

VUORITEOLLISUUS

BERGSHANTERINGEN

JULKAISIJA: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN R.Y.

Sisältö—Innehåll

Prof. M. H. Tikkanen:

Näkymiä prosessimetallurgian viimeaikaisesta kehityksestä. II osa.

Dipl. ins. Timo Heikkinen:

Outokummun rikastamon kaksivaiheinen autogeenijauhatus.

Dipl. ins. Antti Palomäki ja fil.maist. Olli Halonen:

Paakkilan antofylliittiasbestilouhos.

Dipl.ins. Pasi P. Huhtinen:

Avolouhossuunnittelu tietokonetta hyväksikäyttäen.

Kalliomekaniikan päivät 1968

Uutisia — Nyheter

I·R 100

Award presented to

Outokumpu Oy

*by Industrial Research Inc.
for the development of*

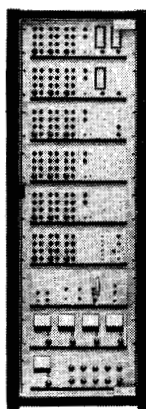
Courier On-Stream

X-Ray Fluorescence Analyzer

*Selected by Industrial Research
as One of the 100 Most Significant
New Technical Products of the Year*

1968

Neil Rysie
Editor & Publisher



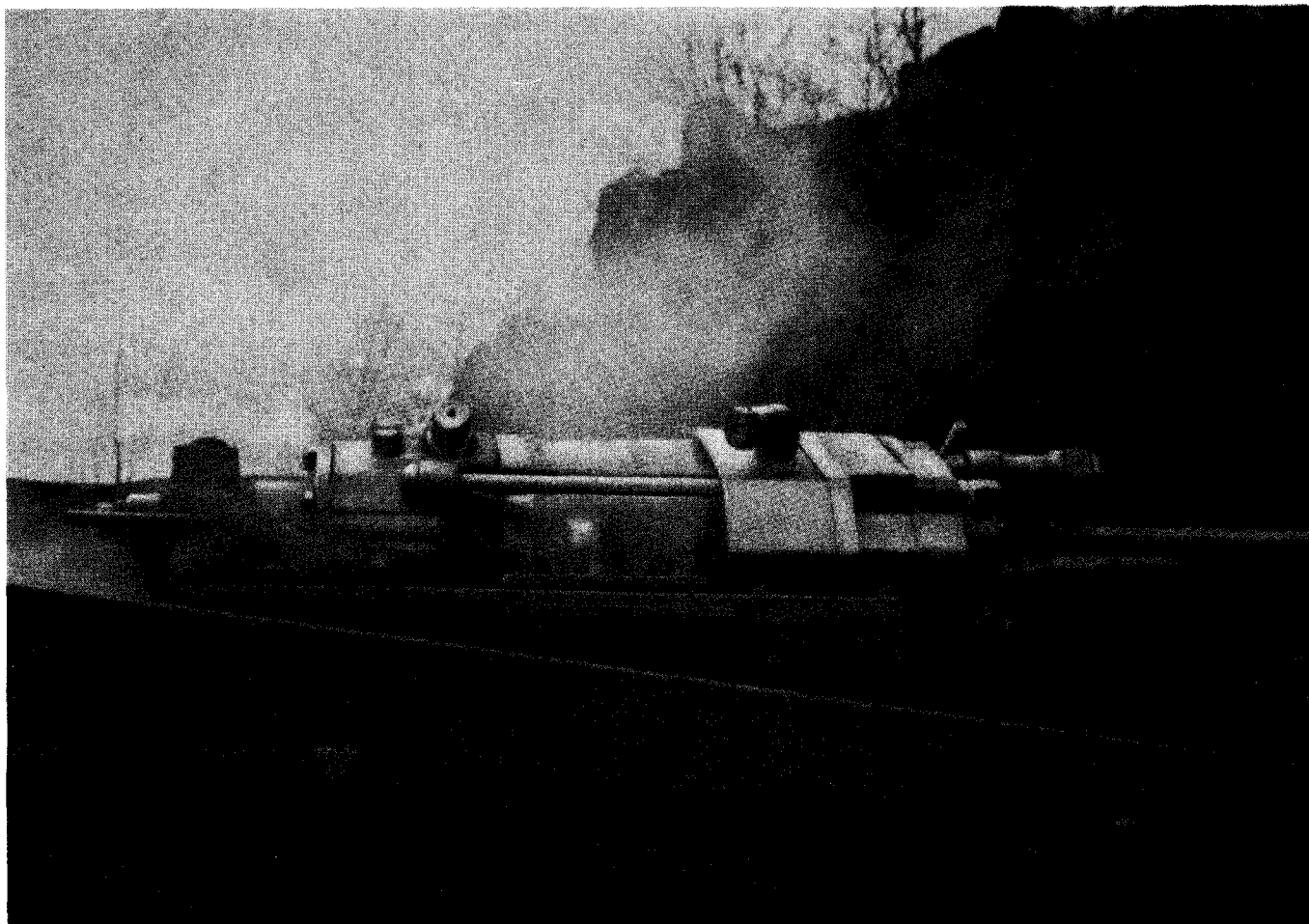
Industrial Research Inc'in järjestämässä kilpailussa, johon osallistui noin 10.000 korkealuokkaista tuotetta, valittiin kehittämämme ja kuvatoiminen röntgenanalysointilaitteisto Courier yllä olevan palkinnon voittajaksi. Palkinto jaetaan kerran vuodessa sadan huomattavimman uuden teknillisen tuotteen kehittäjille ja se on tähän asti mennyt vain muutaman kerran USA:n ulkopuolelle.

Analysointilaitteisto on ihanteellinen ratkaisu kaikkiin analysointipulmiin rikastamoissa. Sarjassa mitattavien näytevirtojen lukumäärä voidaan vapaasti valita. Jopa seitsemän alkuainetta atominumeroltaan 24 (kromi) tai korkeampi voidaan analysoida samanaikaisesti. Mittaustulosten tarkkuus on erinomainen joh-tuen ainutlaatuisesta menetelmästä, jonka avulla matriisien vaikutus ja lietteen tiheyden vaihtelut korjataan.

Outokumpu Oy

TUTKIMUSLABORATORIO TAPIOLA

uusi tampella ES 300 CORONA kallioporakone erillispyörityksellä



TEKNISET ARVOT

Sylinterin Ø	125 mm
Iskun pituus	31 mm
Ilmankulutus	
koneen käyttöilma	6,9 m ³ /min
huuhteluilma	1,0–2,6 m ³ /min
Paino	80 kg
Pituus	820 mm
Niska	1"x159 mm

Uusi Tampella ES 300 Corona on kokoluokassaan ainutlaatuinen:

- koneen mitat (pituus, leveys ja korkeus) samat kuin vastaavalla telkipyörityskoneella
- suuri tunkeutuvuus ja porauskaluston hyvä kestävyys johtuen koneen lyhyistä ja nopeista iskuista sekä ennen kaikkea mahdollisuudesta valita pyöritysnopeus kiven laadun mukaan
- alhainen ilmankulutus Tampella-rakenneperiaatteen ansiosta
- kaikki toiminnot kauko-ohjattuja
- tunnoton kaikenlaatuksille ylikuormituksille

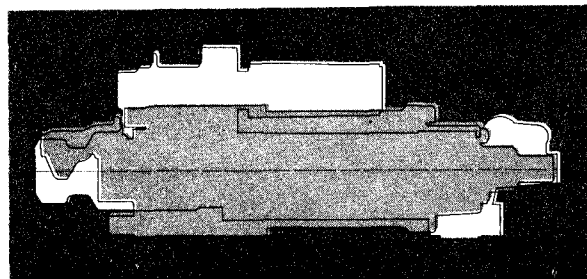
Corona on erikoisesti suunniteltu tunnelinporaukseen 1" kiintoporilla hydraulisia puomeja käytettäessä. Se on myös erittäin tehokas kone pitkien reikien poraukseen 1" jatkotangoilla ja 1" x 159 mm niska-kappaleella.

ES 300 Coronalle sopiva syöttölaite on Tampellan ketjusyöttölaite KS 50.

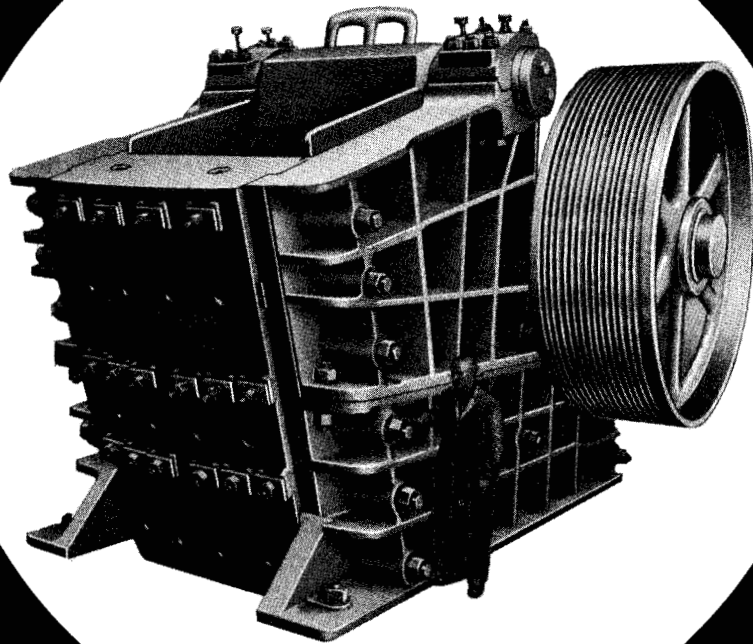
OY TAMPELLA AB ● KONEPAJA ● TAMPERE

Myynti: *Oy Telko Ab*

Helsinki, Tampere, Turku, Oulu, Rovaniemi



ES 300 Coronan ja pienimmän kilpallevan kallioporakoneen koon vertailu.



Edullinen ja taloudellinen esimurskaimena

Leukamurskaimemme ovat erittäin tehokkaita ja luotettavia esimurskaimina kaikissa teollisuuden haaroissa, joissa on kysymys malmien, kovakiven ja kalkkikiven pienentämisestä. Murskaimissa ovat seuraavat edut: vähäinen voimantarve murskauksessa, korkea tuotantoteho myös suurten kappaleiden ollessa kyseessä, pieni kuluminen säästävän murskaustavan vuoksi, pieni energian kulutus ja yksinkertainen hoito. Nämä kaikki tekijät ovat omiaan säästämään kustannuksia.

Suurleukamurskaimia valmistetaan eri kokoja, joiden tuotantoteho vaihtelee 100–600 m³/tunti. Tarkempia yksityiskohtaisia tietoja annamme mielellämme. Tunnuslukumme on A 90/68.

VEB SCHWERMASCHINENBAU "ERNST THÄLMANN"
DDR – 3011 Magdeburg – Buckau

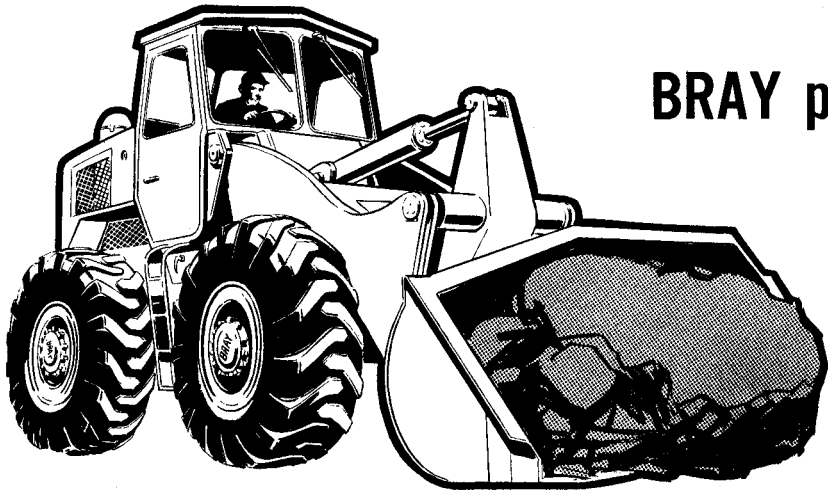
Edustus Suomessa:
Oy Finnish Impex Ab
Helsinki 10
Eerikinkatu 24
Puh. 602 703

DIINVEST EXPORT

Deutscher Innen- und Aussenhandel
DDR-108 Berlin, Taubenstrasse 7-9. Sähkeet: DIAINVESTA
Telex: 011 2695 diaie dd, Saksan Demokraattinen Tasavalta



Hyviä koneita vuoriteollisuudelle



BRAY pyöräkuormaajat

Valmistaja:
Bray Construction Equipment Ltd
Feltham, England

Työpaino

BRAY 570
15.600 kg

BRAY 560
11.500 kg

BRAY 552
7.200 kg

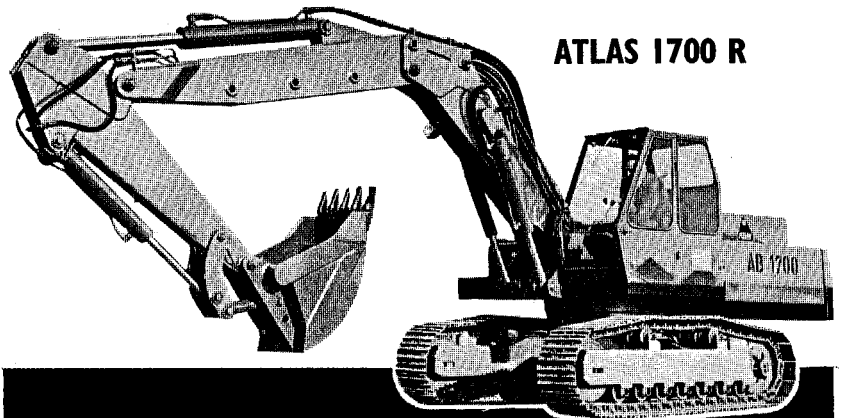
Työpaino
Moottoriteho
Kauhatilavuudet
Ulottuvuus maximi
Kaivussyvyys maximi

ATLAS 1700
16.500 kg
90 hv
750—1100 l
9,4 m
5,6 m

ATLAS 1302
9.500 kg
70 hv
500—700 l
9,70 m
7,34 m

ATLAS 1202
7.500 kg
48 hv
400—500 l
7,70 m
5,35 m

Valmistaja:
H. Weyhausen KG Maschinenfabrik.
Delmenhorst, Länsi-Saksa



ATLAS 1700 R

Tuonti, myynti ja huolto:

HOLLTRADE OY

Helsinki 13, Kasarmikatu 38 A
Puh. 15 744 tai 15 530 Telex 12-1102

ATLAS kaivukoneet

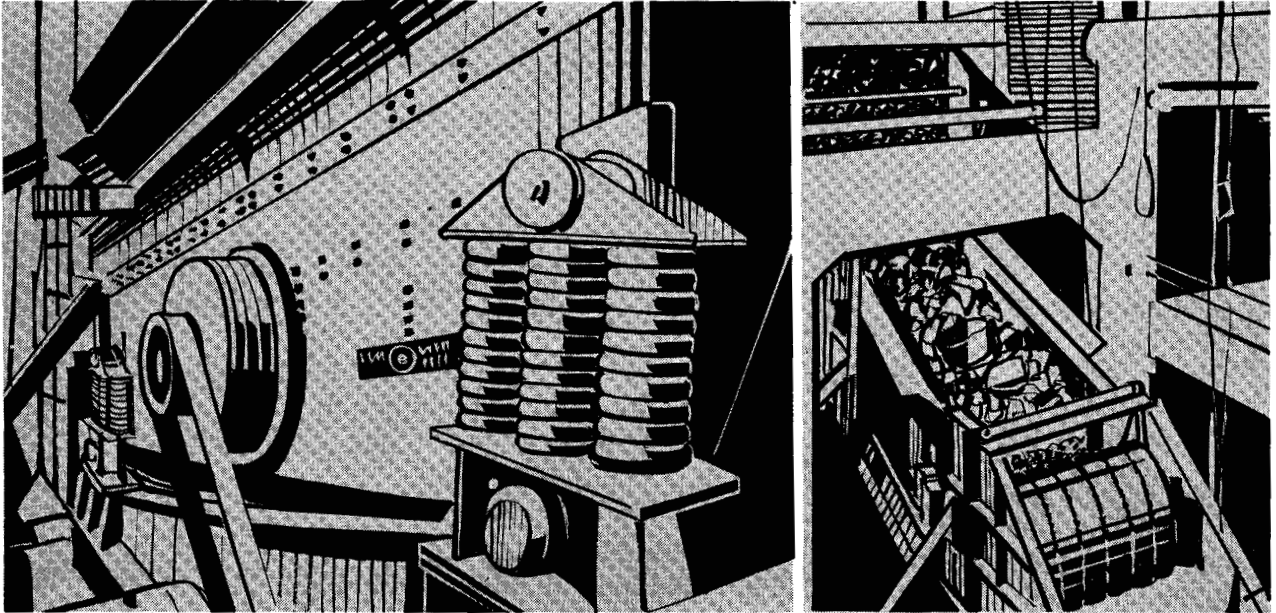
Piirimyyjät:

Jyväskylä
E. Järvelin
p. 12 515

Turku
O. Antola
Nousiainen
p. 55 380

Oulu
**Konepaja
Sah-Ko**
p. 16 061

Maarianhamina
R. Humell
p. 12 620



HEWITT-ROBINS

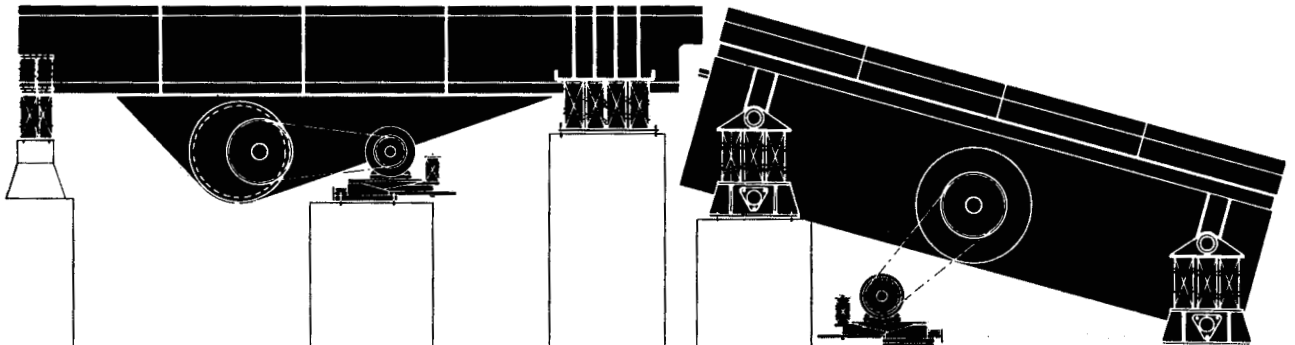
syöttäjiä, seuloja,
täryritilöitä,
tärytyhjentäjiä

kaivos- ja valimoteollisuudelle

Kuvassa oleva laitos Ranskassa on tehollaan 500 tn/h. Suurin lohkokoko on n. 6 tonnia. Syöttäjä on siilon alla, karkeaseula eroittaa — 80 mm aineksen ennen murskaajaa.

Eliptex-syöttäjä
Tyyppi E-13. 60" x 216"
Paino 13.100 kg.
Iskunpituus 10 mm.
Kierrosluku säädettävä
350—800
Moottori 35 hv,
kommutaattori

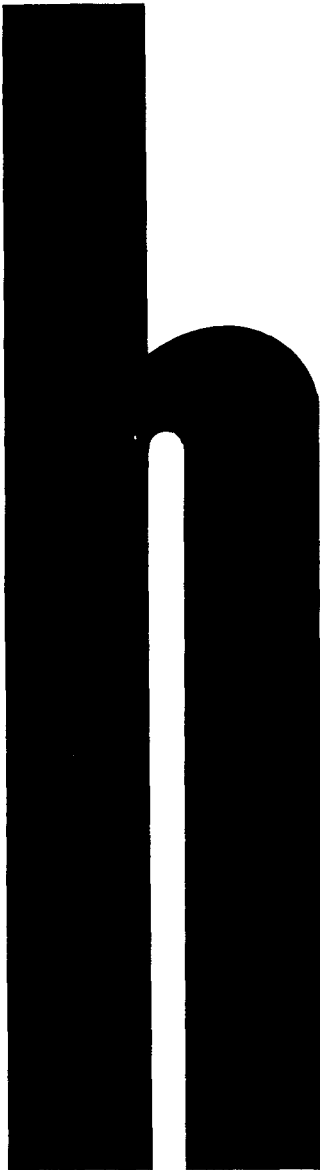
Vibrex-karkeaseula
Tyyppi: MH-16 72" x 192"
Paino 10.540 kg
Iskunpituus 15 mm
Kierrosluku 600
Moottori 45 hv



OY GRÖNBLOM AB

HELSINKI — TURKU — TAMPERE — OULU

högfors-kalvoventtiili myös kierrelitoksella



Högfors-kalvoventtiilejä valmistetaan nyt myös kierrelitoksella. Tämän vuoksi kalvoventtiilien käyttö monipuolistuu. Venttiili on SG-rautaa ja muotoiltu siten, että virtausvastus on mahdollisimman pieni. Venttiilikalvo on nylonvahvisteista neopreenikumia tai ntriilikumia. Käyttötarkoituksesta riippuen myös muut kumilaadut mahdollisia. Pyynnöstä toimitamme luettelon aineista, joita kalvo kestää. Tilauksen yhteydessä pyydämme mainitsemaan käyttötarkoituksen.

Käyttöpaine 10 kp/cm². Valmistuskoot NS 10–50.

Pyydettäessä toimitamme mielellämme Högfors-armatuuriuettelon, jossa on täydelliset selostukset kaikista valmistamistamme venttiileistä.

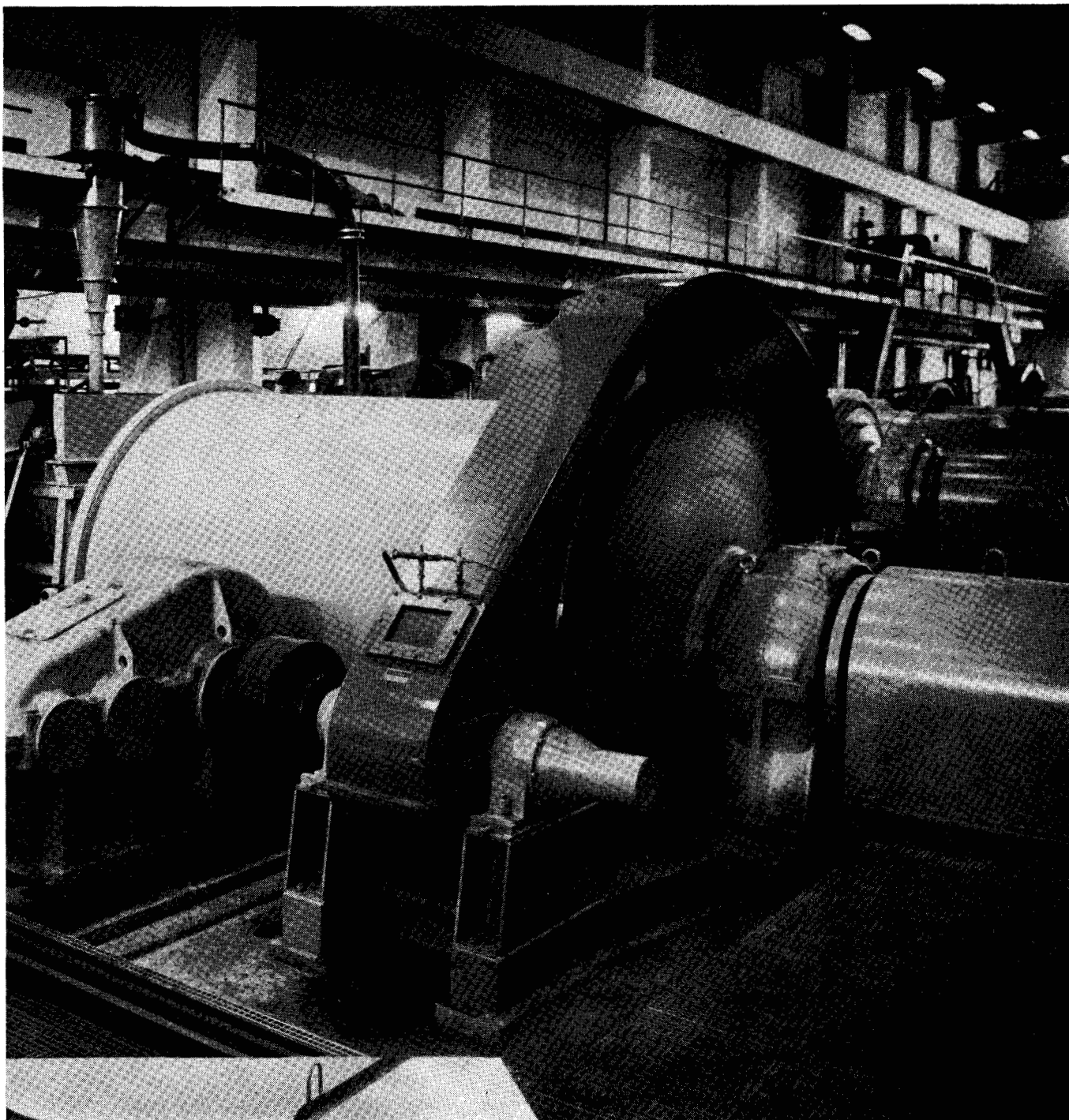
Venttiilliasioissa voitte luottaa melhin.

Det Norske Veritasin hyväksymä valmistaja.

Ottakaa yhteys myyntiosastoomme.

Kymin Osakeyhtiö Salon tehdas. Puh. 924-2991 — telex 62-152

högfors



**WÄRTSILÄN
myllyt
tehokkaaseen
jauhatukseen**

Palamalmimylly \varnothing 3200 mm x 4500 mm, joka on toimitettu vuonna 1967 Outokumpu Oy:n Vihannin kaivokselle. Tämän lisäksi olemme toimittaneet Outokumpu Oy:lle kuusi saman kokoista myllyä sekä lukuisan joukon muita myllyjä kaivos- ja keraamisen teollisuuden käyttöön.



WÄRTSILÄ

HELSINGIN TEHDAS

hydrauliset puomit kaivos- ja tunnelitöihin



Atlas Copco

Atlas Copcon hydrauliset puomit tehostavat ja nopeuttavat huomattavasti louhinta- ja kaivostöitä. Niitä toimitetaan kolmea eri tyyppiä: kiinteitä, teleskooppipuomeja sekä kahta erilaista rotapuomia. Puomien monipuolisuus, kätevyys ja niiden suuri ulottuvuus ovat vertaansa vailla. Puomit on suunniteltu mm. tarkkuusporausta varten. Ne pysyvät automaattisesti vaakasuorassa asennossa. Keskustelkaa kanssamme vaatimuksistanne.

JULIUS TALLBERG

ATLAS·COPCO·MYYNTI

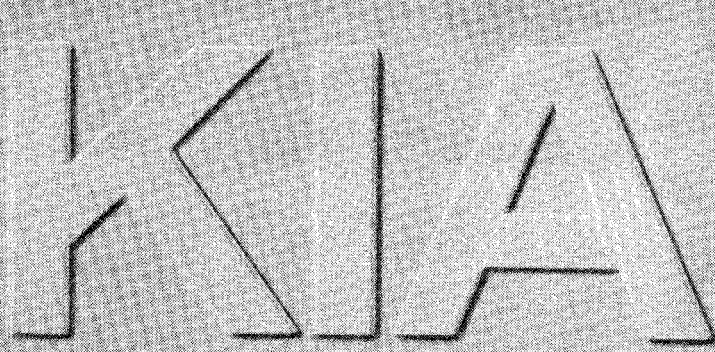
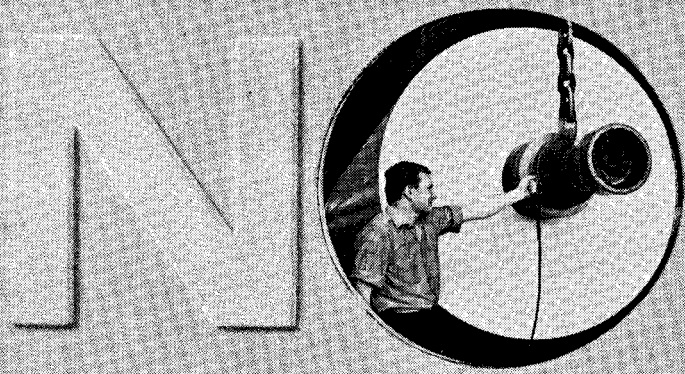
Vattuniemenk. 2, Lauttasaari, Helsinki 21,
puh. 670112, telex 12-1601

Myyntikonttorit:

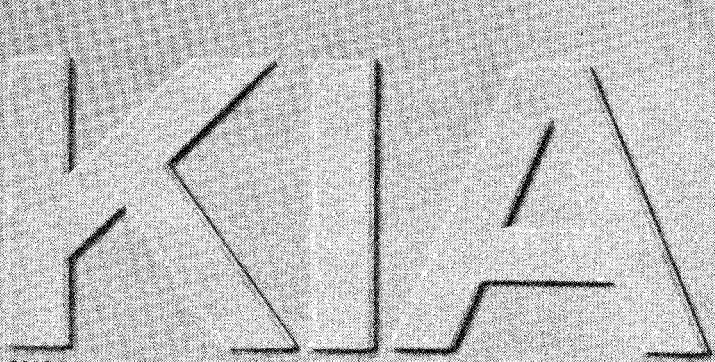
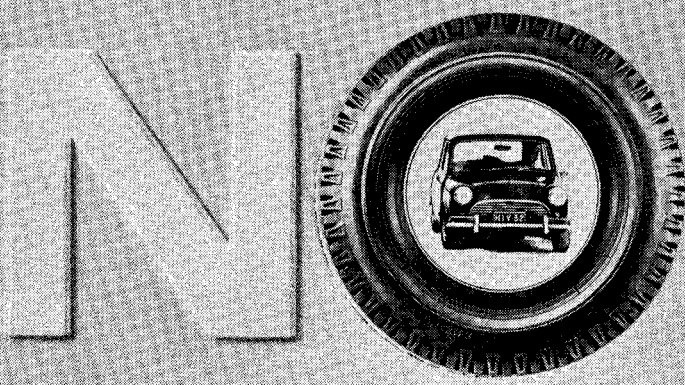
Tampere, Järvensivuntie 71. Puh. 50 023 ja 50 024

Kuopio, Likolammentie 16. Puh. 14 418 ja 14 419

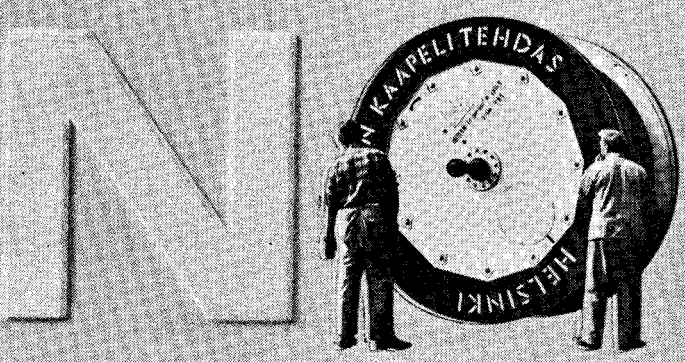
Kokkola, Niittykatu 2. Puh. 11 185 ja 11 186



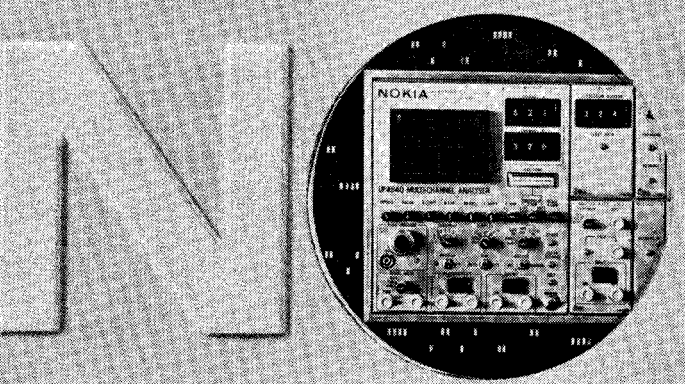
PUUNJALOSTUS- JA VOIMATEOLLISUUS



SUOMEN KUMITEHDAS



SUOMEN KAAPELITEHDAS

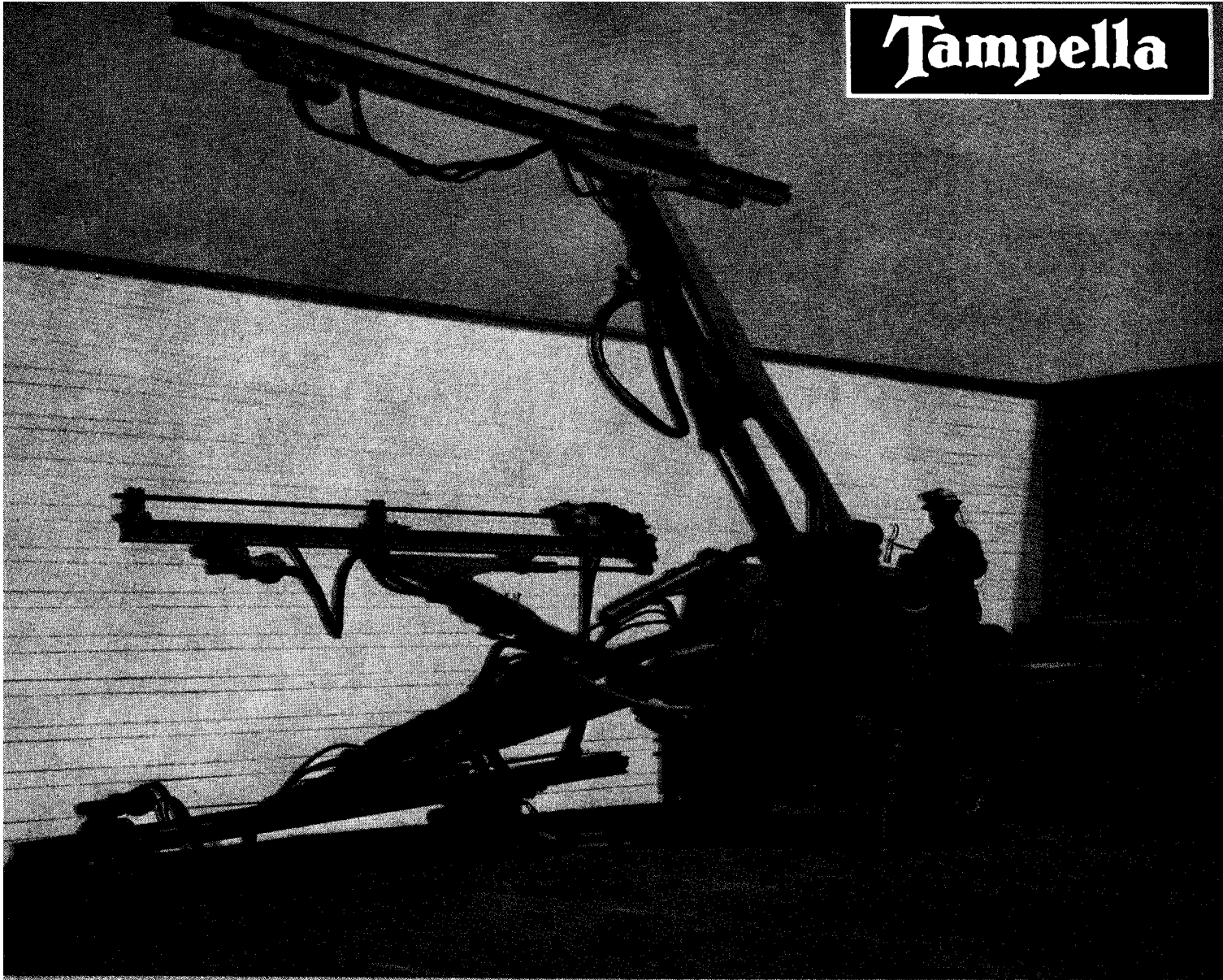


ELEKTRONIIKKA

Keskittetyt voimavarat ja kokemus yhdistävät tehokkaasti OY NOKIA AB:n omille aloilleen erikoistuneet teollisuudenhaarat. OY NOKIA AB tuottaa selluloosaa, paperijalosteita, kumijalkineita, renkaita, teknillisiä kumituotteita, johtoja, kaapeleita, kondensaattoreita, kevytmetallituotteita, teollisuuselektronikkaa, viestitekniikkaa ja putkia.

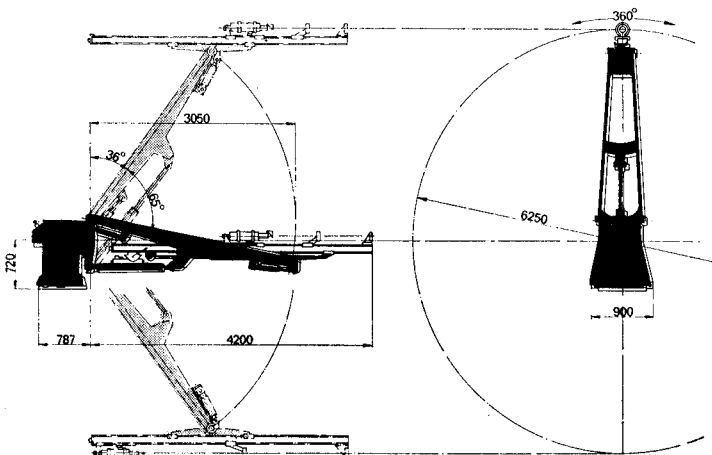
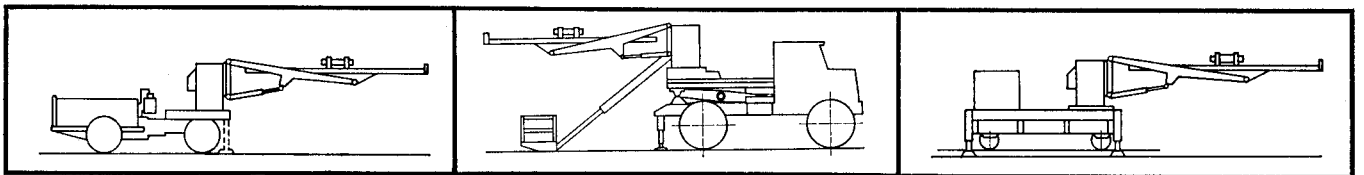
OY NOKIA AB

Tampella



Tampella-puomeja asennettuna Paramatic-jumboon Kanadassa, jonne on ostettu jo yli 40 puomia.

tunnelin ajoon tampellan rotapuomit



Tampellan kehittämä uusi **Rotapuomi RP 625** on patentoidulla yhdensuuntaisuusautomaatiikalla varustettu pyörivä puomyksikkö, jota käytetään erilaisille alustoille asennettuna perien ja tunnelien ajoon.

Asentamalla RP 625 Tampellan kääntöpöydälle TT 96* saadaan tyyppi RP 625 K, joka soveltuu yhdensuuntaisavauksen lisäksi myös aurakiila-avaukseen.

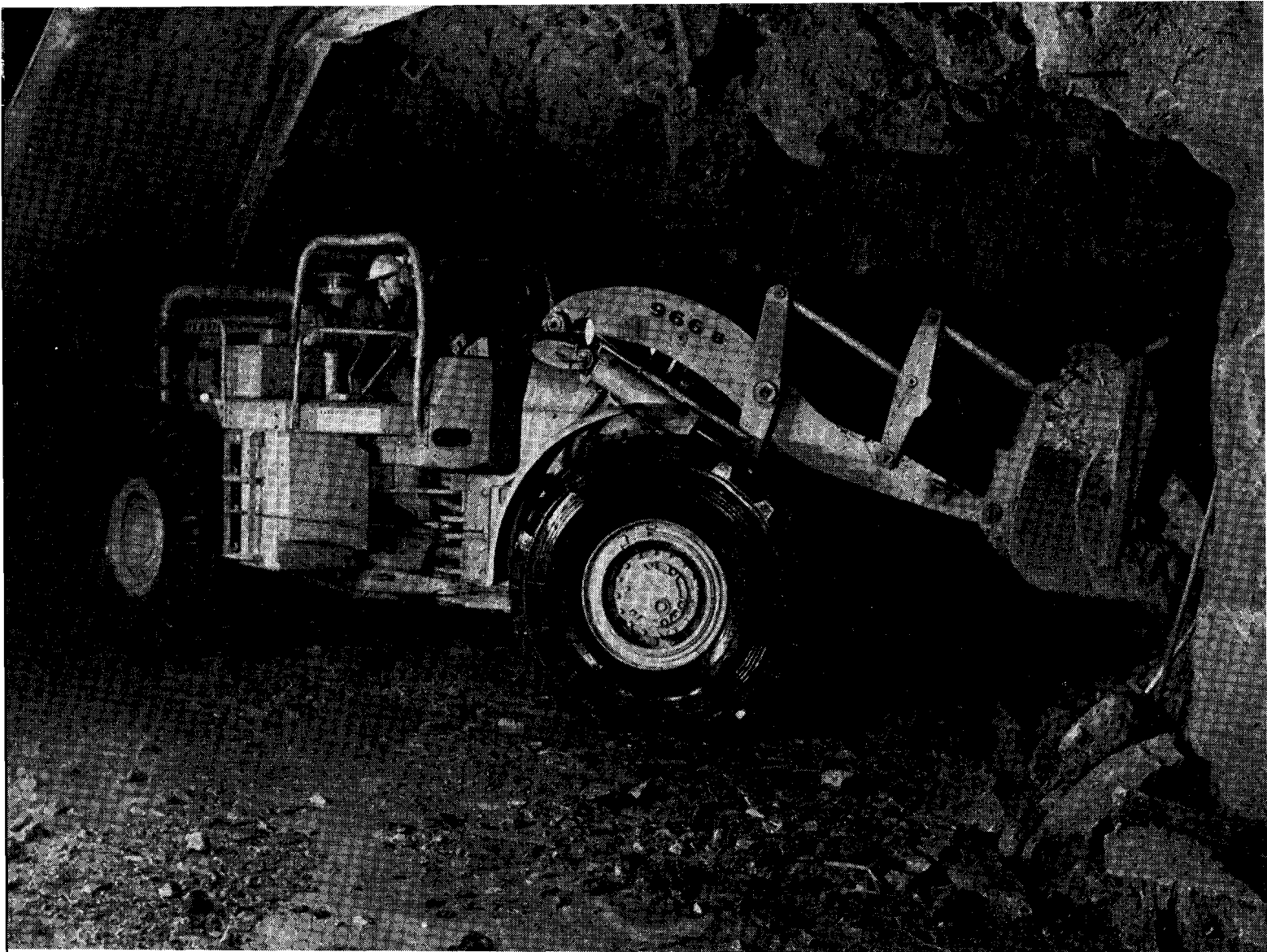
* patenti haettu

OY TAMPELLA AB • KONEPAJA • TAMPERE

Myynti:

Oy Telko Ab

Helsinki, Tampere, Turku, Oulu, Rovaniemi



Matalaprofiilinen Caterpillar 966 pyöräkuormaaja työssä suomalaisella kaivoksella.

MATALAPROFIILINEN CATERPILLAR 966 nykyaikaista voimaa erikoiskäyttöön

Caterpillar Tractor Co. on maailman suurin maansiirtokoneiden valmistaja. Caterpillar*) pyöräkuormaajat tunnetaan perusteellisesti tutkitusta rakenteestaan ja vuosia edellä olevasta laadustaan. Caterpillar pyöräkuormaajat edustavat nykyaikaista

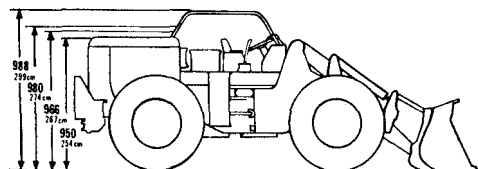
voimaa, monipuolisuutta, tehokkuutta ja turvallisuutta.

Suurina sarjoina valmistettavan kestävän Caterpillar koneen etuja voidaan käyttää hyväksi myös maanalaisten kaivostunneleiden erikoistöissä.

Cat 966 pyöräkuormaaja voidaan saada yksinkertaisella rakennemuutoksella matalaprofiiliseksi — näin se soveltuu erityisen hyvin tunnelityökentelyyn. Koneen rakenne voidaan tarvittaessa muuttaa takaisin normaalkonetta vastaavaksi.

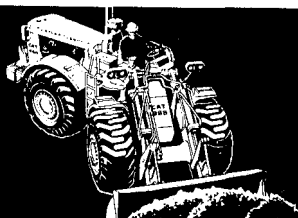
Kuljetustunnelien rakentamisessa säästetään aikaa ja kuluja, jos tunnelit voidaan rakentaa pieniprofiiliseksi ja mataliksi. Kiskottomaan kuljetusjärjestelmään voidaan siirtyä turvallisesti mielin, sillä materiaalin-

käsittelykoneet — Caterpillar traktorit — ovat käyttövarmoja. Ei seisokkeja, ei käyttöhäiriöitä. Cat pyöräkuormaajien pakokaasujen puhdistus voidaan järjestää erittäin tehokkaaksi — näin varmistetaan tunnelitöissäkin työntekijöiden turvallisuus.



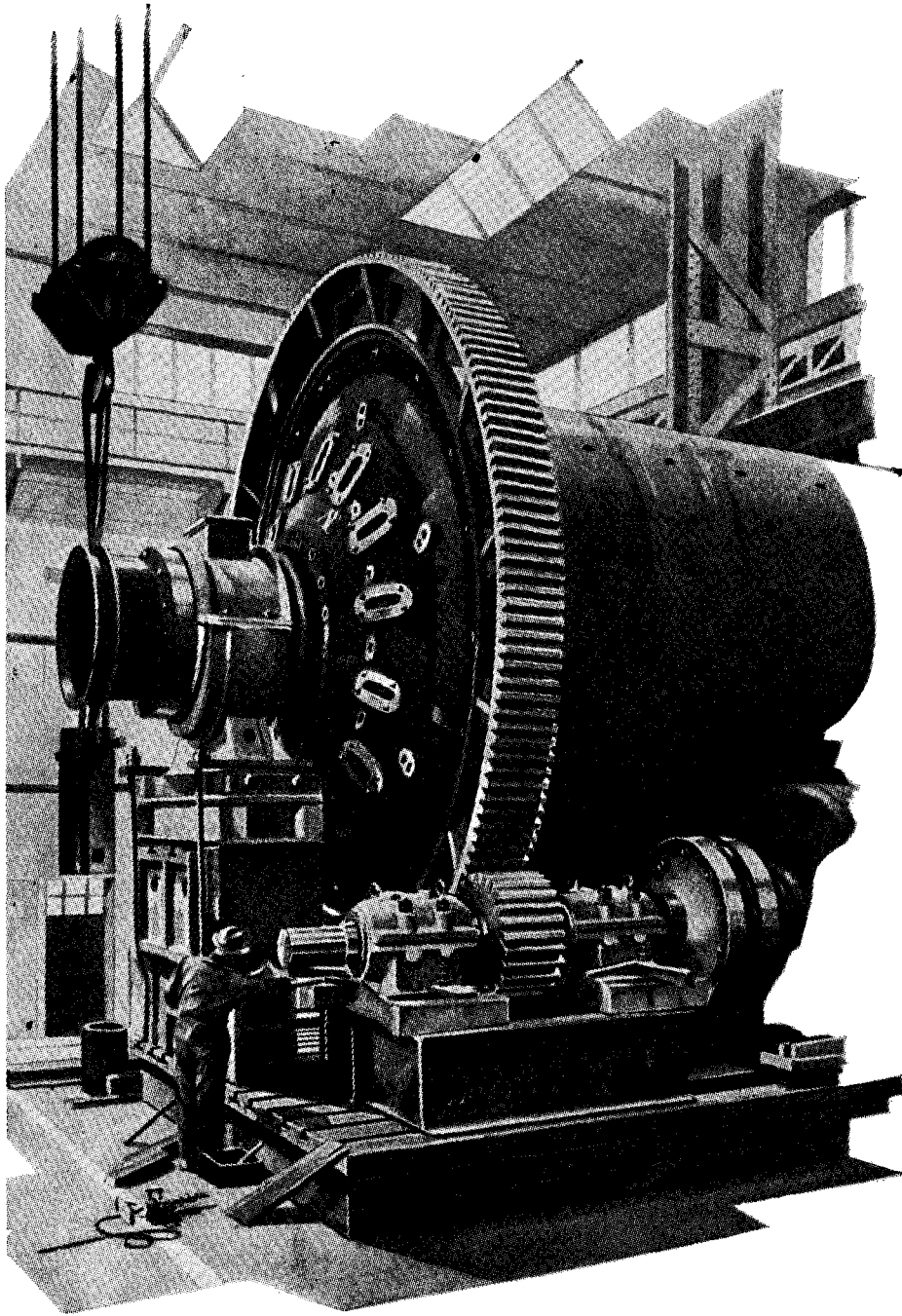
CATERPILLAR
MAANSIIRTOKONEITA
myy ja huoltaa
WIHURI-YHTYMÄ OY
WITRAKTOR
HELSINKI — TAMPERE — ROVANIEMI

CATERPILLAR



NYKYAIKAISTA VOIMAA

*) Caterpillar ja Cat ovat Caterpillar Tractor Co:n tavaramerkkejä.



⋮
**Kova
nimi
kaivos-
ja
rikastus-
teolli-
suudessa**



HUMBOLDT

Murskaajia:

Karamurskaajia, kartiomurskaajia, leukamurskaajia, vasaramurskaajia, iskumurskaajia.

Rikastuslaitteita:

Vaahdotuskennoja, Sink-Schwimm-laitteistoja, magneettisia erottajia

Jauhatuslaitteita:

Kuulamylyjä, tankomylyjä, tärymylyjä, putkimylyjä, jauhatuskivatusyksikköjä

Vedenpoistajia:

Sakeuttajia, rumpu-imusuotimia, keskipakoisseuloja, keskipakoislinkoja

Raesuuruden säännöstelijöitä

Spiraaliuokittelijoita, raappaluokittelijoita, ilmaluokittelijoita, täryseuloja

Kuljetuslaitteita:

Tärykuljettimia, ketjukuljettimia, lietepumppuja

MACHINERY

TEOLLISUUSK.29, HELSINKI, PUH. 716 711

Klöckner - Humboldt - Deutz Ag, Köln

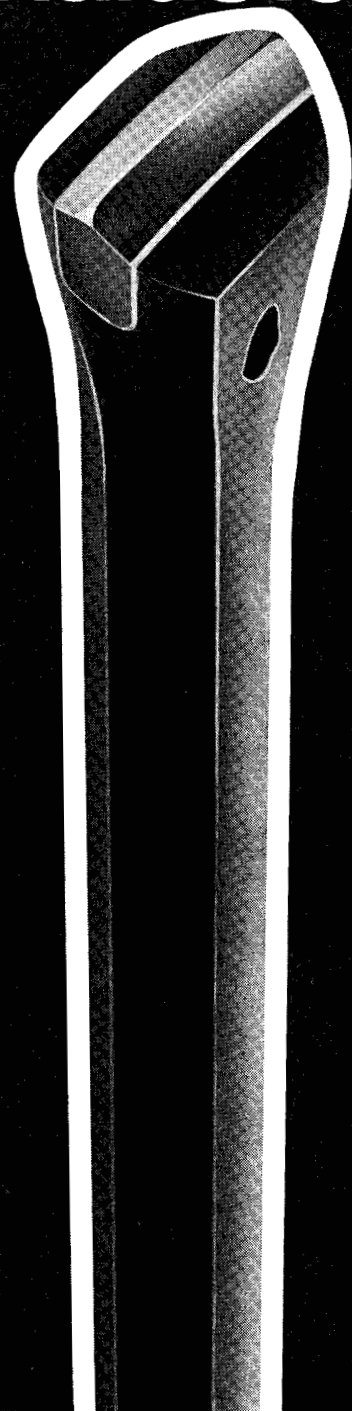
KOMETA

kalliopora-
kalusto

KOMETA

KOMETA

KOMETA



Suomalaista vientilaatua kautta linjan.
Tutkittu ja koeporattu ankarissa olosuhteissa.
Kuulapuhallettu. Korroosiosuojattu.
Laatutakuu. Se on Kometa.

kallioporat • jatkotangot • meisseliterät • kruunut

OY KOVAMETALLI AB
HELSINKI

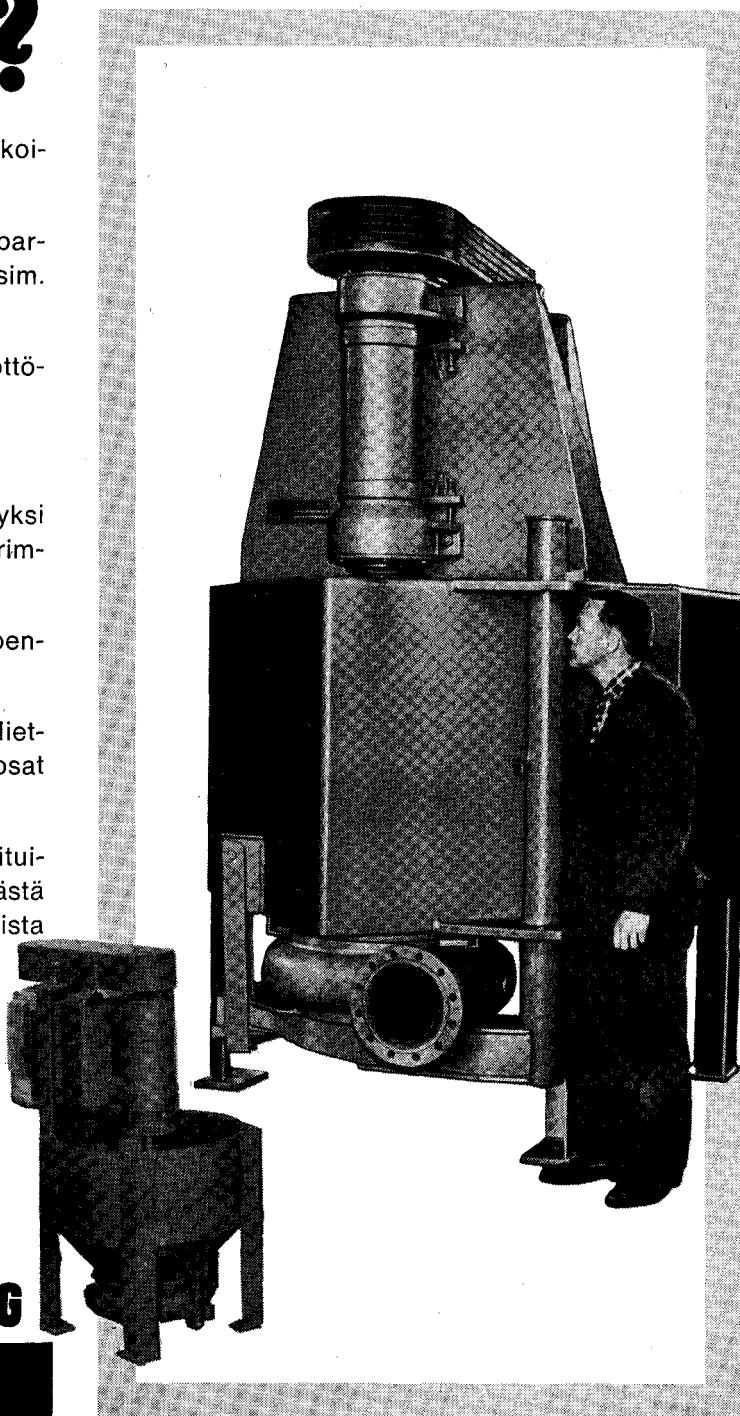
KOMETA
kannattaa
valita

SALA

löydättekö lietepumppua joka olisi sopivampi työhönne?

SALAN uusien pystypumppujen erikoisuudet:

- Suoritusarvot samaa luokkaa kuin parhailla vaaka-akseli pumpuilla – esim. SALA-tyypillä "VASA".
- helppo asentaa, ei erillistä syöttösäiliötä
- ei akselitiivisteitä
- kulutusosat helposti vaihdettavissa, yksi mies pystyy vaihtamaan myös suurimman pumpun osat
- sopiva myös ilmaa sisältäville suspensioille
- myös happamille lietteille – kaikki lietteen kanssa kosketuksiin joutuvat osat voidaan kumioida
- vaihdettavat kulutusosat joko kumioituna, Ni-Hard valusta, haponkestävästä teräksestä tai sintratusta piikarbidista
- saatavissa 7 eri kokoa aina 8000 l/min tehoon saakka
- Valmistaja:
Sala Maskinfabriks Ab



JULIUS TALLBERG

VUORITEKN. OS.
Aleksanterink 21 H:ki 10
Box 10210 Puhelin 13 611



**JATKUVA
HALLITTU
MATERIAALISYÖTTÖ
MAGNEETTITÄRYSYÖTTÄJILLÄ**

Automatio ja kauko-ohjaus vaativat prosessien syöttövaiheissa luotettavia säädettäviä syöttölaitteita.

Tähän tarkoitukseen on kehitetty WEDAG-syöttäjä Jeffrey-lisenssin pohjalta parannettuna.

Portaaton säätö nollasta maksimiin.

Kuluvat pinnat varustettu helposti vaihdettavilla kulutuslevyillä, kumi- tai muovipäällystyksellä.

Tärytin vankkarakenteinen ilman kuluvia osia.

Syöttäjät varustettavissa myöskin säleiköllä.

Saman periaatteen mukaan myös putkisyöttäjiä, rännikuljettimia ja syöttövaakoja (Waytrol).

WEDAG

WESTFALIA DINNENDAHL GRÖPPEL AG · 463 BOCHUM

VUORIKONE OY HELSINKI 10, ALEKSANTERINKATU 48, 65 55 19, 65 55 43

692

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN r. y.

Hallitus: dipl.ins. Börje Forsström, puheenjohtaja, yli-ins. Erkki Hakapää, varapuheenjohtaja, fil.maist. Rolf Boström, teollisuusneuvos Arne Heino, yli-ins. Anders Jernström, ylijohdaja Vladi Marmo ja dipl.ins. Per Westerlund.

Rahastonhoitaja: dipl.ins. Paavo Maijala, Outokumpu Oy, Oksasenkatu 4 b A, Helsinki 10, puh. 44 05 11.

Sihteeri: dipl.ins. Erik Jakowleff, Oy Vuoksenniska Ab Lauttasaarentie 48, Helsinki 20, puh. 67 00 91.

Kaivosjaosto: dipl.ins. Jarmo Soininen, puheenjohtaja, tekn.lis. Kaarlo Hakalehto, sihteeri, TKK, Otaniemi, puh. 460 144.

Metallurgijaosto: yli-ins. Toivo Toivanen, puheenjohtaja, dipl.ins. Rauno Seeste, sihteeri, Outokumpu Oy, Töölönkatu 4, Helsinki 10, puh. 44 05 11.

Geologijaosto: fil.maist. Tor Stolpe, puheenjohtaja, fil.maist. Pentti Markkanen, sihteeri, Oy Peratek Ab, Heikkiläntie 8 B, Helsinki 20, puh. 67 35 96.

Toimitus: dipl.ins. Paavo Maijala, päätoimittaja, virkapuh. 44 05 11, prof. Paavo Asanti, apulaistoimittaja, virkapuh. 46 00 11, rouva Kaija Marmo, toimitussihteeri, puh. 46 21 92. Toimituksen osoite: Otaniemi Otakallio 2 B 19.

Ilmoitushinnat: kansisivu 600:—, muut sivut 450:—, puolisivu 300:— ja neljännessivu 200:—.

Lehti ilmestyy kahdesti vuodessa.

N:o 2

1968

26. VUOSIKERTA

Näkymiä prosessimetallurgian viimeaikaisesta kehityksestä

(II OSA)

Prof. M. H. Tikkanen, Teknillinen korkeakoulu, Otaniemi

Ei-rautametallien osalta on viimeaikainen kehitys luonnollisesti ollut paljon monitahoisempaa kuin raudan ja teräksen metallurgiassa. Kuitenkin on tässä kehityksessä selvästi havaittavissa samankaltaisia piirteitä kuin mitä olen edellisessä osassa osoittanut teräsmetallurgian alalla; nimittäin prosessikinetiikan tehostaminen ja uusien menetelmien lisääntyvä käyttö.

Liekkisulatusprosessin läpimurto

Vaikka ensimmäinen tuotantomittakaavassa toimiva liekkisulatusprosessi, Outokummun Harjavallan tehtaiden kupariprosessi, otettiin käyttöön jo parikymmentä vuotta sitten, ei sen hyväksyminen ulkomailla tapahtunut kädenkäänteessä. Tavallaan tämä on hämmästyttävää, kun ottaa huomioon sen suunnattoman edistysaskeleen, jonka tämänkaltaisen prosessi tekee mahdolliseksi. Siinä on ensinnäkin korvattu kaksi erillistä työvaihetta, pasutus ja kivilulatus, yhdellä ainoalla vaiheella, liekkisulatuksella, ja toiseksi siinä on pystytty kasvattamaan uuniyksikön kapasiteettia tavattomasti lisäämällä

reaktionopeutta reaktiokineettisten tekijöiden avulla. Vaikka International Nickel Company siirtyi jo 1950-luvulla käyttämään tätä menetelmää nikkelin valmistuksessa, on liekkisulatusprosessin edelleen kehittäminen jäänyt käytännöllisesti katsoen Outokumpu Oy:n osaksi. Siten ovat syntyneet kupari- ja nikkeliprosessien lisäksi lyijyn ja pyriitin liekkisulatusmenetelmät, joista tosin lyijyprosessi on toistaiseksi raaka-ainevarojen puutteessa jäänyt koetehdasasteelle.

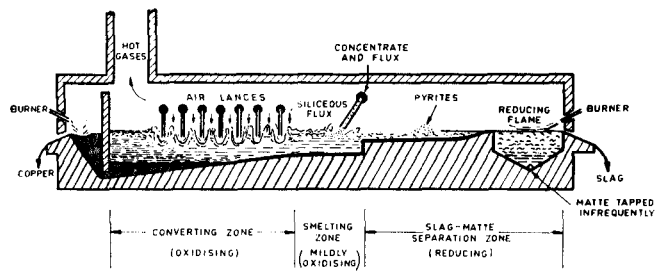
Kuluvan vuosikymmenen aikana on ulkomaailman mielipide kuitenkin selvästi muuttumassa liekkisulatuksen osalta. Tästä ovat selvänä todisteena Outokumpu Oy:n suunnittelemat kuparisulatot Japanissa, Intiassa, Turkissa ja Romaniassa sekä näiden lisäksi eri maiden vilkas mielenkiinto pyriittisulatusprosessiin. Täydellä syyllä voidaan sanoa, että liekkisulatus on vihdoin lyönyt itsensä läpi suuressa maailmassa. On syytä uskoa, että nykyinen kehitys tulee jatkumaan vielä entistä nopeammin varsinkin pyriittisulatuksen osalta, koska maailman rikintarve tuntuu kasvavan loputtomasti.

Tässä yhteydessä tekee mieli hieman kosketella kysymystä siitä, miksi tällaisen uuden ja kieltämättä edulli-

sen tuotantoprosessin leviäminen on ollut näinkin hidasta. Syynä ovat luonnollisesti monet eri tekijät, mutta yhtenä oleellisesti vaikuttavana syynä on varmasti ollut maamme pieniä, epäedullinen sijainti sekä tietämättömyys teknillisestä tasostamme. Yleistähän on, että kaikkialla odotetaan teknillisen kehityksen olevan nopeinta suurissa teollisuusmaissa, mistä johtuen pienempien maiden tuloksiin suhtaudutaan epäluuloisesti. Hyvänä esimerkkinä ja liekkisulatusprosessiin sopivasti vertailtavana voidaan mainita Itävallassa kehitetty LD-menetelmä teräksen valmistuksessa. Sekin kehitettiin jo 1940-luvulla, mutta vasta 1960-luvulla se on pystynyt lyömään itsensä läpi USA:ssa. Uuden tuotantomenetelmän käyttöönotto riippuu paitsi teknillisistä myös taloudellisista seikoista sikäli, että suurissa teollisuusmaissa ei toimivien tehtaiden romuttaminen ja uusien rakentaminen niiden tilalle useinkaan ole kannattavaa, vaikka uuden menetelmän tuotantokustannukset jäisivätkin selvästi pienemmiksi.

Ratkaiseva osuus uusien menetelmien kehittämisessä ja niiden myynnissä ulkomaille on tehokkaalla tutkimustoiminnalla, jonka on ulotuttava laboratoriomittakaavasta riittävästi mitoitettuun koetehdassysteemiin. Uskoisin, että nimenomaan Outokumpu Oy:n menestyksellinen toiminta on ollut mahdollista siksi, että sen ylin johto on ensimmäisenä maassamme ymmärtänyt tutkimustoiminnan suuren merkityksen ja luonut sille tarpeelliset edellytykset (kuva 1).

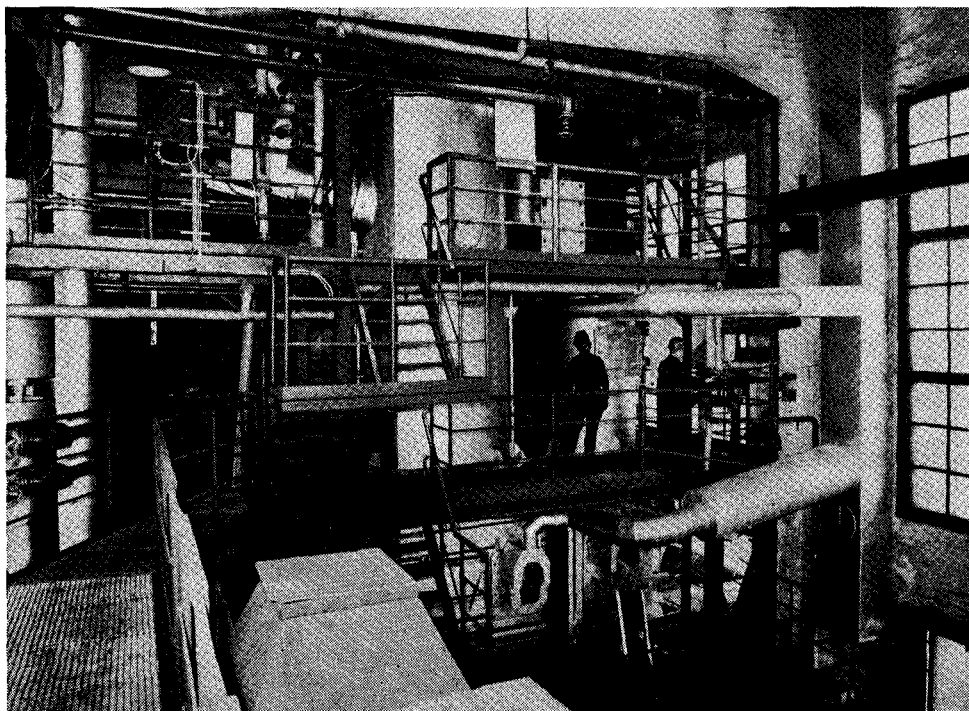
Olisi erittäin mielenkiintoista tietää, mihin suuntaan esimerkiksi kuparin liekkisulatusprosessi aikanaan tulee kehittymään. Periaatteessahan on mahdollista käsitellä rikaste yhdessä ainoassa reaktorissa suoraan metalliseksi kupariksi. Eri asia tietenkin on, kannattaako tällainen pyrkimys vai ei. Esimerkkinä tämänsuuntaisista pyrkimyksistä mainittakoon nk. Worcra-prosessi (kuva 2), jolla koelaitosmittakaavassa väitetään valmistetun kuparia suoraan rikasteesta.



Kuva 2. Kaaviokuva jatkuvatoimisesta kuparinvalmistuksesta (Worcra-prosessi), jonka ilmoitetaan toimineen pilot-mittakaavassa Australiassa.

Jauhemetallurgian mukaantulo prosessiteollisuuteen

Metallijauheiden ja nimenomaan rautajauheen käyttö jauhemetallurgiassa erilaisten tuotteiden valmistukseen on suhteellisen vanhaa perua. Varsinaisessa prosessimetallurgiassa on metallien valmistus jauhemuodossa suhteellisen uutta. Ennen viime suursotaa se rajoittui käytännöllisesti katsoen karbonyylinikkelin, sekä wolframija molybdeenijauheiden valmistukseen, mutta sodan jälkeisinä vuosina tähän ryhmään liittyi useita muita harvinaisia metalleja kuten titaani, sirkoni, tantaali, beryllium ym. Kaikissa näissä tapauksissa nikkeliä lukuunottamatta valmistus jauhemuodossa johtui siitä, että tavanomukaisia valmistusmenetelmiä ei voitu syystä tai toisesta käyttää. Viime vuosikymmenen aikana kuitenkin nk. Sherritt-Gordon-menetelmän ansiosta osa nikkelin ja kobolttin tuotannosta valmistetaan jauhemaisina metalleina, joista levynvalmistus tapahtuu sulatusta välttämättä suoraan jauheesta (kuva 3). Edellisten metallien lisäksi on myös kuparin valmistusta yritetty samaa tietä käyttäen, mutta toistaiseksi tuloksetta. Kuten tunnettua



Kuva 1.

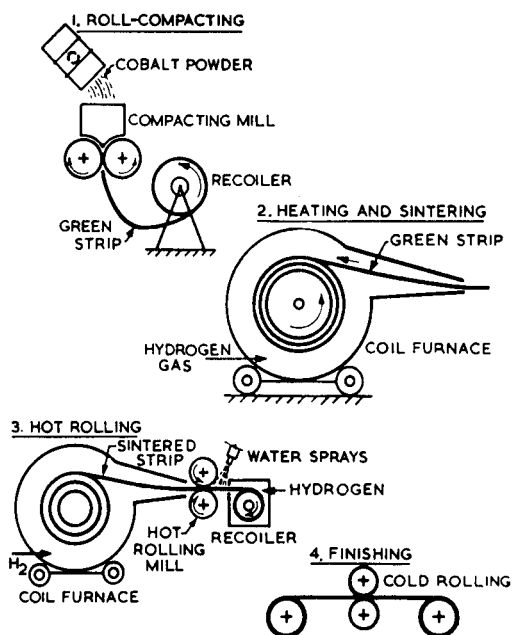
Outokumpu Oy:n uusi pilot-uuni liekkisulatus-tutkimuksiin Porin koelaitoksella.

valmistetaan meilläkin Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtailla kobolttia jauheena, joka sitten briketoidaan ja sintrataan sulatustarkoituksiin (kuva 4).

Lienee paikallaan selvittää hieman jauhemetallurgian etuja prosessimetallurgiassa. Tavanmukaisissa valmistusmenetelmissä metalli on jossakin vaiheessa sulana. Niiden metallien osalta, joiden sulamislämpötila on korkea, ja jotka ovat kemiallisesti katsoen suhteellisen epäjaloja (Fe, Ni, Co, Mn, Cr, Ti, Zr, W, Mo jne.), on huomattava, että metallisulaan aina pääsee liukenemaan epäpuhtauksia joko rikasteista tai sulatusuunista, jotka useimmiten vaikeuttavat metallin edelleenkäsitelyä tai suorastaan huo-

nontavat sen ominaisuuksia. Jos metalli valmistetaan sulatusta välttämättä suoraan kiinteäksi jauheeksi, voidaan sen puhtaus pitää erittäin korkealla ja siten välttää edellä mainitut haitat. Esimerkkinä mainittakoon, että Sheritt-Gordon-menetelmällä valmistetusta nikkelijauheesta valmistettu nikkeli levy on syväveto-ominaisuuksiltaan ylivoimainen sulatustietä valmistettuun tuotteeseen verrattuna. Yhtenä käyttökohteena, jossa mainittu ominaisuus on tärkeä, on Kanadan ja Etelä-Afrikan rahakolikoiden valmistus mainitusta nikkeli levystä.

Osa jauhemuodossa valmistettavista metalleista (Nb, Ta, Zr, W, Ce) joko valmistetaan tai ainakin voidaan valmistaa sulate-elektrolyysillä. Aikaisemmin sulate-elektrolyysiä on käytetty pääasiassa alkali- ja maa-alkalimetallien sekä alumiinin ja magnesiumin valmistuksessa kloridisulatteista, mutta viime vuosina metallurgien huomio on yhä enemmän keskittynyt fluoridisulatteisiin, joiden paremmuus kloridisulatteiden rinnalla on kieltämätön, jos kohta hyvin heikosti ymmärretty.



Kuva 3. Kaaviokuva kobolttilevyn valmistuksesta jauheesta. Oleelliset työvaiheet: jauheen valssaus ahioksi, tämän sintraus vetykaasuatmosfäärissä huokoiseksi välituotteeksi, tämän kuumavalssaus sekä viimeistely ja kylmävalssaus.

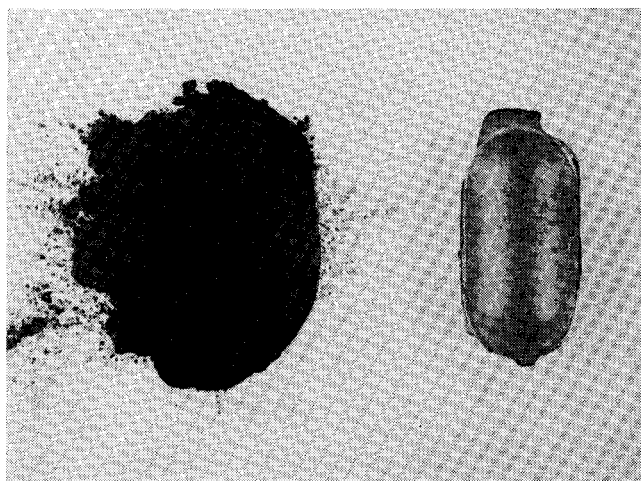
Erilaisten nk. kemiallisten menetelmien käytöstä metallien valmistuksesta

Vaikka periaatteessa kaikki prosessimetallurgian reaktiot ovat kemiallisia reaktioita, on tapana kutsua useimpia korkeissa lämpötiloissa toimivia menetelmiä pyrometallurgisiksi prosesseiksi. Näistä on tapana erottaa nk. kemiallis-metallurgisiksi useat sellaiset, joissa joko suoritetaan metalliyhdistysten kemiallista rikastamista tai muuttamista toisiksi yhdisteiksi ilman että tuloksena on sula metalli.

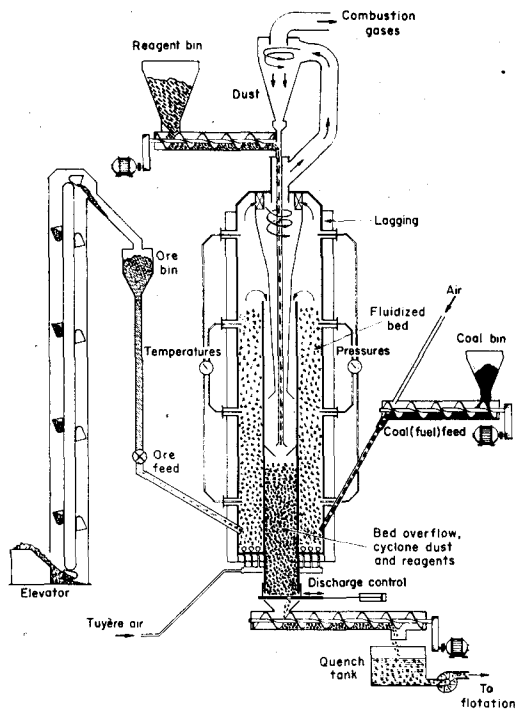
Eräänä sopivana esimerkkinä vanhan tekniikan uudistamisesta tehokkaammassa muodossa mainittakoon Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtaiden kobolttitehtaan sulfatoiva pasutus. Tässä on reaktiokinetiikkaa tehostettu antamalla sulfatoimisreaktion tapahtua leijupatjassa, jossa kosketus kiinteän pasutejauheen ja reagoivien kaasujen välillä saadaan erittäin tehokkaaksi.

Varsin mielenkiintoisen kuvan prosessimetallurgian alalta tarjoaa nk. TORCO-menetelmä, jossa köyhien kuparioksidipitoisten malmien kuparisältö saatetaan NaCl:n ja hiilen kanssa kuumentamalla erkautumaan kiinteänä metallisena kuparina, joka puolestaan erotetaan jätteestä vaahdottamalla.

Kuvassa 5 nähdään kaavio leijupatjareaktorista, jossa varsinaiset pelkistysreaktiot tapahtuvat. Nämä reaktiot ovat toistaiseksi vain osaksi selvitetty, mutta todennäköistä on, että malmin kuparioksidi reagoi HCl-kaasun vaikutuksesta kaasumaiseksi kuparikloridiksi, joka puolestaan pelkistyy vedyn avulla kuparimetalliksi sopivissa kohdin panosta. Natriumkloridilisa (n. 0,1 %) toimii tällöin katalyyttinä, jonka välityksellä kloridireaktiot tulevat mahdollisiksi. Mielenkiintoista on, että menetelmää voidaan periaatteessa käyttää myös sellaisten kuparisulfidipitoisten tuotteiden käsittelyyn, joiden rikastus ei onnistu tavanmukaisin keinoin. Tällöin tapahtuu prosessi kahdessa osassa: ensin kuumennetaan materiaali reaktiolämpötilaan hapettavissa olosuhteissa, jolloin kuparisulfidi hapettuu oksidiksi ja tämän jälkeen varsinainen metallin erotus tapahtuu pelkistävällä atmosfäärillä. Merkittävää on, että myös kulta, hopea, lyijy, nikkeli ja



Kuva 4. Outokumpu Oy:n Kokkolan Tehtailla valmistettua kobolttijauhetta sekä siitä puristettu ja sintrattu briketti.



Kuva 5. Kaaviokuva TORCO-reaktorista.

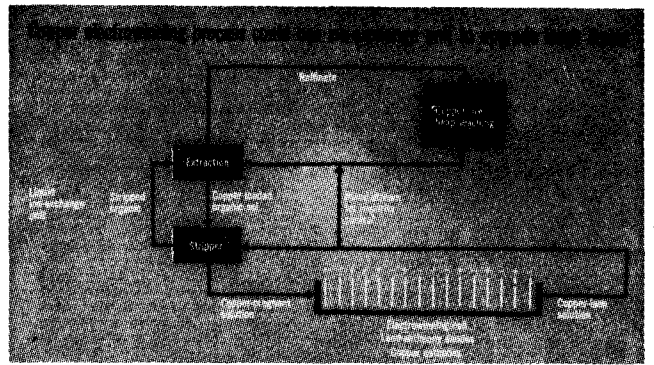
antimoni käyttäytyvät samalla tavoin kuin kupari tässä prosessissa.

Tähän ryhmään kuuluu myös INCO:n uusi karbonyylnikkelin valmistusprosessi (IPC-prosessi), jonka avulla sulfidirikasteista ja muista välituotteista tullaan valmistamaan n. 50—60.000 tonnia nikkelijauhetta vuodessa.

Hydrometallurgian ja sähkökemian saavutuksista

Ehkä eniten huomiota herättänyt hydrometallurginen uutuus suursodan jälkeisiltä ajoilta on nk. Sherritt-Gordon-prosessi, jota nykyisin sovelletaan nikkelin ja kobolttin valmistuksessa. Perusideana menetelmässä on, että ko. metallit saostetaan jauheena niiden ammoniakaalisista sulfaattiliuoksista vetykaasulla autoklaaivissa. Tunnettua on, että myös kuparin saostus on mahdollista tämän menetelmän avulla, mutta lähinnä taloudellisista syistä ei kuparia valmisteta tällä tavoin.

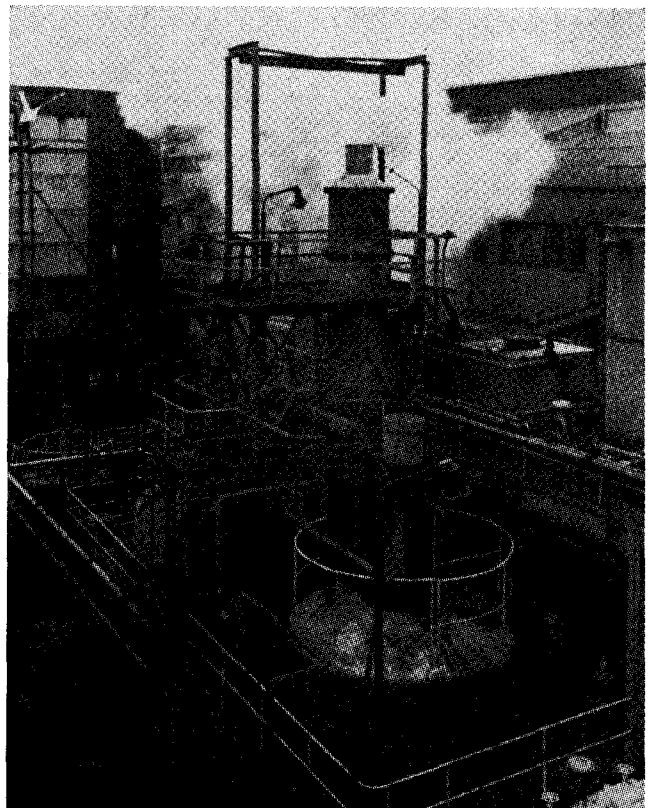
Traditionaalisen kuparin elektrolyyttisen raffinoinnin alalla on ilmeistä kehitystä tapahtumassa. Näyttää siltä, että kuparielektrolyysin virrantiheyttä, joka puolestaan muodostaa erään oleellisimmista taloudellis-teknillisistä tekijöistä ko. prosessissa, voidaan huomattavasti nostaa kennorakennetta ja elektrolyyttikoostumusta säätämällä (CCS-kenno). Edelleen on syytä mainita, että kuparin elektrolyyttinen valmistus jäteliuoksista tai köyhien malmien ekstraktioliuoksista on viime vuosien kuparinpuutteen ansiosta käynyt kiinnostavaksi myös USA:ssa, jossa on useita pilot-systeemejä kokeiltavana. Näissä on pyritty kokeilemaan sellaisten uusien ideoiden kuten orgaanisten kompleksinmuodostajien käyttöä liuosten puhdistuksessa tai väkevöittämisessä. (kuva 6). Esi-merkkinä kiinnostuksesta tällä alalla ovat lukuisat tut-



Kuva 6. Kaaviokuva elektrolyyttisestä kuparin valmistuksesta laimeista liuoksista. Ekstraktiopiirissä liuoksen kuparisältö siirretään orgaanisena kompleksina liuotinfasiin, josta se »strip-perkierrossa» palautetaan elektrolysoitavaan vesiliuokseen riittävän väkeväksi liuokseksi.

kimukset, joissa käsitellään erilaisten orgaanisten kompleksimuodostajien käyttöä nimenomaan hydrometallurgissa. Toistaiseksi tuntuu kuitenkin siltä, että suurin osa tutkimuksista on luonteeltaan puhtaasti akateemisia. Pääasiallisina syinä ovat reagenssien kalleus ja hankala regenerointi sekä sovellutusten niukkuus. Ainoastaan atomienergiateollisuuden eräiden raaka-aineiden (U, Hf), käsittelyssä tällaiset kompleksit (TBP) on otettu käyttöön tuotantomittakaavassa.

Paikallaan lienee tässä yhteydessä mainita, että Japanissa on toiminnassa laitos (kuva 7), jossa ferrosulfaatti-

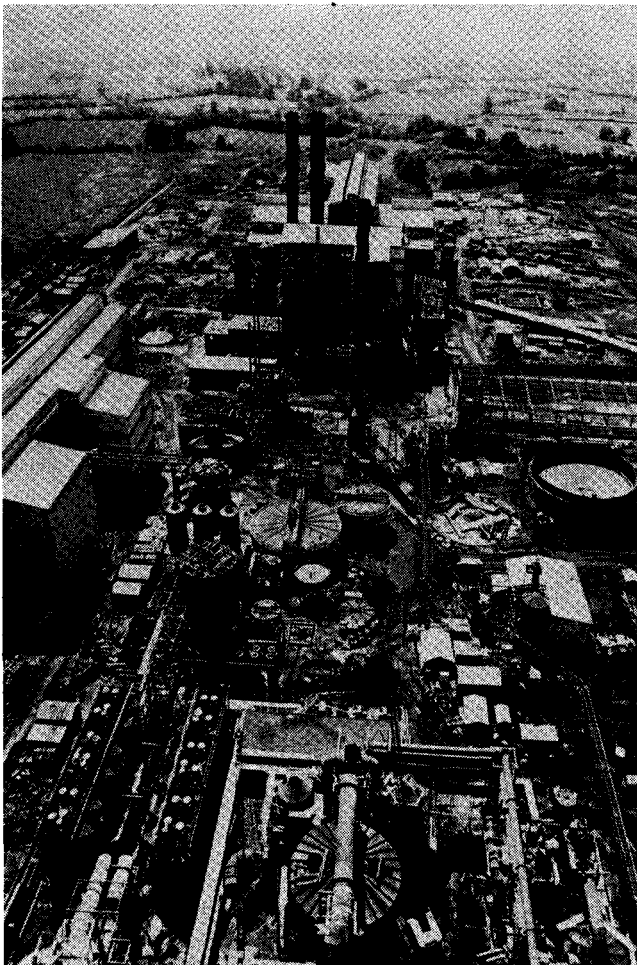


Kuva 7. Japanilaisen terästehtaan FeSO_4 -jäteliuosten käsittelylaitos, jossa liuosten rautasisältö erotetaan magneettina ja neutralointiin käytetty ammoniakki ammoniumsulfaattina.

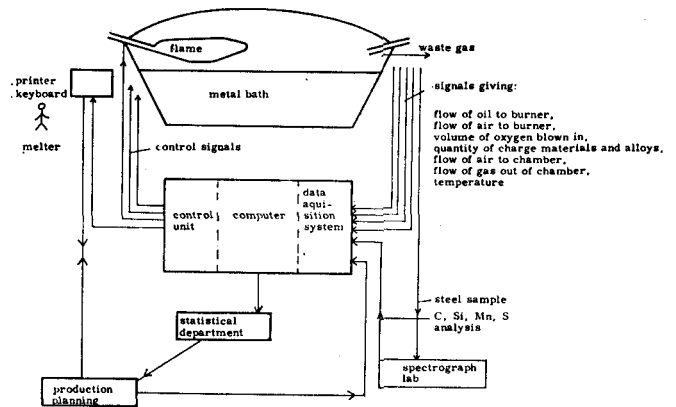
liuksesta poistetaan rauta hapettamalla se ilmapuhaluksella 70 C lämpötilassa magnetiitiksi. Reaktio edellyttää jatkuvaa neutralointia ammoniakilla, joten liukseen syntyy ferrosulfaattia vastaava määrä ammoniumsulfaattia. Olen ottanut tämän esimerkin mukaan, koska rautasulfaattiliuosten käsittelykymys on yleismaailmallinen, eikä sen lopullista ratkaisua ole toistaiseksi näköpiirissä.

Kehityksen suuntaviivoja käytännön prosessien osalta. Hapen käyttö prosessimetallurgiassa

Vaikka INCO aloitti happimetallurgian käytön nikkelin liekkisulatuksessa jo toistakymmentä vuotta sitten, ei hapen käytöllä ole ei-rautametallien osalta juuri minkäänlaista merkitystä. Kun ottaa huomioon sen ratkaisevan merkityksen, joka happimetallurgialla on nykyaikaisessa teräksen valmistuksessa, tuntuu vaikealta ymmärtää, ettei edes osittain vastaavaa hyötyä voisi olla hapen käytöstä muidenkin metallien valmistuksessa. Yhtenä esimerkkinä mainittakoon kokeilut Kennecott Garfieldin kuparisulatossa, jossa hapen avulla kuparikiven sulatuksessa saavutettiin huomattavia etuja. Luonnolliselta tuntuisi, että raakakuparin raffinoinnissa puhtaan hapen käytöllä saavutettaisiin ainakin kapasiteetin kasvua ellei muuta hyötyä.



Kuva 8. Maailman suurin sinkkimasuuni (120.000 to Zn ja 80.000 to Pb vuosituotanto) (Imperial Smelting-prosessi).



Kuva 9. Tyypillinen kaavio tietokoneohjatusta teräksen sulatuksesta.

Tuotantoyksiköiden suuruus

Raudan ja teräksen valmistuksessa on selvästi näkyvänä piirteenä tuotantoyksiköiden koon jatkuva kasvu. Uusimmat masuunit pystyvät jo lähes 2 miljoonan vuosittain tuotantoon, ja LD-konverttereiden koko on moninkertaistunut viimeisten kymmenen vuoden kuluessa. Yleisesti tarkastellen ei vastaavaa kehitystä ole näkyvissä ei-rautametallien osalta kuin parissa erikoistapauksessa. Tämä on kuitenkin luonnollista, koska ei-rautametallien tuotanto on paljon vähäisempää sekä kokonaisuutena että paikallisten esiintymien osalta. Ilmeistä kuitenkin on, että kehitys vie entistä suurempiin tuotantoyksiköihin kaikissa niissä tapauksissa, joissa mahdollisuudet ovat olemassa. Hyvä esimerkki on sinkin pyrometallurginen valmistus Imperial-Smelting-prosessia käyttäen (kuva 8). Tämä menetelmä, jonka kehitys on kestänyt vuosikymmeniä, on tällä hetkellä valtaamassa maailmaa sinkin valmistuksen alalla.

On hyvin todennäköistä, että eräänä varsin vaikuttavana esteenä tälle kehitykselle on ollut puuttuva tietous prosessidynamiikasta. Varsinkin uusien prosessien kuten liekkisulatuksen tai leijupatjaprosessien osalta on ilmeistä että yksikkökoon moninkertaistaminen kohtaa suuria vaikeuksia, koska malliteorian ja prosessidynamiikan tuki puuttuu. Vasta kun nämä disiplinaarit ovat kehittyneet ajan tasolle, tulee nopea kehitys tälläkin alalla mahdolliseksi.

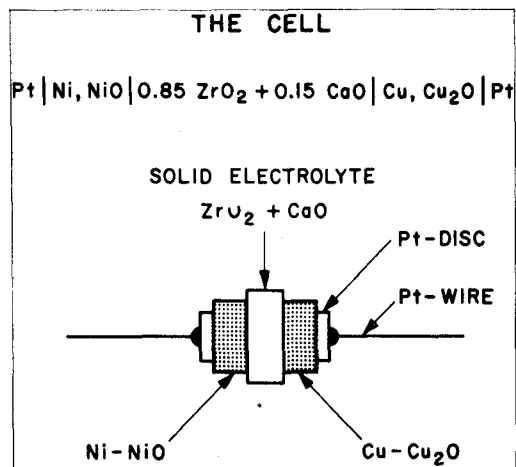
Tietokoneet ja automatisointi

Tietokonetekniikan käyttö on nopeasti leviämässä teollisuuteen. Metallurgian teollisuudessa sitä käytetään sekä masuunin valvonnassa että ennenkaikkea terästehtaissa (kuva 9). Ei-rautametallien valmistuksessa tietokoneiden käyttö on vielä vähäistä monestakin syystä. Metallurgin kannalta on tärkeää ymmärtää, että tämä osittain johtuu siitä, että nämä prosessit ovat usein erittäin monimutkaisia ja hankalia hallita. Koska tietokone ei ole yhtään sen viisaampi kuin sen ohjelmoija, merkitsee se sitä, että tietokoneiden käyttöön otto edellyttää mahdollisimman perusteellista prosessin tuntemusta. Ilmeistä kuitenkin on, että tietokoneiden käyttö laajenee tälläkin alalla varsin nopeasti, vaikka varmaa on, että silloin tällöin hankitaankin »valkoisia elefantteja».

Tutkimustoiminta

Harvoilla tekniikan aloilla on tutkimustyö yhtä hankalaa ja vaivalloista kuin pyrometallurgian alalla. Pääasiassa tutkimusalue kuuluu kemiaan, mutta valitettavasti siihen osaan kemiaa, jonka varsinaiset kemistit ovat hylänneet pääasiassa kaiketi vaikeuksia peläten.

Eräs pyrometallurgian tärkeimmistä kohteista on sulien aineiden, metallien, kuonien ja kivien rakenne ja ominaisuudet. Tältä osin ovat tietomme ratkaisevasti kasvaneet suursodan jälkeisinä vuosina. Nämä lisäykset ovat ennen kaikkea kohdistuneet metallisten liuosten ja kuonien rakenteeseen. Sen sijaan ovat tietomme sulien



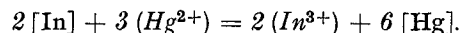
Kuva 10. Kaaviokuva happiaktiiviteetin määrittämisestä systeemissä Cu-Cu₂O (vertailuelektrodina Ni-NiO).

sulfidiseosten ja monien suolasulien osalta vielä täysin riittämättömät. Hieman parempi on tilanne kiinteiden yhdisteiden osalta, koska röntgentutkimusten sekä elektronimikroskoopin käyttö tarjoaa niiden kohdalla paljon paremmat tutkimusmahdollisuudet.

Termodynamiikan kannalta voidaan ehkä tärkeimpänä edistysaskeleena pitää nk. ZrO₂-elektrolyytin käyttöön ottoa hapen aktiiviteetin määrittämisessä. Tässä menetelmässä (kuvat 10—12) mitataan kennojännite systeemissä, jossa toisella elektrodilla on jokin metalli-metallioksidipari, jonka hapen paine tunnetaan ko. olosuhteissa. Toisen elektrodin muodostaa platinapinta tutkittavassa ympäristössä. Elektrolyytinä on kiinteä ZrO₂-CaO-seos, joka johtaa sähköä jonivakanssien välityksellä. Kun kennojännite on mitattu, voidaan mittaaselektrodin potentiaali ja sitä vastaava happiaktiiviteetti laskea vertailuelektrodin arvojen avulla. On syytä korostaa, että tämä menetelmä on tehnyt mahdolliseksi useat sellaiset mitaukset, joita tähän asti on pidetty mahdottomina suorittaa. Tällainen laitteisto on käytössä Teknillisen Korkeakoulun metallurgian laboratoriossa, jossa sitä käytetään mm. rikkipitoisten kaasuseosten happiaktiiviteetin tutkimiseen.

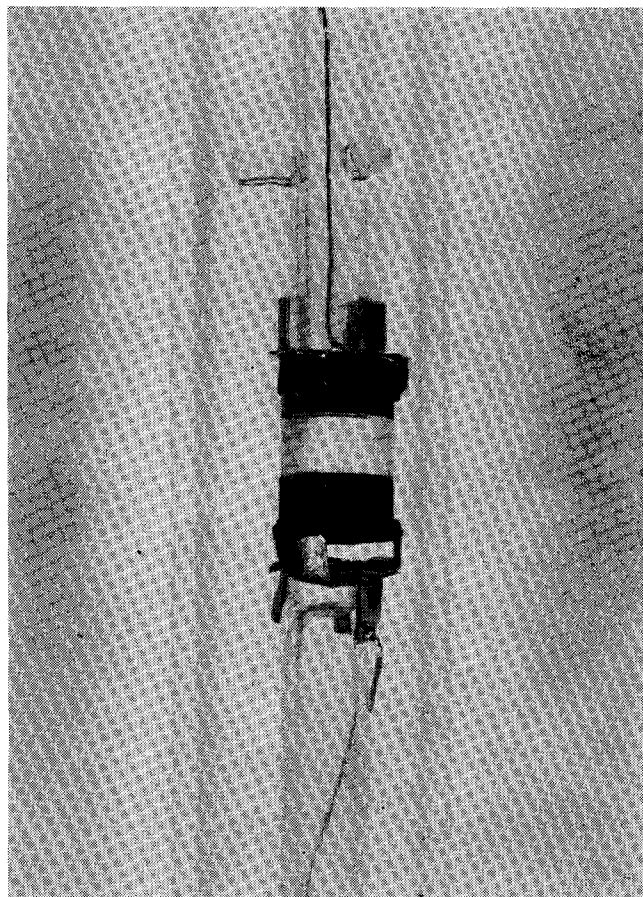
Prosessikineettinen tutkimus on, kuten jo aikaisemmin mainittiin, kautta aikojen ollut taka-alalla, koska kyseessä on äärimmäisen vaikea ala. Vasta aivan viime vuosina on kehitys tälläkin kohdalla päässyt jonkinmaiseen alkuun. Kuvassa (13) näemme erään esimerkin siitä, millä tavoin on pystytty hieman selvittämään mitä tapahtuu kun kaasukuplat nousevat nestemäisen kerroksen

lävitse. Ko. tapauksessa käytettiin sulaa metallia edustamaan Hg-In-amalgaamia, jonka lävitse puhallettiin argonkaasua. Elohoopen pinnalla oli kerros vesiliuosta, jonka viskositeettia voitiin säätää sopivilla lisäyksillä. Vesi oli kyllästetty elohopea-asetaatilla, joten sen Hg²⁺-väkevyyden pysyi vakiona. Kokeissa seurattiin vesiliuoksen In³⁺-pitoisuuden kasvua, joka aiheutui siitä, että argonkuplat toivat mukanaan indiumamalgaamia, jonka In pystyy pelkistämään Hg²⁺-jonin metalliseksi elohopeaksi

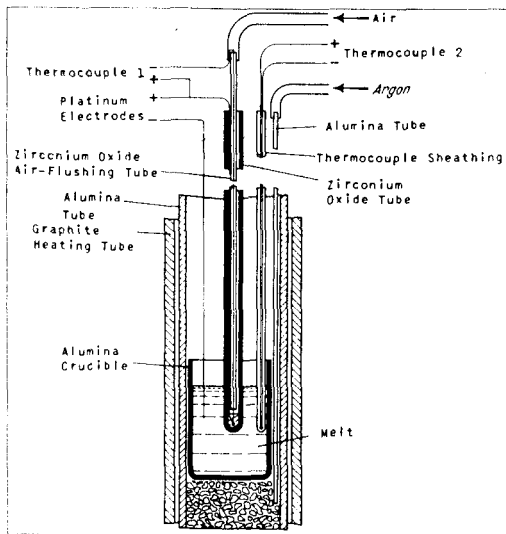


Näillä kokeilla on voitu osoittaa, että nimenomaan kaasukuplien siirtyminen metallifaasista sen yläpuoliseen faasiin tehostaa näiden faasien välisiä reaktioita paljon voimakkaammin kuin mitä olisi pääteltävissä pelkän mekaanisen sekoitusvaikutuksen perusteella. Kuten kuvista näkyy kulkeutuu kuplan mukana ohut filmi sulaa metallia yläpuoliseen faasiin, joka seikka lienee reaktiota eniten nopeuttava tekijä.

Sulien metallien atomisointiprosessit, joissa sulaa metalli jakautuu pieniksi pisaroiksi, ovat osoittautuneet erittäin tehokkaiksi nopeiden reaktioiden kannalta (vrt Spray steelmaking). Syystä onkin viime aikoina pyritty selvittämään millä tavoin kaasujen ja metallipisaroiden väliset reaktiot todellisuudessa tapahtuvat. Oheisessa kuvasarjassa (kuva 14) nähdään miten sulaa hiiliteräspisara reagoi hapen kanssa. Happi liukenee nopeasti pisaraan (alin kuva) ja reagoi siinä salamannopeasti hiilen kanssa muodostaen CO-kaasua. Tämä purkautuu pisarasta tuoden mukanaan ohuen suihkun metallia, joka hajoo entistä



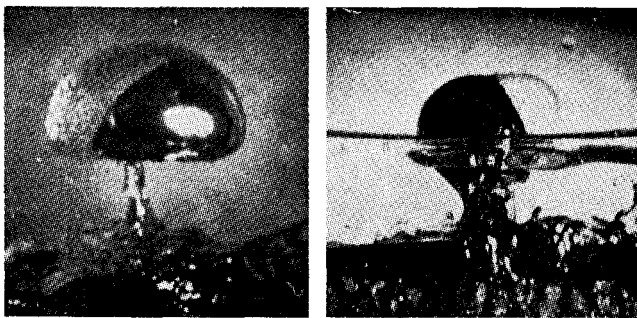
Kuva 11. Valokuva kuvan 10 mukaisesta järjestelystä TTK:n metallurgian laboratoriossa. Mittauskenno on sijoitettu läpinäkyvän kvartsiputken sisään, jossa on argonatmosfääri haitallisten hapettumisreaktioiden välttämiseksi.



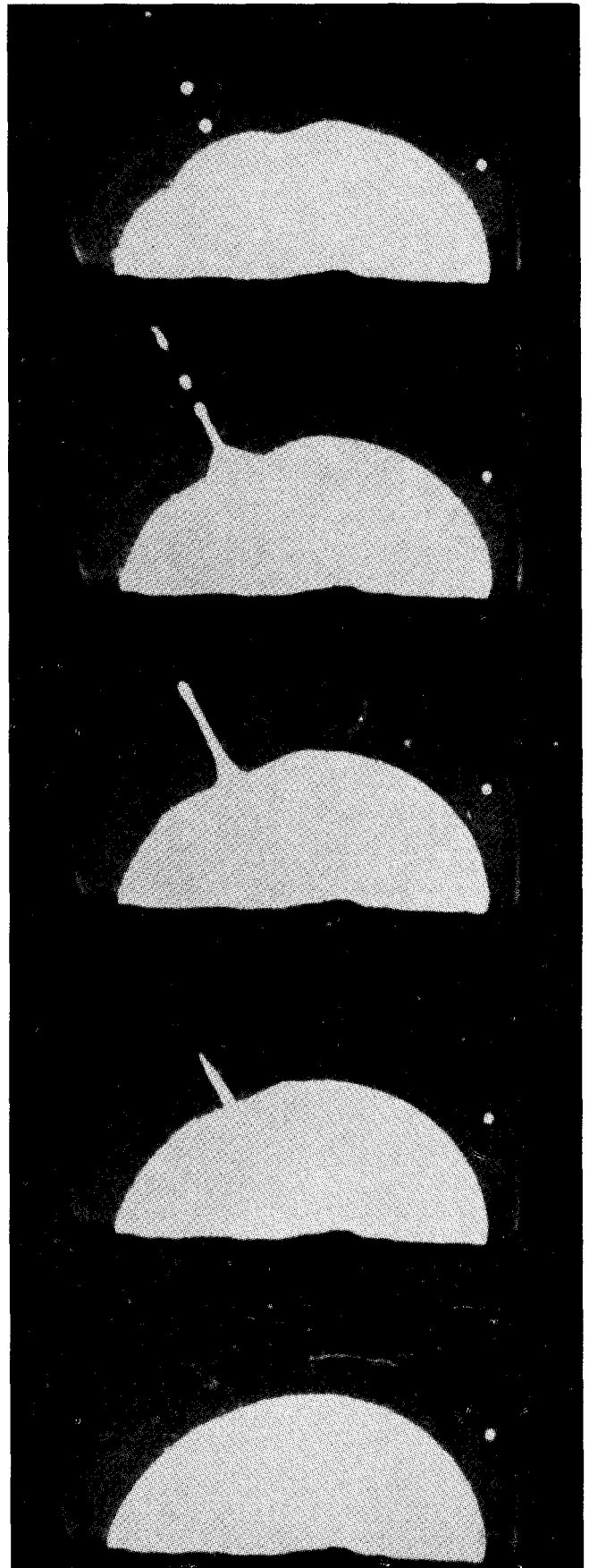
Kuva 12. Kaaviokuva happiaktiiviteetin määrittämisestä sulassa metallissa. Vertailuelektrodina on ilma-platina-systeemi, joka on sijoitettu ZrO_2 -putken sisäpuoliseen pohjaan. Putken seinämä toimii kiinteänä elektrolyytinä. Mittauselektrodina on metallisulaa upotettu platinalanka.

pienemmiksi pisaroiksi. Koska nämä puolestaan pystyvät reagoimaan ympäristön hapen kanssa, on selvää, että tämänkaltainen »ketjureaktio», jossa sulan metallin pinta-ala pystyy kasvamaan valtavan suureksi sekunnin murto-osassa, nopeuttaa kaasun ja sulan metallin välistä reaktiota määrällä, jota tuskin on voitu aavistaa.

Tämä esitys on pakostakin muodostunut hajanaiseksi ja epätäydelliseksi. Tarkoitukseni on ollut eräillä esimerkeillä valaista sitä suunnatonta teknillistä kehitystä, joka on ollut tyyppillistä suursodan jälkeiselle ajanjaksolle. Jonkinlaisena punaisena lankana, tosin ehkä paikoin vaikeasti havaittavana, on ollut teoreettisen tiedon yhä lisääntyvä sovellutus käytännön prosesseissa. Vaikka esitys saattaa antaa varsin optimistisen kuvan tämänhetkisestä tasosta, on kuitenkin syytä uskoa, että itse asiassa olemme vasta teknillisen kehityksen alussa. Paljon on tehtävä ja opittava ennenkuin voidaan ajatella laakereilla lepäämistä. Tärkeintä kuitenkin on meidän kannaltamme, että suomalaiset keksinnöt ja saavutukset ovat tuoneet Suomen metallurgian tekniikan suuren maailman tietoisuuteen tavalla, josta voimme olla todella ylpeitä.



Kuva 13. Kaksi valokuvaa argonkuplista, jotka on puhallettu systeemin pohjalla olevan indiumia sisältävän elohopeakerroksen läpi. Kuplilla on tyyppinen kalottimuoto. Vasemmanpuolisessa kuvassa näkyy kuplaa osittain peittävä elohopeakerros.



Kuva 14. Kuvasarja sulan hiiliteräspisaran reaktiosta sitä ympäröivän hapen kanssa. Kuvanopeus 4000 kuvaa sekunnissa.



Kuva 1. Keretin nostotorni, murskaamo siiloineen ja rikastamo Outokummun kaivoksella

Fig. 1. Keretti headframe, crushing plant and concentrator at the Outokumpu mine.

Outokummun rikastamon kaksivaiheinen autogeenijauhatus

Dipl.ins. Timo Heikkinen, Outokumpu Oy, Outokumpu.

»Tutkimus kaksivaiheisesta autogeenijauhuksesta Outokummussa»⁴⁻⁶ julkaistiin tämän lehden numerossa 1/1962. Julkaisusta ilmeni mm. seuraavaa:

— vuonna 1954 valmistunut Outokummun Keretin rikastamo lähti käyntiin tankokuulajauhatuksella^{1, 2}.

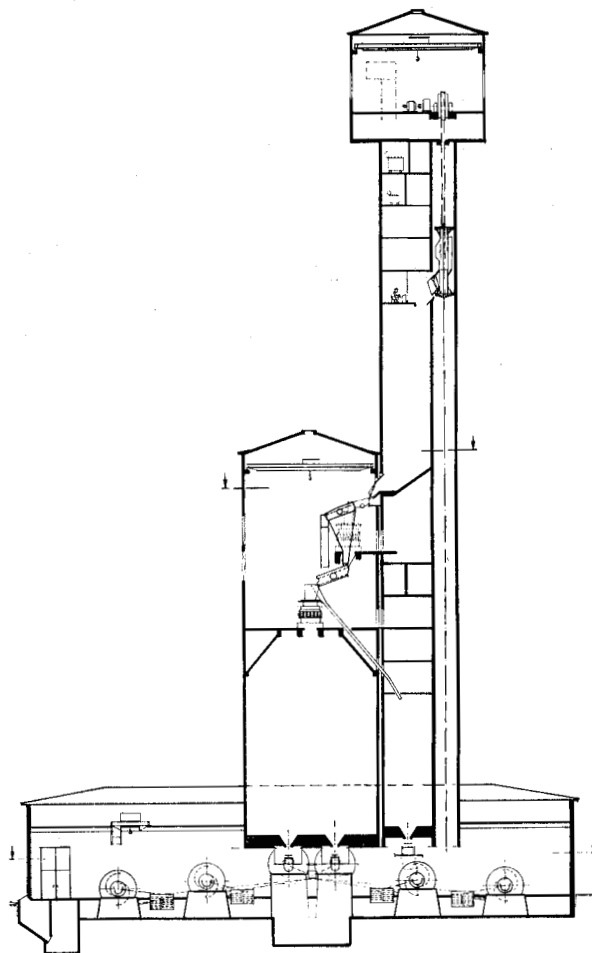
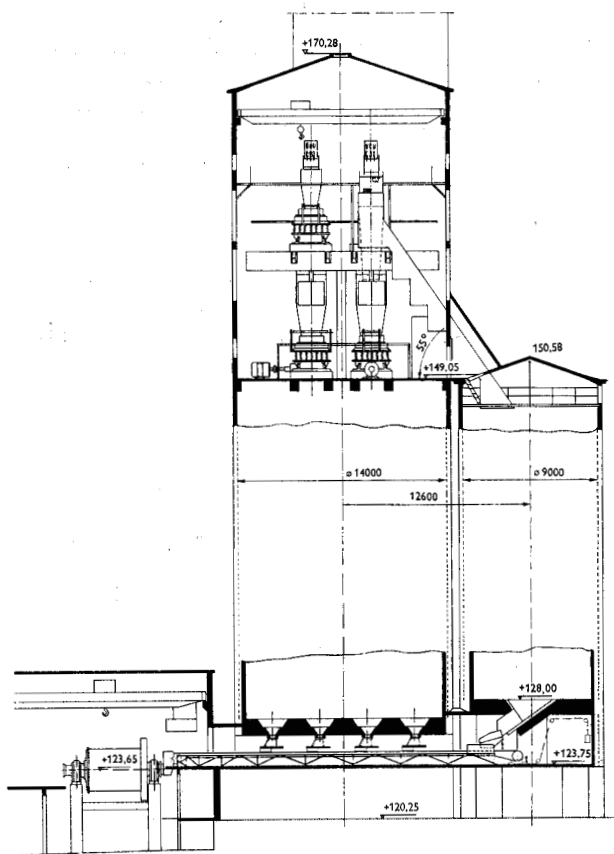
— vuonna 1956 kuulajauhatus muutettiin autogeeniseksi³.

— vuonna 1960 valmisteltiin käyttömittakaavaista tutkimusta myös tankojauhatusen muuttamiseksi autogeeniseksi; tutkimuksen pääedellytyksenä oli ylitetyypisten koemylyjen muuttaminen arinamylyiksi.

— vuonna 1961 suoritettiin tehdasmittakaavassa kaksi erillistä koesarjaa. Ensimmäisessä tankomylyjen normaali-

lia syötettä, mursketta, jauhettiin malmista valituilla lohkeilla. Toisessa kaivoksesta tulevaa karkeamurskattua malmia käsiteltiin koemylyssä sellaisenaan, siis ilman erillisiä jauhinkappaleita. Yhteenvetona voitiin todeta, että tutkimus antoi pääpiirteissään positiivisen tuloksen. Se osoitti, että Outokummun malmin jauhatusta on teknisesti ja taloudellisesti suoritettavissa autogeenisesti kahdessa vaiheessa.

Outokummun malmi on sulfidimalmi, josta noin puolet on sulfidimineraaleja ja arvoton puoli pääasiassa kvartssia. Esimerkiksi vuonna 1967 malmi sisälsi sulfideja seuraavasti: 11 % kuparikiisua, 16 % rikkikiisua, 22 % magneettikiisua ja 1 % sinkkivälkettä. Rikastamossa

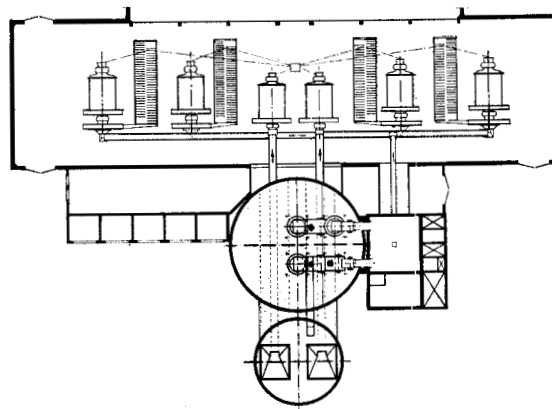


Kuva 2a ja 2b. Hienomurskaamo ja sen liittyminen jauhimoon

Fig. 2a and 2b. Surface crushing plant and grinding section of the concentrator.

malmista erotetaan vaahdottamalla kuparirikaste, sinkkirikaste ja yhdistetty rikki-magneettikiisurikaste. Rakenteeltaan malmi on hienokiteistä. Kvartsikiteiden koko vaihtelee yleensä välillä 0,1—1,5 mm. Sulfidimineraalit ovat hienojakoisena massana kvartsikiteiden välissä, minkä vuoksi puhtaaksijauhatusta edellyttää hienoutta 65—75 %—200 mesh. Raskaan sulfidiosan seurauksena malmin ominaispaino on korkeahko 3,4—3,6, mikä malmin muidenkin mekaanisten ominaisuuksien lailla on edullista sitä jauhinkappaleina käytettäessä. Jauhautuvuudeltaan malmi edustaa luokassaan keskitasoa, mutta suuren kvartsi- ja rikkikiisupitoisuuden johdosta se on erittäin kuluttavaa. Aikaisemmin jauhinkappaleina käytettyjen kuulien ja tankojen suuri kuluminen 1,5—1,6 kg ja 0,5—0,6 kg malmitonnille olikin Outokummussa lähinnä kustannustekijänä se perussy, joka jo vuonna 1951 johti tutkimuksiin autogeenijauhatusmahdollisuuksien selvittämiseksi.

Seuraavassa käytetään autogeenijauhatuseseen liittyen sitä suomenkielistä terminologiaa, joka on syntynyt ja vakiintunut Outokummussa kyseistä asiaa koskeneen tutkimus- ja kehitystyön yhteydessä. Autogeeniseen sekundäärijauhatuseseen kuuluvat termit »pala», »palamyly» ja »palajauhatusta» sekä tankojauhatusen korvaneen autogeenisen jauhatusmenetelmän vastaavat »lohkare», »lohkaremyly» ja »lohkarejauhatus» ovat näistä nimityksistä tärkeimmät.



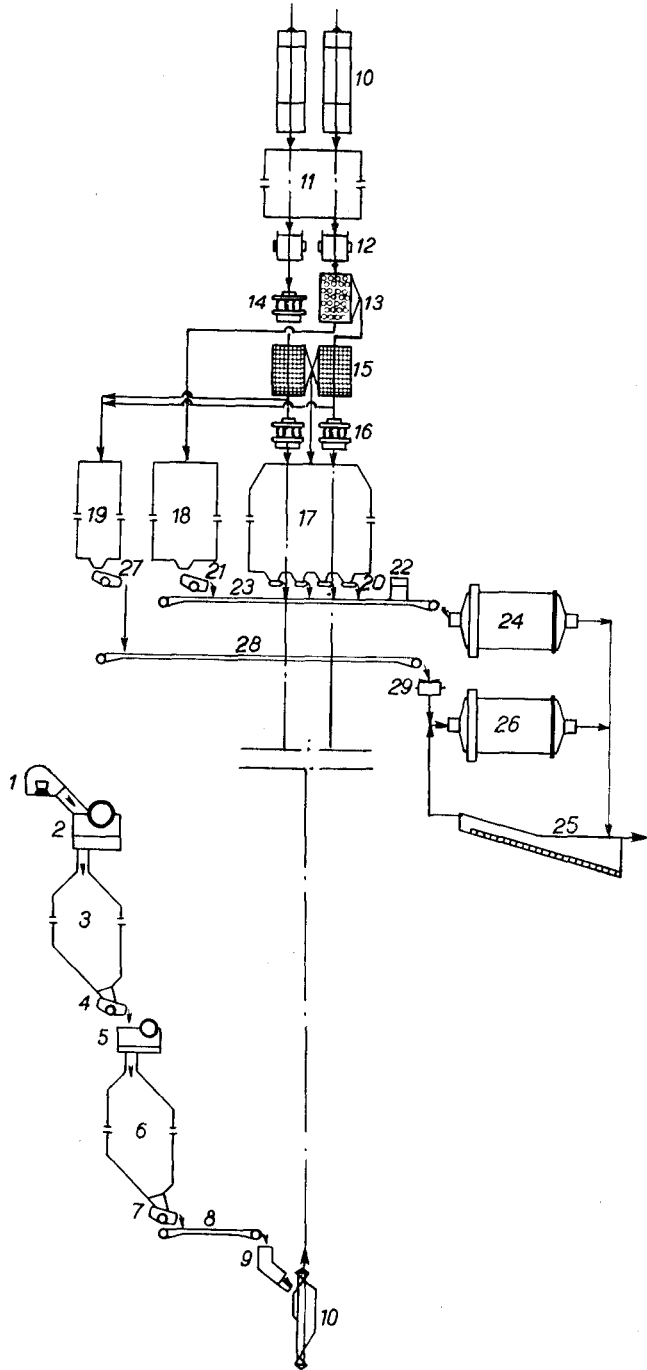
SIIRTYMINEN KAKSIVAIHEISEEN AUTOGEEIJAUHATUKSEEN

Edellä mainitun tutkimuksen perusteella päädyttiin suunnitelmaan, jonka oleellisena osana oli tankomylyjen korvaaminen lohkaremylyillä. Näin syntynyt jauhatuskokonaisratkaisu »kaksivaiheinen autogeenijauhatus» toteutettiin kesällä 1963.

Muutoksen edellyttämät toimenpiteet, jotka ilmenevät kuvista 2a ja 2b Hienomurskaamo ja sen liittyminen jauhimoon, olivat:

1. Lohkareseula toisen Standard-murskaimen paikalle
2. Pudotusränni lohkarille
3. Lohkarsiilo
4. Entisten tankomyllyjen syöttökuljettimien vahvistaminen ja jatkaminen lohkaresiilille
5. Tankomyllyjen, 2 kpl $\varnothing 1,8 \times 3,6$ m, korvaaminen palamylyjen kaltaisilla $\varnothing 2,7 \times 2,6$ m arinatyyppisillä lohkaremyllyillä

Työ valmistui elokuussa, mistä alkaen Outokummun malmin jauhatus on tapahtunut kaksivaiheista autogeenijauhatusta käyttäen. Näin uusiintunutta malmin hienonnutmenetelmää esittää kokonaisuudessaan kaavio kuvassa 3 ja siihen liittyvä koneluettelo.



Kuva 3. Malmin hienonnutuskaavio
Fig. 3. Flowsheet of comminution.

MURSKAUS JA SEULONTA

Malmi kuljetetaan kaivoksessa kuilulle tasolla +320, minkä alapuolella sijaitsee karkeamurskaamo silloineen. Murskaus alkaa lohkaremurskaimessa, jonka asetus on 260—290 mm ja jatkuu kahdessa pienemmässä leukamurskaimessa, jotka toimivat rinnan asetuksella 110—140 mm. Murskausvaiheiden välissä on siilo. Murskainten alapuolella sijaitsee toinen siilo, josta malmi tasolla +400 syötetään hihnakuljettimilla automaattiseen nostosysteemiin. Kapat tyhjenevät nostotornissa olevaan hienomurskaamon syöttösiiloon 64 m maanpinnan yläpuolella; vastaava kaivoskorkeus on —34 m maanpinnan ollessa +30 m. Nostotornin kokonaiskorkeus on 96 m.

MALMIN HIENONNUSKAAVION (kuva 3) SELITYS

Murskaus ja seulonta

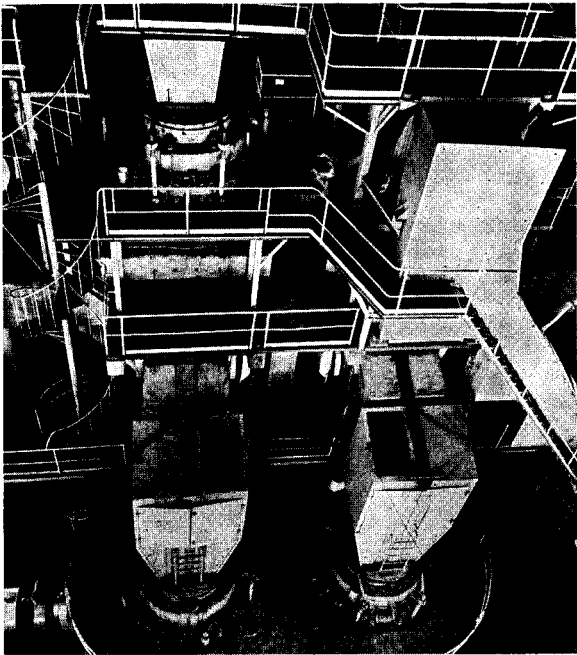
1. Malmivaunut: 3,5 m³:n GRANBY-vaunuja ja 4 m³:n ROLL-OVER-vaunuja.
2. Lohkaremurkain, AR-150, kita 1200 × 1500 mm, asetus 260—290 mm, moottori 160 kW
3. Siilo, poikkileikkaus ellipsi 7 × 9 m, 1500 tonnia
4. 2 tärysyötintä, 1 000 × 1 600 mm, moottorit 3 kW
5. 2 leukamurskainta, BLAKE 7, kita 600 × 900 mm, asetus 110—140 mm, moottorit 55 kW
6. Siilo, poikkileikkaus ellipsi 7 × 9 m, 3 000 tonnia
7. 2 tärysyötintä, 1 000 × 1 600 mm, moottorit 3 kW
8. 2 kuljetushihnaa, leveys 1 000 mm, nopeus 0,5 m/s, moottorit 4,4 kW
9. 2 mittataskua, 5,5 tonnia
10. 2 pohjasta tyhjenevää kappaa, 5,5 tonnia. Automaattinen 2- köysinostokone, nopeus 7 m/s, moottori 500 kW
11. Tornisiilo, 650 tonnia
12. 2 tärysyötintä, 1000 × 1 600 mm, moottorit 3 kW
13. Yksitasoinen täryseula, »lohkareseula», 1,5 × 3 m, aukot $\varnothing 90$ mm tai $\square 80$ mm, moottori 7,5 kW
14. Kartiomurkain, SYMONS STANDARD 5 1/2', asetus 25—45 mm, moottori 150 kW
15. 2 kaksitasoista seulaa, »palaseulat», 1,5 × 3 m, aukot $\square 40$ ja $\square 20$ mm, moottorit 7,5 kW
16. 2 kartiomurkainta, SYMONS SHORT HEAD 5 1/2', asetus 5—7 mm, moottorit 150 kW
17. Murskesiilo, $\varnothing 14$ m, 4 000 tonnia
18. Lohkarsiilo, $\varnothing 9$ m, 1 800 tonnia
19. Palasiilo, 450 tonnia

Jauhatus

20. 8 hihnasyötintä, leveys 600 mm, nopeus 0,1—0,15 m/s moottorit 0,85 kW
21. 2 tärysyötintä, 1 000 × 1 600 mm, moottorit 3 kW
22. 2 rekisteröivää hihnavaakaa
23. 2 hihnakuljetinta, leveys 800 mm, nopeus 0,67 m/s, moottorit 4 kW
24. 2 lohkaremylyä, $\varnothing 2,7 \times 3,6$ m, 20 k/min ~ 74 % kriittisestä, moottorit 220 kW
25. 4 raappaluokitinta, 2,4 × 9,0 m, 17 iskua/min, moottorit 11 kW
26. 4 palamylyä, $\varnothing 2,7 \times 3,6$ m, 20 k/min ~ 74 % kriittisestä, moottorit 220 kW
27. Tärysyötin, 800 × 1 400 mm
28. Hihnakuljetin, leveys 500 mm, nopeus 0,6 m/s, moottori 3 kW
29. Hihnakuljetin, leveys 500 mm, nopeus 0,6 m/s, moottori 5,5 kW

Murskesiilo ja hienomurskaamo ovat päälletysten sylinterimäisessä (ø14 m) 50 m korkeassa rakennuksessa, joka liittyy välittömästi nostotorniin. Palasiilo sijaitsee nostotornirakennelmaan kuuluvassa tilassa ja lohkare-siilo jälkikäteen rakennettuna erillisenä murskesiilon vieressä. Koneet ovat avoimissa piireissä sekä siten toisiinsa ja siiloihin nähden sijoitetut, että malmi kulkee omalla painollaan murskaamon lävitse.

Murskausta ja seulontaa varten on kaksi rinnakkaista konelinjaa »lohkarelinja» ja »palalinja», kuva 4. Lohkarelinjan koneistoon kuuluu syötin, yksitasoinen lohkare-seula, kaksitasoinen palaseula ja Short Head kartiomurskain. Syötin, Standard kartiomurskain, palaseula ja Short Head murskain muodostavat palalinjan koneiston.



Kuva 4. Hienomurskaamo; oikealla lohkarelinja, palalinja vasemmalla

Fig. 4. Two parallel crushing lines in the surface crushing plant: »the lump line» on the right, »the pebble line» on the left.

Maanalainen murskaus antaa tuotetta, jossa suurimpien kappaleiden koko on n. 250 mm. Hienomurskaamossa seulotaan siitä lohkareita ja paloja jauhimon myllyjen jauhinkappaleiksi. Jauhinkappaletarpeen ylittävä osa hienonnetaan murskeeksi. Lohkareiden koko on 250—90 mm ja palojen vastaavasti 90—40 mm murskeen hienoustavoitteen ollessa 20 mm. Murske koostuu palaseulojen alitteesta sekä Short Head murskaimien tuotteesta. Kaivoksesta nostetussa malmissa on keskiarvona n. 40 % valmiiksi —20 mm:n tavaraa. Standard kartiomurskaimen asetus on 25—45 mm, Short Head murskaimien vastaavasti 5—7 mm. Kaikkien murskainten asetukset tarkistetaan kaksi kertaa viikossa. Seulat: lohkareseula ø 90 mm tai □ 80 mm, palaseulojen yläverkko □ 40 ja alaverkko □ 20 mm. Kokeet lohkaresulalla ø 70 mm ja palaseulalla □ 30 mm (yläverkko) johtanevat siirtymiseen niihin.

Maanalainen murskaus noudattaa siilutiloja joustavasti hyväksikäyttäen keskeytyvän kaksivuoroisen kaivostyön rytmiä. Lohkaremurskaimen maksimikapasiteetti on suuruusluokkaa 1200 t/h, välimurskauksen vastaavasti 150—200 t/h; siilokapasiteetti n. 1500 tonnia yläsiilossa ja n. 3000 tonnia alasiilossa. Malminnoston maksimikapasiteetti on n. 230 t/h. Nosto toimii tavallisesti 10 vuoroa viikossa, joiden mukaan hienomurskaamon käyttö ajallisesti määräytyy. Tornisiilon kapasiteetti on 600—700 tonnia, mikä turvaa 2—4 tunnin syötön murskaamolle, jonka kapasiteetti on n. 150 t/h linjaa kohden; liejuisen malmin aikaan kapasiteetti alenee puoleen ja allekin siitä.

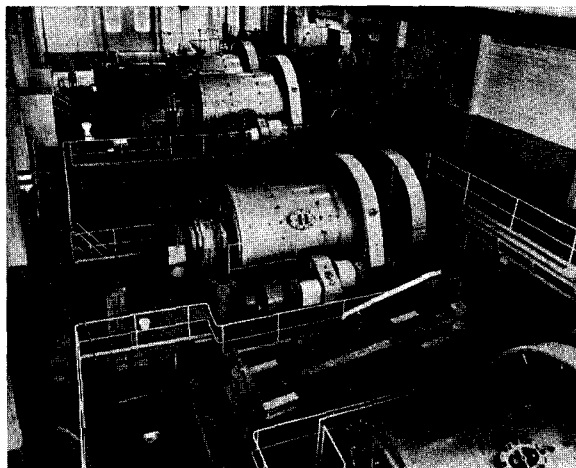
Seulonta ja hienomurskaus ohjautuu jauhinkappaleiden saannin ja tarpeen mukaan. Karkean määrä vaihtelee malmissa ja jauhinkappaleista varsinkin lohkareiden kulutus muuttuu alinomaan niiden keskimääräisestä kappalekoosta, rikkiäisyydestä (hiushalkeamat ym.), mineraalokokoomuksesta, myllyjen vuorauksen kuluneisuudesta jne riippuen. Palojen tarve vaihtelee vähemmän, mutta niiden seulonta on usein vaikeaa malmin märkyyden ja soijaisuuden vuoksi. Lisäksi palasiilon pienuus mutkistaa tilannetta. Kolmen vuoden keskiarvoluvut osoittavat, että 67 % malmista on mennyt jauhimoon murskeena; lohkareiden osuus on ollut 21 % ja palojen vastaavasti 12 %. Viimeaikoina lohkarekulutus on ollut noin 25 ja palakulutus noin 15 %. Siilojen kapasiteetit, murskesiilo 4000 t, lohkaresiilo 1800 t ja palasiilo 450 t, vastaavat rikastamon normaalisyöttöä 80 t/h ajatellen 3, 4 ja 2 vuorokauden reserviä; lisäsiilo paloille on suunnitella. — Murskaamon toiminta tapahtuu siten, että lohkarelinja on ensisijaisesti käytössä. Lohkaresiilon täytyttyä siirrytään palalinjalle. Lohkaretilanteen salliessa ajetaan molemmilla linjoilla ja palapulan uhatessa yksistään palalinjalla. Palojen ottoa, joka voi tapahtua molemmilta linjoilta ja on käynnissä noin 75 % murskaamon käyntiajasta, säännöstellään siilutilanteen ja malmin seulottavuuden mukaan. Keskimäärin 60 % malmista käsitellään lohkarelinjalla. Lohkareiden kulutus on siis n. 60 % kaivoksesta nostetussa malmissa olevan + 90 mm materiaalin määrässä.

Murskaamoiden käyttöä hoitaa toistaiseksi kaksi miestä. Kaivoksen Blake-murskaimilla on yksi mies ja toinen vastaa hienomurskaamon toiminnasta. Hienomurskaamon valvonta keskittyy pääasiassa jauhinkappaleiden riittävyuden turvaamiseen, mikä ajoittain vaatii jopa kaivokseen ulottuvia erikoisjärjestelyjä. Sähköenergiaa kuluu murskaukseen ja seulontaan yhteensä 1,1 kWh/malmitonni, josta n. 30 % maanalaisessa murskauksessa. Standard-murskaimen ylävaippa kestää n. 3000 ja alavaippa n. 4000 käyttötuntia. Short Head-murskaimilla vastaavat tuntimäärät ovat 2700 ja 2900. Seulojen vertailu jatkuu. Rei'itettyä kumilevyä on käytetty eniten lohkaresulana ja teräslankaverkkoja palaseuloina.

JAUHATUS

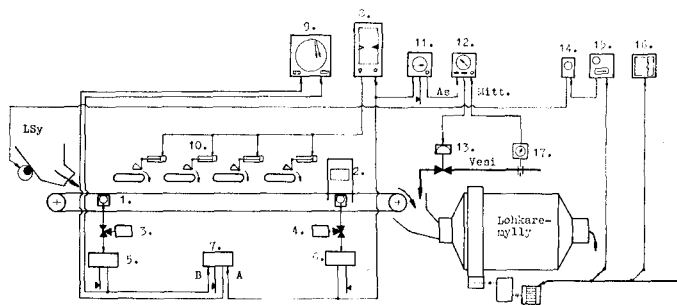
Murskesiilon pohjassa on kahdeksan ja lohkaresiilon pohjassa kaksi syöttimellä varustettua ulosottoaukkoa. Aukot sijaitsevat kahdessa rivissä lohkaresyllyjen syöttökuljettimien päällä siten, että kumpikin mylly voi saada lohkareita yhdestä ja mursketta neljästä eri syöttimestä. Lohkaresyllyt toimivat näin rinnan toisistaan erillisinä.

Lohkaremyllyjen tuotteet yhtyvät jakajassa, minkä kautta malmiliete virtaa neljään raappaluokittimeen. Yksi palamyly toimii sulkeispiirissä kunkin luokittimen kanssa. Valmiiksi jauhettu hienoaines poistuu myllyluokitinpiireistä luokittimien ylitteenä. Lisäjauhatusta tarvitseva lietteen karkea osa laskeutuu luokittimien pohjalle, joutuu raappamekanismien siirtämänä kokoojäreänneihin ja kauhasyöttimien kautta myllyihin. Myllyjen tuote virtaa omalla painollaan takaisin luokittimiin. Palamylyt saavat jauhinkappaleensa keskitetysti kahdella hihnakuljettimella. Siilolta tuleva hihna siirtää palat poikkihihnalle, mikä jakaa ne myllyjen syöttösuihin. Luokittimien ylitteet yhdistyvät pumpuilla, jotka syöttävät ne vaahdotukseen. — Jauhimon hoitaa yksi mies. Käyttö tapahtuu pääasiassa automaattisesti instrumenttien avulla, mutta toistaiseksi myös käsin suoritettavia mittauksia ja kokemusperäiseen arviointiin perustuvia toimenpiteitä tarvitaan. Kokeilu- ja tutkimustyö automatisoinnin täydellistämiseksi on käynnissä. Instrumentointikaaviot ovat kuvissa 6 ja 7.



Kuva 5. Jauhimo; lohkaremylyt hallin keskellä, palamylyt luokittimien sivuilla

Fig. 5. Grinding section; the two lump mills are situated in the middle of the bay and the two pebble mills with classifiers symmetrically on both sides.

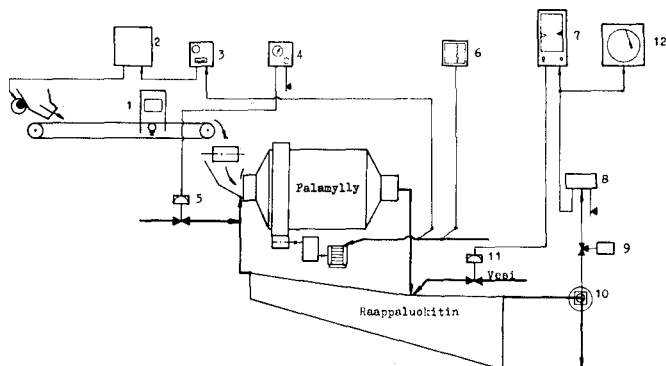


Kuva 6. LOHKAREMYLLYN INSTRUMENTOINTIKAAVIO.

Fig. 6. INSTRUMENTATION OF A LUMP MILL.

1. Lohkareiden punnitus
2. Kokonaissyötön punnitus
- 3 ja 4. Kuristin-vaimennussäiliö-yhdistelmä
5. ja 6. Mittausarvon muokkain
7. Pneumaattinen vähennysrele
8. Säädinyksikkö
9. Pneumaattinen piirturi + laskurit
10. Apusyöttimien ohjauksylint.
11. Pneumaattinen suhderele
12. Säädinyksikkö + käsiohjausase
13. Kalvomootori-letkunkuristin
14. Lohkareyöttimen käyntiaikarele
15. Tehonrajarele
16. Tehopiirturi
17. Vesimäärän mittauslähetin

1. Hihnavaaka
2. Palamalmien jakeluautom.
3. Tehonrajarele
4. Veden syötön kauko-ohjaus
5. Kalvomoot. -letkunkuristin
6. Tehopiirturi
7. Säädinyksikkö
8. Mittausarvon muokkain
9. Kuristin-vaim. säil. -yhdistelmä
10. Uimuri-lietetiheysmittari
11. Kalvomoot. -letkunkuristin
12. Pneumaattinen piirturi



Kuva 7. PALAMYLLY — LUOKITINPIIRIN INSTRUMENTOINTIKAAVIO.

Fig. 7. INSTRUMENTATION OF A PEBBLE MILL — CLASSIFIER CIRCUIT.

Jauhinkappaleiden syöttö

Jokaisella myllyllä on piirtävä kilowattimittari, tehonrajarele ja aikarele. Myllyn käyttämä sähköteho, jota seurataan piirtävällä mittarilla, ilmaisee myllyn toimintaa. Mm. myllyn täyttyminen paljastuu piirturikäyrästä. Tehonrajarele ja aikarele ohjaavat autogeenimyllyille tärkeää jauhinkappaleiden syöttöä. Syötön alkamisen hoitaa tehonrajarele alarajasäätönä siten, että myllyn ottaman tehon laskiessa alarajalle syöttö käynnistyy. Aikarele valvoo syöttöajan, jonka pituudella kulloinkin lisättävän jauhinkappalepanoksen suuruus on säädettävissä; syöttimissä ei ole instrumentoitua määräsäätöä. Tehonrajarele ohjearvoa säädetään joustavasti olosuhteiden mukaan mm. rikastamon syötön suuruutta muutettaessa. Jauhinkappaleiden syöttö pidetään sellaisena, että annostuksen loppuessa myllyjen tehonotto on noussut alarajalta 10—15 %. Täyttö on suurimmillaan 45 % myllyjen tilavuudesta. Jauhinkappaleannosten suuruus on 2—3 tonnia lohkaremyllyillä ja n. 1 tonni palamyllyillä. Lohkareliisäykset tapahtuvat 10—20 minuutin välein. Palamyllyt ottavat 3—5 annosta tunnissa. Jauhinkappaleiden automaattinen syöttö yhdellä hihnasyteemillä kaikkiin palamyllyihin on varmistettu siten, että myllyt ovat palojen saannin suhteen eriarvoiset. Varmistus on tarpeen silloin, kun myllyt tarvitsevat jauhinkappaleita samanaikaisesti.

Syötön säätö

Jauhimon ja samalla koko rikastamon käsittelemä malmimäärä muodostuu murskeesta, lohkarista ja paloista. Summa, jauhimon (rikastamon) syöttö, pyritään pitämään mahdollisimman vakiona ja juuri sellaisena, miksi se kulloinkin on etukäteen määrätty. Kun palamyllyjen jauhinkappalekulutus vaihtelee kokonaisuutta ajatellen vähän, jauhimon syötön vakiointi voidaan suorittaa lohkaremyllyjen syötön säätönä.

Myllykohtainen lohkaremyllyjen syötön vakiointi perustuu niiden kokonaissyötön punnitukseen hihnavaa'oilla. Punnitus ohjaa murskemäärän säätöä, mikä suoritetaan muuttelemalla syöttimien säätöaukkoa asennoitimmella varustettujen työsylinterien avulla. Jaksottaisesta lohkarannostuksesta johtuvat syötön heilahtelut eliminoidaan integroivalla säädöllä, joka tasoittaa syötön niin, että se aina 15—20 minuutin puitteissa on vakio. Myllyjen murskesyöttimet ovat säädön suhteen keskenään rinnan kytketyt, joten käytössä olevien syöttimien määrää voidaan vapaasti vaihdella. Lohkaremyllyjen kokonaissyötön ilmaisevien hihnavaakojen lisäksi sekä myllykohtainen lohkaremäärä että palojen kokonaisuus määrätään omilla hihnavaa'oilla.

Sakeussäätö

Lohkaremyllyjen vesi säädetään automaattisesti malmin syötön punnitukseen perustuvana suhdessäätönä. Säätimet ovat PI-säätimiä, joiden integroivalla tekijällä tasoitetaan jaksottaisen lohkaresyötön aiheuttamia heilahteluja myllyjen ulosvirtauksessa. Malmi-vesisuhde pidetään lohkaremyllyissä sellaisena, että ulostuleva liete sisältää 65—70 % kiintoainetta.

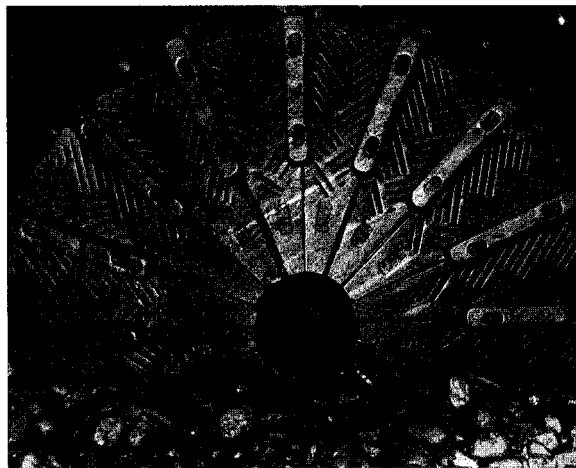
Palamyllyjen sakeus säädetään toistaiseksi kauko-ohjatusti käsin. Säätöä kontrolloidaan myllyistä tule-

vasta lietteestä tehdyillä punnituksilla. Ohjesakeus on 50—60 % kiintoainetta.

Luokittimien sakeus määrää jauhimon tuotteen hienouden. Sitä kontrolloidaan luokittimien ylitteestä uppoimuri-punnitukseen perustuvalla mittauksella. Mittaus ohjaa säätöpiiriä, mikä säännöstelee luokittimiin menevän veden määrää siten, että ylitteen sakeus pysyy vakiona. Sakeusarvolla 26 % kiintoainetta päästään tavoitehienouteen, mikä on n. 0,2 mm. Tällöin 65—75 % malmista on hienompaa kuin 200 mesh (0,074 mm).

Myllyt

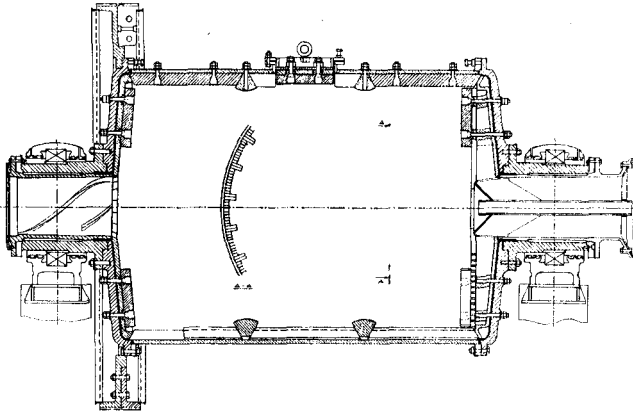
Kaikki 6 myllyä ovat kooltaan samanlaisia ($\varnothing 2,7 \times 3,6$ m), mikä on edullista varaosahuollon kannalta. Koko on peräisin entisistä kuulamyllyistä, jotka olivat ylitetyyppejä. Kapasiteetin nostamiseksi myllyt muutettiin myöhemmin arinamyllyiksi; kapasiteetin lisäys n. 40 %



Kuva 8. Näkymä lohkaremyllyn arinapäättyyn

Fig. 8. Lump mill; the interior view towards the grate-discharge end.

perustuu mm. niiden suurempaan täyttöasteeseen. Arinamyllyissä myös jauhinkappaleiden tehollinen ominaispaine on alhaisen lietepinnan vuoksi korkeampi kuin ylitemyllyissä. Tämä on tärkeää autogeenijauhauksessa, missä yleissäännön, jauhatuskapasiteetti on suoraan verrannollinen jauhinkappaleiden ominaispainoon, seurauksena kapasiteetti jää yleensä alle puoleen rautaisilla jauhinkappaleilla suoritetusta jauhauksesta. Arinoissa on päädytty monien välivaiheiden jälkeen kuvan 8 mukaiseen rakenteeseen. Rakojen avartuminen ulospäin on tärkeä arinoiden aukkipysymisen varmistamiseksi. Levyjen vahvuuden ollessa 40 mm rakojen päästö on 4/7 mm lohkaremyllyissä ja 6/15 mm palamyllyissä. Myllyjen vaippavuoraus koostuu kapeista (30 mm) valssatuista teräspalkeista, joiden korkeus uutena on 150 mm. Vuoraus jakaantuu kolmeen vyöhykkeeseen, jotka puristetaan paikoilleen kiilasegmenttien avulla, kuva 9. Tyypiltään vuoraus on epätasainen porrasvuoraus, joka rakentuu kahden vierekkäin sijoitetun uuden palkin muodostamista portaista, »liftereistä», sekä niiden välissä olevista yhdeksästä matalasta palkista, joihin käytetään käytöstä poistettuja kuluneita liftereitä. Vuorauksen matala osa kuluu niin vähän, että vanhaa materiaalia riittää sen



Kuva 9. Myllyjen rakenne

Fig. 9. Structure of the mills.

korjaamiseen. Vuorausten uusimiseen tarvitaan näin ollen 20—25 % uusia palkkeja, mikä tekee sen taloudellisesti edulliseksi. Kustannuksia verrattaessa on todettu mm., että lohkaremyllyjen vuorauskustannukset ovat alhaisemmat kuin pienempien ($\varnothing 1,8 \times 3,6$ m) tankomyllyjen, joissa käytettiin Lorain-mallista levy-korokke-palkkivuorausta. Tuloksia käynnissäolevasta kumivuorausten kokeilusta odotetaan mielenkiinnolla.

Vuorausten keskimääräisiä kestoikiä käyttötunteina:

	Lohkaremyllyt	Palamylyt
Syöttöpäädyn levyt	9 000	26 000
Arinalevyt	7 000	14 000
Päätyjen korokkeet	3 000	7 000
Vaippavuoraukset (lifterit)	2 500	7 000

Palamylyjen vuorausten valuosat ovat Ni-hard'ia ja lohkaremyllyjen vastaavasti joko Mn- tai Cr-terästä.

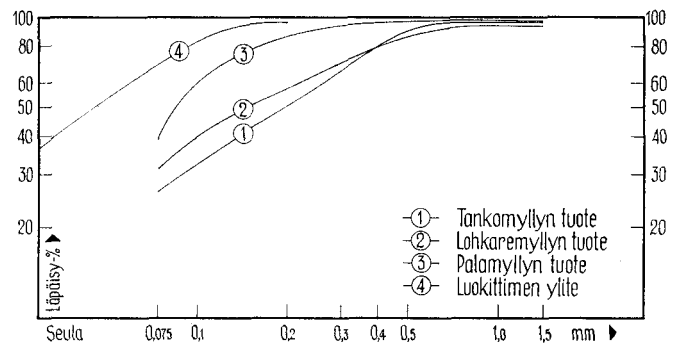
Myllyjen pyörimisnopeus on 20 k/min vastaten n. 74 % kriittisestä. Kokeilut suuremmilla nopeuksilla ovat päätyneet negatiiviseen tulokseen; mm. lietteen poistuminen arinan kautta vaikeutuu. Myöskin porrastuuraus toimii edullisemmin myllyn pyöriessä hitaasti.

TULOKSET

Jauhatuksen eri vaiheille tyypillisiä seula-analyyskejä on koottu taulukkoon 1 ja kuvaan 10, joissa näkyy myös lohkaremyllyjä edeltäneiden tankomyllyjen seula. Lohkare- ja tankojauhatusta verrataan tarkemmin taulukossa 2. Lohkaremyllyn tuote sisältää sekä karkeita että etenkin hienoja raeluokkia enemmän kuin tankomyllyn tuote; seulakuvaajat leikkaavat toisensa 0,4 mm:n kohdalla. Taulukon 2 keskimmäiset sarakkeet ovat parhaiten vertailukelpoisia keskenään, koska niissä myllyjen syöttö t/h on lähes samansuuruinen. Lohkarejauhatusta käyttää energiaa enemmän kuin tankojauhatusta, mutta tuottaa samalla enemmän vaahdotuskelpoisia raeluokkia. Näille hienoille raeluokille laskettuna on energian tarve lohkarejauhatuksessa yleensä pienempi kuin tankojauhatuksessa.

Oleellista on lisäksi, että lohkaremyllyn syöte sisältää murskeen ohella 25—30 % lohkareita (90—250 mm) kun tankomylly käsittelee vain murskettä (≤ 20 mm). Taulukossa 3 esitetään tuloksia kaikista kolmesta Keretin rikastamossa käytetystä jauhatusmenetelmästä. Kaksivaiheisen autogeenijauhatuksen energiankulutus on suurin käsitellyille malmitonuille laskettuna, mutta myöskin tuote on hienoin. Jauhatushienous, joka Keretin rikastamon alkuaikana oli 60 % —0,075 mm, on nykyisin 70 % —0,075 mm. Menetelmien väliset erot tasaantuvat, kun energiantarve lasketaan vaahdotushienouteen tuotetuille uusille tonneille. Tässäkin on otettava huomioon, että tanko-kuulajauhatusta käsittelee vain murskettä, tanko-palajauhatuksen malmimäärässä on 10—12 % paloja ja lohkare-palajauhatuksessa nykyisin n. 60 % murskettä, n. 25 % lohkareita sekä n. 15 % paloja. Käynnissä olevat tutkimukset viittaavat siihen, että lohkare-palajauhatuksen energiantarve alenee hiukan, jos lohkaremyllyt pannaan sulkeispiiriin pienen kiertävän kuorman antavien luokittimien kanssa. — Tanko-kuulajauhatuksen aikaan hienomurskaamo käytti energiaa n. 1 kWh/kaivoksesta nostettu malmitonni; nykyisin vastaava luku on n. 0,7.

Autokummun tapauksessa kaksivaiheinen autogeenijauhatusta on taloudellisesti edullinen. Suurimmat käyttökustannusten säästöt saavutettiin silloin, kun kuulajauhatusta muutettiin palajauhatukseksi. Suurta kuulakulutusta 1,5—1,6 kg/t vastaava kustannus säästyi, mikä merkitsi sitä, että käyttökustannusten vuotuinen aleneminen oli summana sama, minkä menetelmän muutos maksoi.



Kuva 10. Jauhatustuotteiden seulakuvaajat

Fig. 10. Size distribution curves of various grinding products.

Lohkarejauhatuksella saavutettu hyöty perustuu pääasiassa tankokustannusten eliminoitumiseen. Tankoja tarvittiin 0,5—0,6 kg/t eli n. 1/3 kuulien määrästä. Menetelmän muutos maksoi tässä tapauksessa noin kolmen vuoden käyttökustannusten säästön.

Vaahdotustulokset ovat parantuneet pääasiassa hienomman jauhatuksen ja lisätyn vaahdotuskoneiston ansiosta. Autogeenijauhatuksen mahdollista osuutta parempiin vaahdotustuloksiin nimenomaan rautaisten jauhinkappaleiden eliminoijana ei ole voitu eritellä.

Taulukko 1. Seula-analyysejä jauhatuspiiristä

Table 1. Screen analyses of various mill products.

Seula mm	Tankomyllyjen ø 1,8 × 3,6 m tuote	Lohkaremyllyjen tuote	Luokittimien hiekkä	Palamylyllyjen tuote	Luokittimien ylite (Vaahd.syöte)
— 1,5	99,5	96,3	94,8	98,0	
— 1,0	98,2	95,0	93,6	97,5	
— 0,5	91,5	87,0	88,3	96,5	
— 0,4	80,5	81,0	84,0	95,7	
— 0,3	67,0	70,3	76,2	93,7	
— 0,2	50,4	57,0	62,0	86,3	97,3
— 0,1	32,2	40,0	34,2	61,3	84,0
— 0,075	26,4	31,7	15,5	39,3	70,0

Murske: 98 %—20 mm, 75 %—10 mm
 Palat: 90—40 mm
 Lohkareet: 250—90 mm

Taulukko 2. Lohkarejauhatuksen ja tankojauhatuksen vertailu

Table 2. Comparison between lump and rod mill grinding

	Lohkaremylly ø 2,7 × 3,6 m		Tankomylly ø 1,8 × 3,6 m	
	Keskiarvo 1964—1967	Tutkimus 18.—21. 10. 68	1955	Keskiarvo 1960—1962
Syöttö t/h	36,7	38,7	39,3	42,5
Energiankulutus kWh/t	4,8	4,3	3,8	3,9
Tuotteen seula:				
% — 0,2 mm	55,2	58,9	54,6	52,3
% — 0,075 mm	30,4	30,4	26,1	27,9
Energiankulutus kWh/t tuotettua uutta:				
— 0,2 mm	10,8	9,3	8,5	9,3
— 0,075 mm	20,2	18,3	18,9	17,9

Taulukko 3. Jauhatusmenetelmien vertailu

Table 3. Comparison between lump-pebble grinding, rod-pebble grinding and rod-ball grinding

	Kaksivaiheinen autogeenijauhatus		Tanko — pala- jauhatus 1960—1962	Tanko — kuula- jauhatus 1955
	Keskiarvo 1964—1967	Tutkimus 18.—21. 10. 68		
Energiankulutus kWh/t	12,3	12,3	11,5	10,4
Tuotteen seula:				
% — 0,2 mm	97,8	98,6	96,7	93,3
% — 0,075 mm	64,5	66,7	61,9	58,7
Energiankulutus kWh/t tuotettua uutta:				
— 0,2 mm	14,0	14,3	13,2	12,5
— 0,075 mm	21,1	20,5	20,5	19,8

JATKOTUTKIMUKSET

Edellä on selostettu Outokummun kaksivaiheinen autogeenijauhatus sellaisena, miksi se on vähitellen hakeutunut moninaisen tutkimus- ja kehitystyön seurauksena. Selostuksesta poikkeavat viimeisimmät muutokset, jotka eivät vaikuta asiallisesti menetelmään, ovat: Palalinjan loppuunkulunut 5 ½' Short Head-murskain on korvattu 7' vastaavalla murskaimella ja yksi mylly-luokitinyksikkö on irroitettu muusta jauhimon koneistosta; sillä jauhetaan vanhan rikastamon jätettä, jota nykyisin rikastetaan kannattavasti uudelleen.

Tutkimuksia hienomurskauksen lopettamisesta sekä lohkar- ja palajauhauksen yhdistämisestä on jatkuvasti täydennetty. Tuloksiin nähden on todettava, että kummassakin törmätään jauhinkappalepulaan. Hienomurskauksen suhteen on lisäksi oleellista, että koneisto sitä varten on olemassa ja että hienomurskauksen lopettaminen alentaisi jauhimon kapasiteettia noin 1/3:lla. Lohkar- ja palamylyjä käyttäen karkeajauhatus ja hienojauhatus suoritetaan toisistaan erillään, jolloin jauhinkappaleiden koko voidaan sovittaa jauhettavaan materiaaliin nähden tehokkaammin kuin yksivaiheisessa jauhatuskassa. — Vastaavaan tulokseen päädyttiin aikoinaan kuulajauhatuskassa, jossa monivaiheinen menetelmä sivuutti yksivaiheisen; aikaisemmin suurilla kuulilla suoritettu karkeajauhatus tapahtuu nykyisin tangoilla.

Muista tutkimuskohteista mainittakoon luokitus, joka on kaksivaiheisessa autogeenijauhatuskassa vielä tärkeämpi kuin esimerkiksi tanko-kuulajauhatuskassa; tuotetaan lohkaremyly enemmän valmiiksi jauhettua tavaraa kuin tankomyly. Tutkimus johtanee ratkaisuun, jossa lohkaremylyn tuotteesta poistetaan hienoaines ennen sen joutumista palamyly-luokitinpiiriin. Tähän liittyen todettakoon yleisesti, että jauhatusjärjestelmien suurimmat heikkoudet löytyvät epätäydellisestä luokituksesta. Nykyiset luokittimet, joista raappaluokittimet kuuluvat nimenomaan luokitusta ajatellen parhaisiin, ovat vielä yllättävän kaukana ihanneratkaisusta.

YLEISTÄ AUTOGEENIJAUHATUKSESTA

Autogeenijauhatus on nykyaikaisen malmien hienonnustekniikan iskusanoja, vaikka sitä harrastettiin Etelä-Afrikan kultakaivoksilla jo vuosisatamme alussa. Siitä kirjoitetaan paljon vuorialan ammattilehdissä sellaisin otsikoin kuin »Jauhatus muuttuu autogeeniseksi», »Autogeenimyllyillä säästetään rahaa», »Jännittävimmät vuodet autogeenijauhauksen historiassa» jne.

Autogeenijauhauksen toteuttamistavoissa erotetaan kolme päätyyppiä:

— primäärinen autogeenijauhatus (primary autogenous grinding), jossa louhittu malmi sellaisenaan (run-of-mine ore) tai karkeamurskauksen jälkeen syötetään myllyyn ja jauhetaan siinä itsellään lopulliseen hienouteen. Näissä myllyissä joudutaan usein tehostamaan jauhatus metallisilla jauhinkappaleilla, esimerkiksi rautakuulilla (ersatz autogenous grinding, semi-autogenous grinding).

— autogeeninen välijauhatus (intermediate autogenous grinding, intermediate pebble grinding), Outokummun lohkarjauhatus, jossa hienomurskattu malmi, murske, jauhetaan kaivoksesta tulleesta malmista seulotuilla lohkarilla, joiden koko on tavallisesti suuruusluokkaa 100—200 mm. Lohkaremylyt joko korvaavat tavanomaisissa jauhatussysteemeissä murskeen jauhamiseen käy-

tetyt tankomylyt ja entiset primääriset kuulamylyt tai niillä jauhetaan murske yhdessä vaiheessa lopulliseen hienouteen.

— sekundäärinen autogeenijauhatus (secondary autogenous grinding, secondary pebble grinding), Outokummun palajauhatus, jossa malmipaloja jauhinkappaleina käyttäen tankomylyillä, primäärisillä kuulamylyillä tai lohkaremylyillä karkeajauhettu malmi saatetaan lopulliseen hienouteen. Jauhinpalojen koko on yleensä suuruusluokkaa 40—100 mm.

Autogeenijauhauksen yleistymisestä huolimatta malmien hienonnus tapahtuu toistaiseksi useimmiten siten, että monessa vaiheessa suoritettu murskaus ulotetaan 10—20 mm:n hienouteen, minkä jälkeen tulee karkeajauhatus tankomylyillä ja sen jälkeen hienojauhatus kuulamylyillä yhdessä tai useammassa vaiheessa. Menetelmä sopii teknisesti useimmille malmeille. Se on käyttövarma, toimii tyydyttävästi vähälläkin instrumentoinnilla ja sen monissa eri vaiheissa voidaan käyttää joustavasti koneita, joilla on erikoisominaisuuksia juuri määrätyn hienonnusvaiheen suorittamiseen.

Autogeenijauhauksen suosio perustuu sen taloudellisuuteen. Se avaa monissa tapauksissa mahdollisuuksia hienonnuskustannusten alentamiseen, mitkä kustannukset näyttelevät oleellista osaa rikastamoiden taloudessa. Säästöt syntyvät pääasiassa tarpeettomiksi tulleiden ulkopuolisten jauhinkappaleiden, kuulien ja tankojen, hinnasta. Autogeenijauhauksen muista eduista voidaan mainita mm., että malmiin ei sekaannu vieraista jauhinkappaleista irtoavia tai liukenevia aineksia, joilla melkein poikkeuksetta on vahingollinen vaikutus seuraavassa rikastusprosessissa. Edelleen autogeenijauhauksen on todettu suosivan malmien selektiivistä hienonemista mineraalien raerajoja myöten.

Autogeenijauhauksen uudelleentuleminen (Etelä-Afrikan kultakaivoksilla sitä on käytetty jatkuvasti) ja laajeneminen on tapahtunut viimeisten 10—20 vuoden aikana rinnan instrumentoinnin kehityksen kanssa, joka on tarjonnut paranevia mahdollisuuksia tähän jauhatus-tapaan liittyvien erikoiskysymysten ratkaisemiseksi. Näistä kysymyksistä tärkein on vaatimus jatkuvasti vaihtuvaa kulutusta vastaavasta jauhinkappaleiden syötöstä. Epäonnistumisiakin on tapahtunut, mutta tietoja niistä on tullut varsin rajoitetusti julkisuuteen.

Teknisesti autogeenijauhatus on yleensä mahdollista, jos malmista saadaan riittävästi jauhinkappaleita. Toisin sanoen jauhinkappaleina käytetyllä malmilla täytyy olla siinä määrin kovuutta ja sitkeyttä, että kappaleiden kulutus ei ylitä niiden saantia. Riski jauhinkappaleiden riittämättömyydestä on pienin palajauhatuskassa ja kasvaa lohkarjauhatuskseen ja edelleen primääriseen autogeenijauhatuskseen siirryttäessä. Paloja saadaan malmista eniten. Lisäksi niiden kulutus on pienempi kuin suurien jauhinkappaleiden; ilmiö, joka on vastakkainen metallisia jauhinkappaleita käytettäessä. Edelleen kuulajauhatuskseen verraten todettakoon autogeenisten jauhinkappaleiden kokoa koskeva karkea yleissääntö, jonka mukaan jauhinkappaleiden täytyy olla ainakin samanpainoisia kuin kuulat, joita käytetään vastaavaan jauhatus tehtävään kuulamylyissä. Näin tarvittavien kappaleiden koko riippuu malmin ominaispainosta ja on vastaavien rautakuulien kokoa selvästi suurempi, koska malmien ominaispaino on yleensä alle puolet raudan ominaispainosta. — Malmin soveltuvuuden määrittäminen autogeenijauhatuskseen käy varminmin käyttömitta-kaavaisilla kokeilla kuten tehtiin Outokummussa. Tämä ei ole kuitenkaan aina mahdollista. Vaikea on tilanne sil-

loin, kun jauhatusmenetelmää ratkaistaessa malmista on käytettävissä vain porasydännäytteitä ja niitäkin rajoitetusti. Tällöin voidaan laboratoriokokeilla selvittää palajauhatusta, mutta jo lohkarjauhatuksen mahdollisuus jää pääasiassa arviointiin malmin mineraalikoostumuksen, rakenteen jne perusteella. Tilanne on parempi, jos lohkaraita on saatavissa. Niillä tehdyt pudotuskokeet antavat käyttökelpoista tietoa, jonka luotettavuus riippuu koekappaleiden edustavuudesta.

Hienonnuksmentelmien taloudellisuuskin on ratkaistava tapaus tapaukselta ottaen soveltaen huomioon mm. seuraavaa: 10—20 mm:n hienonnuksen murskaus on yleensä halvempaa kuin jauhatus. Tanko-kuulajauhatuksen käyttökustannuksissa jauhinkappaleiden osuus vaihtelee eri malmeilla sekä markkamääräisesti että prosentuaalisesti ollen yksi perustekijä edullisinta hienonnuksmentelmää haettaessa. Tämä kustannus eliminoituu autogeenisissa jauhatusmenetelmissä siinä suhteessa kuin ulkopuolisia jauhinkappaleita voidaan korvata autogeenisilla. Hienojauhatuksen kuulakulutus on tavallisesti noin kolminkertainen karkeajauhatuksen tankokulutukseen verraten, joten palamylyillä, jotka ovat pieniä kuulia käyttävien kuulamylyjen tavoin sopivimmat koneet hienojauhatukseen, säästetään tässä suhteessa suurin osa mahdollisesta. Lohkareet eliminoivat tangot karkeajauhatusmylyissä. Primääriset autogeenimylyt ovat yleiskoneita, jotka tanko- ja kuulamylyjen lisäksi korvaavat väli- ja hienomurskaimet. Näissä mylyissä tarvittavat »apukuulat» vaikeuttavat kustannusvertailua. Energian kokonaiskulutus kWh/valmiiksi hienonnettu malmitonni näyttää primäärisessä autogeenijauhatuksessa olevan suurempi kuin toisissa menetelmissä, jotka ovat keskenään tässä suhteessa suunnilleen tasa-arvoisia. Autogeenijauhatusmenetelmät nostavat yleensä laitosten perustamiskustannuksia, mistä primäärinen autogeenijauhatus tekee poikkeuksen sen yksivaiheisuuden ja murskaimien tarpeettomuuden vuoksi. Autogeenimylyjen täytyy olla kooltaan suurempia tai niitä tarvitaan useampia, koska jauhatuksen kapasiteetti on suhteellinen jauhinkappaleiden ominaispainoon. Edelleen autogeenijauhatus edellyttää täydellisemmän instrumentoinnin. Lohkare- ja palajauhatus vaativat vielä erillislaitteet jauhinkappaleiden ottoa, varastointia ja syöttöä varten. Menetelmää valittaessa on kustannusten ohella mm. käyttövarmuus otettava huomioon; malmin karkeus- ja laatuvahtelut tuntuvat herkimmin primäärisessä autogeenijauhatuksessa.

Autogeenijauhatus on nopeasti yleistymässä. Palamylyt ja primääriset autogeenimylyt ovat lukumäärällisesti kärjessä. Kiinnostus lohkaremylyihin kasvaa. Outokummussa vuonna 1956 koko tuotannon mitta-kaavassa aloitettu palajauhatus lienee ollut ensimmäinen laatuaan sulfidimalmeilla; lohkarjauhatus samoin vuonna 1963. Kehitys suuntautuu malmien hienonnuks-tekniikassakin enemmän erikoiskoneisiin, jotka suorittavat tarkoin rajoitetun hienonnuks-tehtävän paremmin ja taloudellisemmin kuin yleiskoneet. Tämä viittaa monivaiheisiin menetelmiin. Samalla pyritään suuriin koneyksikköihin, jotka ovat edullisia tonnikohtaisia kustannuksia ajatellen.

YHTEENVETO

Outokummun Keretin rikastamo siirtyi vuonna 1963 tehdasmittakaavassa suoritettujen tutkimusten jälkeen kaksivaiheiseen autogeenijauhatukseen. Menetelmä, jota

on jatkuvasti kehitetty, vastaa teknisesti ja taloudellisesti odotuksia. Tutkimustoiminnassa on kiinnitetty huomiota myös toisiin autogeenijauhatuksen muotoihin. Lopuksi esitetään yleistä autogeenijauhatuksesta ja sen mahdollisuuksista.

Julkaisuja:

1. H. Tanner, T. Heikkinen: Outokummun Keretin kuilu ja siihen liittyvät tuotantolaitokset. — Vuoriteollisuus — Bergshanteringen 2/1955 ss. 18—24.
2. T. Heikkinen, H. Tanner: Finland's Outokumpu Mine, Keretti Shaftplant and Mill. — Mining Engineering, July 1955, pp. 628—633.
3. H. Tanner, T. Heikkinen: Crushing and Grinding at Outokumpu. — Transactions of the International Mineral Dressing Congress Stockholm 1957, pp. 123—138.
4. T. Heikkinen, E. Lehtonen: Tutkimus kaksivaiheisesta autogeenijauhatuksesta Outokummussa. — Vuoriteollisuus — Bergshanteringen 1/1962 ss. 30—25.
5. T. Heikkinen, E. Lehtonen: Über Versuche mit zwei-stufiger autogener Mahlung in Outokumpu. — Erzmetall Bd. XV (1962) H. 8.
6. T. Heikkinen, E. Lehtonen: Two — stage autogenous grinding investigations at Outokumpu. — Mine & Quarry Engineering, November 1962, pp. 482—489.
7. T. Heikkinen: Autogenous Grinding in Finland. — The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, February 1964, pp. 156—157.
8. T. Heikkinen: Outokumpu's Keretti mill . . . — World Mining, February 1966, pp. 28—33.

Two-stage autogenous grinding at the concentrating plant in Outokumpu

Summary:

Grinding at the Keretti concentrator in Outokumpu, which went into operation in 1954, was originally performed by rod and ball mills. In 1956 the secondary ball grinding was converted to pebble grinding and in 1963 the rod mills were replaced by larger grate mills using ore lumps as grinding media. The intensive research work done before this final step in the change over to fully autogenous grinding has been described previously.

Two stage autogenous grinding has proved to be economically and technically successful and it has been further developed e.g. by completing the instrumentation etc. Also experiments on run-of-mine ore grinding have been continued. These tests, however, indicate that because of the rapid breaking of large ore lumps, the consumption of grinding medium has been too high. Also the energy consumption in one stage autogenous grinding has proved to be higher than that in the various methods of two-stage grinding (rod-ball, rod-pebble and lump-pebble grinding), which in this respect are quite equal.

The savings in operation costs achieved by autogenous grinding are mainly due to the elimination of balls and rods as grinding media, but also to the lower energy consumption in crushing. Research is nowadays mainly directed to classification and closed-circuit grinding.



Osa Paakkilaa Juojärven yläpuolelta nähtynä. Keskellä rikastamo, vasemmalla korjaamo.

Paakkila, seen in an aeroplane above the Juojärvi-lake, the dressing plant in the middle, the repair and maintenance shop to the left.

Paakkilan antofylliittiasbestilouhos

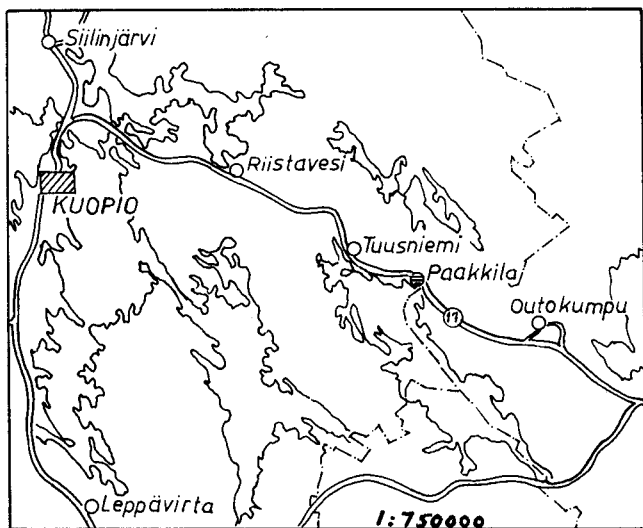
Dipl. ins. Antti Palomäki ja fil. maist. Olli Halonen

Paraisten Kalkkivuori Osakeyhtiö, Suomen Mineraali

Pohjolan ainoa ja koko maailmassakin harvinaislaatuinen Paakkilan asbestin tuotantolaitos sijaitsee Kuopion läänissä, Tuusniemen pitäjän Kiukoonniemen kylässä, Kuopiosta noin 50 km itäkaakkoon. Pohjois-Karjalan läänin ja samalla Outokummun kauppalan rajalle on Paakkilasta matkaa vain kaksi kilometriä. Paakkilan nimi on peräisin Paakkilanniemestä, joka pistää Juojärveen ja jonka keskelle tuotantoon johtanut antofylliittiasbestiesiintymä on sijoittunut. Oheisesta tiekartan peitepiirroksesta (kuva 1) ilmenee, että valtatie 17 on Paakkilan tärkein kulkuyhteys. Lähin rautatieasema Outokumpu on 25 km:n päässä.

Historia

Paakkilan antofylliittiasbestilla on perinteitä, sillä jo n. 4500 vuotta sitten keksivät esi-isämme käyttää hienoksi avattua asbestia saviastioissa sideaineena. Tämä keksintö mahdollisti ohutseinäisten ja -pohjaisten keittoastioiden apuaineen viennin aloittamisen jo silloin. Arkeologisten tutkimusten mukaan Pohjois-Skandinaviaan ja Vienan Karjalaan on vici ty tänä asbestikeramiikan kukoistuskautena antofylliittiasbestia juuri edellä mainittuun käyttöön. Asbestikeramiikka-kauden jälkeen ei ole löytynyt merkkejä asbestin käytöstä, ennenkuin vasta 1600-



Kuva 1. Paakkilan sijainti

Fig. 1. The geographical location of Paakkila.

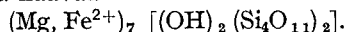
luvulta, jolloin asbestikivestä hakattiin kestäviä uuni-
kiviä.

Suomen Asbesti Oy, vuonna 1900 perustettu louhinta-
oikeuksien vuokrausyhtiö, pyrki saamaan ulkolaisia
yrittäjiä alalle. Vajaan kahden vuosikymmenen aikana
oli louhintaa yrittämässä sellaisia nimiä kuin saksalainen
Krusenberg ja tanskalainen F. L. Smidth & Co, menses-
tyen kuitenkin heikosti vaivalloisten rahtiyhteyksien
takia.

Vasta v. 1918 Paakkilan louhos varsinaisesti on
päässyt teolliseen tuotantoon Suomen Mineraali Oy:n
toimesta ja on viettänyt tänä vuonna
50:tta toimintavuottaan. Vuodesta 1959 al-
kaen on Paraisten Kalkkivuori Osakeyhtiö jatkanut Paak-
kilan tuotannollista toimintaa, Suomen Mineraali Oy:n
siirryttyä Paraistenyhtiön omistukseen.

Mineralogia ja geologia

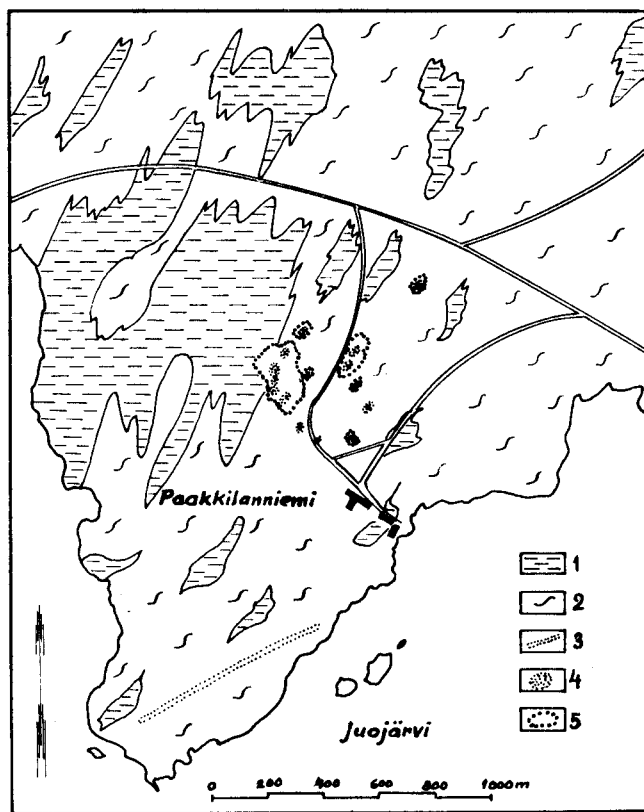
Paakkilan asbesti on amfiboliašbesteihin kuuluvaa, kuitu-
maisena esiintyvää antofylliittiä. Sen kemiallinen koos-
tumus vastaa kaavaa



Seuraavat keskimääräiset kemialliset analyysitulokset
ilmaisevat Paakkilan tyyppillisen antofylliittiasbestin ja
teoreettisen sekä käytännössä todetun antofylliitin aine-
sisällön:

	Antofylliitti		
	Paakkilan asbesti	teoreettinen	käytännöllinen
SiO ₂	57,5 %	54,7 %	52–64 %
Al ₂ O ₃	1,2 %	—	} 1–7 %
FeO	5,8 %	25,1 %	
Fe ₂ O ₃	} 30,2 %	—	} 25–35 %
MgO		18,1 %	
CaO	0,1 %	—	} 0–1 %
Alkalit	0,5 %		
H ₂ O	4,7 %	2,1 %	1–5 %

Paakkilan asbestin sulamispiste on n. 1500°C, mikä
jonkin verran vaihtelee asbestin kokoomuksen mukaan.
Samoin sen hyvä haponkestävyys on tunnettu. Se taas



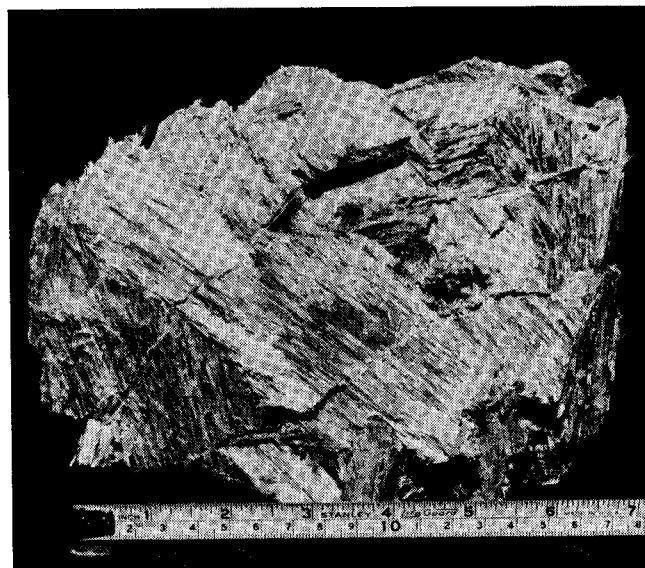
Kuva 2. 1. Graniitti 2. Kiiillegneissi 3. Kvartsiitti 4. Antofylliitti-
asbestilinssejä 5. Avolouhos.

Fig. 2. A geological map of the Paakkila area.

1. granite, 2. mica gneiss, 3. quartzite 4. bare asbestos
lenses, 5. open pit.

jossain määrin vaihtelee sekä kokoomuksen että kuitu-
pituuden mukaan, pitkien kuitutuotteiden haponkestä-
vyyden ollessa parempi kuin lyhyiden.

Paakkilan asbestiesiintymät liittyvät karjalaisen vuori-
jonon liuskekivivyöhykkeen serpentiini-intruusioaluee-
seen. Paakkilanniemen pääkilajit ovat kiiillegneissi ja
graniitti (kuva 2). Liuskeisuuden yleiskulku on N 35°E



Kuva 3. Asbestikivinäyte

Fig. 3. A sample of anthophyllite asbestos rock.

ja kaade 30–40°W sekä venymä ja poimuakselit S 30–40°W ja kaade 20–35°. Kiillegneissi on paikoin suoneissimäistä, paikoin se sisältää kiilleliuskeosueita. Graniittia, joka osittain on granodioriittista, tavataan runsaimmin niemen länsiosassa. Graniitin yhteydessä on pegmatiittijuonia. Niemen eteläosassa on kapea kvartsiittivyöhyke.

Paakkilaniemellä maapeitteen laatu on vaihtelevaa: lajittuneista maalajeista aina lajittumattomaan moreeniin saakka. Maapeitteen paksuudeksi on todettu 2–8 m. Kallioperässä tavataan asbestikiveä (kuva 3) niemen keskiosissa alueella, joka on noin 300 m leveä ja 500 m pitkä.

Asbesti esiintyy pyörähdyssellipsoidin muotoisina, keskimäärin 5000–7000 m³:n kokoisina pakuina tai linsseinä, joita tunnetaan kaikkiaan lähes 50 joko kokonaan tai osittain louhittuina tai vielä louhimattomina. Asbestilinssit rajoittuvat sekä gneissiin että graniittiin, niiden pituusakselin ollessa tavallisesti sama kuin yleisen venymän suunta. Merkittävää on, että gneissin suuntaus lähellä asbestilinssiä seuraa kontaktia taipuen sen mukaan.

Asbestilinssit ovat vyöhykerakenteisia, mikä ilmenee mineralogisen kokoomuksen vaihteluna alkaen linssin sivukivikontaktista ja jatkuen keskustaa kohti. Vyöhykkeet ovat: kiille-, tremoliittiaktinoliitti-, talkki- ja asbestivyöhyke sekä asbestiserpentiinisydän. Käyttökelpoisin näistä on asbestivyöhyke, jossa asbestia on runsaimmin. Jonkin verran asbestia voi esiintyä toisissakin vyöhykkeissä, kiillevyöhykettä lukuunottamatta. Uloimpien kontaktivyöhykkeiden paksuus vaihtelee aina 10 cm:stä useihin metreihin saakka. Asbestilinssien tyyppinen sijainti ja muodot ilmenevät kuvasta 4.

Asbestilinssien löytämiseksi käytetyistä menetelmistä tavanomainen syväkairaus ja Paakkilassa kehitetty vauunporaus-näytteenotto ovat osoittautuneet tehokkaim-

miksi. Jälkimmäisellä menetelmällä sekä maasta että kalliosta saatavasta poraussoijasta voidaan helposti todeta asbestikuidut. Vauunporakone ketjusyöttölaitteineen on asennettu teollisuustraktorin etupäähän. Jatkotankokalusto on 1 1/4" Ø ja terät 2" Ø. Traktorin avulla siirretään dieselkäyttöinen kompressori reiältä toiselle. Tätä erillistä tutkimusyksikköä voidaan käyttää myös louhintaporaukseen. Par'aikaa on käynnissä syväkairaus kahden timanttikairauskoneen voimalla asbestikiven kokonaisvarojen inventoimiseksi.

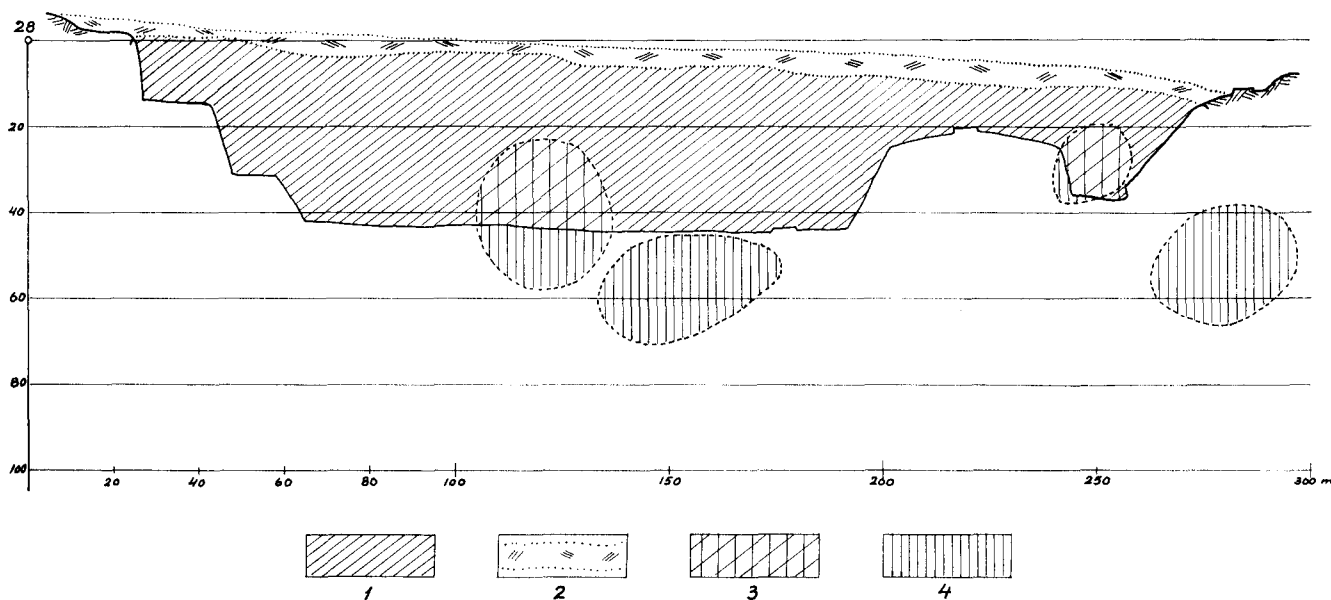
Lauhinto

Paakkilan asbestikiven irroitus tapahtuu nykyisin yksinomaan avolouhintana. 1950-luvun alussa on lyhyen ajan maanalainen kokeilulouhinta ollut käynnissä. Silloin ajettu kuilu on edelleen käyttökelpoisena olemassa. Sen kautta maanalaisen louhinnan mahdollisuuksia tullaan vielä edelleen selvittämään.

Maanpoisto on maapeitteen suhteellisen vaatimattoman paksuuden vuoksi ollut helppoa. Porausta ei tarvita, eikä vesiongelmia yleensä esiinny. Kuormausta ja kuljetusta tapahtuu varsinaiseen sivukiven louhintaan käytettävällä kalustolla.

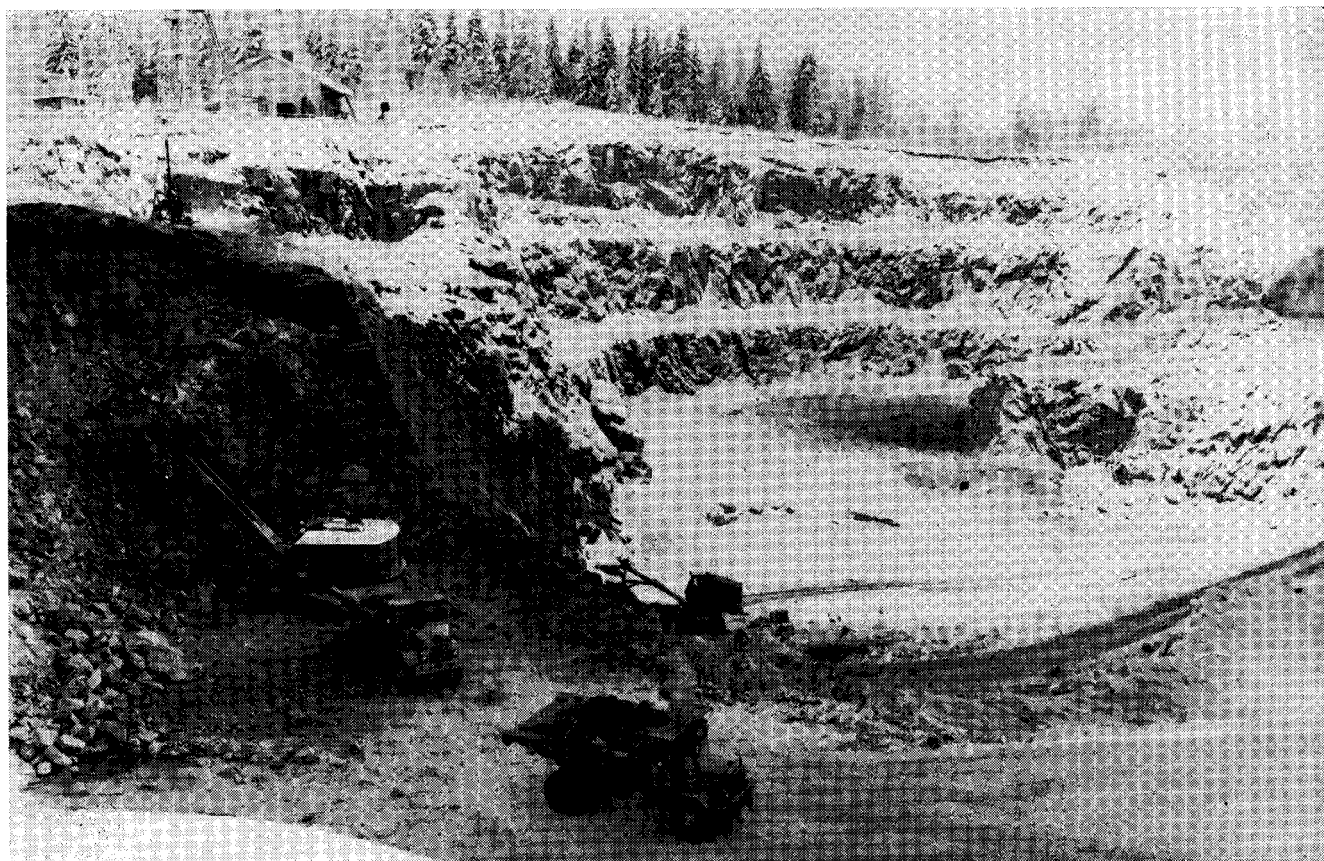
Avolouhoksia on toiminnassa tällä hetkellä kaksi: päälouhos A ja sivulouhos C. Näiden lisäksi joitakin erillisiä pintalinssijä varten on avattu ja tullaan avaamaan pikkulouhoksia. Varsinainen avolouhinta suoritetaan kahdessa vaiheessa:

- sivukiven louhinta, edustaen yli 90 %:n työpanosta kokonaislouhinnasta n. 250.000 t/v (v. 1968),
- asbestikiven louhinta, jossa nosto 18.000 t/v (v. 1968). Asbestikiven ja raakun louhintasuhte on siis vain 1:14 painon mukaan laskettuna.



Kuva 4. Pystyleikkaus A-louhoksesta: 1. Louhittu sivukivi, 2. Siirretty maa, 3. Louhittu asbestikivi, 4. Louhimaton asbestikivi.

Fig. 4. A cross section of the A-quarry. 1. Mined country rock, 2. excavated soil, 3. mined asbestos rock, 4. unblasted asbestos rock.



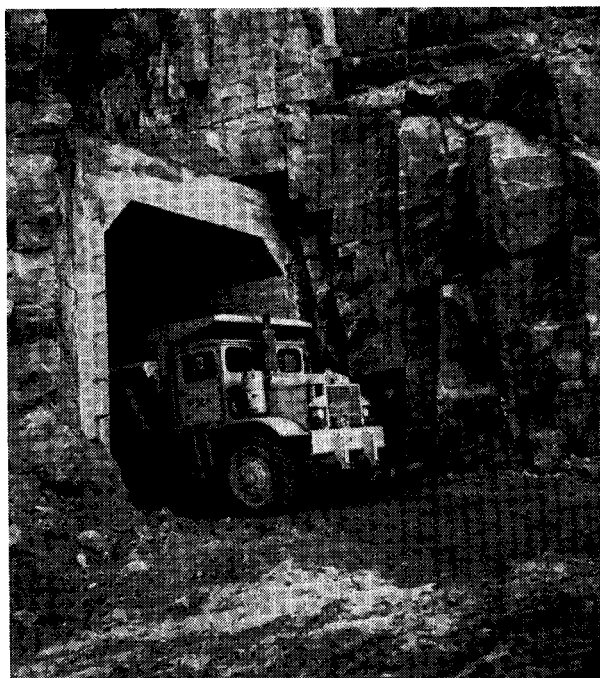
Kuva 5. Paakkilan A-louhos, pohja nyt +45 m.

Fig. 5. The A-quarry, the bottom level is + 45 metres.

Sivukiven louhinnassa on pengerkorkeus 13–15 m, ja louhintareikien läpimitta 51 mm ja pituus 14–16 m, etu 2 m, reikäväli 2,5 m sekä kaltevuus n. 70°. Porausvaununa on kumipyöräalusta, varustettuna Atlas-Copcon ketjussyöttölaitteella ja porakoneella BBC 100. Vaunuja on käytössä sivukiven ja asbestikiven porauksessa yksi ja em. tutkimusporausyksikkö lisäksi varakoneena. Jatkotankokalusto ja porat ovat Seco-laatua. Poraustulokset ovat olleet 60–62 m/vr., poraustarve 0,101 m/t ja irroitusteho 10–11 t/m. Pääasiallisena räjähdysaineena sivukiven louhinnassa on Rikkihappo Oy:n raivausmassa, pohja- ja varsipanoksena taas dynamiitti, joiden kulutus yhteensä on 100 g/t. Nallit ovat lyhythidasteisia (25 millisekuntia).

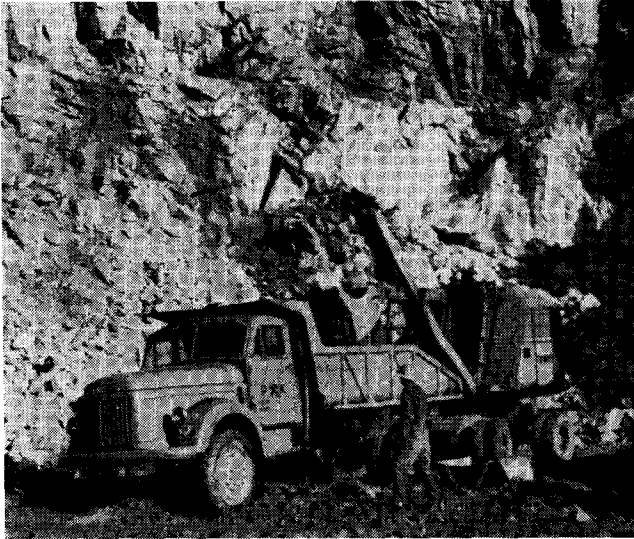
Asbestikiven louhinnassa vaihtelee pengerkorkeus 4–7 m:iin linssin koosta ja sijainnista riippuen, ollen keskimäärin 5,0 m. Käyttään myös 51 mm:n reikäläpimittaa, 1,5 m:n etua ja 1,5 m:n reikäväliä, saavutetaan irroitusteho 6,4 t/m, eli 60 % sivukivessä saadusta tuloksesta. Räjäytykseen käytetään asbestikivelle 25 ja 45 %:n dynamiittia ja sen kulutus on 170 g/t, mikä arvo yhdessä alhaisen irroitustehon kanssa johtuu tavoitteena olevasta pienemmästä palakoosta, ja kuituisen kiven sitkeydestä. Nallit ovat samat kuin sivukiven ammunnoissa.

Luonnollisesti rikkoporaus asbestikiven kohdalla em. systä on hallitseva, kaikista rikkoammunnoista siinä tehdään 98 %.



Kuva 6. Liikennetunnelin suu. Tunnelin mitat: leveys 4,8 m, korkeus 4,9 m, pituus 160 m.

Fig. 6. The transport tunnel's gap. The dimensions: width 4,8 metres, height 4,9 metres, length 160 metres.



Kuva 7. Asbestikiven kuormausta. Vaalea ala taustassa on asbestilinssi.

Fig. 7. Loading of asbestos rock. The bright spot on the background is an asbestos lens.

Kuormaus ja kuljetus

Avolouhokselta sekä sivukiven että asbestikiven kuormaus ja kuljetus suoritetaan kaivukoneilla ja maansiirtoautoilla. Ajotien kaltevuus on 1:10 liikennetunnelin valmistuttua vuonna 1967 A- ja C-louhosten välille. Ajomatkat välivarastoihin ja rikastamoon sekä louhejätekaasoille ovat 0,7–1,5 km.

Sivukiven kuormaavat Lokomon Teräsmies 43 E ja Teräsmies JT 43 dieselkäyttöisinä, kauhakoko 1,6 m³ (ks. kuva 5). Asbestikivi kuormataan Jussi Mobilella,

jonka kauhakoko on 400 l (kuva 7). Lisäksi varakoneena on Allis-Chalmers BTL-14D kauhakuormaaja, kauhakoko 1,2 m³, moottoriteho 93 hv. Sivukiven kuljetus hoidetaan kolmella Euclid FBD7 maansiirtoautolla, kuorma 15 t, moottoriteho 210 hv. Asbestikivi taas kuljetetaan Volvo Viking kuorma-autolla, kuorma 5 t, moottoriteho 115 hv., nelipyöräveto.

Asbestikivi ajetaan autovaa'an kautta välivarastoihin, joista edelleen rikastamon syötteeksi sopiva asbestikivisekoitus siirretään murskaamoon.

Murskaamo

Rikastamo käsittää murskaamon, kuivaamon, kuitutehtaan, hienojauhatusosaston ja varaston (kuva 8).

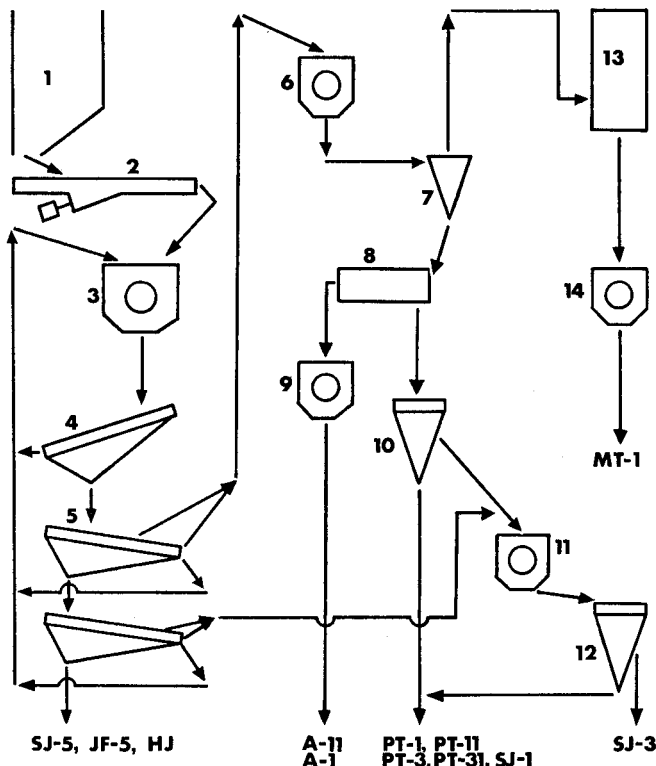
Asbestikivi rikastetaan, s.o. murskataan, kuivataan, aukaistaan, seulotaan, luokitellaan ja osittain jauhetaan, kuivana. Esimurskaus tapahtuu Lokomo Teräskita 90:llä, käyttäen 80 mm:n asetusta. Murskatun kiven siilon vetoisuus on 40 t. Murskattu kivi kuivataan pyörivässä kiertounissa, jonka kuivauskapasiteetti on riittävä 2-vuoroajossa yhdessä karkeamurskauksen kanssa. Siilotilaa kuivatulle kivelle on 130 t.

Kuituisen kuivan syötekiven aukaisu aloitetaan hienomurskauksella Hazemag-vasaramurskaimissa. Periaatteellinen kaavio rikastamon toiminnasta on kuvassa 9. Hazemagit (3) ovat sulkeisessa piirissä esiseulojen (4) ja kuituseulojen (5) kanssa. Esiseulat läpäissyt alustavasti auennut materiaali seulotaan varsinaisilla kuituseuloilla (5), joista kahden ensimmäisen »tavaramaton» päältä imetään pisin kuitu edelleen aukaistavaksi (6 ja 9) ja luokiteltavaksi (7 ja 8) parhaaksi A-kuitutuotteeksi, kuva 10.

Kuva 8. Rikastamo. Oikealta vasemmalle: murskaamo, siilo, kuivaamo, kuitutehdas ja varasto edellisen vasemmassa päädyssä. Etualalla on muuntamo. Kuitutehtaan takana on hienojauhatusosasto.

Fig. 8. The dressing plant. From the right to the left: crushing plant, bin, dryers, fibre plant, storing house. Transformers in the front and behind the fibre plant a fine grinding department.





Kuva 9.

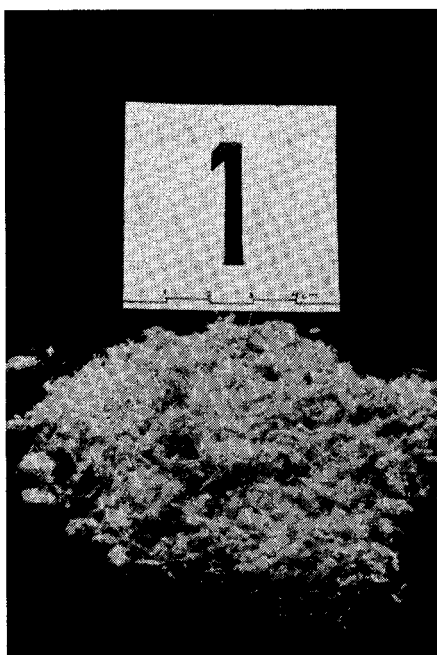
1. Kuivatun syötteen siilo, 130 t.
2. Tärysyötin IFE, 400 × 2100 mm.
3. Iskumurskaimia, Hazemag, 2 kpl, Ø 600 mm, leveys 370 mm.
4. Esiseuloja, 2 kpl, 1600 × 3300 mm, aukko 12 mm.
5. Varsinaisia kuituseuloja 4 kpl, 1600 × 3300 mm, aukko 1,5 mm.
6. Vasaramylly, malli Paakkila, Ø 480 mm, leveys 150 mm.
7. Syklooni, Ø 1500 mm, korkeus 2600 mm.
8. Kuituluokitin Grader, Ø 105 mm, pituus 2200 mm.
9. Vasaramylly, malli Paakkila, Ø 380 mm, leveys 150 mm.
10. Ilmaluokitin, Plath, Ø 2500 mm.
11. Vasaramylly, malli Paakkila, Ø 480 mm, leveys 150 mm.
12. Ilmaluokittimia, Plath, 2 kpl, Ø 2500 mm.
13. Letkusuodatin, malli Paakkila, suodatuspinta 1500 m².
14. Vasaramylly, malli Paakkila, Ø 480 mm, leveys 150 mm.

Fig. 9. Dressing diagram

1. Silo for dry asbestos rock, 130 tons.
2. Vibrating tube feeder, IFE, 400 × 2100 mm
3. Impact crusher, Hazemag, 2 units, ø 600 mm, breadth 370 mm
4. Primary screen, 2 units, 1600 × 3300 mm, gap 12 mm
5. Main screens, 4 units, 1600 × 3300 mm, gap 1,5 mm
6. Hammer mill, model Paakkila, ø 480 mm, breadth 150 mm.
7. Cyclone, ø 1500 mm, height 2600 mm
8. Classifier Grader, ø 105 mm, length 2200 mm
9. Hammer mill, model Paakkila, ø 380 mm, breadth 150 mm
10. Wind separator, Plath, ø 2500 mm.
11. Hammer mill, model Paakkila, ø 480 mm, breadth 150 mm
12. Wind separators, Plath, 2 units, ø 2500 mm.
13. Hose filter, model Paakkila, filter area 1500 m²
14. Hammer mill, model Paakkila, ø 480 mm, breadth 150 mm.

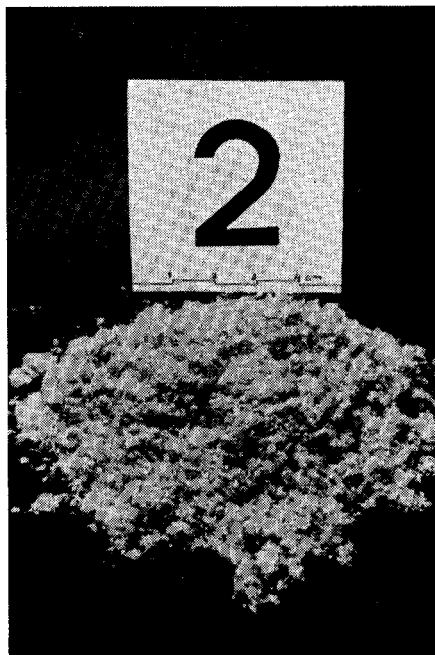
Luokituksen (8) painava, se on aukeamaton, asbesti käsitellään edelleen: aukaisua (11) ja luokitusta (10 ja 12) kerraten. Auenneisiin lyhytkuituisiin tuotteisiin yhdistetään kahdelta jälkimmäiseltä kuituseulalta (5) imetty ja edelleen avattu (11) sekä luokiteltu (12) tuote. Nämä lyhytkuituiset tuotteet ovat nimeltään PT-laatuja. Näistä valmistetaan yhdistelmälaatua SJ-1, käyttäen eri laatu- jen sekoitusta hyväksi. Luokituksesta (12) saadaan myös käyttökelpoinen jae SJ-3 laatu.

Jälkimmäiset kuituseulat läpäisseestä hienosta aineksesta luokittelemalla valmistetaan SJ-5 laatu ja jauhamalla hienojauhatusosastossa Nyhammarin kuulamyllyllä, Ø 1,8 m, pituus 3,8 m laatu JF-5. Oma erikoistuote MT-1 otetaan letkusuotimesta (13) talteen. Se aukaistaan edelleen vasaramyllyllä (14). Kuitutehtaan valmiit tuotteet ohjataan siloihin ja niistä ruuvikuljettimen välityksellä puoliautomaattiseen säkituskoneeseen eri laaduttain säkitettäväksi.



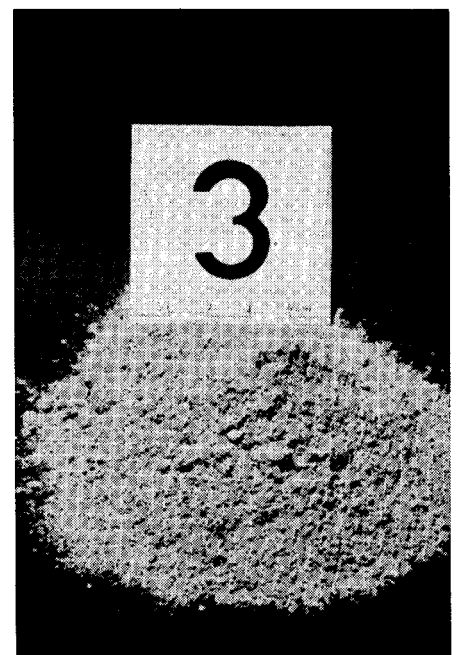
Kuva 10. A-1 kuitua

Fig. 10. Asbestos, grade A-1.



Kuva 11. PT-3 kuitua

Fig. 11. Asbestos, grade PT-3.



Kuva 12. JF-5 jauhetta

Fig. 12. Asbestos, grade JF-5.

Asbestijauhe JF-5 varastoidaan kahteen silloon ja säkitetään monipiippu-venttiilikoneella. Paitsi säkitettyinä voidaan asbestijauhetta toimittaa myös irrallaan. Huomattava osa jälkimmäiset kuituseulat läpässeestä hienosta aineksesta, ts. jätteestä HJ, ajetaan vielä jäte-alueelle.

Pölynpoisto asbestin kuivarikaustuksen yhteydessä on varsin keskeinen asia. Tuotantoimu erikseen ja rikastamon ilman pölystä vapaana pitäminen erikseen ovat päätoiminnot pölyntorjunnassa. Viime vuonna on asennettu yleispölynpoistojärjestelmä rikastamoon. Näin saatiin aikaan keskitetty pölyisimpien kohteiden imua tehostava ja työskentelypaikkojen ilmaa puhdistava kokonaisvaikutus.

Henkilökunta ja tuotanto

Paakkilan kokonaisvahvuus on 132, josta määrästä virkailijoita 12 ja työntekijöitä 120. Henkilöstö jakaantuu eri osastojen kesken seuraavasti:

	Virkailijat	Työntekijät
Louhinta ja geologinen tutkimus	1	42
Rikastamo	2	37
Korjaamo	1	19
Apuosastot	1	23
Konttori	7	—

Suunniteltu kokonaisnosto vuodelle 1969 on yli 300.000 t/v, josta asbestikiveä on yli 20.000 t/v ja asbestituotteita saadaan yhteensä n. 13.000 t/v.

Yleistietoja

Louhinnan vedenpoistoon on käytössä 3 keskipakopumpua, joiden yhteisteho on 1200 l/min. Sähkön tämänhetkinen kokonaiskulutus on n. 2,5 milj. kWh/v, ja tuotannon energiantarve on n. 90 kWh/asbestituotetonni.

Paakkilan, koko teollisuusalueen pinta-ala on 310 ha, josta viljeltyä maata 18 ha. Maanviljelys on vuokrattu paikalliselle viljelijälle.

Asbestin käyttömahdollisuudet

Antofylliittiasbestin käyttö on varsin monipuolista. Ensimmäisestään se soveltuu täyteaineiksi haponkestävien tuotteiden ja korroosiosuoja-aineiden valmistukseen, kuten tiivisteisiin, pahveihin, suodattimiin, happosuoja-aineisiin, bitumi- ym. suojausmassoihin, katalysaattorin kantajiin jne. Emästen kestävyys tai korkeiden lämpötilojen si to tulevat hyväksi käytetyiksi lämmöneristysaineissa, keraamisissa muotokappaleissa, hitsauspuikoissa, erilaisissa kittilaaduissa, väreissä, lattialevyissä ja -massoissa jne. Myös jätettä voidaan käyttää hyväksi Mg-pitoisuuden perusteella yhtiön omassa piirissä vuorivillan valmistuksessa eräänä aineosana.

Kirjallisuutta:

1. E. Aurola ja A. Vesalio: Asbestos Deposits of Finland and their Technical Use; Geologinen Tutkimuslaitos, 1954, No 54
2. Anon: Finnischer Asbest, Gewinnung, Aufbereitung und Verarbeitung; »Gummi und Asbest-Plastische Massen«, 1959, No 2
3. O. Halonen: Prospecting for Asbestos; Geochemical Prospecting in Fennoscandia, edited by A. Kvalheim, Interscience Publisher, 1967, p. 279—285.

The Paakkila anthophyllite asbestos quarry

Summary:

The Paakkila asbestos quarry is located about 70 kilometres southeast of Kuopio in Eastern Finland. The quarry has been working since 1918 under the previous owner Finska Mineral Ab and since 1959 under Pargas Kalkbergs Ab. The quarry is operated in two pits and the production in 1968 is about 250.000 tons rock, which is processed in the own dressing plant to ten different fibre grades.

The deposit consists of 50 anthophyllite asbestos lenses having an average size of 5 000—7 000 cubic metres.

The mining method is the selective benching. The benches are 13—15 metres high, and the safety explosives are used. The rock is loaded by diesel-operated excavators and hauled by two 15-ton dumpers to a primary crusher of the dressing plant.

90 % of the processed fibres will be exported and will be applied as fillers in acid and alkali-resistant products, as thermal damping materials, in welding electrodes, paints, corrosion preventives etc.

Sivulla 110 selostettuja tutkimusraportteja samoin kuin muita

VUORIMIESYHDISTYKSEN JULKAISUJA

on saatavissa

Yhdistyksen julkaisuvarastosta

**Os: Oksasenkatu 4 b A, Helsinki 10,
puh. 44 05 11 / Ins. Maijala tai
rva Heikkinen**

Luettelo ja hinnasto

julkaistuista raporteista on

Vuoriteollisuuslehdessä n:o 2/1967

Avolouhossuunnittelu tietokonetta hyväksikäyttäen*

Dipl. ins. Pasi P. Huhtinen

Mikäli halutaan käyttää hyväksi kaikkea saatavilla olevaa tietoa, joudutaan toteamaan, että avolouhoksen suunnittelu on varsin monitahoinen kaivostekninen, taloudellinen ja geometrinen tehtävä. Päätös kaivoksen perustamisesta tai louhinnan antamisesta urakoitsijalle edellyttää louhoksen lopullisen muodon tuntemista. Tässä artikkelissa esitellään menetelmä, jonka mukaisesti avolouhoksen edullisin muoto on löydettävissä tietokonetekniikkaa apuna käyttäen.

Johdanto

Avolouhossuunnittelun perusteita ovat geologiset malmin sijainti-, koko-, muoto-, asento- ja pitoisuustekijät, maanpoisto-, louhinta- ja rikastuskustannukset, sulaton ja metallitehtaan kustannukset, rahtikustannukset, saannit rikastamossa ja metallurgisissa prosesseissa, metallien maailmanmarkkinahinnat, louhintamenetelmä ja -välineet, tuotantolaitosten sijainti ja kapasiteetit, pääomakustannukset ja haluttu voitto. Jokainen näistä tekijöistä vaikuttaa avolouhoksen lopulliseen muotoon; pengermien sijaintiin ja kaltevuuteen sekä pohjasyvyyteen. Edelleen malmiesiintymä saattaa olla niin runsasmuotoinen ja pitoisuuksiltaan vaihteleva — kuten Kemin malmiot ovat olleet — että todella kaikki tekijät huomioiva edullisimman louhosvaihtoehdon selvittäminen käsinlaskumenetelmällä vie liikaa aikaa — ja se maksaa. Aikaisemmin on toki valittu edullisin louhos tarkasteluista vaihtoehdoista, mutta varsin suurella todennäköisyydellä paras ratkaisu on jäänyt löytymättä.

Tietokoneen hyväksikäyttö

Tietokone menetelmät ovat tehokkaimpia silloin, kun tietomateriaali on runsasta ja samaa perusmateriaalia joudutaan muokkaamaan ja käsittelemään eri tavoin järjestelmällisesti useita kertoja. Avolouhossovellutus on tässä mielessä ideaalitapaus. Mitä tarkempi ja oikeampi (lopullinen) kaivossuunnitelma on ennen louhinnan aloittamista käytössä, sitä taloudellisempaan ja tehokkaampaan tuotantoon on mahdollista päästä. Edellytyksenä on luonnollisesti se, että malmin todellinen kulku ja rajat ovat ennakkoinformaation mukaiset. Tietokone menetelmien käyttöönotto vaatii suurta luotettavuutta malmiarviolta, mutta toisaalta kaikki kaivossuunnitteluhan perustuu geologiseen perustinformaatioon.

Päämääränä oleva systeemi

Tavoitteena on ollut kehittää automaattinen tietojenkäsittelyjärjestelmä, joka optimoi, s.o. etsii malmiesiintymälle edullisimman avolouhosmuodon. Systeemin tulee optimoida profiilikohtaisesti avolouhoksen pohjasyvyys, seinämien sijainti ja pengerkaltevuus. Tämä tapahtuu siten, että asetettavalla pohjasyvyydellä systeemi laskee vuorotellen neljän vasemman seinämän vaihtoehdon kanssa järjestyksessä neljä oikean seinämän vaihtoehtoa, kuten kuva 1 on tulkittava. Yhtä pohjasyvyyttä kohti systeemi laskee 16 suunnitelmaa ja tulostaa seinämien väliin jäävästä materiaalista malmi- ja raakkutonit, irtomaakuutiot, keskinäiset pitoisuudet sekä louhoksen katetuoton. Tämän jälkeen ohjelma siirtää laskemisen seuraavalle pohjatasolle, josta myös saadaan 16 suunnitelmaa jne, kunnes kaikki asetetut tasot on käyty läpi. Mikäli malmiesiintymästä on kairattu useita profiileja, on mahdollista ajaa samalla kertaa koko esiintymä, jolloin systeemi optimoi automaattisesti jokaisen profiilin järjestyksessä.

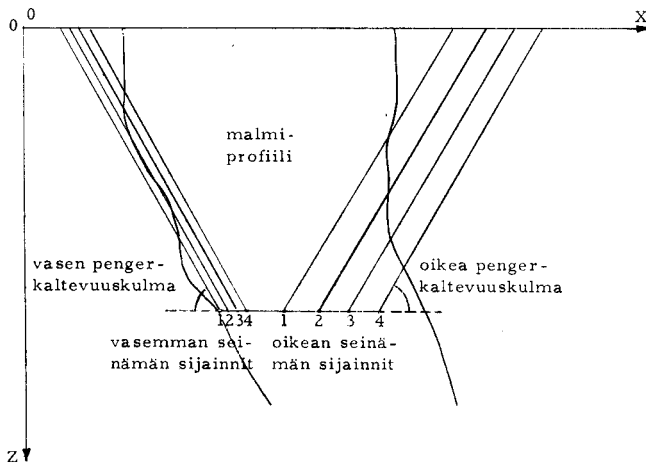
On huomautettava, että käytetty optimointi ei ole käytetty aivan ortodoksisesti. Ohjelmaan ei ole sijoitettu rutiinia, joka itse valitsisi parhaan eli tuottoisimman vaihtoehdon, vaan on lähdetty siitä, että kone laskee runsaasti tietoja ja tulostaa ne suunnittelijaa varten, jonka tehtävänä on valita materiaalista oikeat vaihtoehdot.

Malmiotietojen muokkaus

Kairaustuloksiin perustuvat malmion pitoisuus- ja malmiotiedot on järjestettävä automaattisen tietojenkäsittelyn edellyttämään muotoon. Profiilin kuvaus tapahtuu xz-koordinaatistossa. Tässä menetelmässä malmin profiili jaetaan vaakaviivoilla levyihin ja levyt pystysuorilla väliviivoilla geologisia piirteitä seuraten lohkoihin. Lohko edustaa homogeenista suorakaiteen muotoista pintaa, mutta profiilille edellytetään aina tietty vaikutusalue, VALA,¹⁾ esim. 1—50 m, joten seuraavassa tarkastelussa lohko on kolmidimensioaalinen kappale. Kuhunkin lohkoon kuuluu materiaalikoodi ja pitoisuustiedot. Levylohko-tiedosto viedään rekisteriksi suorasaantimuistiin.

¹⁾ FORTRAN-kielessä kaikki muuttujanimet on tapana kirjoittaa isoilla kirjaimilla. Samoin tässä artikkelissa nämä sanat ovat ohjelmissa esiintyviä muuttujanimiä, joten lukijan on helppo huomata näiden esiintyminen tekstissä ja tutustua tietokoneohjelmiin tämän perusteella.

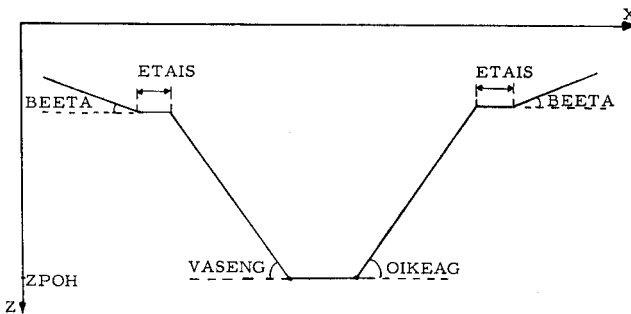
* Outokumpu Oy:n pääkonttorin ATK-keskuksessa dipl. ins. Voutilaisen johdolla kehitetty optimointimenetelmä.



Kuva 1. Leikkaus malmista XZ-koordinaatistossa. Kummallakin seinämällä on neljä vaihtoehtoista sijaintia.

Louhoskuvio

Systeemi soveltaa optimoinnissa kuvan 2 mukaista louhosmallia, jossa esiintyvät muuttujat ovat yhdellä pohjatasolla tai koko malmiossa vakioita. Ne ovatkin louhoskohtaisia vakioita — kun pengerkaltevuudet on määrätty.



Kuva 2. Louhosmalli koostuu pohjaviivasta, keskimääräisistä pengerkaltevuusviivoista, vaakasuorista kalliopintaosista ja maa-leikkauksen kaltevuusviivoista.

Optimointifunktio

Avolouhessysteemissä optimointi tapahtuu taloudellisten ja teknillisten suunnitteluperiaatteiden mukaisesti. Käytettävät suureet mitataan rahayksiköissä. Ohjelma laskee louhoksesta saatavan metallimäärän, joka kerrottuna metallin tai metallien markkinahinnoilla muodostaa bruttotuoton. Kun tästä vähennetään kaikki kustannukset, saadaan katetuotto, joka on systeemin laskema funktio. Irtomaan poisto on katsottu muuttuvaksi kustannukseksi, koska se on louhittavasta tonnimäärästä avolouhoksen koon mukaan riippuva tekijä.

Kaavan muodossa funktio on

$$y = \sum_{i=1}^m \left(\frac{S_{Ri}}{100} \cdot \frac{S_{Si}}{100} \cdot \frac{S_{Mi}}{100} \cdot \frac{f_i}{100} \cdot H_i \right) \cdot 1000 \cdot T_m$$

$$- T_{maa} \cdot K_{maa} - T_m \cdot (K_m + K_{rik}) - T_r \cdot K_r$$

$$- \sum_{i=1}^m \left(\frac{S_{Ri}}{100} \cdot \frac{S_{Si}}{100} \cdot \frac{S_{Mi}}{100} \cdot \frac{f_i}{100} \cdot 1000 \cdot (K_{Si} + K_{Mi}) \right) \cdot T_m$$

$$- \sum_{i=1}^m \left(\frac{S_{Ri}}{100} \cdot \frac{f_i}{100} \cdot \frac{100}{P} \right) \cdot K_{rahti} - T_m \cdot K_y$$

Kuten huomataan funktio käsittelee koko tuotantoprosessin alkaen malmin pitoisuuksista (f_i) ja louhemäärästä (T_m , T_r ja T_{maa}) päätyen metallikiloihin ja tuotteen arvoon.

Tuottofunktiossa esiintyvät suureet ovat kaikki ns. parametrilukuja, kunkin malmin tapauksessa erikseen harkittavia vakioarvoja. Nämä pysyvät muuttumattomina ohjelmoinnissa ja näitä käytetään kertojina tuottofunktiossa.

Seinämien x-arvojen laskeminen

Suunnittelutiedoilla annetuista kahdesta pisteestä (ZPOH, VASENX) ja (ZPOH, OIKEAX) alkaen nouseaan levy kerrallaan ylöspäin kulmien VASENG ja OIKEAG osoittamaan suuntaan. Kuva 3. Levyn keskikohdan ja seinämän kulun leikkauspiste lasketaan louhoksen kummallakin puolella. Näiden pisteiden välissä oleva tilavuus (XO—XV) · Z · VALA tarkoittaa poistettavaa materiaalia.

m = metallien i lukumäärä (maksimi 4)

S_{Ri} = rikastamon saanti metallille i (%)

S_{Si} = sulaton saanti metallille i (%)

S_{Mi} = metallitehtaan saanti metallille i (%)

f_i = metallin i pitoisuus malmiossa (%)

H_i = metallin i markkinahinta (mk/kg)

T_m = malmitonnit

T_{maa} = poistettava irtomaa (m^3)

T_r = raakkutonnit

K_{maa} = maanpoistokustannus (mk/ m^3)

K_m = malmin louhintakustannus (mk/malmitonni)

K_r = raakun louhintakustannus (mk/raakkutonni)

K_{rik} = rikastuskustannus (mk/malmitonni)

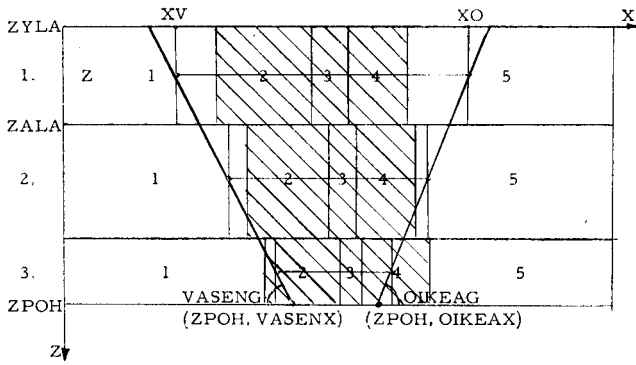
K_{Si} = metallin i sulattokustannus (mk/metalli-kg)

K_{Mi} = metallin i metallitehdaskustannus (mk/metalli-kg)

K_y = muuttuvat yhteiskustannukset (mk/malmitonni)

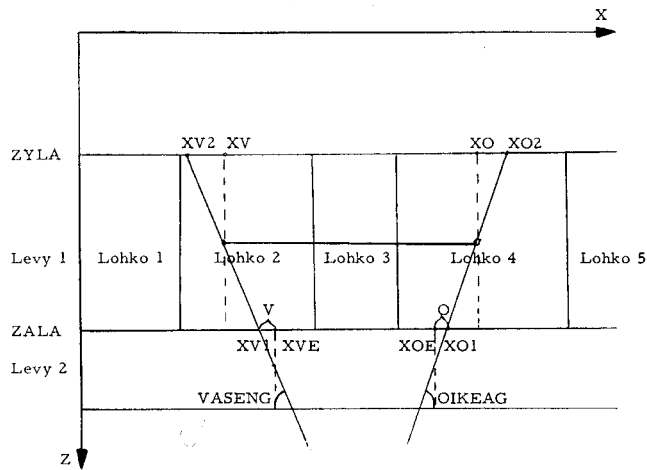
P_i = rikasteen i pitoisuus

K_{rahti} = rikasteen rahtikustannukset jalostuslaitokseen (mk/rikastetonnit)



Kuva 3. Avolouhoksen laskeminen tapahtuu levyittäin alhaalta ylöspäin. Vasemmassa reunassa on levyn numero, levyjen sisällä juokseva lohkon numero eli indeksi. Vinoviivoitetut lohkot kuvaavat malmin. Systeemi käsittelee pengerviivojen väliin jäävän materiaalin lohkoittain kuvassa esitetyllä tavalla.

Levyn keskiviivan ja seinämäviivan leikkauksen määrittämiseksi tarkastellaan kuvaa 4 ja siinä levyä 1.



Kuva 4. XV:n ja XO:n määrittäminen

$$\begin{aligned}
 XV &= XVE - V - Z \cdot \cot(\text{VASENG})/2 \\
 XO &= XOE + O + Z \cdot \cot(\text{OIKEAG})/2, \\
 \text{kun} \\
 Z &= ZALA - ZYLA \text{ ja} \\
 XVE &= \text{edellisen levyn (levy 2) puolivälin ja vasemman} \\
 &\quad \text{seinämän leikkauksen kohta} \\
 XOE &= \text{edellisen levyn puolivälin ja oikean seinämän} \\
 &\quad \text{leikkauksen kohta} \\
 V &= XVE - XVI \text{ ja} \\
 O &= XO1 - XO2
 \end{aligned}$$

XVE, XOE, V ja O ovat tietokoneen muistissa edellisen eli alemman levyn laskujen tuloksina.

Seinämän arvoja XV ja XO käytetään seuraavissa laskuissa louhosrajoina, joilla testataan lohkon indeksi eli se, minkä lohkon kohdalta seinämä kulkee levyn puolivälissä.

Materiaalianalyysi

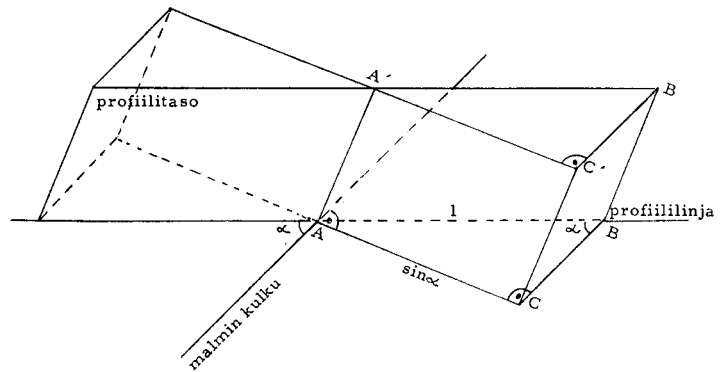
Lohkon tietoihin sisältyy materiaalikoodi M, joka osoittaa kysymyksessä olevan ilmaa, irtomaata, raakkuu, malmin tai mahdollisesti välimalmia. Systeemi laskee XV:n ja XO:n välissä olevat lohko tiedot järjestyksessä ja käsittelee niitä materiaalikoodin mukaisesti.

Pitoisuuksien laskeminen

Malmilohkojen pitoisuuksista ohjelma laskee lohkojen tilavuuksilla kerrotut tilavuuspitoisuudet kullekin levyille ja metallille – siltä osin kuin malmin leikataan. Koko suunnitelman keskipitoisuudet saadaan nyt laskemalla levyjen tilavuuspitoisuudet yhteen ja jakamalla ne louhoksen malmitilavuudella.

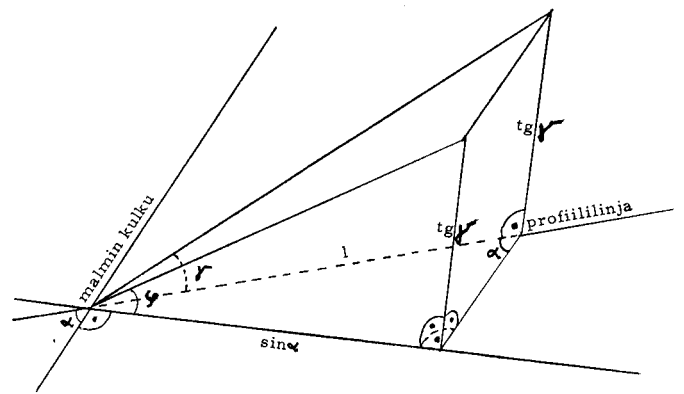
Leikkauksen kääntäminen

Malmiarviota varten kairausprofiilit pyritään tekemään keskenään yhdensuuntaisiksi malmin poikki. Joissakin osin malmin joudutaan tällöin tilanteeseen, jossa leikkaus ei enää ole kohtisuorassa malmin kulkua vastaan. Profiili joudutaan kääntämään, sillä profiilin vaikutus lasketaan aina kulun suunnassa. Käännöksessä pituusmitat ja tilavuudet kutistuvat sin α :n verran, kuten kuvasta 5 nähdään.



Kuva 5. Lyhennyskertoimen määrittäminen profiilikäännöksessä.

Seinämien kaltevuuskulmat kasvavat leikkauksen kääntämisen yhteydessä kuvan 6 osoittamalla tavalla.



Kuva 6. Kulma-arvojen muuntuminen. Kuvan merkinnät:

- α = profiililinjan ja malmin kulun välinen leikkauksen kulma
- γ = pengerkaltevuus profiilissa
- φ = lopullinen pengerkaltevuus, jolle pätee yhtälö

$$\varphi = \text{arc tg}(\text{tg } \gamma / \sin \alpha).$$

Suunnittelutiedoilla eperoinen

Pohjasyvyys, seinämien sijainnit ja seinämäkaltevuudet ovat vapaasti optimoinnin suorittajan käytettävissä oletetun optimin löytämiseksi. Optimin kanssa on huomioitava seuraavat seikat:

- Mikäli seinämäsijainti on vaikeasti arvioitavissa, aloitetaan optimin haku 10—15 m välein, muutoin jalkakontaktin puolella 2—5 m välein ja kattopuolella 5—10 m välein.
- Pohjan leveyttä rajoittaa minimipohjaleveysehto, mikä on huomattava x-arvoja asetettaessa.
- Tulosten vertaamiseksi toisiinsa kaltevuuskulmien on oltava samoja kullakin pohjatasolla. Pystyissä malmioissa valitaan jyrkin mahdollinen pengerkaltevuus.
- Profiilikäännöksessä kulma-arvot kasvavat. Maksimi pengerkaltevuus ei saa ylittyä.

Testaukset

Ohjelmaan sisältyy 42 testilauseetta, joilla ohjataan etene mistä faasikiirroissa ja louhoskuvion käyttäytymistä erilaisissa louhintatilanteissa. Mielenkiintoisimpia ovat seuraavat testit, joilla valvotaan

- pohjasyvyyttä
- seinämien sijaintia ja asentoa
- maaleikkauksen kulkua
- maanpinnan muotoa
- ohjelman siirtymistä automaattisesti toteuttamaan seuraavaa lohkoa, seuraavaa levyä, seuraavaa suunnitelmaa, seuraavaa pohjasyvyyttä, seuraavaa profiilia ja seuraavaa malmiesiintymää.

Tulostukset

Laskettuaan yhden suunnitelman ohjelma tulostaa rivin lopullisia tietoja: vasemman ja oikean seinämän sijainnin pohjasyvyydellä sekä seinämien muuttuneet kaltevuuskulmat, irtomaakuutiot, malmi- ja raakkutonnit sekä tonnit yhteensä, malmin keskipitoisuudet, katetuoton markkoina malmitonneja kohti ja yhteistuoton. Laskettuaan kaikki 16 suunnitelmaa ohjelma siirtyy laskemaan seuraavan pohjatason suunnitelmia. Oheen on liitetty taulukko systeemin suunnittelussa apuna käytetyn mallimalmin tulostuksista tasolla 110 m. Tämän ja tasolta 110 tehdyn toisen ajon perusteella on piirretty kuvan 8 optimointikäyrät. Taulukko, kuva 7.

Systeemin sovellusmahdollisuudet

Avolouhosysteemiin sijoitettujen testi- ja ohjauslauseiden johdosta käytännöllisesti katsoen kaikki malmiesiintymät voidaan optimoida tällä menetelmällä, mikäli geologinen informaatio on muokattavissa profiilikuvaukseksi. Malmio voi olla pysty-, vino- tai vaaka-asentoinen, yhtenäinen tai useita erillismalmioita käsittävä, kallion sisäinen tai puhkeama, linssimäinen tai pitkänomainen, irtomaakerroksen alla tai paljastuma, tasainen maanpinnan tai murtomaan alla, laakiolla tai rinteessä tai malmio voi olla vuoren huipulla tai itse vuori. Mikäli malmio ja sen ympäristö ovat säännöllisiä piirteiltään, tulee laskuista yksinkertaisia ja ohjelmasta nopea. Runsamuotoisissa malmioissa optimointi kestää kauemmin. Niinpä laskenta-aika suunnitelmaa kohti vaihteli 1 1/2—7 minuuttiin Outokummun IBM 1440 tietokoneella eli yhden pohjasyvyyden laskeminen täydellisenä kesti 24 min—2 h. Laskenta-aika oli pitkä, mutta toisaalta yhtiön pieni tietokone oli erittäin halpikäyttöinen.

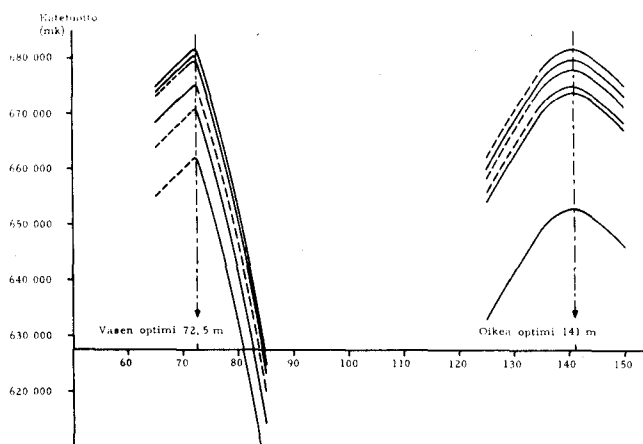
AVOLOUHOSLASKELMA / MALLIMALMIO

Leikkaus No 1 Pohjan syvyys Z on 110.0 m Leikkauksen vaikutusala on 1. m

Kuva 7.

Vasen seinä	Kaltevuus	Oikea seinä	Kaltevuus	Irto-maa m ³	Malmia ton	Raakkua ton	Tonnit yht.	Malmin keskipitoisuudet				Katetuotto markkoina mk/ yht. malmit	
								Ni	Cu				
65.0	59.9	137.5	59.9	1728.	21509.	11560.	33070.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.33	673849.
65.0	59.9	140.0	59.9	1745.	21571.	12104.	33675.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.28	674769.
65.0	59.9	142.5	59.9	1762.	21610.	12669.	34279.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.21	674512.
65.0	59.9	150.0	59.9	1813.	21627.	14463.	36089.	0.75	0.46	0.00	0.00	30.90	668269.
68.0	59.9	137.5	59.9	1708.	21509.	10836.	32346.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.46	676703.
68.0	59.9	140.0	59.9	1725.	21571.	11380.	32951.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.41	677622.
68.0	59.9	142.5	59.9	1742.	21610.	11945.	33556.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.34	677365.
68.0	59.9	150.0	59.9	1792.	21627.	13739.	35366.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.03	671122.
70.0	59.9	137.5	59.9	1694.	21509.	10354.	31863.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.55	678605.
70.0	59.9	140.0	59.9	1711.	21571.	10898.	32469.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.50	679525.
70.0	59.9	142.5	59.9	1728.	21610.	11463.	33073.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.43	679267.
70.0	59.9	150.0	59.9	1779.	21627.	13256.	34883.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.12	673024.
72.0	59.9	137.5	59.9	1681.	21509.	9871.	31381.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.64	680507.
72.0	59.9	140.0	59.9	1698.	21571.	10415.	31986.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.59	681427.
72.0	59.9	142.5	59.9	1715.	21610.	10980.	32590.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.52	681170.
72.0	59.9	150.0	59.9	1765.	21627.	12774.	34401.	0.75	0.46	0.00	0.00	31.21	674927.

Taulukko tietokoneen tulostuslistasta. Viimeisestä sarakkeesta nähdään, että suurin luku on kohdalla 72.0 ja 140.0. Täydentävä toinen ajo tarkentaa optimit kuvan 8 kohtiin.

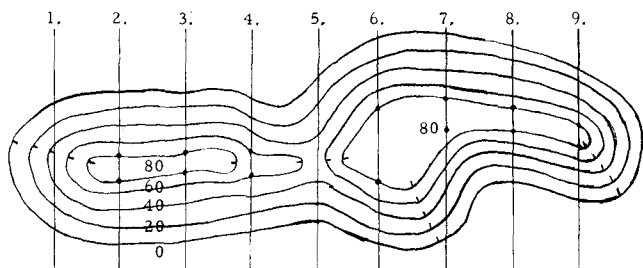


Kuva 8. Optimikäyrät kuvaavat louhoksen kokonaiskatetuoton muodostumista kummankin seinämäsijainnin funktiona erään mallimalmion pohjasyvyydellä 110 m. Optimit sijaitsevat kohdissa 72,5 ja 141 m ja louhoksen katetuotto näin louhittaessa on 681 500 m³ metrin siivua kohti. Käyrien vinous johtuu siitä, että malmion kaade on n. 70° itään.

LEIKKAUSTEN OPTIMIEN YHDISTÄMINEN

Vaikuttavat tekijät

Olkoon tietokonesysteemillä selvitetty malmiosta tietyin välein profiilikohtaiset optimit. Näissä on jo huomioitu profiilin yhteys muuhun malmion leikkauksen vaikutusalueen ja leikkauksen ja malmin kulun välisen kulman kautta. Mikäli malmio on säännöllinen, on leikkausoptimien yhdistäminen yhteenlaskutehtävä. Muissa tapauksissa yhdistämismenetelmän valintaan ja tulosten tarkkuuteen vaikuttavat mm. malmin kulku ja muoto, edellä mainitut profiiliväli ja -kulma, malmin sisäinen rakenne, pohjasyvyyden ja pengerkaltevuusoptimien vaihtelu, optimikäyrän muoto ja muutos siirryttäessä optimikohdan ympäristöön sekä lopuksi myös tuottofunktion arvo. Ajotien rakentaminen louhokseen, minimi kaarresäteet ja kiven pysyvyys rinteessä ovat niin ikään lopulliseen muotoon vaikuttavia seikkoja. Pienissä malmeissa tulee louhoksen päätyjen käsittely merkitsemään suhteellisesti paljon.



Kuva 9. Optimipisteet graafisesti yhdistämällä suunniteltu avolouhos epäsäännöllisen malmion louhimiseksi. Väliosassa malmi on heikkoa ja siihen on jätettävä korkeampi kannas, jossa pengerkaltevuudet ovat loivemmat. Profiilin 7 toisen optimiarvon kautta ei ole voitu viedä louhosta, koska tästä aiheutuisi liian jyrkää sisäinen polveke.

Graafinen yhdistäminen

Pitkämuotoisessa säännöllisessä malmassa, josta on optimoitu useita leikkauksia, avolouhoksen muotoilu voi tapahtua pisteeltä pisteelle kulkevaa graafista yhdistämistä noudattaen, kuten osin kuvassa 9.

Mikäli profiilin kohdalla on kuroutuma, louhokseen joudutaan suunnittelemaan sisäänpäin tuleva pahku. Näiden suhteen on oltava varovaisia. Avaruusgeometrian mukaan keskimääräinen pengerkaltevuus loivenee sisäänpäin antavissa muodoissa, vaikka porauskaltevuus ja pengerveveys olisivat vakioita. Aikaisemmin ei näitä kielekkeitä sallittu suunnittelussa, mutta nykyään tunnetaan kiven stabiliteetti paremmin ja louhoksesta voidaan suunnitella tehokkaampi.

Graafisen yhdistämisen etu saavutetaan siinä, että louhoksen muotoilussa malmin ääri viivoista saadaan tukea leikkausten välissä. Tietokoneen optimoimat pisteet ovat luotettavia tukipisteitä, joiden kautta louhoksen tulisi kulkea, mutta profiilien välissä voidaan seurata malmin ääri viivoja ja suunnitella louhoksesta tarkempi.

Interpolaatiotekniikka

Haluttaessa matemaattisesti laskea louhokselle muoto profiili-informaation perusteella voidaan louhos pakottaa kulkemaan optimipisteiden kautta interpolaatiotekniikkaa käyttäen. Pisteitä voidaan yhdistää toisiinsa kerrallaan kolme tai neljä ja kokeilla näihin toisen, kolmannen tai neljännen asteen matemaattisia malleja. Tässä käytetään vain pisteiden koordinaatteja hyväksi. Se onkin ainoa informaatio, jota interpolaatiotekniikka tarvitsee.

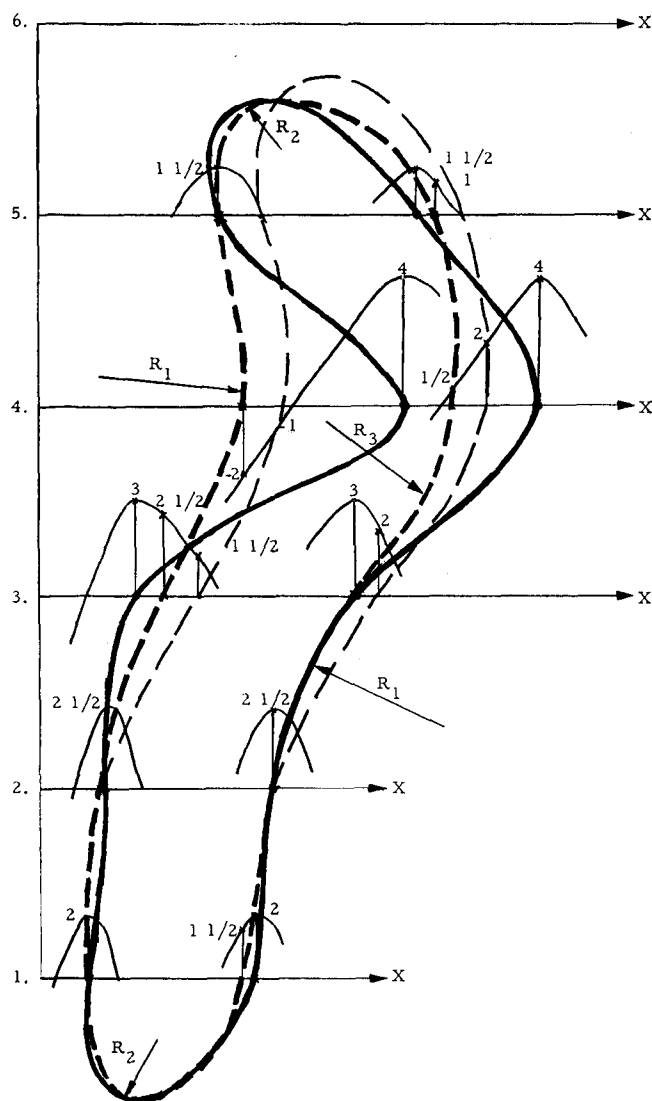
Matemaattisesta louhoksen pengermän määrittämisestä olisi hyötyä louhintavaiheessa; pengermän kulku voitaisiin mitata ja merkitä kiveen tarkasti samalla tavalla kalliopinnasta pohjalle asti.

Regressiotekniikka

Louhosta ei aina voida suunnitella optimipisteiden kautta kulkevaksi. Seinämälinja on valittava mahdollisimman hyvin malmiin sopivaksi ja luhintatekniset rajoitukset huomioiden valittava tuottavin louhos. Optimipisteiden yhdistämistä voidaan kokeilla regressioanalyysillä erilaisten mallien avulla, mutta syöttötietoina voi olla vain koordinaattitietoa.

Kuvan 10 malmiesiintymästä on kairattu kuusi leikkausta ja optimoitu viisi. Pohjatasolle on piirretty optimipisteiden päälle tuottofunktion. Yhdistettäessä pisteet halutaan huomioida myös tuottofunktion arvo. Yhdelle optimipisteelle annetaan nyt (x, y, z)-koordinaattien lisäksi marka-arvo ja kuvaus sen muuttumisesta siirryttäessä optimipi-teen ympäristöön.

Nykyinen tietokonematematiikka ei vielä tunne tapaa, jolla näin monimutkainen regressioanalyysi voitaisiin suorittaa. Koordinaatti-, marka- ja funktion muutosarvojen keskinäisen vertaamisen lisäksi kysymykseen voi tulla pohjasyvyyden vaihtelu louhoksessa. Nykyään käytössä olevat tietokoneille ohjelmoidut regressioanalyysisysteemit eivät pysty ongelmaa käsittelemään.



Kuva 10. Regressiotekniikkaa käyttäen muotoiltu avolouhoksen pohja. Eri louhosten tuotto:

—	13	yksikköä
- - -	$7 \frac{1}{2}$	yksikköä
- · - · -	$6 \frac{1}{2}$	yksikköä

R_1 = louhoksen ulkosäde
 R_2 = päädyn minimisäde
 R_3 = louhoksen sisäsäde

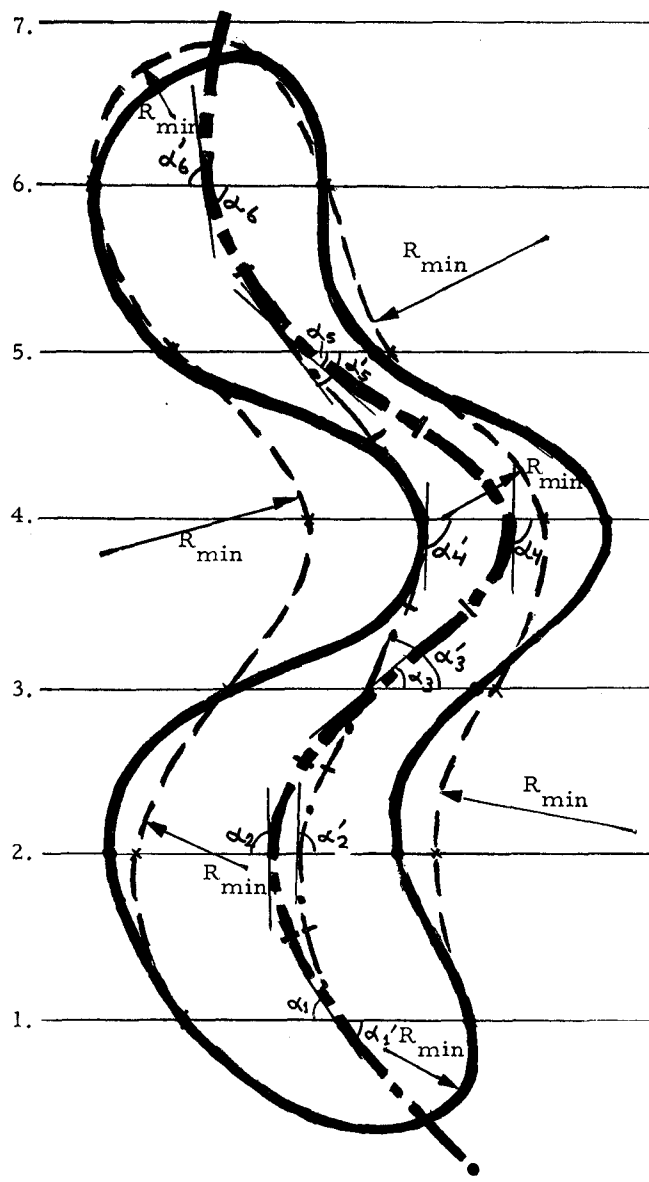
Profiilien tuottofunktioihin liittyvät luvut kuvaavat tuoton suuruutta sillä kohdalla, jossa louhos ylittää profiilin.

Kuvassa 10 on esitetty eräs menetelmä tehtävän ratkaisemiseksi. Koska optimipisteiden kautta kulkevaa louhosta (paksu yhtenäinen viiva) ei voida toteuttaa, pyritään etsimään louhintakelpoinen vaihtoehto, jonka tuotto on suurin. Se tapahtuu laskemalla malmin ympäri tuottofunktioiden arvot yhteen louhoksen niistä kohdista, joissa louhosviiva leikkaa profiilin ja summa jaetaan kahdella. Tuottofunktion huippuarvohan on sama leikkauksen kummassakin optimipisteessä, vain muoto on erilainen. Tällä menetelmällä voidaan oikeassa suhteessa painottaa eri arvoisia leikkauksia ja päästä lähemmäksi totuutta.

Louhoksen muotoa rajoittavat vaakatasossa päädyn minimisäde 5 m, joka perustuu kuormaajan ja dumperin

tilatarpeeseen sekä louhoksen sisä- ja ulkosäteet 15 m, mikä on louhoksen rinteellä tapahtuvan nopean kuljetuksen minimikaarresäde.

Jos louhos joudutaan suunnittelemaan minimisäteillä, kuten kuvassa 11, ajetaan »avolouhossysteemillä» tulokset uusista pohjapisteistä. Nyt on muutettava ALPHA ja VALA uuden louhoksen mukaisiksi. Nämähän mitataan kumpikin kulun suhteen, onkin pasarempi noa louhoksen kulun suhteen. Leikkausten yhdistäminen on nyt palautunut yhteenlaskutehtäväksi tietokoneistoista.



Kuva 11. Avolouhoksen yhtenäinen reunaviiva kuvaa optimilouhosta ja sen keskiviiva malmin kulkua. Katkoviivan mukaisesti malmi pystytään louhimaan, jolloin tämän louhoksen kulkua esittää katkopiikkuviiva. Vaikutusalue mitataan kulkua pitkin, ei kohtisuorana etäisyytenä profiilista. Samoin α on louhoksen kulun ja profiilin välinen kulma.

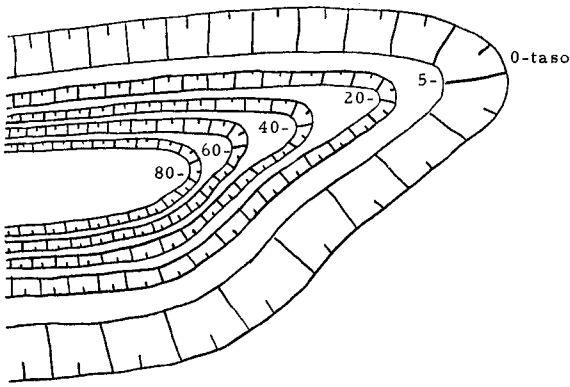
PÄÄTYONGELMA

Malmion muoto

Tähän asti ei ole huomioitu päätyongelmaa, koska on käsitelty pääasiassa pitkänomaisia malmeja. Lyhyessä tai pulleassa malmiossa päädyn merkitys on suuri. Päädyssä on tuotava ajoluiska louhokseen, mikä vaatii erikoiskäsittelyn. Malmion poikki profiilimenetelmällä suoritettu optimointi ei huomioi päätyä. Koko päädyn suunnittelu on erillinen tehtävä, jossa malmin muoto on ratkaisevin tekijä. Siihen liittyy myös louhoksen syvyys ja ajoluiskan suunnittelu.

Malmin jatkuessa samanpaksuisena alaspäin suhteellisen pystysuorasti voidaan päädyn laskemiseen käyttää erilaisia muotteja, katkaistuja kartioita, joiden pohjilla on erilaisia muotoja, ympyrä-, paraabeli-, hyperbeli- ym. muotoja.

Jos malmi kaventuu pituussuunnassa sisäänpäin, on manuaalinen suunnittelu ainoa mahdollisuus, kuten kuvassa 12 on esitetty.



Kuva 12. Päädyn käsittely yläosastaan leviävässä malmissa.

Kuvan 13 merkintöjä käyttäen on

$$R_2 = R_1 + h \cot \alpha$$

ja katkaistun ympyräkartion puolikkaan tilavuus

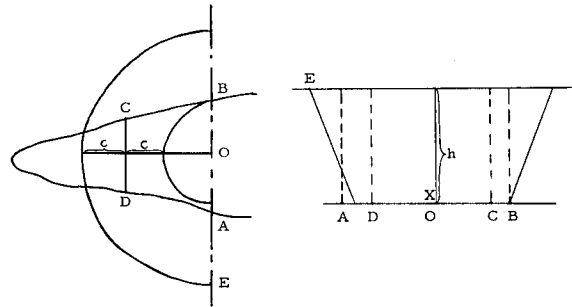
$$V = \frac{1}{6} \pi h (R_1^2 + R_2^2 + R_1 R_2).$$

Kun ρ on kiven ominaispaino, on päädyssä louhittava tonnimäärä

$$M = \rho V.$$

Malmin osuus M:stä voidaan laskea kuvan 14 tapaan piirtämällä suora CD pisteen X kautta, kun X määrää puolittavan tason pohja- ja pintaympyrän kesellä. $CD \parallel AB$. Suorat AD ja BC on piirretty malmin kontaktia seuraten. Malmimäärä M_1 päädyssä on tämän mukaan arvioita

$$M_1 = 1/2 (AB) \cdot (CD) \cdot (OX) \cdot h$$

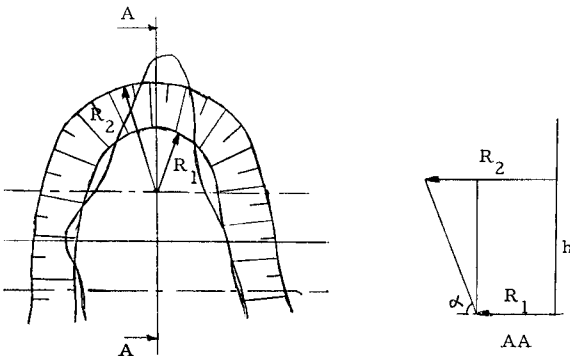


Kuva 14. Malmien laskeminen päädyssä. Pisteet A, B, C ja D ovat valittavissa mielivaltaisesti, O ja X ovat kiinteitä.

Malmin päättyessä kiilamaisesti voidaan ympyräkartiomuotin sijasta käyttää hyperbeli- tai paraabelimuotoa. Päädyrinteen minimisäde pohjalla on 5 m, joten ympyrämuotti lienee paras ratkaisu aivan kärjessä.

Ympyräkartiomuotti

Mikäli pääty voidaan ajaa samaa pengerkaltevuutta käyttäen kuin muussa louhoksessa, on mahdollista soveltaa geometrisia muotteja päädyn laskemisen helpottamiseksi. Kuvassa 13 on esitetty ympyräkartiomuotti.



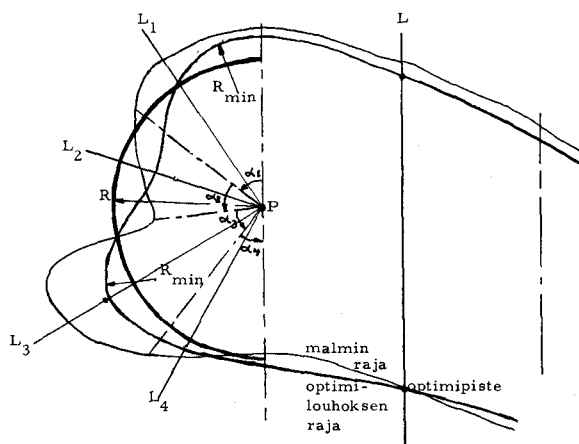
Kuva 13. Ympyräkartiomuottia sovellettu malmin päätyyn. Vasemmalla avaruuskuvaa päältä katsoen, oikealla sivukuva linjalta AA. R_1 on pohjaympyrän säde, R_2 säde louhoksen yläosassa, h on louhoksen korkeus ja α pengermän kaltevuuskulma.

Lohkometelmä

Päätyongelma on mahdollista käsitellä tietokoneella, jos malmi jaetaan päädyssä säännöllisiin avaruuslohkoihin, joille annetaan koordinaatti-, pitoisuus-, materiaali-, tuotanto- ja hintatiedot. Laadittava tietokoneohjelma voisi soveltaa esim. ympyräkartiomuottia louhintamallina.

Profiilimenetelmä

Mikäli malmiesiintymästä on kairatietoihin perustuen laadittavissa täydellinen tasokartasto pitoisuustietoineen esim. 10 m välein, voidaan päätyongelmakin ratkaista jo rakennetun »avolouhossysteemin» avulla. Kartastoa käyttäen konstruoidaan viimeisen leikkauksen L vaikutusalueajalla olevan pisteen P kautta tarpeellinen määrä leikkauksia L_i kuvan 15 tyyllillä, piirretään näistä profiilikuvat pitoisuuksineen ja sovelletaan avolouhossysteemiä. Optimointi suoritetaan tämän profiilin koordinaatistossa toispuolisena P:n ollessa kiinteä. Kuvassa 15 on ajettu neljä leikkausta, joiden vapaasti valittavien vaikutussektoreiden kulmien α_j summan tulee olla 180° .



Kuva 15. Päätyongelman ratkaiseminen profiilimenetelmällä tietokoneella. Leikkauksiin L_i on merkitty optimipisteet, joita noudattaen on piirretty optimilouhoksen raja minimisäteitä R_{min} käyttäen.

Tietokoneajoa varten tarvittava vaikutusalue saadaan lausekkeesta

$$VALA = \frac{\alpha_i}{360} \cdot \pi R$$

R :n ollessa P :stä piirretty keskimääräistä optimien etäisyyttä approksimoi sädettä. Kaava on johdettu α_i :n suuruuden R -säteisen ympyrän sektorin ja R :n pituisen suorakaiteen vastaavuuden perusteella.

Optimipisteiden mukaisesti piirretään louhoksen pääty minimisäderajoitukset huomioiden. Tuotto-, malmi- ym. tiedot luetaan tietokoneistasta sen pisteen kohdalta, jossa lopullinen louhos leikkaa profiiliin L . Arvot lasketaan yhteen muun louhoksen optimiarvojen kanssa. Koko avolouhoksen muotoiluongelma on näin käsitelty. On todettava, että esitetyllä avolouhossysteemillä on toistaiseksi optimoitu Hituran Länsimalmi sekä Kemin Perukan, Eläjärven että Viianmaan malmiot, ja että Outokumpu Oy valmistautuu soveltamaan uutta IBM 360 systeemiään tulevien malmiesiintymien optimoimiseen.

A new flexible computer application to open pit mine design

Summary:

A new method of calculating the optimum limits of an open stope by the use of computer is presented in this article. The method has been developed in the data processing center of Outokumpu Oy, Helsinki.

Geological profile data is converted to disk-block register as shown in fig. 3, arbitrarily following the character of the orebody.

The optimizing process is accomplished by applying a pit model (fig. 2) to the orebody. The depth of the pit, the positions and the angles of the walls are the components to be optimized.

After one vertical profile is complete, the system transfers to optimize another profile to find out the best solution, and so on, until the whole orebody has been optimized.

The author then presents some ideas how to combine the profile information into a perfect open pit. A wide range of applications is achieved due to the high flexibility of the system.

Kiinnostaako?

Helmikuu 16—20

Annual Meeting of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Washington, D.C. U.S.A. (H. Kirkemo, 5807 Folkstone Road, Bethesda, Md., U.S.A.)

Helmikuu 19—20

Symposium on Rock Mechanics, Sydney, N.S.W., Australia. (C. R. Longworth, 26 Ridge Street, North Sydney, N.S.W. 2060, Australia.)

Helmikuu 20—22

59th Annual Meeting of the Geologische Vereinigung, Karlsruhe, Germany. (H. Illies, Geologisches Institut, Kaiserstrasse 12, Karlsruhe, Germany.)

Maaliskuu 27—29

Symposium and mine and field trips of the Society of Economic Geologists, palaeoquifer and mineral deposits, Knoxville, Tenn., U.S.A. (R. A. Laurence, P.O. Box 1549, Knoxville, Tenn. 37901, U.S.A.)

Toukokuu 1—2

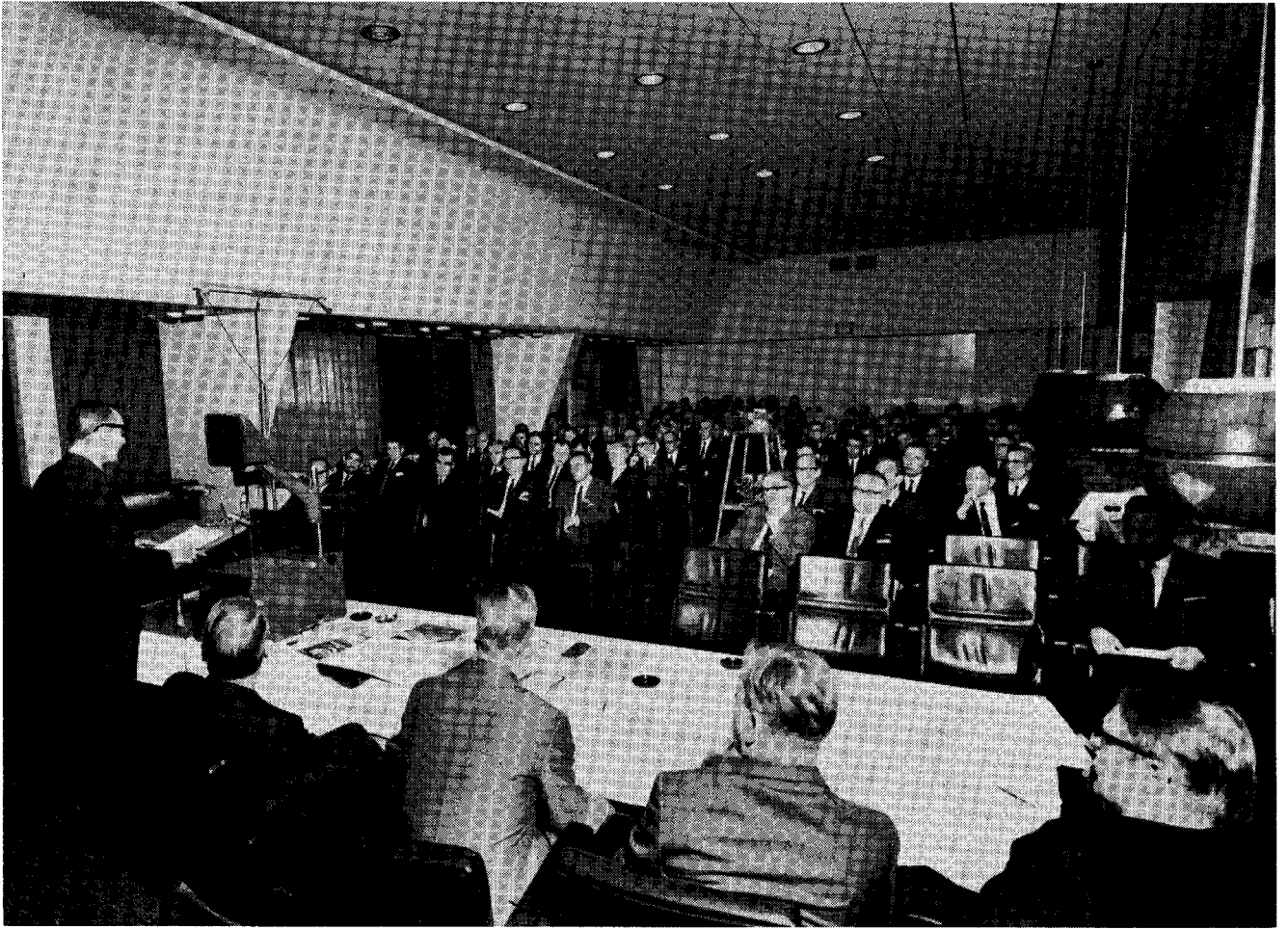
Forum on the Geology of Industrial Minerals, Harrisburg, Pa., U.S.A. Themes: Problems of industrial minerals related to urbanization and conservation; sand and gravel deposits. (Pennsylvania Topographic and Geologic Survey Old Museum Building, Harrisburg, Pa. 17120, U.S.A.)

Kesäkuu 4—6

Annual Meeting of the Geological Association of Canada and the Mineralogical Association of Canada, Montreal, Que., Canada. Symposia on alkaline intrusions and flysch sedimentation. (G. Perrault, Department of Geological Engineering, Ecole Polytechnique, 2500 Avenue Marie-Guyard, Montreal 26, Que., Canada.)

Syntymäpäiviä v. 1969

4. 1.	Toivo Pöysälä	65 v.
20. 1.	Erik Ljung	50 v.
25. 3.	Osmo Tuori	50 v.
5. 4.	Jarmo Soininen	50 v.
11. 4.	Urmes Runolinna	50 v.
11. 4.	Ilmari Salli	60 v.
11. 4.	Arvo Väisänen	50 v.
19. 4.	Aarto Huhma	50 v.
7. 5.	Casimir le Bell	50 v.
29. 5.	Elie Lähteenkorva	50 v.
6. 6.	Reino Linnala	60 v.



Kalliomekaniikan päivät 1968

Viime vuoden lokakuussa pidettiin Suomessa ensimmäiset kalliomekaniikan päivät. Näiden jälkeen esitettiin usealta taholta toivomuksia jatkosta. Kun sitten esitelmien aiheitakin ilmaantui enemmän kuin tarpeeksi, päätti järjestelytoimikunta pitää toiset kalliomekaniikan päivät tämän vuoden lokakuun 7. ja 8. päivinä. Päiville osallistui toista sataa geologia sekä kaivos- ja rakennusinsinööriä osoittaen kiinnostuksen ja innostuksen kalliomekaniikkaan, tähän melko uuteen tieteeseen, edelleenkin säilyneen.

Päivien esitelmien joukossa oli tällä kertaa useita eselostuksia käytännössä saaduista kokemuksista. Esitelmien aiheet olivat myös hyvin monipuolisia, niin että niissä oli mielenkiintoista kuultavaa jokaiselle päivien osanottajalle. Ensimmäisenä kokouspäivänä pistäydettiin myös Otaniemessä tutustunassa Teknillisessä korkeakoulussa oleviin alan laboratorioihin. Alan uutuutta ja nuoruutta kuvasti selvästi näiden laboratorioiden vaatimattomuus.

Päivien avaussanat lausui professori *Paavo Haapala*. Hän mainitsi mm. että »kalliomekaniikan nopea herääminen ja kehitys tuokin on kaikilta osiltaan, ehkä ei suurimmiltakaan osin muotiasia, vaan se on luonnollinen heijastus siitä, että aktiviteetti kiveen ja kallioon on lisääntynyt kasvavassa määrässä». Viitattuun erilaisten louhijain kalliossa kohtaamiin vaikeuksiin hän totesi, että nykysivyyksissä kiven ja kallion ominaisuudet pysyvät oleellisesti samana ja että syvemmällä on kysymys vain aste-erosta. Hän toivoi tutkimusten yhteydessä kiinnitettävän huomiota kalliomekaniikkaan läheisesti liittyvillä aloilla esim. metallin muokkauksen alalla suoritettuihin tutkimuksiin. »Sellaisia perusilmiöitä kuin raon anatomiaa ja sen syntyä sekä kidekudosten lujuuden vaikutusta luuusominaisuuksiin on selvitetty hyvin pitkälle». Lopuksi hän lausui ukovansa, »että geologi voi paljon ja enenevässä määrässä auttaa louhijaa varsinaisessa louhintaoperaatiossa ja myöskin sen suunnittelussa».

Ensimmäisen esitelmän piti vuori-insinööri *Imre Hansági*. Hän kertoi Kiirunassa suoritetuista kallioimekaanisista töistä. Vanhastaan suurena avolouhoksena tunnettu Kiirunavaara on viimeisten kymmenen vuoden aikana kehittynyt tyypilliseksi maanalaiseksi kaivokseksi, joka syvenee hyvin nopeassa tahdissa. Kiirunan kallioopera on ollut hyvin suotuisa kaivostoiminnalle. Mitään anomalioita jännitystiloissa ei ole havaittu, mutta siitä huolimatta ei kallioimekaanisista kysymyksiä ole väheksytty. Siellä ollaan tietoisia tulevaisuuden probleemoista ja valmistaudutaan turvaamaan malmin louhinta suuremmissakin syvyyksissä.

Kallioimekaaniset toiminnat Kiirunassa eivät tähtää niinkään paljon alan perustutkimusten tekemiseen vaan pikemminkin soveltamaan tutkimustuloksia päivittäiseen kaivostyöhön. Kallioimekaanisilla töillä pyritään auttamaan kaivosinsinöörejä ja työnjohtajia antamalla neuvotteluapua. Siitä johtuen alan toiminnat Kiirunassa pysyttelevätkin seuraavilla alueilla: kivilajien ja kallion lujuuden määrittäminen, kallion tukemistarpeen mukainen kallion luokittelu, muiden kallion lujuusominaisuuksien määrittäminen, kallion porattavuustutkimukset ja neuvottelutoiminta louhostilojen suunnittelussa sekä kallion lujittamisessa.

Kallion jännitystilän määrittäminen vuoripainemittauksilla on Kiirunassa nykyään vielä hyvin vähäistä, sillä sikäläinen luja kallio ei näytä vielä merkkejä epätavallisista kallion jännityksistä. Näiden mittausten suorittamisesta ja tulkinnoista vallitsee maailmassa sitäpaitsi tietty epävarmuus, josta johtuen kallion jännitystilamittausten käytännölliset hyötymahdollisuudet ovat rajoitettuja. Kiirunassa keskittäydytäänkin enemmän kallion lujuusominaisuuksiin. Niiden tarkka tuntemus sittenkin parhaiten palvelee tulevaisuuden vuoripainemittausten tarpeita.

Dipl. ins. *Kauno Kangas* kertoi Malmberget'issä suoritetuista geodeettisista mittausten menetelmistä, joilla on selvitetty kallion liikuntoja ja muodonmuutoksia. Tarcoilla etäisyyden, korkeuden, kulman ja kaltevuuden mittauksilla saadaan näistä hyödyllisiä tietoja. Keinohan ei ole uusi, mutta tähän mennessä melko vähän käytetty. Ns. extensometrin ja pingotettujen lankojen käyttö lienevät parhaiten tunnettuja menetelmiä. Useasti onkin kysymys menetelmän kehittämistä riittävän tarkaksi ja kaivosolosuhteisiin sopivaksi. Tällaisia kallioimekaaniikan palvelukseen sovellettavia geodeettisia mittausten menetelmiä on uusia. Eräät niistä jatkuvasti rekisteröiviksi tehtyinä antavat ajoissa hyvin arvokkaita tietoja kallion liikunnoista ja lisäksi kohtuullisin kustannuksin.

Saimaan kanavan kallioseinämien lujittamisesta esitelmöi fil. maist. *Pentti Markkanen*. Kesällä 1967 oli aloitettu kanavan kallioseinämien järjestelmällinen lujittamistarpeen arviointi, työn suunnittelu ja toteuttaminen. Kallioseinämien geologia ja tektoniikka oli ensin perusteellisesti tutkittava, ennen kuin voitiin suunnitella lujittamis- ja tukemistoimenpiteet. Kanavan kallioseinämille oli myös asetettu eräitä vaatimuksia, joista pysyvyys eli turvallisuus oli tietysti tärkein. Sen lisäksi oli mm. kallioleikkausten alkaminen ja loppuminen voitava laivasta käsin selvästi havaita, seinämien oltava esteettisesti tyydyttäviä ja patona toimivien seinämien estettävä veden virtaus ympäristöön. Kallioseinämien lujittamisessa ja tukemisessa käytettiin monenlaisia kallioimekaanisovellutuksia, kuten kallio-pulttausta, ankkurointia,

verkotusta, ruiskubetonointia, betonipaikkauksia, teräsbetonimuureja, kivistä ladottua muuria ja injektointia.

Tekn. lis. *Raimo Matikainen* selvitteli jännitystilän rakennetta louhitun tilan ympärillä. Hän mainitsi siihen selvimmin ja voimakkaimmin vaikuttavina tekijöinä olevan jännitysten suunnan ja suuruuden, tarkasteltavan tilan muodon, kivimateriaalin ominaisuuksien, rakoilun ja louhinnan suoritustavan. Hän tarkasteli perän ympärille syntyneen jännityshäiriön suuruutta ja ulottuvuutta, sekä vertasi teorian ja käytännön mittausten avulla saatuja kuormitusarvoja toisiinsa. Hän korosti erityisesti perän ajotavan, siis räjäytystavan, merkitystä katon ja seinien pysyvyyteen sekä edelleen perän tukemiseen käytettävän pulttauksen ulottuvuuteen.

Toisena aiheenaan selosti tekn. lis. *Raimo Matikainen* kallion pintaliikkeen tarkkuusgeodeettista määrittämistä Tytyrin avolouhoksella. Kyseessä on siis avolouhoksen reunojen liikkeiden valvonta. Menetelmän perusideana on se, että mitään kiintopisteverkon pistettä ei katsota kiinteäksi. Siinä oletetaan painopisteen paikan pysyvän samana, vaikka pisteet hieman liikkuisivatkin. Hänen mielestään menetelmä on halpa, yksinkertainen ja normaaliin mittausrutiiniin liittyvä avolouhosten reunojen ja kaivosten kattojen valvontakeino.

Tekn. lis. *Kalle Hakalehto* tarkasteli kalliorintausten käyttäytymistä perustaan esityksensä lähinnä aiheesta julkaistuihin tietoihin. Hän myös rajoitti esityksensä louhittuihin rintausiin, mainiten kyllä, että monet kohdat ovat samat tarkasteltaessa luonnon rintauksia. Lyhyen teoreettisen tarkastelun jälkeen hän esitti rintausten sortumisista neljä perustyyppiä, lohcareiden putoamisen, pyörähdyksiukuman, tasoliukuman ja vyörymän. Liukumalla tapahtuvia kalliorintausten sortumia on viime aikoina tutkittu sekä laboratorioissa että luonnon olosuhteissa kiinnittäen erityistä huomiota liukupintojen epätasaisuuksiin. Tuntemalla liukupinnan laadun ja materiaalin voi yksinkertaisilla yhtälöillä laskea turvallisuuskertoimen. Esityksensä lopussa hän kertoi yleisimmistä sortumien estämis- ja kontrollitoimenpiteistä todeten eri kontrollitoimenpiteiden puutteellisuuksien vaativan useampien eri menetelmien käytön rinnakkain.

Ensimmäisen päivän viimeisen esitelmän piti dipl. ins. *Pertti Eklund* selvittämällä jännitysoptisten mallikokeiden käyttöä tunnelisuunnittelijan apuna. Aluksi hän käsiteli lyhyesti menetelmän teoriaa sekä miten valonsäteet läpäisevät kuormitetun mallin erilaisissa tapauksissa. Paikan päälle havaintovälineeksi tuotu nykyaikainen jännitysoptinen koje antoi selvän kuvan kokeiden suorittamistavasta. Esitelmöitsijä antoi mallilevyn käsitteystä, mallin valmistuksesta ja kuormittamisesta yksityiskohtaisia käytännön ohjeita. Hän totesi levyn herkkyyteen ja kuormitukseen liittyvän eräitä vaikeuksia. Hän esitti myös kokeen ja mittausten suoritusjärjestyksen sekä jännitystilän laskemisen. Lopuksi hän antoi esimerkkejä menetelmän käytöstä kallioimekaanisissa tehtävissä. Kokeissa pyritään malli saamaan rakenteeltaan mahdollisimman lähelle luonnon olosuhteita vastaavaksi. Tällöin mm. todetaan, että isokroomit katkeavat rakojen kohdilla, joten jännitysten laskeminen saattaa muodostua työlääksi.

Toisena kokouspäivänä pidettiin vielä viisi esitelmää. Ensimmäisenä kertoi fil. maist. *Juha Kalla* Mosulin

patoalueen kallioperätutkimuksista. Tämän Irakin pohjoisosaan Tigris-jokeen tulevan padon suunnittelu annettiin keväällä 1965 tehdyllä sopimuksella Imatran Voima Oy:n tehtäväksi. Suunnitteluun liittyivät myös lopullisen patopaikan tutkimukset. Ennen tätä tutkimusta alueella oli suoritettu pohjatutkimuksia kolmessa vaiheessa, jolloin oli kairattu 117 reikää yhteispituudeltaan 7300 m. Tämän maailman suurimpien maapatojen ryhmään kuuluvan Mosulin padon pituudeksi tulee 2300 m. Sen suurin korkeus tulee olemaan n. 130 m, ja padotun altaan tilavuus n. 2 kertaa Saimaan tilavuus. Padon tärkein tarkoitus on kastelun mahdollistaminen n. 900 000 ha:n alueella. Lisäksi sen patoamia vesiä käytetään energian tuottamiseen. Padon kolmas tarkoitus on tulvan säännöstely Bagdad'in ja Mosulin alueella. — Padon rakennustyöt ovat menossa Imatran Voima Oy:n laatimien suunnitelmien mukaisesti.

Fil. maist. *Ole Lindholm* kertoi kalliomekaanisista tutkimuksista Otanmäessä. Hän totesi, että sitä mukaa kuin kaivostoiminta edistyy, käy tietämys kallion kalliomekaanisista ominaisuuksista tärkeämmäksi. Kaivokseen muodostetaan yhä enemmän tyhjiä tiloja, louhinta tapahtuu yhä syvemmällä ja oloissa, joissa sortumavaara on ilmeinen. Samalla pyritään tarkempaan malmien talteensaantiin ja parempiin louhintatehoihin. Otanmäen kaivoksen tutkimuksissa kiinnitetään tähän yhä enenevässä määrässä huomiota ja pyritään selvittämään ne tekijät, jotka osoittavat, miten kallio käyttäytyy louhinnan yhteydessä. Esitelmöitsijä kertoi erilaisista toimenpiteistä, joilla selvitetään kallion geologista rakennetta, tektoonista luonnetta, siinä vallitsevia jännitystiloja, heikkousvyöhykkeitä ja rakoiluja sekä malmin ja sivukiven muita louhinnallisia ominaisuuksia.

Maist. *Lindholm* lausui esityksensä lopussa ajatuksen, että myös tutkimuslaitokset ja yliopistot voisivat kiinnittää enemmän huomiota kallion rakenteellisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Mm. geologinen ja seismologinen tutkimuslaitos voisivat yhdessä selvittää kallioperän ruhjevyyhykkeitä ja jännitystiloja koko maan käsittävänä työohjelmana.

Dipl. ins. *Pertti Selänne* toi julkisuuteen Kotalahden kaivoksessa viime vuosina ilmenneen erikoispiirteen, kaasuvuodot kalliosta 340 metrin alapuolelle louhituissa tiloissa. Ensimmäinen kaasuvuoto havaittiin syväkairauksen yhteydessä 400-metrin tasolla elokuussa 1962. Kaasua erottuu yleensä vesivuotojen yhteydessä, syväkairausreistä virtaavasta vedestä. Kaasu sisältää happea ja argonia keskimäärin 2,4 %, metaania 25,3 %, hiili-

dioksidia 3,8 %, rikkivetyä 1 % ja typpeä 67,5 %. Vedessä on runsaasti natrium- ja kalsiumsuoloja, mm. klorideja. Muualta Suomesta ei ole kuultu tällaisista havainnoista.

Dipl. ins. *Paavo Maijala* kertoi kokemuksista mikroiseismisten laitteiden käytössä. Viime vuoden kalliomekaniikan päivillä pidetyn esitelmän jatkoksi hän toi esille uusia piirteitä kallionäänien synnystä ja täydensi selostusta uusimman ns. automaattisen mikroiseismisen rekisteröintilaitteen toiminnasta. Lisäksi hän vertaili tällä laitteella ja jatkuvatoimisella jännitystilamittarilla saatuja tuloksia todeten näiden tukevan ja täydentävän toisiaan.

Fil. tri *Heikki Niemi* piti esitelmän kallion rikkonaisuudesta, tarkastellen erityisesti rikkonaisuuden esiintymistä luonnontilaisessa kallioperässämme, sen horisontaalista ja vertikaalista vaihtelua sekä rikkonaisuuden arvioimista refraktioiseismisen luotauksen avulla. Hänen käyttämänsä aineisto perustui tie- ja vesirakennushallituksen vesistöosastossa Päijänne-Helsinki vedensiirtotunnelin suunnittelun yhteydessä suoritettuihin rakennusgeologisiin tutkimuksiin. Hän totesi mm., että kalliomekaniikalle rikkonaisuus yhtenä kalliomassojen perusominaisuuksista on merkitykseltään varsin keskeinen.

Dipl. ins. *Mikko Palviainen* oli estyneenä saapumasta kalliomekaniikan päiville, joten hänen esitelmänsä jäi siellä pitämättä, mutta tullaan se liittämään päivien esitelmistä tehtävään julkaisuun. Hänen esitelmänsä käsitteli kalliomekaanisia käytännön havaintoja ja kokemuksia Kotalahden kaivoksella.

Kalliomekaniikan päivien järjestelytoimikunnan puheenjohtaja, dipl. ins. *Paavo Maijala* esitti päivien viimeisenä ohjelmanumerona alustuksen kalliomekaniikasta kiinnostuneiden henkilöiden yhteistoiminnan jatkuvuuden järjestämisestä. Tällaisia henkilöitähan kuuluu nykyään kolmen yhdistyksen, vuorimiesyhdistyksen, geoteknillisen yhdistyksen ja rakennusgeologisen yhdistyksen piiriin. Näiden yhdistysten yhteistoimintana on nyt kahden vuoden aikana pidetty kalliomekaniikan päiviä. Tämä hajanaisuus tekee kuitenkin täydellisemmän yhteistyön vaikeaksi ja yhteyden pitämisen kansainväliseen kalliomekaniikan yhdistykseen mahdottomaksi. — Alustuksen jälkeisessä keskustelussa sai asian edistämiseksi perustettu komitea hyviä evästyksiä.

PVM

Jatkoo siv. 81

On the recent technical development in process metallurgy

Summary:

The second part of this review deals with the latest development in the field of the non-ferrous process metallurgy. First, the worldwide break-through of the flash-smelting process is ex-

amined considering the Outokumpu developments in copper, nickel, lead and pyrite smelting. Further, recent developments in hydrometallurgy and metallurgical electrochemistry described, especially noting the increased interest in ion exchange, organic complexing and microbiological methods of metal extraction. The introduction of powder metallurgical production methods is to be seen as a way avoiding the usual disadvantages by melting processes; i.e. the unavoidable contamination of the molten metals through slags and furnace linings. Finally, future trends in process metallurgy are discussed.

Tutkimusseloste n:o 20

»Rikastamoiden instrumentointi».

Tutkimusvaltuuskunta asetti vuoden 1966 alussa komitean laatimaan raporttia rikastamoiden instrumentoinnista. Puheenjohtajaksi nimitettiin DI Veikko Appelberg Outokumpu Oy:stä ja jäseniksi DI Arto Levanto Otanmäki Oy:stä, DI Timo Välttilä Outokumpu Oy:stä ja DI Oiva Yli-Kotila Lohjan Kalkkitechdas Oy:stä. DI Jorma Haapala Outokumpu Oy:stä kutsuttiin komitean sihteeriksi. Vuoden 1967 alusta lähtien toimi DI Jorma Haapala myös komitean täysivaltaisena jäsenenä. Komitea on alunperin nimitetty kaksivuotiseksi aiheen laajuuden tähden. Tänä aikana on pidetty kaksitoista kokousta, joista useat eri rikastamoilla. Komitea on keskustellut seuraavien instrumenttivalmistajien asiantuntijoiden kanssa: N. W. Collin Taylor Instrument Company, U.S.A., B.S.C. Betteridge Honeywell Controls Ltd, Englanti ja R. Martin Honeywell Controls Ltd, Englanti.

Komitea laati aluksi kyselykaavakkeen, joka lähetettiin Suomen kaikille malmi- ja teollisuusmineraalikaivoksille sekä erälle muille teollisuuslaitoksille, joiden toiminnassa katsottiin olevan rikastamoita sivuvia prosesseja. Kyselykaavakkeisiin saatiin paljon vastauksia. Näiden perusteella valitsi komitea joukon rikastamoita, joihin suoritettiin tutustumiskäynti. Voitiin todeta, että vaikka rikastusprosessit joissakin laitoksissa olivat hyvinkin samanlaisia eivät ne instrumentoinniltaan olleet yhtenäisiä.

Todettiin, että samankaltaisetkin prosessit saattoivat erota toisistaan huomattavasti eri prosessikoneiden kohdalta. Näinollen ei instrumentointi voinut olla yhtenäistä eikä säätöpiirejä voitu edes ajatellaakaan samankaltaisina. Tästä syystä komitean julkaisema raportti on laadittu yleiseen muotoon. Siinä ei selosteta minkään yksityisen

prosessin instrumentointia eikä liioin mitään käytössä olevaa instrumenttijärjestelmää. Kuitenkin on raportin liiteosaan otettu joitakin laitoskohtaisia selostuksia ja käsitelty rikastamoissa yleisemmin käytössä olevia mitauksia ja säätöjä.

Varsinaisessa raportissa on käsitelty erikseen rikastamoiden tavallisimmat osaprosessit kuten esim. murskaus, jauhatus, vaahdotus, magneettinen rikastus, sakeutus, suodatus ja uunikuivatus. Useissa näissä prosesseissa on niiden taloudellisuuteen tai tuloksen onnistumiseen vaikuttamassa sellaisia tekijöitä, joita on toistaiseksi vaikea tai jopa mahdotonta mitata. Jauhatuksessa esim. ei toistaiseksi voida analysoida raekokoa, kuivatuksessa ei voida luotettavasti mitata rikasteen kosteutta jne. Tästä syystä pyritään näitä prosesseja säätämään muiden helpommin mitattavien suureiden säädön avulla. Monet tällaiset erikoislaatuiset säätötavat ovat levinneet rikastamoihin verrattain laajalti.

Raportissa käsitellään myös sellaista prosessin informaation saantia, joka tapahtuu ilman varsinaisia instrumentteja. Tällainen on esim. näytteenotto.

Raportissa on tarkastettu koko rikastamon valvontaa yhtenäisenä systeiminä. Tässä kiinnitetään huomio instrumentoinnin tarkoitukseen ja tavoitteeseen. Raportissa tuodaan myös esiin hajavalvonnan ja keskitetyn valvonnan edut ja haitat. Tietokoneen käyttöä rikastamoissa on pohdittu tässä yhteydessä.

Instrumentoinnin suunnittelusta rikastamoita ajatellen on esitetty lyhyt yhteenveto. Siinä selostetaan eri säätöjärjestelmät ja yksikkömittaukset sekä digitaali-tekniikka.

Rikastamoiden instrumentointi kehittyi nopeasti. Onkin ilmeistä, että raporttia voitaisiin jo lähitulevaisuudessa täydentää ja jatkaa.

7. 10. 1968

Veikko Appelberg

Tutkimusseloste n:o 24

»Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus»

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen ry:n tutkimusvaltuuskunta asetti keväällä 1966 työkomitean tutkimaan avolouhosten ja kaivosten geologista kartoitusta. Kyseisen komitean puheenjohtajaksi nimitettiin maisteri Olavi Helovuori ja jäseniksi maisterit Olli Halonen, Ole Lindholm, Reijo Saikkonen ja Olavi Waldén, joista maisteri Saikkonen on ollut työkomitean sihteerinä. Työ saatiin päätökseen 13. 6. 1968 ja raportti on painossa.

Tutkimusselostuksessa on pyritty osoittamaan maamme kaivosten ja avolouhosten geologisen kartoituksen nykytilanne. Vaikkakin kairaukset, näytteenottoporaukset tai niihin läheisesti liittyvät menetelmät ovat kartoitusten tärkeimpiä tiedonlähteitä, ei kysymykseen ole puututtu, koska työkomitean n:o 2 selostus »Malmiteknillinen näytteenotto» valottaa juuri kyseisiä seikkoja.

Esityksessä on pyritty seuraamaan kolmea pääaihetta:

1. Ns. tavanomaiset geologiset kartoitusmenetelmät
2. Käytössä olevat erikoismenetelmät
3. Kokeilu- tai suunnitteluvaiheessa olevat keinot

Selosteen tekstiosaa jakautuu kuuteen pääkohtaan:

- I Johdanto
- II Geologisten kartoitustulosten esitystapa
- III Geologinen kartoitus
- IV Kartoituksessa käytetyt erikoismenetelmät
- V Kokeiluvaiheessa olevat kartoitusmenetelmät
- VI Yhteenveto

Ensimmäisessä kappaleessa käsitellään karttojen lehti-jakoa ja koordinaatioita, mittakaavoja ja leikkauksia sekä karttoja ja niiden selityksiä. Toisessa kappaleessa tarkastellaan kartoitustiheyttä, -korkeutta ja -kohteita sekä kartoille merkittäviä havaintoja. Kaivosmittaus ja geologiset havainnot, valmistelut geologista kartoitusta varten, kartoituksen apuvälineet sekä kartoituksen tarkkuus ovat myös tutkimuksen kohteina.

Neljännessä kappaleessa käsitellään magneettisin-, johtokyky- ja säteilymittauksin saatavia kartoitustietoja sekä UV-fluoresenssikartoituksella, valokuvauksella ja stereokartoituksella saatuja tuloksia. Viidennessä kappaleessa on lyhyesti kosketeltu porareikien tähytystä, kalliomekaniikkaa ja jännitystilojen mittausta sekä eräitä uusimpia menetelmiä.

Yhteenvedossa komitea painottaa kaivoskartoissa siirtymistä valtakunnalliseen Gauss-Krüger-koordinaatistoon sekä karttamerkintöjen ja -värien mahdollisimman pitkälle vietyyn yhdenmukaistamiseen. Kaivosten karttalehtijakona suositellaan joko peruskarttojen jakoon pohjautuvaa järjestelmää taikka valtakunnalliseen koordinaatistoon perustuvaa mukaillua jakoa.

Huomioiden eri kaivosten runsaan erikoiskarttojen käytön komitea suosittelee elementtisarjakarttojen käyttöä, joissa, paitsi louhintaa ja geologiaa koskevat tiedot, olisi saumattomasti yhdistettävissä myöskin teknilliset tiedot mm. kaapelit ja putkistot. — Valokuvausta sovellutuksineen olisi kehitettävä määrätietoisesti kaivoskartoitusmenetelmänä.

Raportin liitekartat ja työselosteet täydentävät tekstiosaa.

22. 10. 1968

O. Helovuori



Fil. maisteri Erkki Olavi Lyytikäinen

7. 7. 1925—12. 7. 1968.

Heinäkuun 12 pnä saatiin yllättävä viesti — maisteri Erkki Lyytikäinen on poissa joukostamme. Tieto oli sitäkin järkyttävämpi, kun Erkki Lyytikäinen oli juuri ollut terveenä ja hyväntuulisena joukossamme. Äkillinen sydänveritulppa katkaisi parhaassa miehen iässä olleen geologin päivätyön.

Erkki Lyytikäinen syntyi 7. 7. 1925 Iisalmessa ja tuli ylioppilaaksi v. 1947 Iisalmen yhteislyseosta. Hän valmistui filosofian kandidaatiksi Helsingin yliopistosta v. 1957 pääaineenaan geologia ja mineralogia. Jo opiskeluaikanaan hän osallistui useiden vuosien aikana Geologisen tutkimuslaitoksen malmiosaston kenttätöihin ja valmistuttuaankin hän tuli Geologisen tutkimuslaitoksen malmiosaston tehtäviin ensin tutkimusassistentiksi, sen jälkeen tilapäiseksi geologiksi, kunnes v. 1965 sai nimityksen ylimääräiseksi geologiksi malmiosastoon. Tässä virassa hän oli kuolemaansa saakka.

Malmitutkimus ja uusien malmien etsintä muodostui Erkki Lyytikäiselle elämäntyöksi. Hän oli viimeisen kymmenen vuoden aikana mukana kaikkien Geologisen tutkimuslaitoksen löytämien malmien tutkimuksissa. Erkki Lyytikäisen valoisa luonne ja mehevä savolaishuumori loivat hänen ympärilleen miellyttävän työskentelyilmapiirin. Erkki Lyytikäinen muistetaan vuorimiestenkin lukuisilta retkeilyiltä ja yhteisistä tilaisuuksista hyvän tuulen tuojana, miellyttävänä ihmisenä, jonka äkillinen poismeno on jättänyt monen mieleen kaipauksen rehtiä työtoveria kohtaan.

A. L.

Suoritettuja tutkintoja

HELSINGIN YLIOPISTO

Geologian ja mineralogian laitos

10. 4. 1968 tarkastettiin julkisesti fil. lis. *Heikki Niinen* väitöskirja: »A Study of Rock Fracturing in Valleys of Precambrian Bedrock». Vastaväittäjänä toimi prof. Nils Edelman ja kustoksena prof. Heikki Tuominen.

24. 4. 1968 tarkastettiin julkisesti fil. lis. *Pentti Rouhunkosken* väitöskirja: »On the Geology and Geochemistry of the Vihanti Zinc Ore Deposit». Vastaväittäjänä toimi fil. tri Oke Vaasjoki ja kustoksena prof. Heikki Tuominen.

17. 4. 1968 tarkastettiin julkisesti fil. lis. *Heikki Wennervirran* väitöskirja: »Application of Geochemical Methods in the Regional Prospecting in Finland». Vastaväittäjänä toimi prof. V. Marmo ja kustoksena prof. Heikki Tuominen.

Fil. liseniaatin tutkinto:

Joensuu, Oiva: »Application of spectrochemical methods to earth science».

Fil. kandidaatin tutkintoja:

Grön, Toivo: »Urjalan Perhonkylän vulkaniiteista ja niissä esiintyvistä malmimineraaleista».

Lehtonen, Matti Ilmari: »Metamorfisista kalkkikongkretioista Tampereen—Hauhon alueelta».

Parviainen, Esko: »Nilsian kvartsiitin tektonisista kehityspiirteistä, moroutumisesta ja teknisestä käytöstä».

TURUN YLIOPISTO

Geologian laitos

Fil. liseniaattitutkinto geologiassa ja mineralogiassa: *Papunen, Heikki*: »Baryytin esiintyminen Suomessa. Mineralogisparageneettinen tutkimus». Prof. Neuvosen johdolla.

Fil. liseniaattitutkinto maaperägeologiassa: *Lappalainen, Eino*: »Keski-Lapin jokivarsisoiden myöhäiskvartaarisesta kehityksestä». Prof. Salmen johdolla. *Lindroos, Pentti*: »Pohjois-Karjalan myöhäis- ja postglaciaalisten dyynien kehitys». Prof. Salmen johdolla.

Fil. kandidaattitutkinto geologiassa ja mineralogiassa: *Grundström, Leo*: »Eräiden Länsi-Suomen kivilajien magneettinen suuntaus». Prof. Neuvosen johdolla.

ÅBO AKADEMI

Geologisk-mineralogiska institutet

Licentiatexamen:

Lauren, Lennart: »Södö-Sälsö-området geologi, dess malmer och magnetitförande pegmatiter». Arbetet har utförts under ledning av prof. Nils Edelman.

Filosofie kandidatexamen:

Andersén, Matts: »Förhållandet mellan magnetit och hematit i de mellansvenska järnmalmerna». Arbetet har utförts under ledning av prof. Nils Edelman.

Lindroos, Hardy: »Geologin inom Stenselefältet, Västerbotten». Arbetet har utförts under ledning av prof. Nils Edelman.

OULUN YLIOPISTO**Geologian laitos**

25. 5. 1968 tarkastettiin julkisesti fil. lis. *Tauno Piiraisen* väitöskirja »Die Petrologie und die Uranlagerstätten des Koli-Kaltimogebiets im Finnischen Nordkarelien». Vastaväittäjänä toimi prof. A. Simonen ja kustoksena prof. J. Seitsaari.

16. 11. 1968 tarkastettiin julkisesti fil. lis. *Juhani Nuutilaisen* väitöskirja »On the Geology of the Misi Iron Ore Province, Northern Finland». Vastaväittäjänä fil. lis. Maunu Härme, kustoksena prof. J. Seitsaari.

Filosofian lisensiaatin tutkinto:

Mäkelä Kaarlo: »Sirkka-muodostumasta ja stratigrafian yleispiirteistä Keski-Lapin liuskealueella». Työn on valvonut prof. J. Seitsaari.

Filosofian kandidaatin tutkinto:

Ohenoja Vilho: »Porttivaaran - Kuusijärven alueen kallioperä». Työn on valvonut prof. J. Seitsaari.

Teknillisen fysiikan osasto**Suoritettuja diplomi-insinöörin tutkintoja:**

Honkajärvi, Markku: »Teräksisten kantopyörien pintakarkaisu». Työtä valvoi prof. Mannerkoski.

Kalkela, Hannu: »Alumiiniivistyksen vaikutus niukkahiilisen teräksen myötölujuuteen korotetuissa lämpötiloissa». Työtä valvoi prof. Markku Mannerkoski.

Paakkinen, Unto: »Vaahdotusprosessin simulointitutkimus». Työtä valvoi prof. Antti Niemi.

Rinttilä, Esko: »Valokaariuunilla suoritettavan sulatuksen matemaattisista malleista». Työtä valvoi prof. Antti Niemi.

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

4. 5. 1968 tarkastettiin julkisesti tekn. lis. *Veikko Kalervo Lindroosin* väitöskirja: »Small Angle Boundaries and Dynamic Recovery in Aluminium-Magnesium Alloys». Vastaväittäjänä dos. William James Tunstall, valvojana prof. Heikki Miekk-oja.

8. 6. 1968 tarkastettiin julkisesti tekn. lis. *Aulis V. A. Saarisen* väitöskirja »Stress-Induced Stacking Faults in Alpha Cu-Al Alloys». Vastaväittäjinä tekn. tri Eliel Lähteenkorva ja prof. Markku Mannerkoski, valvojana prof. Heikki Miekk-oja.

26. 10. 1968 tarkastettiin julkisesti tekn. lis. *Matti Ketolan* väitöskirja »Studies on the Interpretation of Slingram (Horizontal Loop) Anomalies». Vastaväittäjinä professorit Eero Suoninen ja Aimo Mikkola sekä valvojana prof. Kauko Järvinen.

Tekniikan lisensiaatin tutkintoja:

Holappa, Lauri Elias Kalevi: »Tutkimus rikkidioksidin, hapen ja kobolttioksidin välisistä reaktioista», prof. Tikkasen johdolla.

Vuorinen, Jouko: »Lovestustuurnan muodon vaikutus ammusaihioiden lovestuksessa», prof. Sulosen johdolla.

Diplomi-insinööritutkintoja:

Alopaesus, Esko Juhani: »Tutkimus kalkkikiven jauhatuksesta tärymyllyssä», prof. Hukin johdolla (Kaivosjaosto).

Hannukainen, Taisto Olavi Arijoutsu: »Tutkimus valssausloppulämpötilan ja viimeisen piston reduktion vaikutuksesta niukkahiilisen teräksen ominaisuuksiin», prof. Sulosen johdolla (Metallurgijaosto).

Huhtinen, Pasi Perttu: »Avolouhoksen optimimuodon laskeminen profiilimenetelmällä tietokonetta hyväksikäyttäen», prof. Järvisen johdolla (Kaivosjaosto).

Jaakkola, Antti Juhani: »Rekristallisaation välityksellä tapahtuva epäjatkuva erkautuminen erässä alumiinipronsseissa», prof. Miekk-ojan johdolla (Metallurgijaosto).

Jokinen, Hannu Ilmari: »Tutkimus PbS-Cu₂S -systeemin reaktioista Pb-kuonan kanssa», prof. Tikkasen johdolla (Metallurgijaosto).

Kaartama, Kari Olavi: »Seostuksen ja lämpökäsittelyn vaikutus alumiinin lastuavaan työstöön», prof. Miekk-ojan johdolla (Metallurgijaosto).

Kemppainen, Jorma Heikki Olavi: »Elektronimikroskooppitutkimus alumiinipronssissa esiintyvistä martensiteista», prof. Miekk-ojan johdolla (oivallisesti) (Metallurgijaosto).

Kukkosuo, Reijo Tapio: »Ferriittis-perliittisen hienoraeteräksen soveltuvuudesta erikoislujan ankkurikettingin valmistukseen», prof. Sulosen johdolla (Metallurgijaosto).

Nieminen, Mikko Antero: »Soikiotangon valssautuminen neliö- ja pyörösoikiourissa», prof. Sulosen johdolla (Metallurgijaosto).

Pöntynen, Tomi Juhani: »Tutkimus ilman dispergoinnista mekaanis-pneumaattisissa vaahdotuskennoissa», prof. Hukin johdolla (Kaivosjaosto).

Salmelin, Klaus Erkki Olavi: »Tutkimus pienen nikkeli-lisäyksen vaikutuksesta volfram sintrauksessa», prof. Tikkasen johdolla (Metallurgijaosto).

Teppo, Pekka Tapani: »Pilari-suunnittelu Tytyrin Törmän kaivoksessa tasovälillä + 200 - + 350», prof. Järvisen johdolla (Kaivosjaosto).

Viherna, Raimo Allan: »Tutkimus kerrosmetallin valmistamisesta valssaamalla», prof. Sulosen johdolla (Metallurgijaosto).

Viitanen, Pekka Heikki Kalevi: »Lasermikroanalysaattorin kehittäminen», prof. Sulosen johdolla (Metallurgijaosto).

Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaföreningen toivoo saavansa arkistoonsa yhdistystä koskevia valokuvia y.m. aineistoa.

Mikäli Teillä on ylimääräisiä kuvia, jotka haluaisitte lahjoittaa yhdistykselle, otetaan ne kiitollisuudella vastaan os: **Vuoriteollisuus, Otaniemi, Otakallio 2 B 19**

P.S. Tunsiko kukaan n:ossa 1/68 s. 19 olleen kuvan tuntemattomat?

Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna

Övering. *Ernst Alander* adr: Kastbystigen 6 C, Hagalund.

Dipl.ins. *Esko Alopaeus* toimii rikastusinsinöörinä Outokummun kaivoksella. Os: Sänkinotkontie 20—22, Outokumpu.

Dipl.ins. *Yrjö Anjala* os: Toppelundintie 7 A 9, Matinkylä.

Tekn.dr. *Lars J. Aschan* adr: Vid institut för metallforskning. Drottning Kristinas väg 48, Stockholm Ö, Sverige

Dipl.ing. *Ingvar Blomqvist*, adr: Sjötullstorget 6 A, H-fors 17.

Yli-ins. *Nils L. Grinpenberg* on nimitetty Vuoksenniska- ja Koverharyhtiöiden yhdistetyn harkkoraudan myynnin myyntipäälliköksi. Os.: Fältskärg. 7, H-fors 26.

Dipl.ins. *Taisto Hannukainen* toimii Rautaruukki Oy:n Raahan rautatehtaan tutkimuslaitoksella tutkimusinsinöörinä. Os.: Ollinsaarentie 43 E 31, Raah. 2.

Yli-ins. *Ilmari Harkille* on myönnetty teollisuusneuvoksen arvonimi.

Dipl.ins. *Pasi Huhtinen* on Telko Oy:n palveluksessa. Os: Vesakkotie 3 A 73, Helsinki 63.

Dipl. ins. *Risto Heiskanen* on siirtynyt Outokumpu Oy:n Aijalan kaivoksen kaivosinsinööriksi.

Tekn.tri *Sakari Heiskanen* on nimitetty 1. 7. 1968 metalliteknologian professoriksi Teknilliseen Korkeakouluun.

Dipl.ins. *Olli Hermonen* on nimitetty Otanmäen kaivoksen kaivospäälliköksi 1. 5. 1968.

Dipl.ins. *Olli Hyvärinen* os. Pajalahdentie 6 B 38, Hki 20.

Dipl.ins. *Juhani Jaakkola* toimii Teknillisessä Korkeakoulussa metalliopin tutkimusassistenttina. Os: Kristianink. 7 A 7, Hki 17.

Dipl.ins. *Hannu Jokinen* toimii Riihimäen Lasi Oy:n laadunvalvontainsinöörinä. Os: Keskuskatu 18—20, Riihimäki.

Dipl.ins. *Kari Kaartama* on Suomen Standardisoimisliitto r.y:n palveluksessa. Os.: Pohjantie 2 B 44, Tapiola.

Dipl.ins. *Olof Karling* toimii Vuoksenniskan Imatran Rautatehtaan tutkimusosastolla erikoistehtävänä tuotekehittelytoiminnan hoitaminen.

Dipl.ins. *Ilkka Karvonen* os: Kirkonkyläntie 13 A 11, Hki 70.

Fil. iis. *Kalevi Kauranne* nimitettiin 1. 9. 68 Teknillisen Korkeakoulun Tampereen sivukorkeakoulun rakenusgeologian apulaisprofessorin virkaan.

Dipl.ins. *Jorma Kemppainen* toimii metalliopin vanh. assistenttina Teknillisessä Korkeakoulussa.

Tekn.tri *Matti Ketola* toimii Outokummun kaivoksella malminetsintäosastolla geofyysikkona. Os: Kummuntornit C as 13 Outokumpu.

Dipl.ins. *Ingvald Kjellman* on nimitetty Oy Koverhar Ab:n paikallisjohtajaksi. Os: Cappelansvägen, 1, Ekenäs.

Dipl.ins. *Pertti Kostamo* toimii Vuoksenniska Oy:n Imatran Rautatehtaan tutkimusosastolla.

Dipl.ins. *Reijo Kukkosuo* (ent. Kukkonen) toimii Outokumpu Oy:n pääkonttorissa kaupallisella osastolla.

Fil.maist. *Pentti Lahermo* os: Karakalliontie 5 D 47, Karakallio.

Dipl.ins. *Ilmari Lehesaho* toimii metallurgisen labora-

torion päällikkönä Vuoksenniska Oy:n Imatran Rautatehtaalalla.

Dipl.ins. *Arto Levanto* ja tekn.lis. *Ulla-Maija Levanto* os: Satamakangas 4 A 1, Raahensalo.

Dipl.ing. *Erik Lindfors* adr: Hofors, Långnäs- S - 81300, Sverige.

Fil.maist. *Ole Lindholm* os: Rautaruukki Oy, Malminetsintä, Pakkahuoneenkatu 21, Oulu.

Dipl.ing. *Tage Lindholm*, adr: Solgränd 4 A 10, Hagalund.

Yli-ins. *Knut Lobbas* on nimitetty Vuoksenniska Oy:n Turun Rautatehtaan päälliköksi ja isännöitsijäksi. Os: Trädgårdsg. 3, Åbo.

Dipl.ins. *Harri Nevalainen* toimii Vuoksenniska Oy:n Imatran Rautatehtaalalla metallurgisessa laboratoriossa.

Övering. *Ben Nordman*, adr: Rievägen 4 A, H-fors 33.

Dipl.ins. *Erik Nyholm* on 1. 9. 1968 nimitetty Outokumpu Oy:n Kokkolan Sinkkitehtaan päälliköksi.

Dipl.ins. *Mauri Peltonen* toimii Vuoksenniska Oy:n Imatran Rautatehtaan tutkimusosastolla.

Yli-ins. *Lauri Pietiläinen* on 1. 8. 1968 nimitetty Oy Vuoksenniska Ab:ssä apulaisjohtajaksi ja tuotantopäälliköksi sekä samanaikaisesti valittu yhtiön johtajiston jäseneksi.

Dipl.ins. *Tomi Pöntynen* on Murskauskone Oy:n palveluksessa Lahdessa. Os: Salpakankaantie 10 A 36, Salpakangas.

Dipl.ins. *Jorma Rekola* os: Tampere, Ilmarinkatu 36 F 70.

Fil.maist. *Erikki Ruotsi* on nimitetty Oy Vuoksenniska Ab:n Imatran Rautatehtaan tuotannon valvonnan päälliköksi.

Dipl.ins. *Rauno Roitto* on nimitetty Outokumpu Oy:n teknillisen myynnin ja asiakasneuvonnan päälliköksi.

Dipl.ing. *Kurt Rosqvist* adr: Fröjdböle, Vreta.

Tekn.tri *Aulis V. A. Saarinen* toimii Rautaruukki Oy:n tutkimuslaitoksella Raahensalossa. Os: Ollinsaarentie 43 F Raah. 2.

Dipl.ins. *Klaus Salmelin* toimii Pyynikki Oy:n käyttöinsinöörinä. Os: Lokero 1059, Tampere 3.

Teollisuusneuvos *Herman Stigzelius* on myönnetty edelleen palkatonta virkavapautta vuoden 1969 kesäkuun loppuun. Dipl.ins. *Urpo Salo* hoitaa KTM:n teollisuusosaston toimistopäällikön virkaa samaan päivämäärään saakka.

Dipl.ins. *Reino Sandelin* on 1. 8. 1969 nimitetty yli-insinööriksi ja Oy Vuoksenniska Ab:n kunnossapito- ja palveluosastojen päälliköksi.

Dipl.ins. *Simo Seppänen* on nimitetty yli-insinööriksi.

Tekn.dr. *Mats Snellman* adr: Fasanstigen 3, Grankulla.

Dipl.ins. *Jarmo Soiminen* on 1. 5. 1968 nimitetty Rautaruukki Oy:n johtokunnan jäseneksi ja tuotannolliseksi johtajaksi. Os: Vähäniityntie 22 as 3, Hki 57.

Fil.mag. *Tor Stolpe*, adr: Petersg. 5 A, H-fors 14.

Fil.maist. *Klaus Säynäjärvi* os.: Linnank. 9—11 B 58, Turku.

Dipl.ins. *Rainer Tuovinen* on nimitetty Rautaruukki Oy:n Raajärven kaivoksen isännöitsijäksi ja Raajärven kaivososaston päälliköksi. Os: Rautaruukki Oy:n Raajärven kaivos, Raajärvi.

→

Dipl.ins. *Toivo Tyynelä* on siirtynyt W. Rosenlew & Co Oy:n palvelukseen Poriin. Os: Otavankatu 4, Pori.

Dipl.ins. *Per Westerlund* on 1. 5. 1968 nimitetty Rautaruukki Oy:n Otanmäen kaivoksen isännöitsijäksi. Os: Rautaruukki Oy, Otanmäen kaivos, Otanmäki.

Dipl.ins. *Raimo Vihermä*, toimii opettajana Tampereen Teknillisessä oppilaitoksessa. Os: Rautatienkatu 4 B 24, Tampere.

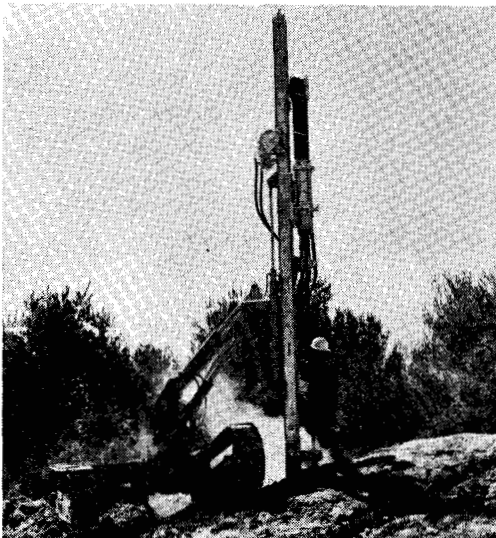
Dipl.ins. *Pekka Viitanen* on Havulinna Oy:n palveluk-

sesa teknillisellä osastolla myynti-insinöörinä. Os: Kolsarinkuja 4 B 18, Hki 39.

Tekn.tri *Seppo Wilska* on siirtynyt vuodeksi YK:n palvelukseen toimipaikkana Teheran, Iran ja tehtävänä toimia neuvonantajana sikäläisen geologisen tutkimuslaitoksen kemian osaston organisoinnissa.

Dipl.ins. *Pentti Ylijoki* on nimitetty Oy Vuoksenniska Ab:n Imatran Rautatehtaan tutkimusosaston päälliköksi.

Vuorimiesyhdistyksen jäseniä pyydetään ilmoittamaan mahdollisista toimipaikan tai osoitteen muutoksista Vuorimiesyhdistyksen rahastonhoitajalle tai Vuoriteollisuus-lehden toimitussihteerille.

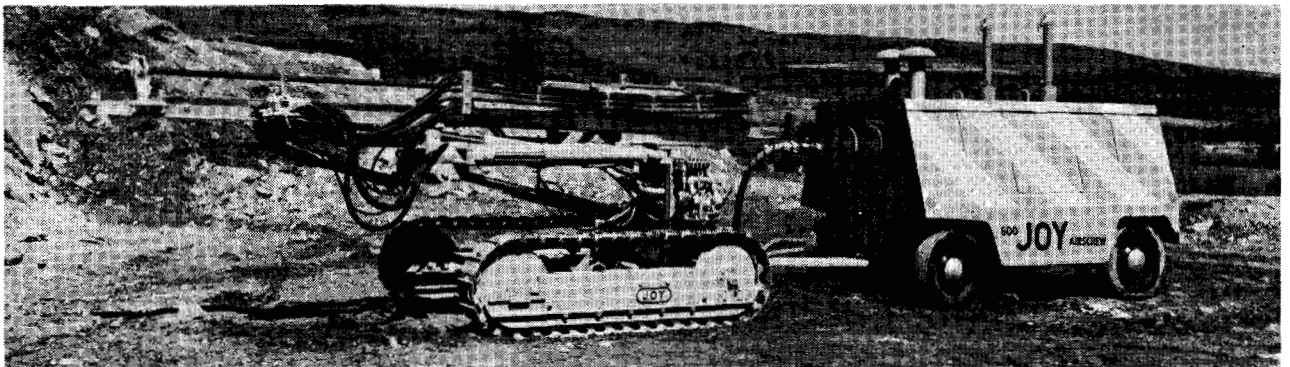


JOY VAUNUPORA KALUSTO

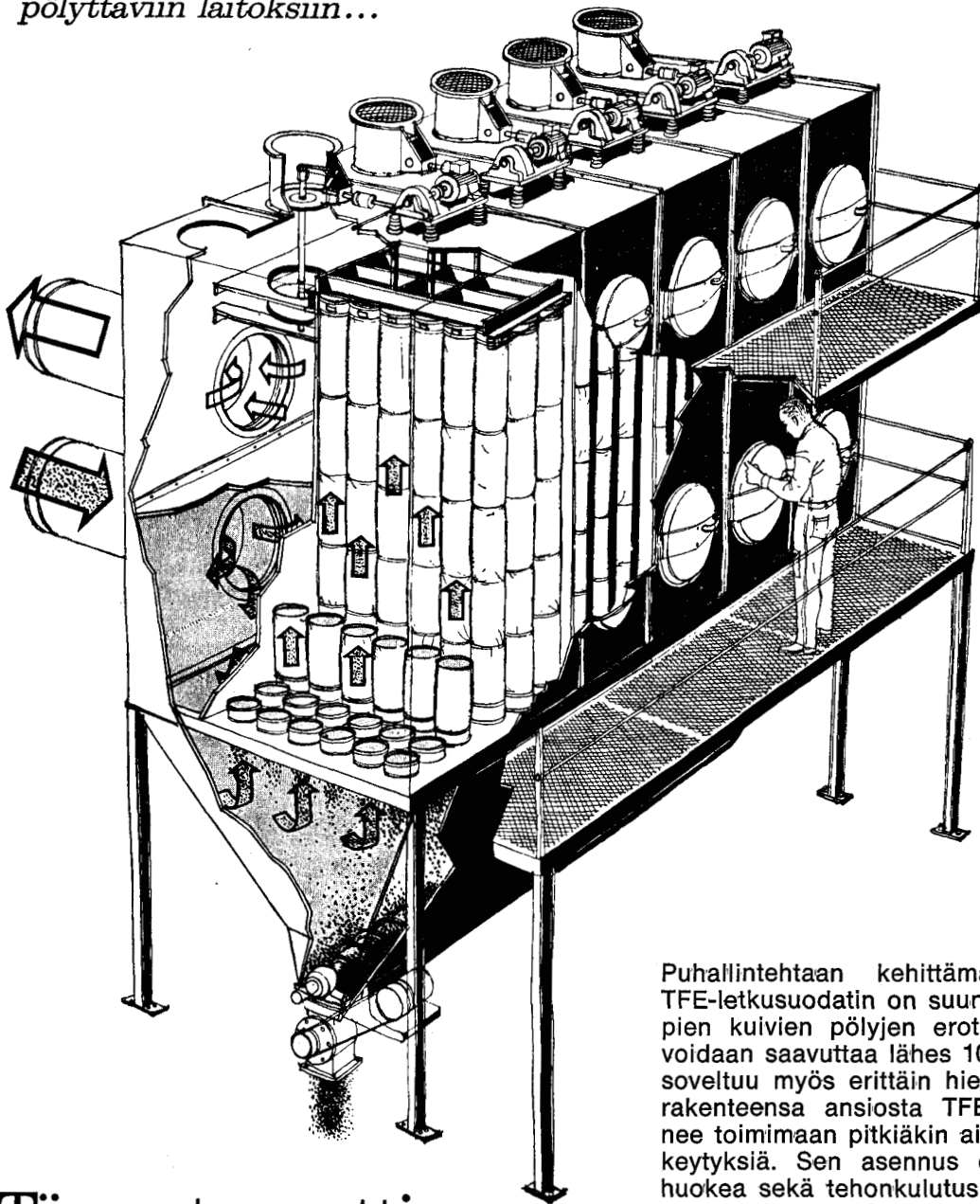
Joy vaunuporakalusto
RAM-Vaunuporakone
RO-600, 17 m³/min kompressori
korkeinta laatua, käyttövarmuus huipussa.
Teho mitä parhain.
Reikäläpimitat 64–115 mm.

OSAKEYHTIÖ *Ekströmin* KONELIIKE

HELSINKI 10 • P.LOK. 10310 • PUH 11421



pölyttäviin laitoksiin...



**Täysautomaattinen
TFE-
letkusuodatin
tehokkaaseen
pölynerotukseen**

Puhallintehtaan kehittämä täysautomaattinen TFE-letkusuodatin on suunniteltu mitä erilaisimpien kuivien pölyjen erotukseen ilmasta. Sillä voidaan saavuttaa lähes 100 % erotusaste ja se soveltuu myös erittäin hienolle pölylle. Erikoisrakenteensa ansiosta TFE-letkusuodatin kykenee toimimaan pitkiäkin aikoja ilman käyttökesekeytyksiä. Sen asennus on yksinkertainen ja huokea sekä tehonkulutus erotuskykyynsä nähden verrattain vähäinen. TFE-letkusuodattimella voidaan erottaa laitosten tuotantoa ja ympäristöä häiritsevät pölyt sekä ottaa talteen tuotantoprosesseista syntyvät arvokkaat pölyainekset, kuten mm. vilja-, sokeri-, tupakka-, lannoite-, kalkki-, sementti-, vuori- ja puupölyt. TFE-letkusuodattimella puhdistettu ilma voidaan myös palauttaa takaisin tuotantoon ja näin säästää vielä lämmityskustannuksissakin. Suodatinyksiköitä yhdistämällä saadaan erotinlaitoksia käytännöllisesti katsoen rajattomille ilmamäärille. Annamme mielellä lähempiä tietoja letkusuodattimestamme ja sen sovellutuksista teollisuudessa.



SUOMEN PUHALLINTEHDAS OY

HELSINKI - TURKU - TAMPERE - VAASA - KUOPIO - OULU - PORI - KOTKA - JYVÄSKYLÄ - LAHTI

HALUATTEKO TIETOJA PINTAA SYVEMMÄLTÄ?



Tarvitsettepa tietoja maaperästä tai kalliosta, on käytössänne ajanmukainen geofysikaalinen mittaus- ja kairauskalustomme.

Suoritamme pyytämänne geofysikaaliset mittaukset, geokemiallisen ja geologisen tutkimuksen tai hankimme teille maa- tai kalliönäytteet syvyyksistä kairamalla. Käytössänne on monipuolinen alan asiantuntemus maa- ja kallioperätutkimuksen alalla.



SUOMEN MALMI Oy

OTANIEMI, puh. 460 633



Merkkipäivänämme 12. 12. kiitämme asiakkaittamme erinomaisesta yhteistyöstä ja luottamuksesta, joiden avulla olemme yhtiötämme kehittäneet jo yhdeksän vuosikymmenen ajan. — Juhlapäiväämme vietämme työn merkeissä.



Helsinki — Jyväskylä — Kotka — Lahti — Oulu —
Tampere — Turku

Ilmoittajat — Annonserer

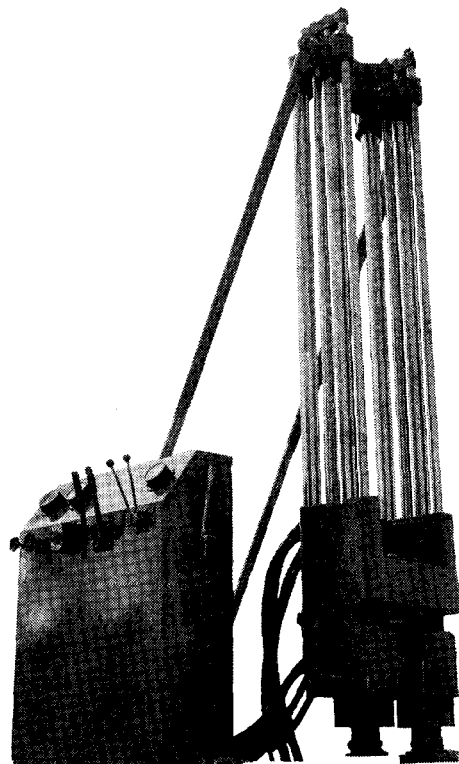
Cronvall
Ekströmin Koneliike
Enso-Gutzeit
Geofinn
Grönblom
Hankkija
Holl-Trade
Invest Export
Koneisto
Kovametalli
Kymin Oy-Salon Tehdas
Lokomo
Machinery
Nokia
Nokia/Suomen Kumitehdas
Outokumpu
Paraisten Kalkkivuori
Rauma-Repola
Rautaruukki
Suomen Malmi
Suomen Puhallintehdas
Tallberg/Atlas Copco
Tallberg /Vuoriteknilinen os.
Tampella
Telko
Tilgmann
Tulenkestävät Tiilet
Valmet
Witraktor
Vuoksenniska
Vuorikone/Wedag
Wärtsilä

TORAM

Malli 2 x 20

TÄYSHYDRAULINEN TIMANTTIKAIRAUSKONE

Portaaton syöttö 1500 mm
Suurin syöttöpaine 8700 kp
Suurin nostovoima 11600 kp
Putkikokoihin 33,5–100 mm
Portaaton säätö
Säädettävä kierrosnopeus 0–3000 r/min
Kairaa haluttuun kulmaan ja kohteeseen
Yhden miehen kone



Fredrikinkatu 63 A
Helsinki 10
Puhelin 648 642

GEOFINN^{OY}

Nostokyky ratkaisee

Pintakuvioidut NOKIA-kuljetushihnat on valmistettu Teitä varten, mikäli ongelmananne on tavallista suuremman nostokulman vaativa kuljetus. Valittavananne on silloin kolme pintakuviointiltaan erityyppistä NOKIA-kuljetushihnaa.

RIPAHIHNA soveltuu esim. hakkeen ja soran kuljetukseen.

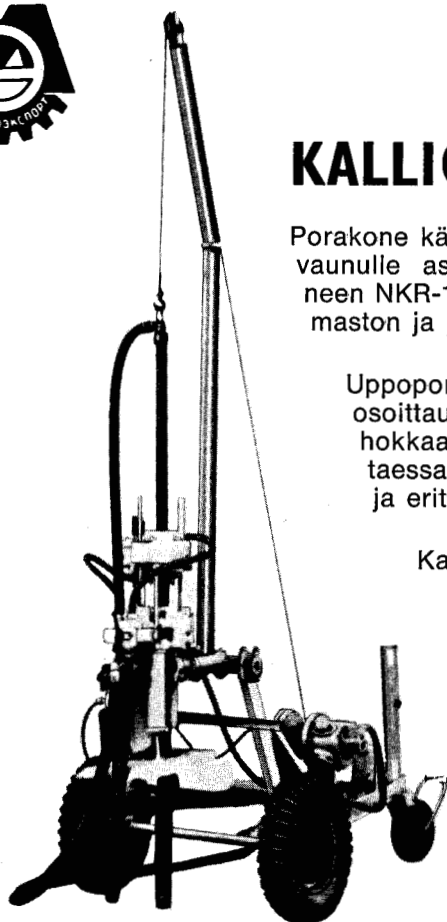
KARKEA PYRAMIDI nostaa säkkitavarat, lankut ja laudat.

NAPPULARIPAHIHNA soveltuu viljan, hakkeen ja hiekan kuljetukseen.

Tilaustyönä valmistamme NOKIA-kuljetushihnoja kaikkiin tarkoituksiin – juuri Teidän käyttöönnne.

OY NOKIA AB
SUOMEN KUMITEHDAS





KALLIOPORAKONE 3SBU - 125

Porakone käsittää kolmipyöräiselle vaunulle asennetun uppoporakoneen NKR-100 M, nosto- ja laskumaston ja pneumaattisen vinssin.

Uppoporakone NKR-100 M on osoittautunut Suomessa tehokkaaksi koneeksi porattaessa 105 mm reikiä koviin ja erittäin koviin kivilajeihin.

Kallioporakone 3SBU-125 on tarkoitettu toimimaan lähinnä avolouhoksilla räjäytysreikiä porattaessa.

Tekniset tiedot:

Porausreiän halkaisija, mm	105
Poraussyvyys, m	25
Poratangon syöttö	automaattinen tangon pituuden mitalta
Tangon työpituus mm	1200
Ilmanpaine, kg/cm ²	5-6
Paineilman kulutus, m ³ /min.	6
Pyöritysmoottorin teho, kW	2,8
Porakoneen kierrosnopeus rpm	76
Iskuja minuutissa	2350

Koneen mitat siirtokunnossa, mm	
pituus	4100
leveys	1500
korkeus	2100

Koneen mitat työkunnossa, mm	
pituus	3800
leveys	1500
korkeus	4860
Koneen kokonaispaino, kg	1300

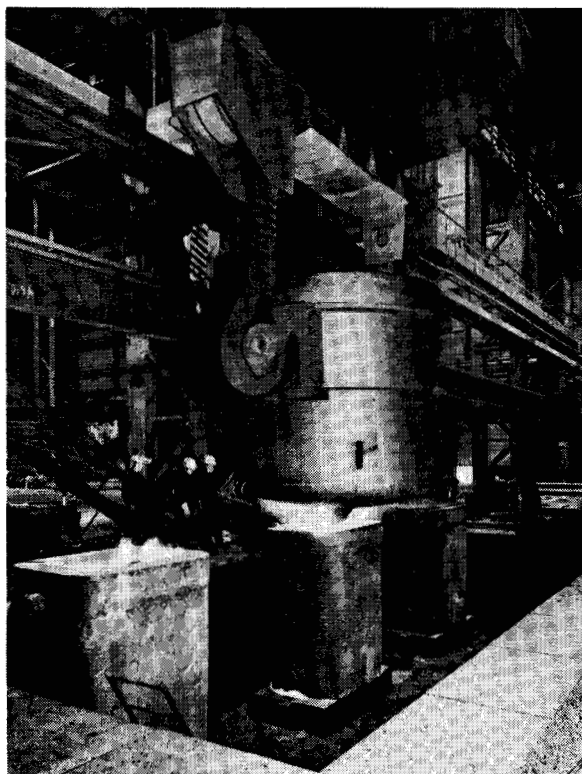
PYYTÄKÄÄ LISÄTIETOJA!

oy koneisto ab

Lönnrotinkatu 25 — Helsinki 18

Puh. 645 007 — Telex 12-1237

Huoltokeskus: Hanko — Puh. 911-6783



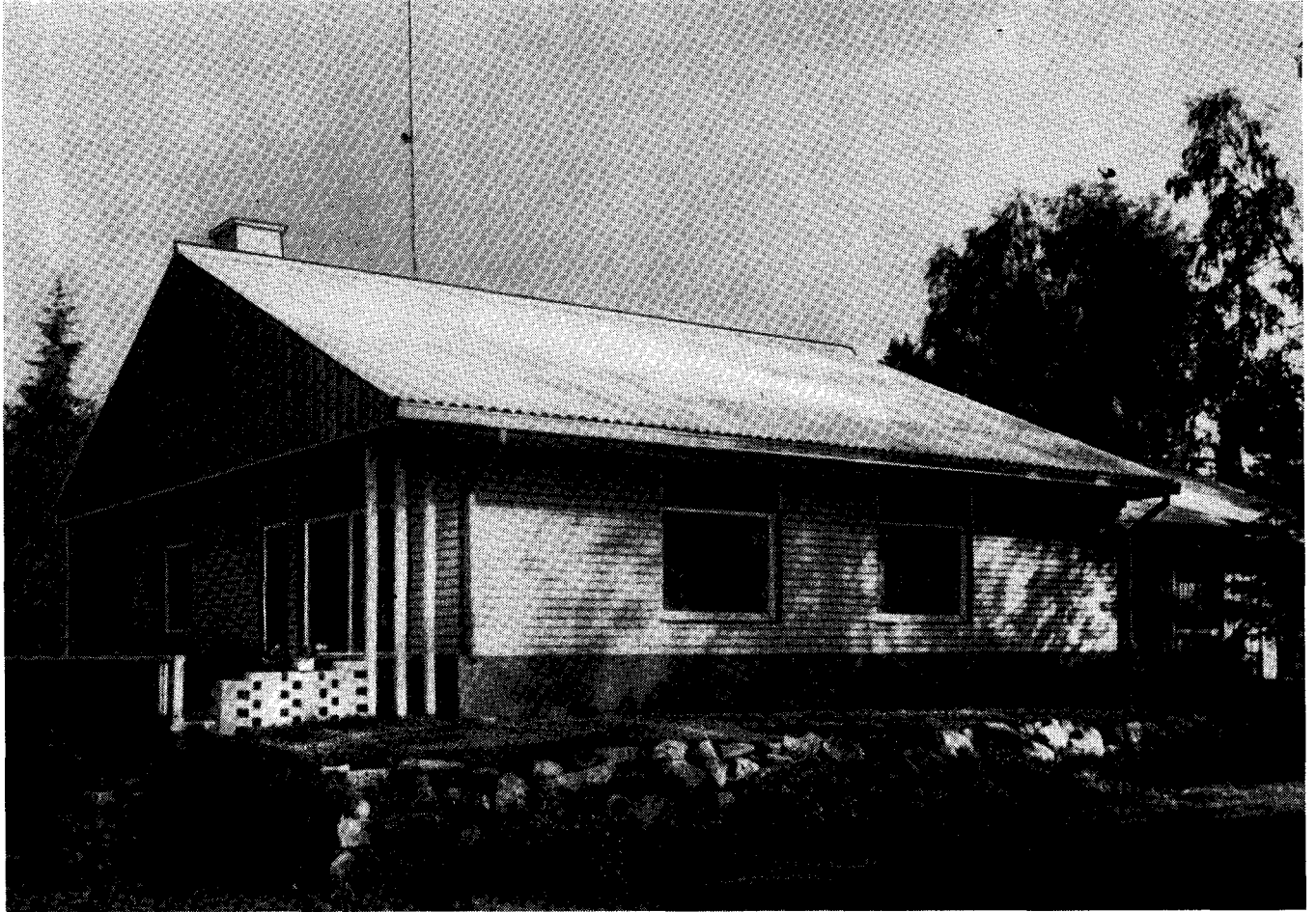
omavarainen

Maamme metalliteollisuus on jälleen askeleen lähempänä omavaraisuutta, riippumattomuutta. Rautaruukki Oy:n teollisuuslaitokset Raahessa valmistavat noin 300.000 tonnia karkea- ja laivalevyjä vuosittain. Pohjois-Suomeen sijoitettuna Rautaruukki Oy voi edullisimmalla tavalla käyttää hyväkseen maamme kaivosten tuottamia rikasteita. Valmistettavien karkealevyjen laatu on jo nyt todettu korkeatasoiseksi. Rautaruukki Oy valmistaa teräksiä konepajateollisuudelle sekä eri luokitusseurojen vaatimusten mukaisia laivanrakennusteräksiä.

Kotimaista tuotantoa, omavaraisuutta, riippumattomuutta, teknillistä palvelua.

RAUTARUUKKI OY

Ruoholahdenkatu 4, Helsinki 18. Puh. 64 22 21



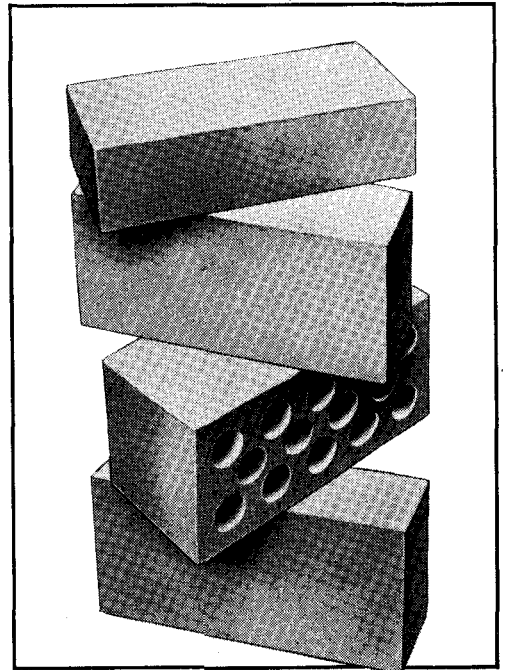
saka

tiilistä kunnan talo edullisesti

Tiili on omaa korkeaa luokkaansa pientalon rakennusmateriaalina. Ja tiilitalo on rakennettavissa edullisemmin kuin arvaattekaan.

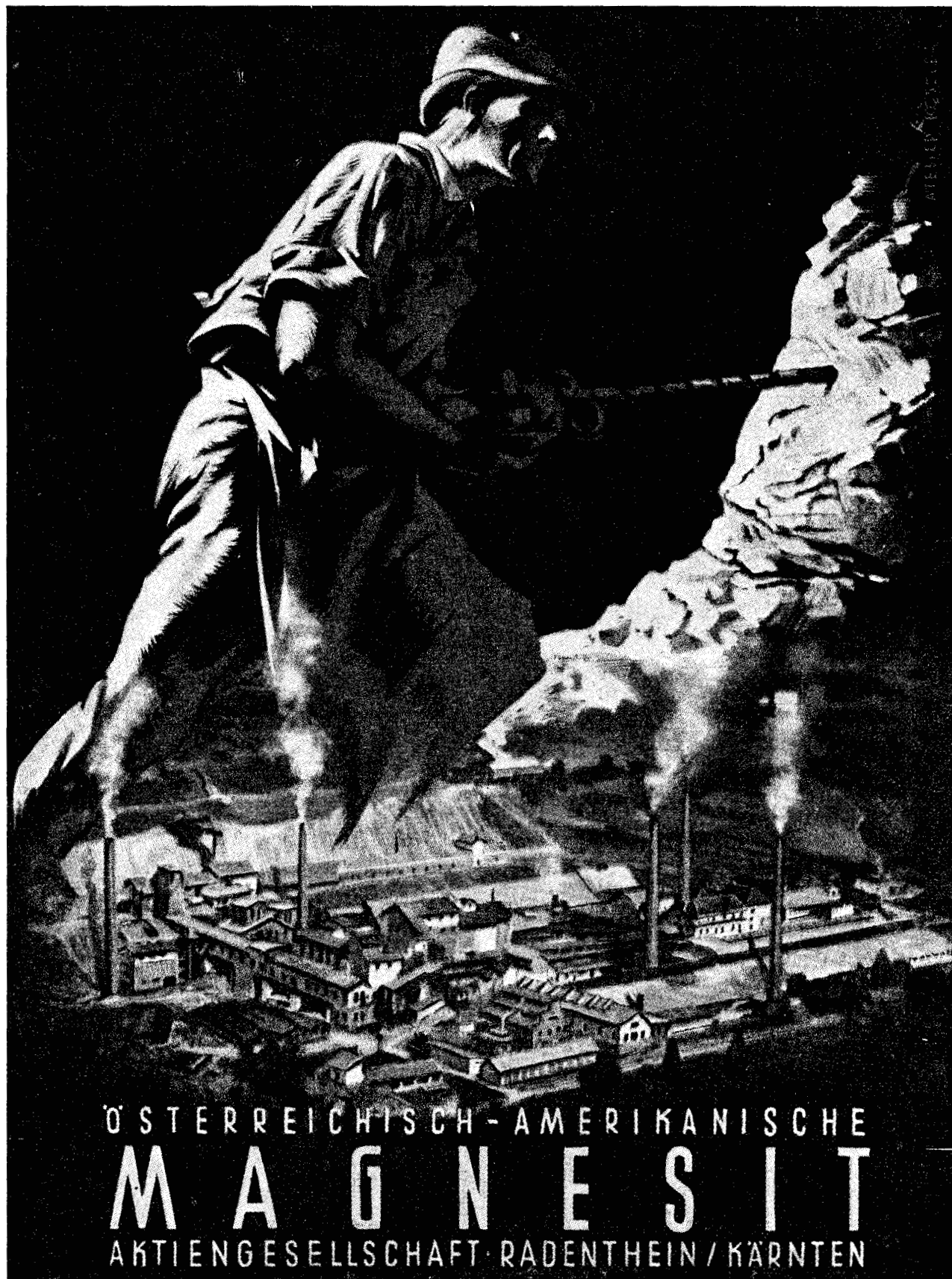
SAKA kalkkitiili on mittatarkka, kestää erinomaisesti ilmastomme rasitukset, se on edustava ja ennen kaikkea edullinen. SAKA kalkkitiiliä valmistetaan myös värillisinä ja lohkottuina.

Tiedustelkaa hintojamme! Nyt on tiilitalolla tilaa kustannusarviossanne.



PARAISTEN KALKKIVUORI OSAKEYHTIO

Naarajärven tehdas, Pieksämäki, puh. 1181, 3006



Oy Tulenkestävät Tiilet Ab

Eerikinkatu 14 A Helsinki 10 Puh. 64 53 41 – 64 53 42
Eriksgatan 14 A Helsingfors 10 Tel. 64 53 41 – 64 53 42

VALMET 1200 pyöräkuormaaja tekee paljon päivässä



Nostokyky 7600 kg ● Kuljetuskyky 3800 kg ● Moottorin teho 125 hv ● Työpaino 10 060 kg ● Vakiokauha 1,7 m³ ● Hydraulinen runko-ohjaus ● Kaksoisturbiinivaihteisto

Valmet 1200 pyöräkuormaaja on huippuluokan suunnittelua, nopea, ketterä ja taloudellinen. Siinä on monia työskentelyä ratkaisevasti edistäviä ominaisuuksia:

- kaksoisturbiinivaihteisto, ei tarvita käsin hoidettuna kuin kaksi vaihdetta eteen ja yksi taakse. Turpiini jakaa automaattisesti nopeudet kahteen nopeusalueeseen
- erityistä huomiota on kiinnitetty huolto- ja hoitotoimintojen nopeaan ja vaivattomaan suoritusmahdollisuuteen
- ohjaamo on varustettu täydelliseksi: lämmitys, tuulilasin pyyhkijät, asetuksen mukaiset valot, täydellinen mittaristo
- helppokäyttöinen jarrumekanismi, jarrutus saadaan aikaan vain pienellä jalan liikkeellä. Paineilmatehosteiset nestejarrut
- suuri maavara ja hyvä vakavuus

Valmet 1200 pyöräkuormaaja on kovien urakoiden kone. Se liikkuu ripeästi ja tekee paljon päivässä.



Valmet Oy edustaa Suomessa myös Yale-pyöräkuormaajia. Yhdeksän vankkaa mallia. Normaalkauhojen koot 1,15–6 m³.

VALMET

Helsinki: Valmet Oy, Traktorimyynti ● Joensuu: E. Salomaa Oy ● Jyväskylä: Valmet Oy Törrölänselän Tehdas, Keski-Suomen piiri ● Kouvola: Kouvolan Auto Oy ● Kuopio: Rautasavon Auto ● Oulu: Traktori-Kone ● Seinäjoki: VM-Kone Oy ● Tampere: Valmet Oy Lentokonetehtä



Luja, sitkeä, jopa hitsattavakin. Vaatimuksia, jotka tämä pultti asettaa nuorrutusteräkselle. Siksi se on valmistettu Imatra MoC 210 kromimolybdeeniteräksestä.

Imatran Rautatehtaan tuotevalikoimassa on nuorrutusteräs joka tarkoitukseen. Valinta ei ole helppo, mutta kokemuksemme ja tutkimustuloksemme ovat käytettävissänne. Teille edullisin ratkaisu saattaa olla

esimerkiksi rouhintasorvattu, määrämittainen tanko, jonka päissä on valmiit keskiöt.

Muita erikoisteräksiämme: hiiletysteräket, ruostumattomat teräket, jousiteräket, hitsattavat rakenneteräket.

Onko Teillä jo vertailutaulukkomme? Pyytäkää se samalla, kun tiedustelette hintojamme ja toimitusaikojamme.

Toimitukset nopeasti jälleenmyyjiemme varastoista tai keskusvarastotamme Hyvinkäältä.



Oy VUOKSENNISKA Ab

Lauttasaarentie 48, Helsinki 20, puh. 90-670 091

Valtuutetut erikoisterästen jälleenmyyjät:

Osakeyhtiö GHH Aktiebolag Oy Kontino Ab Oy Starckjohann & Co Ab

Silloin kun Teillä on muutakin kerrottavaa kuin nimi

teette sen tehokkaimmin teräspainokäytikortilla. Se ei ole enää pelkkä lappunen, joka helposti hukkuu muiden pape-
reiden joukkoon, sillä käsinkaiverrettu teräslaatta antaa
yksilöllisen, paperin pinnasta kohoavan painojäljen, jonka
pienimmätkin yksityiskohdat ovat huolitellun teräviä. Teksti
näkyvät ja tuntuu. Se eroaa muista. Eduksenne. Siinä on
muutakin kuin nimi.





Kuinka paljon MF on kehittänyt telakoneita

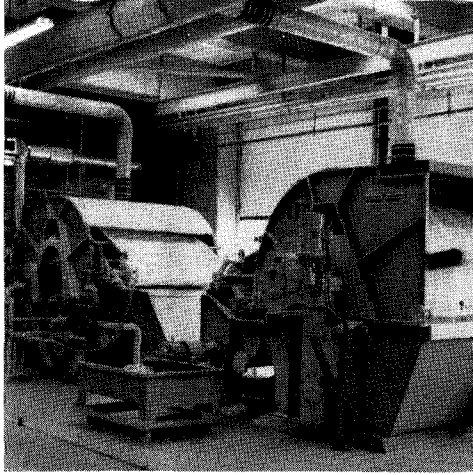
Tutkikaa Massey-Ferguson telakuormaajaa tai pusku-konetta. Löydätte niistä jokaisen ominaisuuden, joita tarvitsette vähentämään työaikaa ja lisäämään tuloja niin, että kaikki ovat tyytyväisiä. Lukuunottamatta MF:ää. He haluavat vähentää aikaa vielä enemmän, nostaa tulonne vielä korkeammiksi. Vihdoin jokaisessa telakoneessa tulee olemaan kaikki ne ominaisuudet, jotka MF-telakoneissa on nyt. Mutta silloin on MF kehittänyt jo uusia ominaisuuksia.

- puhdaslinjainen viimeistelty muotoilu
- telojen huolto melkein tarpeeton, kiristäminen helppoa
- hydraulisesti tehostettu ohjaus
- vääntömomentin muunnin
- kaksinopeuksinen vaihteisto
- moottoriteho 76 hv
- telakuormaajan kauhakoko 1,15 m³ ja paino 10,5 t.
- puskkoneessa vinopuskuri ja paino n. 10 t.

MASSEY-FERGUSON AINA KEHITYKSEN KÄRJESSÄ

 **HANKKIJA**

Rauma-Repola pyörivät tyhjösuotimet vuoriteollisuudelle



- Tasosuodin • Rumpusuodin • Belt-suodin • Precoat-suodin • Kiekkosuodin

Rauma-Repola Oy on valmistanut jo yli 700 erilaista suodinta prosessiteollisuudelle. Kokemus suotimien valmistuksessa perustuu teollisuudesta saatuihin kokemuksiin, moderniin valmistustekniikkaan ja laajaan metallurgisen ja vuoriteollisuuden laitteiden tuotevalikoimaan.

Rauma-Repola pyörivät tyhjösuotimet on suunniteltu tehokkaaseen kiintoaineiden erottamiseen mitä erilaisimmista lieteistä. Suotimet voidaan varustaa myös pesulaitteilla sakan puhtauden parantamiseksi. Valmistusohjelmaamme kuuluvat pyörivät tasosuotimet, normaalit rumpusuotimet, belt-suotimet, precoat-suotimet ja kiekkosuotimet. Suotimia valmistetaan

erilaisista materiaaleista käsiteltävien aineiden vaatimusten mukaisesti.

RAUMA-REPOLA LAITTEITA VUORI- JA METALLURGISELLE TEOLLISUUDELLE

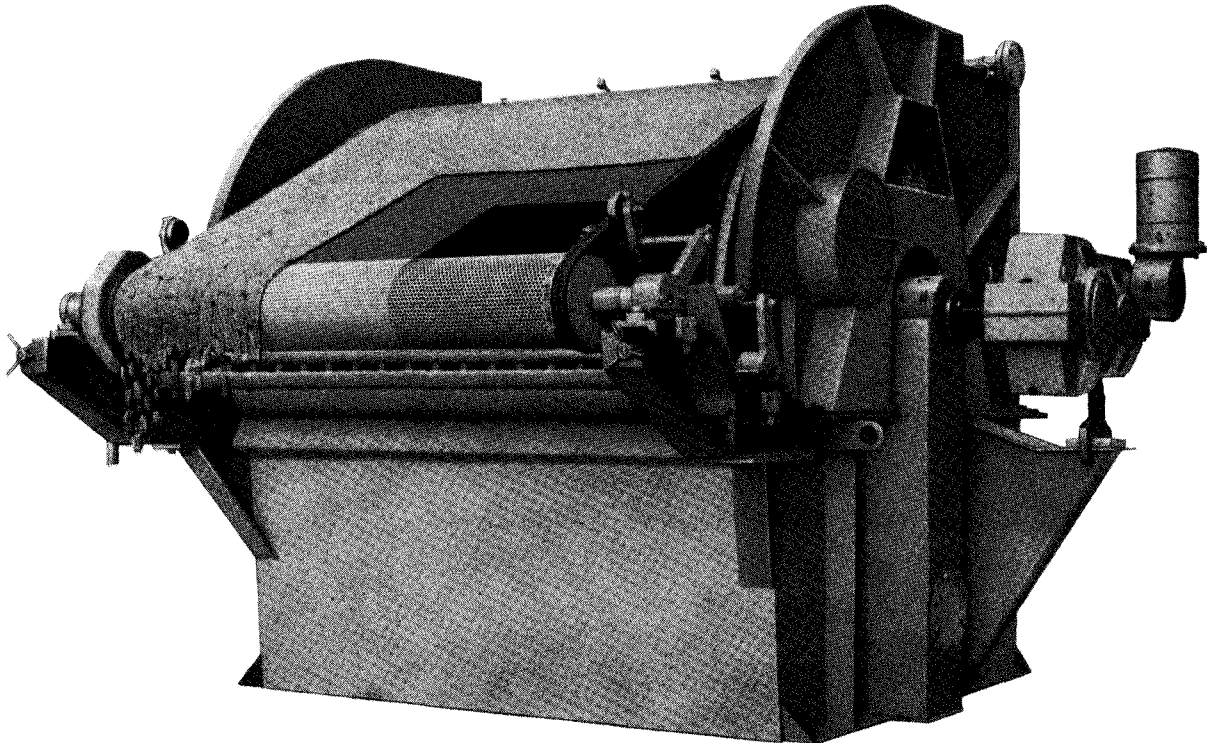
- Suotimia • Sakeuttimia • Paineastioita • Reaktoreita • Autoklaaveja • Sekoittimia • Kuljettimia • Lämmönvaihtimia

BELT-SUODIN

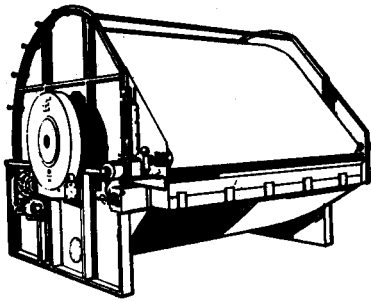
Pääton suodinkangas saa pyörimisliikkeensä rummulta ja siirtää suodattuneen sakan suotimen ulkopuolella olevalle irroitustelalle. Kakan irroitus kankaasta tapahtuu rei'itetyn irroitustelan kautta pu-

halletun ilman avulla. Irroituksen jälkeen suodinkangas pestään pesusuihkulla, jonka jälkeen se palautuu rummun kehälle. Belt-suotimessa tapahtuva kankaan jatkuva pesu suotimen toiminnan

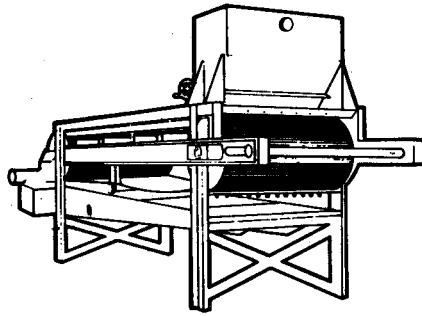
aikana estää kankaan tukkeentumisen ja antaa täten suotimelle suuren kapasiteetin suodinpinnan neliötä kohti.



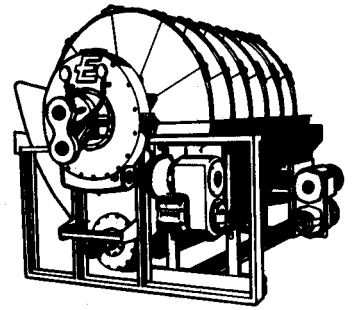
suodattimia ja sakeuttimia kaivosteollisuudelle



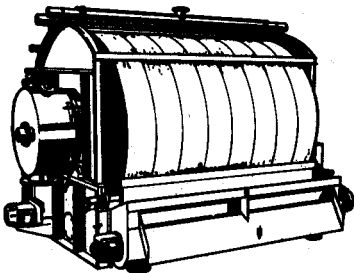
EIMCOBELT SUODATIN



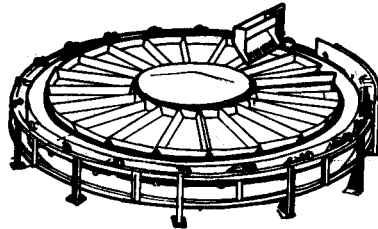
EXTRACTOR SUODATIN



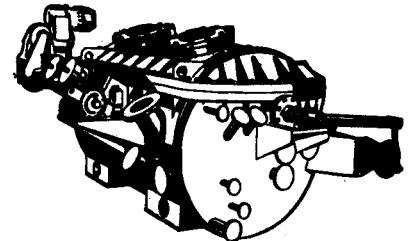
AGIDISC KIEKKOSUODATIN



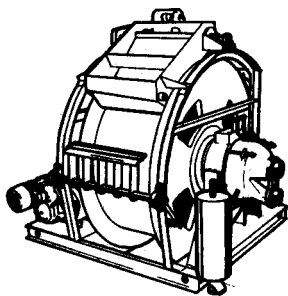
RUMPUSUODATIN



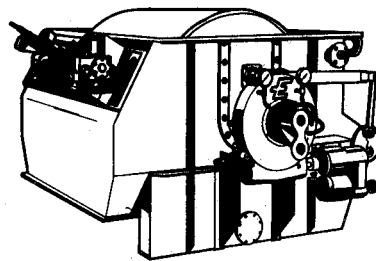
TILTING PAN SUODATIN



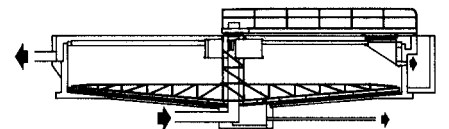
PAINESUODATIN



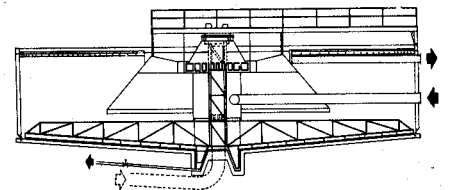
TOP FEED SUODATIN



PRECOAT SUODATIN



SAKEUTIN



SURTEHOREAKTIOSELKEYTIN

ENSO

ENSO - GUTZEIT OSAKEYHTIÖ

Enso valmistaa The Eimco Corporationin lisenssillä erilaisia kaivosteollisuuden tarpeisiin suunniteltuja suodattimia ja sakeuttimia sekä muita laitteita kiinteitten aineitten erottamiseksi nesteistä.

KONEPAJA • SAVONLINNA