyttävä. Koevalssausten yhteydessä tehtiin lisäksi havaintoja muista tehokkuuteen mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä. Näistä mainittakoon työvalssien myrkyvyys ja valssattavan levyn laatu ja mittavaihtelu, jotka haittaavat valssausohjelmien tehokasta käyttöä.

Sandholm, Risto:

"Kuromistutkimus" professori Tikkasen johdolla.

Työssä selvitetään kirjallisuuden perusteella kuromiseen johtavia syitä sekä itse kuromismekanismia.

Kokeellisessa osassa rajoitettiin tutkimaan tankovalettavassa teräksessä olevien kuonasulkeumien luonnetta, suutiilen pinnassa tapahtuvia muutoksia sekä suutiilen pintaan saostuvaa kerrosta.

Kuromista aiheuttavat pääasiassa kiinteät Al_2O_3 -partikkelit. Suuri merkitys on myös suutiilen huokosiin tunkeutuvilla sulilla oksideilla. Suutiilen pinnan pehmeneminen valun aikana auttaa sulkeumien kiinnittymistä tiilen pintaan.

Tolsa, Timo:

"Lämpötilan ja piston suuruuden vaikutus sulfidien ja oksidien muotoon levyjen kuumavalssauksessa" professori Sulosen johdolla.

Lamellirepeilyä esiintyy yleisimmin kuumavalssattujen C-Mn-teräslevyjen pinnalla hitsipalon alla. Repeämän alulle panossa on nauhamaisiksi venyneillä epämetallisulkeumilla keskeinen osa, koska ne aiheuttavat jännityskonsentraatioita rasitukselle alttiiksi joutuviin kohtiin. Levyn pintaosien sulkeumien muokkaantuminen on sisustan sulkeumien muokkaantumista voimakkaampaa. Tutkimus selvittää muokkauksen jakautumista levyn eri osien välillä erilaisissa valssausolosuhteissa.

Vainio, Anneli:

"Tutkimus vehnämyllyjen lajitteluteknikan parantamiseksi" professori Hukin johdolla.

Työn tarkoituksena oli tutkia mahdollisuuksia parantaa vehnämyllyjen lajittelutekniikkaa liittämällä vehnän hienonnus- ja seulontavaiheiden väliin pneumaattinen luokitusvaihe.

Työ tehtiin osittain VTT:n vuoritekniikan laboratorion koetehtaassa ja osittain VHO:n Munkkisaaren tehtailla.

Prosessin alkupuolen eri rouhintavaiheissa syntyvä hienoin jauho erotettiin luokittamalla heti rouhintaprosessin jälkeen. Hieno, seuloja eniten tukkiva jauho ohitti näin menetellen varsinaisen seulontavaiheen. Tavoitteena oli seulonnan tehokkuuden lisääminen, käsittelyprosessin yksinkertaistaminen sekä jauhatuksen kapasiteetin korottaminen.

Kokeet osoittivat, että pneumaattinen luokitus tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia vehnän lajitteluteknikan parantamiseksi.

Veistinen, Mauri:

"Mikrorakenteen vaikutus Bauschinger-efektiin" professori Lindroosin johdolla.

Vestman, Matti:

"Jatkuvavaletun valutilassa kylmävalssatun kupariohutlevyn kylmämuovausominaisuudet" professori Sulosen johdolla.

Jatkuvavaletuista aihioista ilman väliheikutuksia kylmävalssattujen kahden eri kupariohutlevyalaadun muovattavuutta tutkittiin veto- ja pullistuskokeilla. Lisäksi tutkittiin materiaalien mikrorakenteita levynvalmistuksen eri vaiheissa ja määritettiin tekstuurit. Vertailulautuina olivat vastaavat tavonomaiset tuotantolaadut.

Jännitysvenymäriippuvuuksissa, tekstuureissa ja r-arvoissa ei todettu merkittäviä eroja jatkuvavalettujen ja vertailumateriaalien välillä. Rajamuovattavuuspiirroksiset osoittivat kuitenkin jatkuvavalettujen materiaalien rajajenymien olevan venymäsuhteesta riippuen 10...40 % pienempiä kuin vertailulaatujen. Jatkuvavalettujen materiaalien raekoon todettiin vaihtelevan suuresti. Syynä

tähän oli jatkuvavaletun aihion suuri raekoko ennen kylmävalssausta, jolloin valssauksessa materiaaliin muodostui runsaasti leikkausnauhoja, joista seurasi epätasainen raekoko loppuvehkutuksessa. Raekoon epätasaisuus johti pieniin rajavenymiin ja huonoon pinnanlaatuun muovauksessa, joten jatkuvavaletut materiaalit soveltuvat huonosti muovaustarkoituksiin.

Virta, Eero:

"Jäännösjännitysten ja rakenteen jäykkyuden vaikutus eräiden hitsattavien nuorrutusterästen kylmähalkeilulämpömuutukseen" professori Pietikäisen johdolla.

Työssä määritettiin erilaisten hitsattavien nuorrutusterästen poikittaiset ja pitkittäiset jäännösjännitysjakaukset, selvitettiin rakenteen jäykkyyden ja jännitystilän välistä yhteyttä sekä määritettiin rakenteen jäykkyyden ja kylmähalkeilun välinen yhteys kullekin materiaalille. Jäännösjännitysmittaus suoritettiin röntgendiffraction avulla ja rakenteen kriittinen jäykkyys määrättiin käyttäen Tekken koekappaleita.

Welling, Heikki:

"Raaka-aineiden laadun vaikutus metallurgisten tehtaiden talouteen" vt. professori Liliuksen johdolla.

Metallurgisen tehtaan raaka-aineiden arvostaminen perustuu yleensä niiden erillisiin katetuottoihin. Tämä periaate antaa usein epätäydellisen kuvan raaka-aineiden keskinäisestä hyvydestä, kun prosessissa on kapasiteettipullonkaloja. Esimerkki prosessina on Outokumpu Oy:n nikkelintuotanto, joka kuvataan lineaarisena ohjelmointimallina. Mallin avulla selvitetään raaka-aineiden keskinäisen paremmuuden vaihtelu eri kapasiteettirajoitusten vallitessa sekä raaka-aineiden laadun vaikutus koko tuotannon katetuottoon.

HELSINGIN YLIOPISTO

Geologian ja mineralogian laitos

19. 2. 1977 tarkastettiin julkisesti fil.lis. **Aimo Nurmen** väitöskirja "Explorational applications of pedogeochemistry", joka koostuu seuraavista tutkimuksista:

1. The data processing and the interpretation of the results in pedogeochemical exploration.
2. Geochemistry of the till blanket at the Talluskanava Ni-Cu ore deposits, Tervo, Central Finland.
3. Geochemical exploration in a glacial ice-divide region: Riihikoski copper ore deposits, Kittilä, Finnish Lapland.

Virallisena vastaväittäjänä toimi prof. Kalevi Kauranen ja kustoksena prof. Heikki V. Tuominen.

Filosofian lisensiaatin tutkintoja:

Aarnisalo, Juhani: "Use of satellite pictures for determining major shield fractures relevant for ore prospecting, northern Finland."

Kinnunen, Kari: "Fluidisulkeumatutkimuksia eräistä Suomen malmiesiintymistä."

Filosofian kandidaatin tutkintoja:

Lähteenmäki, Kai: "ERTS-kuvatulkintaa ja geologiaa Pirttikylän alueelta."

Mäkipää, Heikki: "Korsnäsin strontium-maasälvästä."

Ollila, Hannu A.: "Haverin kaivoksen ja sen lähiympäristön geologiasta."

Geologian ja paleontologian laitos

Filosofian kandidaatin tutkinto:

Iivessaari, Jani: "Ala-Satakunnan sora- ja hiekkamuodostumat, niiden synty sekä niistä saatava kiviaines ja sen käyttö."

Filosofian lisensiaatin tutkinto:

Sundberg, Åke: "Rautatiehen liittyviä mittaustuloksia." Luku A. Ratapohjan routaantuminen ja routiminen Siilinjärvi—Juankoski rataosalla ja Jämsänkoski—Jyväskylän rakenteilla olevalla rataosalla. Luku B. Rautatietunnelien routaantumis-, ilman lämpötila- ja ilmavirtausmittauksia. Keskilämpötilakäyrät ja pakkasmääräkäyrien laatiminen.

OULUN YLIOPISTO

Geologian laitos

Filosofian lisensiaatin tutkinto:

Isohanni, Markku: "Porttivaaran ja Syötteen emäksisten kerrosintruusioiden sisäisestä sulfidimalmin muodostuksesta Koillismaalla". Tarkastajina olivat vt. prof. T. Piirainen ja vs. apul.prof. J. Paakkola.

Sulfidimineralisaatiot ovat syntyneet uuden emäksisen magmapulssin tunkeutussa osittain kiteytyneeseen pyrokseenigabrohorisonttiin. Tunkeutuva magma asettui kerrosmyötäisesti kohdattuaan intercumulusmagman vaikutuksesta kompetenttiltaan heikomman kerroksen. Sulfidimineralisaatioiden muodostumiseen ovat olleet syynä magnetiittulvöspinellin kiteytymisestä aiheutuva sulan FeO-pitoisuuden lasku ja tästä johtuva rikin liukoisuuden pieneneminen sekä lämpötilan lasku. Syntyneet sulfidimineralisaatiot ovat osaksi primaarisista ja osaksi myöhemmästä muuttumisesta johtuen poikkeuksellisen Ni- ja Cu-rikkaita.

Filosofian kandidaatin tutkintoja:

Vehkaperä, Hannu: "Moreenin kivien pyörityneisyys ja kulkeutuneisuus Sallan Hautajärven alueella". Tarkastajina olivat prof. R. Aario ja vt. apul.prof. M. Saarnisto.

"Työssä on tarkasteltu kahden Weichsel-jäätiköitymiseen kuuluvaksi tulkitun moreenipatjan aineksen kulkeutumismatkaa ja pyörityneisyyttä.

Pyörityneisyystulosten perusteella voidaan olettaa patjojen kerrostuneen hieman erilaisissa olosuhteissa. Suuret kivet ovat pyörityneempiä kuin pienet, mutta maapeitteen paksuus vaikuttaa niihin enemmän kuin pieniin kiviin.

Paksun maapeitteen alueella keskimääräiseksi kulkeutumismatkaksi saatiin molemmissa patjoissa n. 13 km. Ohuen maapeitteen alueilla aines on hyvin paikallista.

Kallioperätutkimusten apuna antavat pyörityneisyystulokset paremman kuvan kuin kivilajien pitoisuustulokset.

Klemetti, Veijo: "Perhonjokilaakson turvegeologiasta". Tarkastajina olivat prof. R. Aario ja vt. apul.prof. M. Saarnisto.

Halsuan, Kaustisen, Perhon ja Vetelin kuntien alueella tutkittiin linjaverkostomenetelmällä 13 suota, joiden turvegeologiset ominaisuudet vaihtelevat selvimmin keidasuo-aapasuorajan mukaan. Aapasuopuolella turpeet ovat saravaltaisempia, maatumempia ja tuhkapitoisempia kuin keidasualueella. Turvepaksuus on aapasoilla pienempi, mikä osittain johtuu tehokkaammasta ojituksesta. Neljästä suosta tehdyt siitepölyanalyysit osoittavat vanhimpien soiden kehityksen alkaneen atlanttisella kaudella, nuorimpien subboreaalikaudella. Työssä tarkastellaan myös tutkittujen soiden soveltamista turvetuotantoon.

Prosessitekniiikan osasto

Tekniikan lisensiaatin tutkintoja:

Leiviskä, Kauko Johannes: "Meesauunin matemaattisen mallin muodostaminen ja säätömahdollisuuksien tutkiminen". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

Yliniemi, Maija Leena: "DDC-algoritmien kokeellinen vertailu". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

Halminen, Esa Johannes: "Tutkimuksia sulfaattiselluloosatehtaan likaisten lauhdeiden ja haisevien kaasujen puhdistamiseksi". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

Joensuu, Lauri Antero: "Polyelektrolyyttien käyttö paperikoneen viiraretention parantajana". Työtä valvoi prof. Sakari Kurronen.

Juuma, Matti Juhani: "Kuivatuskoneen tuotannon seurantajärjestelmän kehittäminen". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

Kess, Pekka Antero: "Meesauunissa tapahtuvan rakeistamisen ohjaus ja kierrosnopeuden optimointi". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

Koivula, Timo Antero: "Vaahdotuskineettisiä tutkimuksia". Työtä valvoi prof. Sakari Kurronen.

Kärjä, Jaakko Sakari: "Soodakattilan savukaasujen pesu alkaalisella liuoksella". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

Pietola, Risto Matias: "Näytteeseen upotettavan röntgenfluoresenssianalysaattorin testaus rikastamolla". Työtä valvoi prof. Paavo Uronen.

Sarkkinen, Jouko Olavi: "Kationivaihdeettujen zeoliittien katalyyttinen aktiivisuus typpioksidin vetypelkistyksestä". Työtä valvoi prof. Väinö Veijola.

Viitala, Veli: "Virtaustilanne ja painehäviö ristivirtauskolonnissa". Työtä valvoi prof. Jorma Sohlo.

Vuojolainen, Jorma Juhani: "Silon suunnittelu koheesiomateriaalille". Työtä valvoi prof. Sakari Kurronen.

Teknillisen fysiikan osasto

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

Alahuhta, Timo: "Kalkkikierron tietokonesäädön erikoiskysymyksiä".

Alakärppä, Juha: "Hitsauksen lämpötilaviipymääaikojen mittausta käyttäen prosessitietokonetta NOVA 1220".

Hoffrén, Pertti: "Ag-Mg-systeemin β' -faasin kaukojärjestyksen röntgendiffraaktiometaus".

Laitinen, Risto: "Teräksen kuuma-aluminointi".

Nummela, Liisa: "Mikroprosessoriohjattu kaukokirjoitinsanomien välityskeskus".

Pietikäinen, Kalevi: "Sedimentointimenetelmällä toimivan kaustistamon matemaattinen malli".

Vilkama, Esa: "Paperikoneen eräiden tilasuureiden vaikutus paperin neliömassan vaihteluun".

Yli-Olli, Heikki: "Laboratorioprosessin aikaoptimaalinen säätö".

TURUN YLIOPISTO

Geologia ja mineralogia

Filosofian kandidaatin tutkinto:

Saarnio, Heikki: "Forssan Kokonjärven vulkaaninen jakso". Tarkastajina prof. K. J. Neuvonen ja apul.prof. Heikki Papunen.

Forssan Kokonjärven vulkaaninen jakso sijaitsee Lounais-Suomessa. Se kuuluu Svekofennideihin ja koostuu vähäisiä poikkeuksia lukuunottamatta emäksisistä ja intermediaarisista vulkaanisista kivistä.

Alueen stratigrafia on mielenkiintoinen. Alinna on ohut amfiboliittimuodostuma, jota tavallisesti seuraa ohut sedimenttimuodostuma. Seuraavana esiintyy paksu emäksinen vulkaaniittimuodostuma laava- ja pyroklastisine kivineen. Näiden päällä on intermediaarinen vulkaniittimuodostuma, josta Kokonmäen kohdalla on käytetty Kokonmäen vulkaniittimuodostuman nimeä. Tälle on tyypillistä erittäin karkeitte ja hienojen pyroklastisten sekä laavakivien tiheä vuorottelu. Primäärirakenteet ovat näissä hyvin säilyneet. Ne ovat antaneet aiheen johtopäätöksille, että Kokonmäen vulkaniittimuodostuma edustaisi muinaista saarivulkaanooa ja karkein pyroklastinen breksia, ns. Kokonmäen pyroklastinen breksia, olisi tämän purkaukskanava tai osa siitä.

Ohut emäksinen vulkaniittimuodostuma on Kokonjärven stratigrafiassa ylin eli nuorin muodostuma.

ROCKSTORE 77

Ingenjörsvetenskapsakademien ja International Association of Engineering Geology, International Society for Rock Mechanics sekä International Tunneling Association ruotsalaisten jäsenjärjestöjensä kautta järjestävät ensimmäisen kansainvälisen symposiumin aiheesta

Varastointi louhituissa kalliotiloissa
(Storage in Excavated Rock Caverns)

ROCKSTORE 77

Tukholman kansainvälisessä messukeskuksessa
5.—8. 9. 1977.

Ohjelma:

4. 9. 1977	15.00	Näyttelyn avajaiset
5. 9.	8.45	Symposiumin avaus (Kaarle XVI Kustaa)
	9.00	Maanalaisen varastotilan tarve
	14.00	Kokemuksia maanalaisen varastotilojen käytöstä
	19.00	Vastaanotto Tukholman kaupungintalolla
6. 9.	8.30	Geosuunnittelu ja varastotilojen suunnittelu kallioon
	14.00	Varastoidun aineen ja kallion vuorovaikutukset
	19.00	Vapaat kokoontumiset
7. 9.	9.00	Työmaakäyntejä
	... 17.00	
	20.00	Iltajuhla Grand Hotel Royalissa
8. 9.	8.30	Kalliorakennus
	14.00	Case histories
9.—11. 9.		Exkursioita

Symposiumin yhteyteen järjestetään aiheeseen liittyvä näyttely teknillisten sovellutusten ja laitteiden kehityksen nykytilanteesta.

Symposiumin osoite: **ROCKSTORE 77**
c/o Stockholm Convention Bureau
Strandvägen 7 C
S-11456 Stockholm
Sweden
tel. 08/630445
tx S-11556

ATLET 'in tavarankäsittelyn oppaat suomen- kielisinä

TILAA JO
TÄNÄÄN (veloituksetta)

palsbo

OY HANS PALSBO AB

Pulttitie 20, 00810 HKI 81
puh. 782 100, tlx 12-434

LASTAUS, PURKAUS SIIRTO

Tavarankäsittelyn opas I
II III



TAVARANKÄSITTELYN OPAS 1. SISÄLTÄÄ:

- kuorma- ja purkausmenetelmät
- kuorma- ja purkaus maasta
- kuorma- ja purkaus kuorma-
laiturilta
- sadekatos
- oven valinta
- tavarantoimitus, lähettäminen
- sisäiset kuljetukset
- analyysimenetelmä rationalisointia
varten

PINONTA

Tavarankäsittelyn opas II



TAVARANKÄSITTELYN OPAS 2. SISÄLTÄÄ:

- varastokäsittely
- varastokalusteet
- trukit
- harkittavaa trukkeja hankittaessa
- varaston suunnittelu
- ihannevaraston koon laskenta
- työvoimatarpeen ja trukkimäärän
laskenta
- kokonaiskustannusten laskenta
- varaston suunnittelu- ja laskenta-
malli

KERÄILY

Tavarankäsittelyn opas III



TAVARANKÄSITTELYN OPAS 3. SISÄLTÄÄ:

- mm. keräilystrategian valinta:
- keräily korkealta vai matalalta ym.
- Opas 3. ilmestyy vuoden vaihteessa

"RHS goes ISOmetric!"

British Steel Corporation, Tubes Division, joka on maailman johtava RHS-profiilien valmistaja, on tuottanut uuden RHS-mittavalikoiman "ISOmetric"-mitoin.

Tämä uusi mittavalikoima noudattaa ISO:n standardisoiMISSOPIMUSTA ja on valittu teräs-

rakenteiden tarpeita vastaavaksi. Valikoimassa on 110 erilaista mitta: neliöt 20-400 mm ja suora-kaiteiset 50 x 30-450 x 250 mm.

Uusi mittavalikoima tulee kokonaisuudessaan markkinoille vuoden 1976 aikana. Pyytäkää meiltä lisätietoja tästä uudesta mittavalikoimasta.

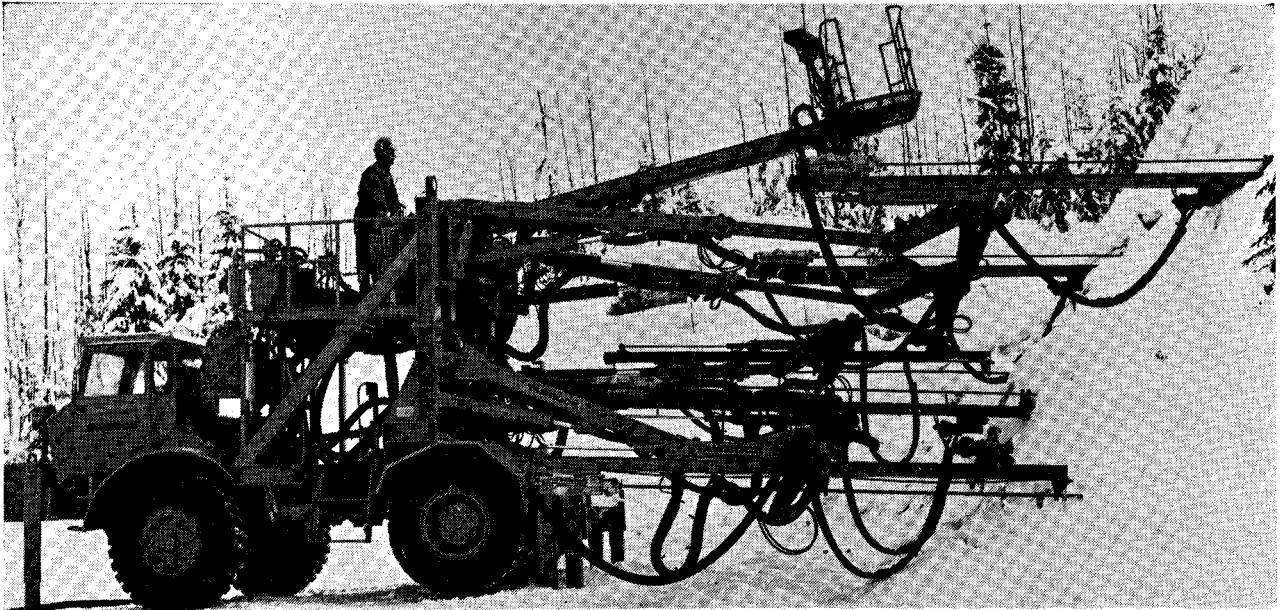
Valmistaja:

S British Steel Corporation
Tubes Division S&L

Pääedustaja Suomessa:

RAUTAKONTTORI OY
Keskuskatu 3 00100 HELSINKI 10
puh. 90-12121 telex 12-513

Monitoimipuomit suurtunnelien louhintaan



TAMROCK

TAMPELLA-TAMROCK 33310 Tampere 31 Puh. 931 - 431 411 Telex 22 193 rock sf

Vuorimiestemme työn jälkeä.



Lohjan kaupunki

Tytyrin kaivos ja kalkkitehdas



Karjaa

Mustion avolouhos



Sipoo

Kaivos ja kalkkitehdas



Kemiö

Maasälpä- ja kvartsi-laitos



Kokemäki

Puhallushiekka- ja kuonalaivos



Nilsjä

Kvartsihiekkalaivos



Peräseinäjoki

Haapaluoman maasälpälaivos



Polvijärvi ja Outokumpu

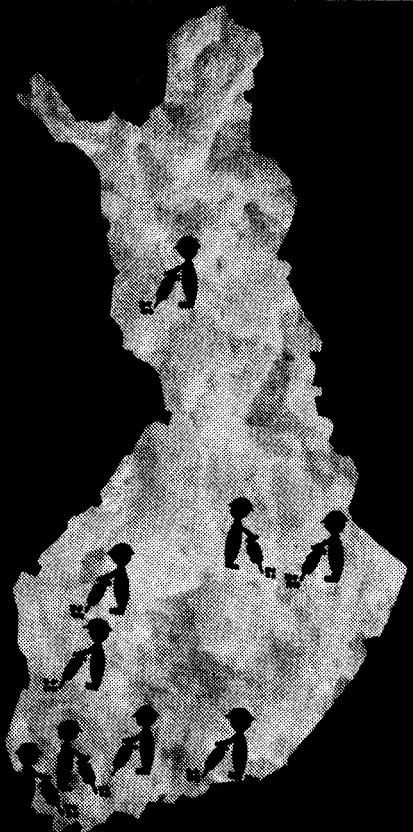
Talkkilouhos ja Vuonoksen talkki-jalostamo (rakenteilla)



Tervola

Liusesirotetehdas

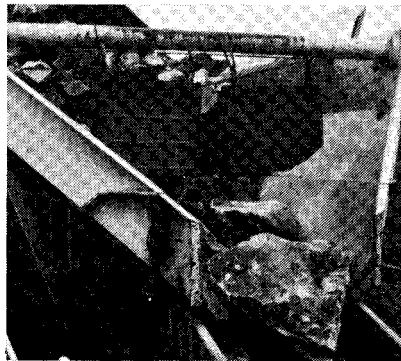
OY LOHJA AB



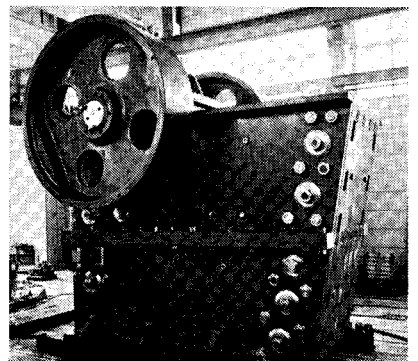
COMPLETE CRUSHING PLANTS ON A TURN-KEY BASIS. ROXON KNOWS HOW TO DO IT.



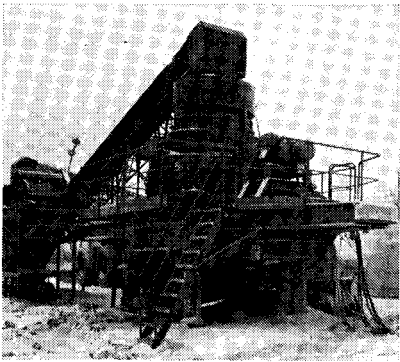
HYDRAULIC IMPACTOR



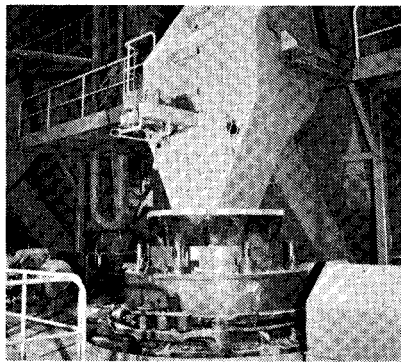
FEEDERS



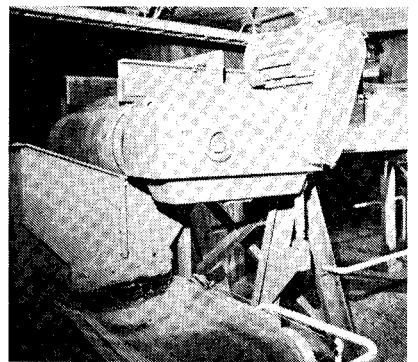
JAW CRUSHERS



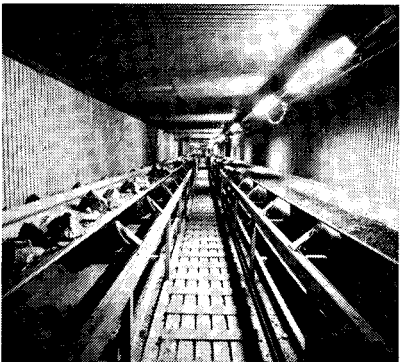
CONE CRUSHERS



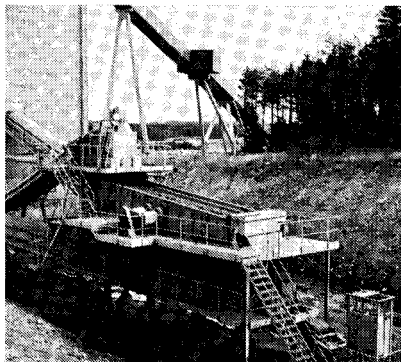
GYRATORY CRUSHERS



BELT FEEDERS



CONVEYORS



SCREENS



MAGNETIC SEPARATORS

ROXON

Roxon Oy, SF-15860 Salpakangas, Finland,
tel. 358-18-801 311, telex 16-180 roxon sf.

KALLIOMEKAANISIA MITTAUKSIA

INTERFELS GMBH:N VALMISTAMIEN MITTALAITTEIDEN
ASENNUKSIA YKSINOIKEUDELLA Pohjoismaissa

- EKSTENSOMETRIT
- DEFLEKTOMETRIT
- KONVERGENSSIMITTAUSLAITTEET YM.
VALVONTA- JA SIIRTYMÄMITTAUKSIA
JÄNNITYSTILAN MITTAUKSIA

SUOMEN MALMI OY

FINNEXPLORATION



02150 ESPOO 15, PUH. 460 633, TELEX 121 856 SMOY SF



MYLLYKOSKI OY

LUIKONLAHDEN KAIVOS

**VUORIMIESYHDISTYS —
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n**

VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 31. 3.—1. 4. 1978
Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin
postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS —
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s**

ÅRSMÖTE

hålles i Helsingfors den 31. 3.—1. 4. 1978
Närmare uppgifter meddelas i inbjudan som
postas vid en senare tidpunkt.

OY ALUMA AB

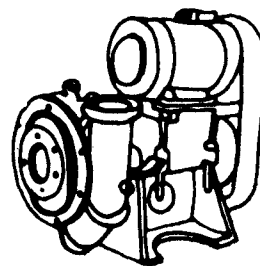
Alumiini on ajatonta

Kaivolahdenkatu 4, 00810 Helsinki 81.

Puh. 780 066, Telex 12-609

PUMPPUJA

kaivosteollisuudelle



Lietepumppuja
Kaivosvesipumppuja
Korkeapainepumppuja

 **Serlachius**
Konepajateollisuus

35800 MÄNTTÄ, puh. (934) 4771, telex 22334 serko sf

ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

Airam Kometa
Algol
Aluma
Asea
Enso
Esab
Grönblom
Kemira/Vihtavuori
Knorring
Kockums
Koneisto
Lohja Oy
Lokomo
Myllykoski Oy

Outokumpu
Ovako
Hans Palsbo
Rautakonttori
Rautaruukki
Roxon
Serlachius/Konepajateollisuus
Suomen Malmi
Tallberg/Atlas Copco
Tallberg/Vuorikoneet
Tampella-Tamrock
Tecalemit
Witraktor
Vitrifer
Valmet

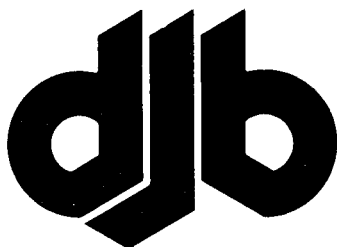
Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaföreningen ry:n tutkimusselosteet, kirjat ja julkaisut

Tutkimus- seloste n:o		hinta	
1	"Kulutusta kestävä materiaali"	loppunut	
2	"Malmitekniillinen näytteenotto"	"	
3	"Jatkotankoporaus"	"	
4	"Öljypolttimet"	11,50	
5	"Maakairaus ja pliktaus"	11,50	
6	"Putket ja rännit"	11,50	
7	"Jatkotankoporaus- sovellutus lauhintaan"	11,50	
8	"Jäännösanomalia- ja gradientti- karttojen käytöstä malminetsin- nässä"	11,50	
9	"Rikastamoiden jätealueiden jär- jestely Suomen eri kaivoksilla"	11,50	
10	"Kuulurakenteet"	11,50	
Liite n:o 10:een Tutkimus- seloste n:o	"Kuulunajoa käsittelevää kirjalli- suutta"	loppunut	
11	"Raakkulaimennus"	11,50	
12	"Maamme vuoriteollisuuden uusim- pien teollisuusrakennusten katto- ja ulkoseinärakenteet"	56,—	
Piirustusliite n:o 12:een Tutkimus- seloste n:o		loppunut	
13	"Vedenpoisto kaivoksesta"	loppunut	
14	"Suunnan ja kaltevuuden mittaus syväkairauksessa"	17,—	
15	"Näytteenotto geokemiallisessa mal- minetsinnässä"	20,—	
Kuvaliite n:o 15:een Tutkimus- seloste n:o		loppunut	
16	"Jauheiden kuivatus"	15,—	
17	"Pölyn talteenotto"	11,50	
18	"Geokemiallisten näytteiden käsit- tely ja tulosten tulkinta"	50,—	
19	"Kulutusta kestävä materiaali" — n:o 1:n täydennys	11,50	
20	"Rikastamoiden instrumentointi"	20,—	
21	"Räjähdyksineet ja räjäytysvälineet"	27,—	
22	"Tulenkestävät keraamiset mate- riaalit"	20,—	
24	"Kaivosten ja avolouhosten geolo- ginen kartointu"	20,—	
25	"Geofysikaaliset kenttätyöt I — Painovoimamittaukset"	20,—	
27	"Kallion rakenteellisten ominai- suuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,—	
28	"Kalkin käyttö metallurgisessa teol- lisuudessa"	15,—	
29	"Lämmön talteenotto metallurgi- sessa teollisuudessa"	50,—	
31	"Pakokaasujen käsittely maanalai- sissa tiloissa: Selvitys normi- ja toimenpide-ehdotuksineen"	loppunut	
32	"Seulonta"	40,—	
33	"Lauhintaaurakkasopimuksen laati- misohjeet"	15,—	
	Lauhintaaurakkasopimuskaavake	2,—	
34	"Geologisten joukkonäytteiden ana- lysointi"	50,—	
36	"Pakokaasukomitea — selvitys tut- kimustyön jatkamisedellytyksistä"	15,—	
	Täydennysosa		
36 b	"Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimus- tulokset dieselmoottorien saaste- tuoton vähentämiseksi"	50,—	
39	"ATK-menettelmien käyttö kallio- peräkartoituksissa"	25,—	
40	"Kaivosten jätealueet ja ympäris- tönsuojelu"	45,—	
42	"Kaivosten työympäristö"	50,—	
44	"Geologinen näytteenotto"	50,—	
47	"Murskeen varastointi talviolosuh- teissa"	40,—	
48	"Kaivosten jätealueiden saattami- minen uudelleen kasvullisuuden peittämäksi"	50,—	
	"Kaivosten turvallisuusopas"	loppunut	
	"Säkerhetsföreskrifter för gruvindustrin"	4,—	
	"Räjätysopas" (2. painos)	loppunut	
	"Kaivosmiehen käsikirja"	5,—	
	"Kaivossanasto"	8,—	
	"Kalliomekaniikan päivät 1967"	35,—	
	"Kalliomekaniikan päivät 1968"	40,—	
	"Kalliomekaniikan päivät 1969"	40,—	
	"Kalliomekaniikan päivät 1970"	40,—	
	"Kalliomekaniikan päivät 1971"	40,—	
	"Kalliomekaniikan päivät 1972"	45,—	
	"Kalliomekaniikan päivät 1973"	50,—	
	"Kalliomekaniikan päivät 1974"	50,—	
	"Kalliomekaniikan sanastoa"	10,—	
	Koulutusmonistheet:		
	INSKO		
	106—73	"Terästen lämpökäsittelyn erikois- kysymyksiä"	45,—
	49—74	"Sänkmetallurgi-Senkkametallur- gia"	45,—
	90—74	"Investoinnit ja käyttöläskenta me- tallurgisen teollisuuden toimin- nan ohjauksessa"	45,—
	45—75	"Materiaalitoimitusten laadunval- vontakysymyksiä metalliteollisuus- dessa"	45,—
		"Kotimaiset rikastuskemikaalit"	30,—
		"Rikastuskemikaalien käsittely- mittaus- ja annostusmenetelmät"	30,—
	VMY	"Vuoriteollisuus- Bergshanteringen"- lehden aikaisempia irtonumeroita	10,—
	"	"Vuoriteollisuus-Bergshanteringen"- lehden vuosikerrat 1943—1975 si- dottuna	500,—
		Vuorimieskillan laulukirja "Tas- kumatti"	10,—
		VMY:n solmio, värit: sininen, rus- kea, viininpunainen	à 25,—
	Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoita- jalta TkL Heikki Aulangolta osoitteella:		
	Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.		
	PL 27, 02201 ESPOO 20		
	tai puh. 90 - 421 3502.		




Louheen siirtoon D250 DUMPPERI -maailmankuulua Caterpillar laatua.

1. **Kantavuus:** 25 tonnia
2. **Moottori:** 6 sylinterinen Caterpillar 3306T, iskutilavuus 10,5 litraa. Pakokaasujen saastepitoisuus alhainen etukammiorakenteesta johtuen.
3. **Vaihteisto:** planetaarinen Power Shift, sama kuin Caterpillar 980 pyöräkuormaajassa. Vaihteita 4 eteen ja 3 taakse.
4. **Vetoakselit:** Caterpillar valmistetta ja vetopyörien navoissa planetaarialennus.
5. **Jarrut:** kolme erillistä jarrupiiriä. Ajojarruina levyjarrut.
6. **Kippisylinterit:** kaksitoimiset, kaatokulma 75°.
7. **Ohjaamo:** teräsrakenteinen turvaohjaamo.
8. **Vakiorenkaat:** kuusi 23,5-25 x 20 PR teräsvyö- tai ristikudosrengasta.



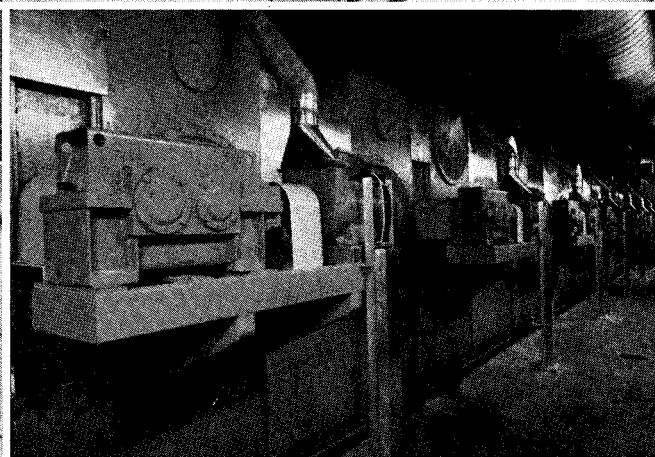
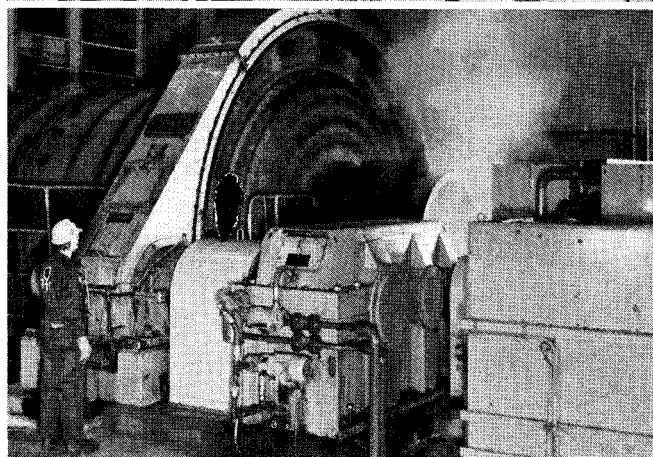
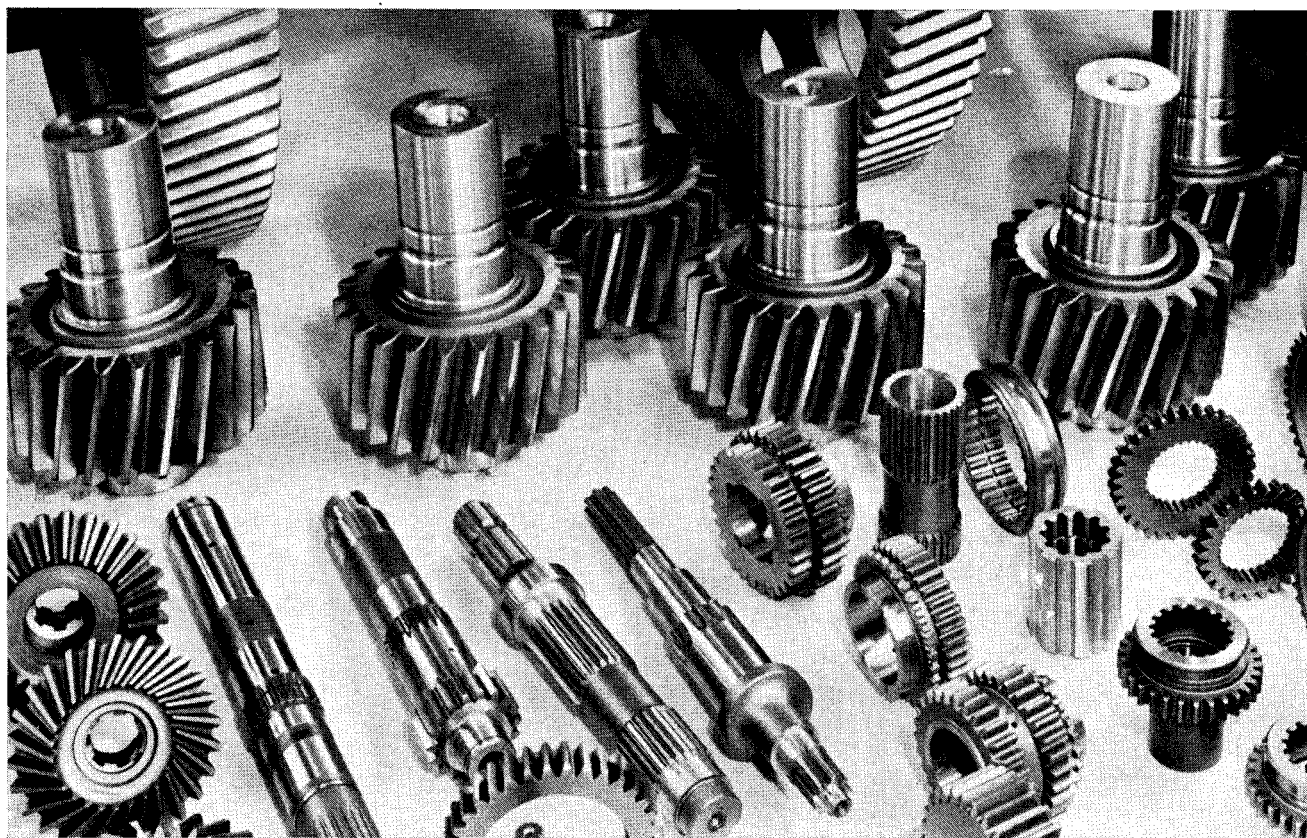
W WITRAKTOR

HELSINKI - TAMPERE - OULU - ROVANIEMI
826 311 670 200 344 235 15 271

Caterpillar, Cat ja  ovat Caterpillar Tractor Co:n tavaramerkkejä.

VANKAT VALMET KÄYTTÖLAITTEET.

Valmistamme tehokkain, nykyaikaisin menetelmin pintakarkaistuja ja hiottuja hammaspyöriä. Kuvassa traktorin ja veturin hammaspyöriä.



Tukevat, hitsausrakenteiset vaihteemme sopivat erinomaisesti kaivosteollisuuden vaativiin käyttöolosuhteisiin. Kuva Outokummun Vuonoksen riikastamosta.

Valmetilla on pitkä kokemus käyttöjärjestelmien suunnittelijana ja valmistajana. Teemme puolestanne sijoitus- ja perustussuunnittelun ja toimitamme laitteet asennuksineen.

VALMET

Valmet Oy Rautpohjan Tehdas



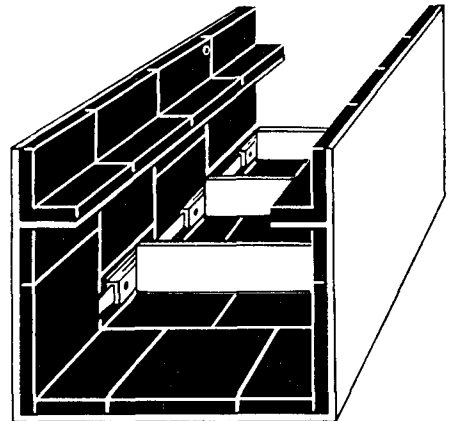
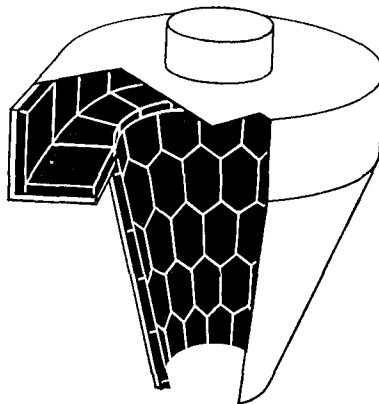
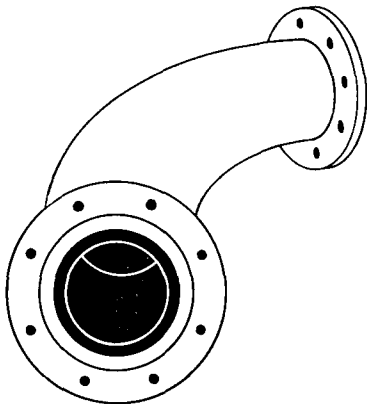
DEVCON

muoviteräs

Devcon muoviteräs tilapäisiin ja pysyviin korjauksiin.

Devcon-tuotteita on käytetty menestyksellisesti ympäri maailmaa rikkoutuneiden pumppujen, venttiilien, valukappaleiden, murtuneiden putkien, kompressoreiden, teräs-, lasi- tai puusäiliöiden, hydraulikkasylintereiden, leikkautuneiden kierteiden, kuljetushihnojen ym. korjaamiseen. Näitä käytetään myös kulutuspinnojen uusimiseen tai vanhojen laitteiden kunnostamiseen, tiivisteiden valmistamiseen, säiliöiden vuoraamiseen tai yleensä laitteiden suojaamiseen hankaavalta ja kemialliselta kulutukselta.

Ottakaa yhteys, kerromme mielellämme lisää Devcon -tuotteiden monipuolisista käyttömahdollisuuksista.



sulabasalti suojaa kulumiselta

Hankaaminen ja kuluminen aiheuttavat kalliita vahinkoja ja seisonta-aikoja. Vahingot voidaan välttää käyttämällä Kalenbornin sulabasalttia. Tätä kulutusta erinomaisesti kestävä aine on tuotettu Kalenbornissa jo 30 vuoden ajan. Kaikkialla maailmassa on Kalenbornin sulabasaltilla vuorattuja, pitkäksi aikaa kulumiselta suojattuja laitoksia.

Kääntykää puoleemme halutessanne yksityiskohtaisia tietoja Kalenbornin ohjelman tarjoamista eduista. Kalenbornissa valmistetaan sulabasaltin lisäksi "Kalen"-, "Kalceram"-, "Kalsica"- ja "Kalelast"-tuotteita, joiden joukosta varmaankin löydätte oikean ratkaisun laitoksienne kulumisongelmiin.



OY AXEL VON KNORRINGIN TEKNILLINEN TOIMISTO

00380 HELSINKI 38, KARVAAMOKUJA 6, PUH. 90-554 488 • TURKU, PUH. 921-337 755
OULU, PUH. 981-224 312 • JYVÄSKYLÄ, PUH. 941-14 100 • TAMPERE, PUH. 931-31 230

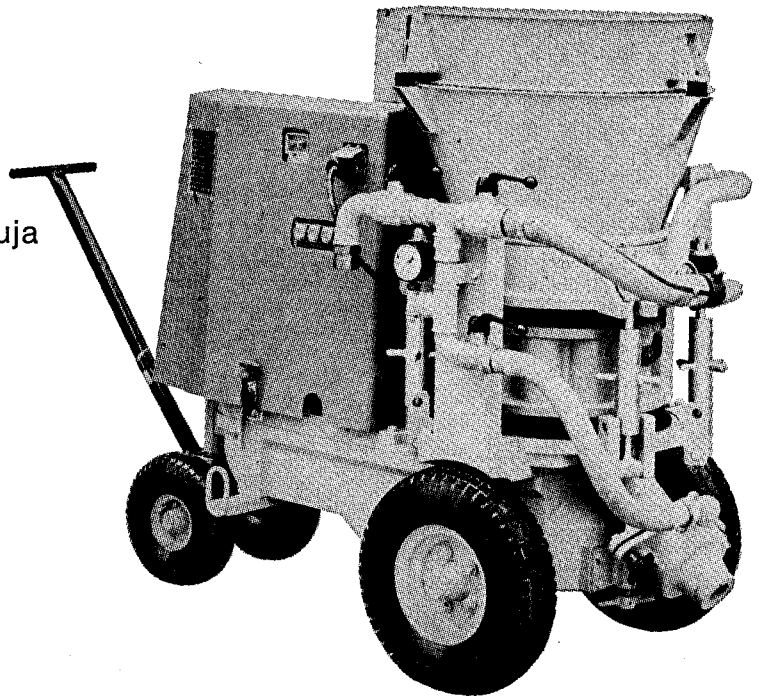
ALIVA - koneita
ruiskubetonille ja -laastille
tulenkestäville massoille
betonikuljetukseen ja
hiekkapuhallukseen

HÄNY - betonininjektointipumppuja

CIMENT-FONDU
-aluminaattisementtiä

ALAG - runkoainetta

SECAR - erikoisementtiä
(kestää n. + 1800°C)



ALIVA-260

Oy VITRIFER Ab

Postiosoite PL 116
00121 Helsinki 12
Puhelimit 636 742, 638 587
Telex 12-1120 Wibex

ENERPAC® GOLDEN RING kestää 33 kertaa kauemmin!



Enerpacin hydrauliset GOLDEN RING -sylinterit kestävät yhtä hyvin sekä erittäin raskasta että erittäin nopeata nostamista, työntämistä tai puristamista. Eräässä sylinterien vertailukokeessa GOLDEN RING-sylinterit kestivät 33 kertaa suuremman määrän iskuja kuin tavanomaisesti suunnitellut sylinterit!

ENERPAC GOLDEN RING-sylinteriä ei vahingoita lika, kosteus eikä kuluminen. Se kestää suuriakin epäkeskeisiä kuormituksia. Mäntä ei leviä päästään eikä pääse työntymään kokonaan ulos.

ENERPAC GOLDEN RING-sylinteriä on saatavissa nostokyvyltään alkaen 4 tonnista jopa 200 tonniin saakka. Korkeasta maksimityöpaineesta – 700 bar – johtuen on sylinterit voitu rakentaa pienikokoisiksi ja kevyiksi.

ENERPAC GOLDEN RING-sylinteri voidaan yhdistää käsi-, paineilma-, polttomoottori- tai sähköpumppuihin, jotka myös kuuluvat ENERPAC-ohjelmaan.



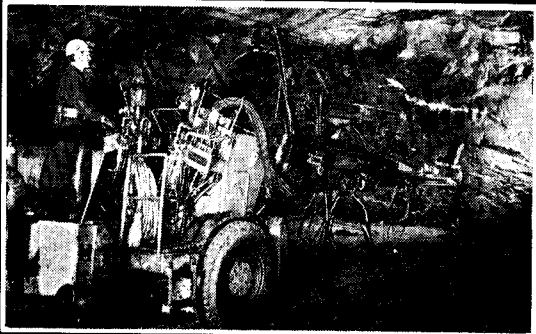
Henry Fordin katu 5 00151 Helsinki 15 PL 134
Puh. 90-13 655 Telex 12-1174

Kovaan työhön Kometa

AIRAM



Poraaminen on kovien miesten kova työtä. Taistelussa kalliota vastaan vaaditaan myös poralta paljon. Vain paras on kyllin hyvää. Tämä on lähtökohtana tehokkaiden Kometa-jatkotankokalustojen ja -kiintoporien valmistamisessa. Kometa-porat ovat oikea ratkaisu silloin, kun pyritte taloudelliseen tulokseen ja yrityksenne menestymiseen.



KOMETA

Kiintoporat,
jatkotankokalustot,
tarvikkeet.

AIRAM
on paljon muutakin

Oy Airam Ab, Kometa tehtaat, 02660 Lintuvaara, puh. 90-514 066, Telex Helsinki 12-1257

Onko Teidän kuljetuskalustonne vakavasti otettava?

Kun Te kilpaillette urakoista, kiinnittää urakanantaja autoonne yhtä paljon huomiota kuin Teidän tarjoukseenne. KOCKUMS maansiirtoauto voi olla Teidän ratkaiseva valttinne.



Kockums huolehtii omistaan.

Kun hankitte KOCKUMS-maansiirtoauton, hankitte samalla varmuuden tehokkaasta huollosta. Kahdeksalla paikkakunnalla on huoltopiste, josta lähtee äkkiä paljon pystyvä huoltomies luoksenne työmaalle. Ja suuremmat huoltotoimet tapahtuvat tehokkaasti KOCKUMS-huoltokorjaamoissa.

Mielestämme koneitten pitää olla töissä. Silloin ne kannattavat.



kantavuus
kuormatilavuus
teho
nopeus

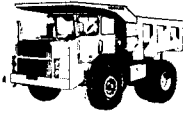
412
16 tn
11 m³ SAE 1:2
173 hv SAE
30 km/h



412 T (kaivosmalli)
16 tn
11 m³ SAE 1:2
173 hv SAE
30 km/h



425
22,5 tn
15 m³ SAE 1:2
285 hv SAE
56 km/h



435
35 tn
21,5 m³ SAE 1:2
456 hv SAE
59 km/h



442
32 tn
20,6 m³ SAE 1:2
365 hv SAE
65 km/h



445
40 tn
26,5 m³ SAE 1:2
510 hv SAE
72 km/h

Ottakaa yhteys. Keskustellaan vakavasti maansiirron kannattavuudesta.

MYNTI: Vantaa, Jyväskylä, Oulu
HUOLTO: Helsinki, Tampere, Kouvola, Jyväskylä, Kuopio,
Joensuu, Kajaani, Oulu

 **KOCKUMS**
OY Kockums Industri AB

Vantaa Veromiehen teollisuusalue
PL 814, 00101 HELSINKI 10 Puh. 90-826355



OK Selectrode

- terästen, valurautojen ja ei-rautametallien leikkaukseen ja talttaukseen
- huonosti hitsattavien terästen hitsaukseen
- kaikenlaiseen kovahitsaukseen
- työkalujen hitsaukseen
- valurautojen hitsaukseen
- ei-rautametallien hitsaukseen

OK Selectrode 84.78

Emäksinen yleisvirtapuikko.

55—60 HRC

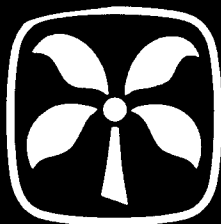
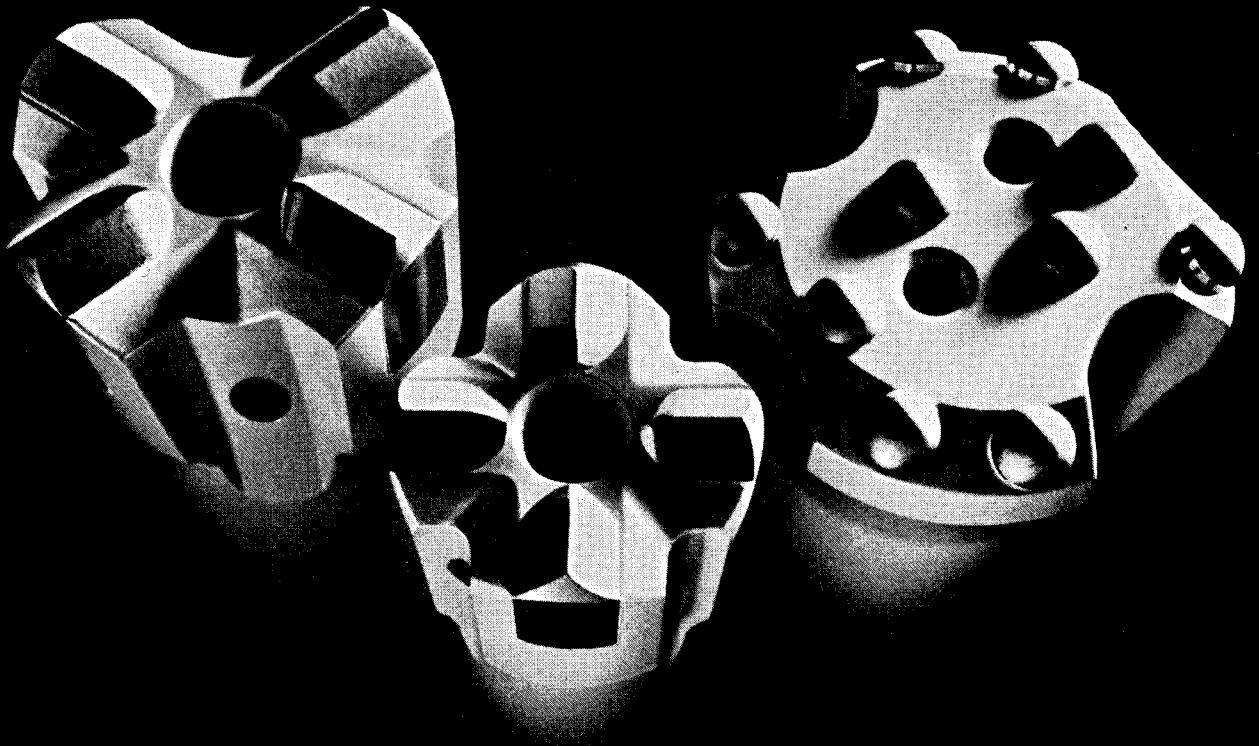
C=3.5 % Cr=30 %

Sellaisten kappaleitten kovahitsaus, jotka ovat alttiina kiven, koksen, hiekan yms. raemaisten aineitten hankaavalle kulutukselle. Esim. kauhat, sekoittajien siivet, syöttöruuvit, puhaltimien siivet jne.

Korjauksiin ja
kunnossapitoon
Selectrode

kun hitsaat-ESAB

KOLMEN KRUUNUN KALUSTO



**FAGERSTA
SECOROC**

**KALLIOPORAKALUSTOA VAATIVILLE
AMMATTIMIEHILLE KOVAAN KÄYTTÖÖN**

MAAHANTUONTI JA MYYNTI:



OY GRÖNBLÖM AB

MEKAANIKONKATU 6
POSTILOKERO 370
PUH. 90-755 4411

00810 HELSINKI 81
00101 HELSINKI 10
TELEX 12-542

Nyt on myös suuriläpimittaisissa teräsputkissa Rautaruukin leima.

Kierresaumaputket halkaisijaltaan 200—1200 mm — koko mitaltaan suomalaista työtä.

Rautaruukki on ottanut askeleen kohti monipuolisempaa kotimaista putkenvalmistusta. Oulaisten putkitehdas täyttää Rautaruukin tuotanto-ohjelmassa olleen aukon ja ryhtyy valmistamaan suuriläpimittaisia putkia. Näiden putkien valmistuksen aloittaminen toteuttaa myös erään vaiheen Rautaruukin suunnitelmassa nostaa tuotantonsa jalostusastetta, sillä Oulaisten tehdas tulee käyttämään raaka-aineenaan Raahan rautatehtaan tuottamia kuumanauhakeloja. Oman yhtiön raaka-aineiden käyttäminen takaa niiden keskeytymättömän saannin ja laadun luotettavuuden. Tämä on myös omiaan edistämään valmiiden putkien toimitusten täsmällisyyttä ja varmuutta.

Tuotanto-ohjelma

Uusi suuriläpimittaisten teräsputkien tuotanto-ohjelma kattaa koko-alueen NS 200 — NS 1200. Jo aikaisemmin Rautaruukin ohjelmaan ovat kuuluneet putket kokoalueella NS 20 — NS 150.



Putket valmistetaan kierresaumahitsaamalla vastaamaan ko. käyttökohteiden mukaisia normeja, esim. API SSL, DIN 1626, DIN 2458 ja Gost.

Myös Lämpölaitosyhdistys ry:n mukaiset kaukolämpöputkilaadut kuuluvat Oulaisten tehtaan valmistusohjelmaan.

Tuotanto on 20.000 tonnia teräsputkia vuodessa.

Putket toimitetaan tarvittaessa myös eri tavoin pinnoitettuina.

Käyttökohteet

Suuriläpimittaisten teräsputkien tärkeimpiä käyttökohteita ovat kunnalliset kaukolämpö- ja vesijohtoputket, öljy- ja maakaasuputkistot sekä teollisuuslaitosten vesi-, höyry- ja prosessiputkistot. Tärkeä käyttäjäryhmä on myös konepaja- ja laivanrakennusteollisuus.

Putkien valmistuksen laaduntarkatustoimet

Automaattisella ultraäänilaitteella on mahdollista tarkastaa hitsisauma sataprosenttisesti koko pituudeltaan.

Viallisten kohtien lähempää tarkastusta varten on erikseen käsivaraiset ultraäänilaitteet.

Vesipainetarkastus tapahtuu vesipainekoepenissä, jonka maks. paine on 211 kg/cm².

Röntgenlaitteilla tarkastetaan nauhajatkokset sekä putkien hitsisaumat standardien edellyttämässä laajuudessa.

Mekaanisia ominaisuuksia määrittelevät laadunvalvontakokeet tehdään Raahan rautatehtaan tutkimuslaitoksessa.

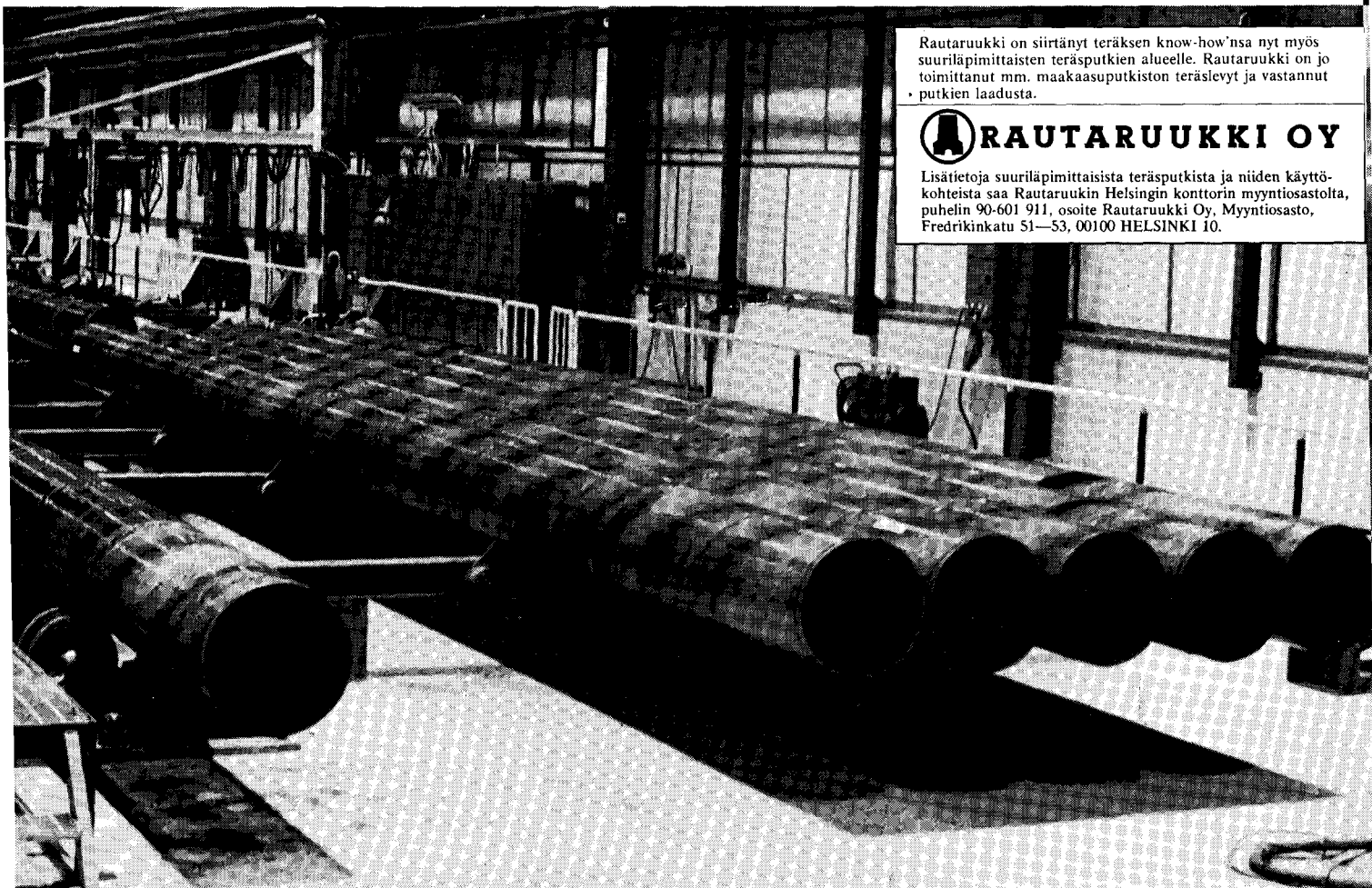
Lisäksi suoritetaan asiakkaan mahdollisesti vaatimia muita tarkastuksia.

Rautaruukki on siirtänyt teräksen know-how'nsa nyt myös suuriläpimittaisten teräsputkien alueelle. Rautaruukki on jo toiminut mm. maakaasuputkiston teräslevyt ja vastannut putkien laadusta.



RAUTARUUKKI OY

Lisätietoja suuriläpimittaisista teräsputkista ja niiden käyttökohteista saa Rautaruukin Helsingin konttorin myyntiosastolta, puhelin 90-601 911, osoite Rautaruukki Oy, Myyntiosasto, Fredrikinkatu 51—53, 00100 HELSINKI 10.



Ota avuksesi SALA-kuoppapumppu

Salan kuoppapumput suunniteltiin alunperin rikastamojen käyttöön pumppaamaan paksua jätelietettä, jossa usein on mukana suuria kiinteitä kappaleita. Niinpä niillä voidaankin pumpata melkein mitä vain — veden mukana menevät vaivattomasti kivet, valssihilse tai muut metallikappaleet. Salan kuoppapumput voidaan asentaa minne tahansa — myös prosessipumpuiksi kiinteästi asennettuina. Ne ovat jyrkärakenteisia ja vaativat huoltoa vain nimeksi.

Salan kuoppapumppu ratkaisee siirto-ongelmat

Valssilaitoksissa Salan kuoppapumppuja käytetään valssihilseen kuljettamiseen ja rikastamoissa kuljetinhihnalta pudonneiden malminkappaleiden tai pellettien pumppaamiseen. Siirrettävä tavara huuhdellaan vain yksinkertaisesti lattiakaivoon. Sen jälkeen se pumpataan saostuskaivoon, missä raskaat ainekset erottuvat.

Rasitusta kestävä akseli on laakeroitu HD-rulla-laakereihin. Laakerit on sijoitettu yhteiseen laakeripesään lietepinnan yläpuolelle.

Nostokaari helpottaa ripustamista

Kun kuoppaa pumpataan tyhjäksi, on pumppua voitava nostaa ja laskea.

Siksi Salan kuoppapumput onkin varustettu nostokaarella, johon taljan kouku on helppo ripustaa. — Kiinteää asennusta varten pumpeissa on kannatuslaippa.

TALLBERG

VUORIKONEET

Aleksanterinkatu 21 — 00100 Helsinki 10
Puh. 90-13 611

Nostokaaren avulla pumppua on helppo nostaa ja laskea tarpeen mukaan.

Useita vaihtoehtoja pesän ja juoksupyörän valinnassa

— Pumpupesä, jossa on avoin juoksupyörä. Vaipassa on kaksi aukkoa, joiden kautta osa pumpattavasta nesteestä suihkutetaan takaisin kaivoon. Suihkua-va neste hajottaa kerrostuneen sakan. Ylimääräistä huuhteluvettä ei tarvita. Samojen reikien kautta virtaa myös ilmaa. Tämän ansiosta pumppuun ei voi syntyä ilmalukkoa.

— Pumpupesä, jossa on suljettu juoksupyörä. Imuaukko on varustettu laipalla, johon voidaan liittää imuputki, jos tarvitaan suurempaa imusyvyyttä.

Pumpussa ei ole tiivistyspesää eikä se tarvitse tiivistysvettä.

Kannatuslaippa kiinteää asennusta varten.

Kannatuslaipan alapuolella oleva osa voidaan tehdä halutun pituiseksi, maks. 1800 mm.

