

VUORITEOLLISUUS

BERGSHANTERINGEN

JULKAISIJA: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN R.Y.

Sisältö — Innehåll

Erkki Aurola:

Suomen teollisuuskivi- ja teollisuusmineraali-
esiintymät.

*Per Westerlund, Juhani Nuutilainen, Olli Hermonen,
Matti Autio:*

Otanmäki Oy, Raajärven kaivos.

Jukka Vuorinen:

Malmisiilorakenteiden kuormituksista.

Toivo Pöysälä:

Malmisiilon mitoituksesta.

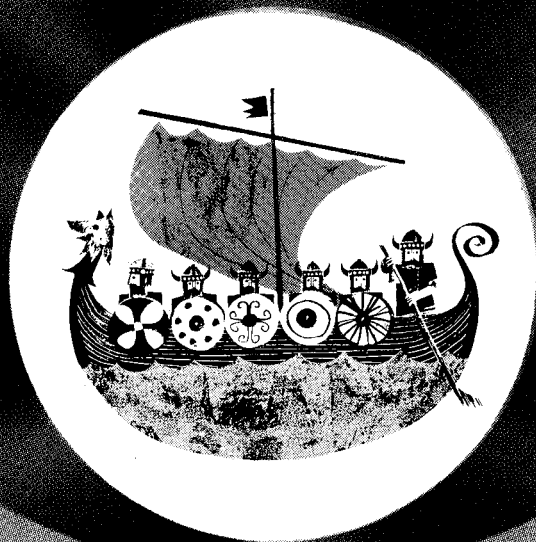
Markku Mannerkoski:

Metalliopin historiasta.

Esko Ulvelin, Tom Lindeberg:

Pilarin ammunta Lohjan Kalkkitehdas Oy:n
Tytyrin kaivoksella.

KUPARIN TIE JOHTAA MAAILMALLE



Suomalaisen kuparin tie johtaa maailmalle. Missä rakennetaan kestävää, siellä tarvitaan kuparia. Outokummun kupari tunnetaan ammattipiireissä kaikkialla maailmassa puhtaana ja korkealuokkaisena. Suomalaisen kuparin edut ovat myös meidän maamme suunnittelijoiden ja rakentajien käytettävissä. Siksi kuparia asennetaankin nykyisin yhä runsaammin eri käyttökohteisiin.

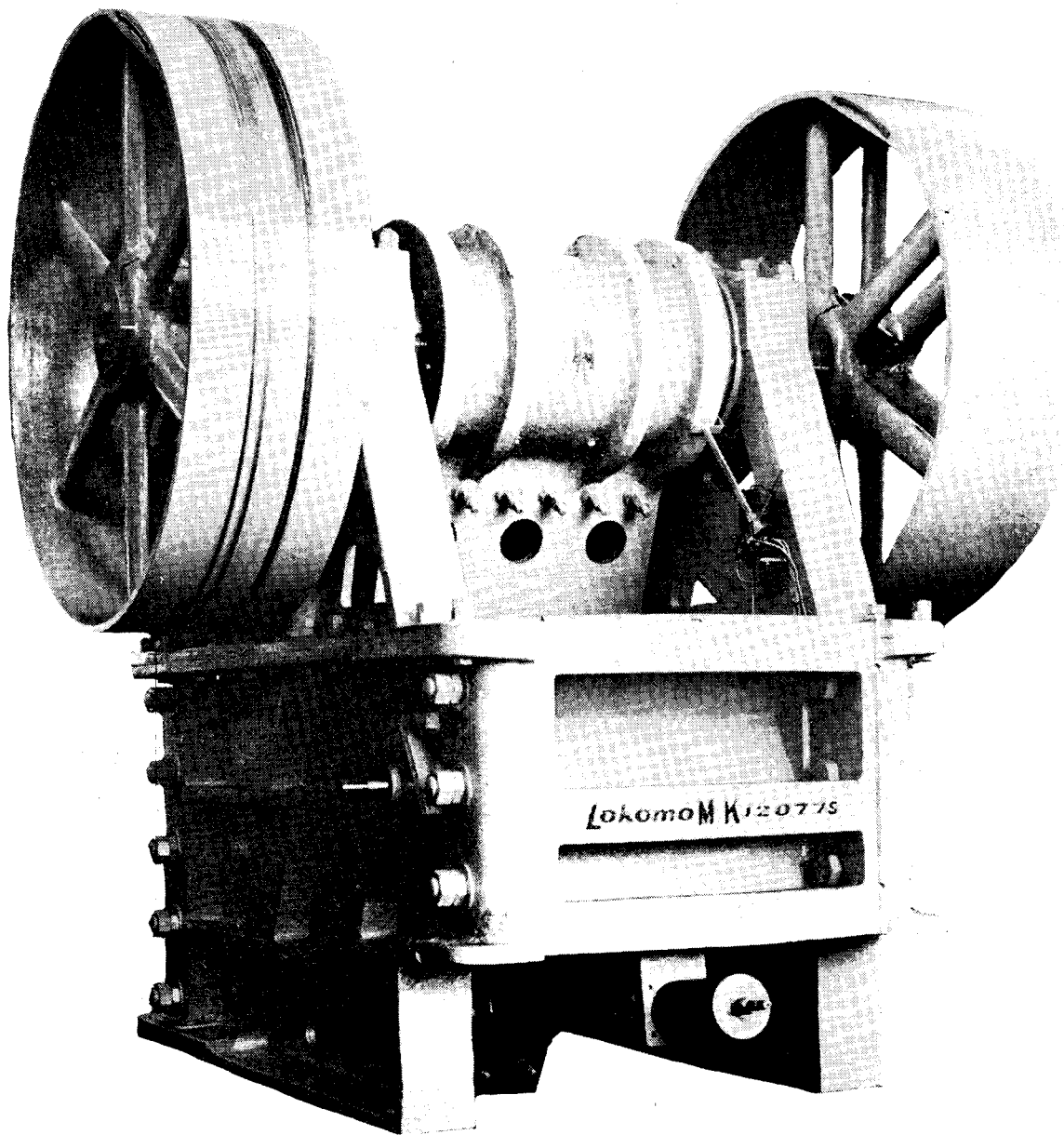
kupari ikinuori

Outokumpu Oy

Kuparitalo — Töölönkatu 4 — Helsinki — Puh. 44 05 11



Lokomo-asiiantuntija murskausalalla



Lokomo on valmistanut tähän mennessä 1283 kivenmurskauskonetta. **Tiedustelkaa murskausalalan asiantuntijalta.**

Ammattimiehenä Te tiedätte, että murskauslaitoksissa esimurskaimen murskausasteen on oltava suuri, koska jälkimurskaimet muuten joutuvat tarpeettoman kovalle rasitukselle ja siten pienentävät koko laitoksen tehoa.

»Teräskita«-murskaimissa on pitkät leuat, jotka suurellakin kivikoolla sallivat pienen asetuksen alapäässä ja siten suuren murskausasteen. Runsaasti mitoitettu runko, vauhtipyörät ja käyttö-

moottori takaavat suuren murskaustehon. Valmistamme viittä kiertomurskainkokoa, kitaukot 300×200 mm, 500×280 mm, 630×400 mm, 900×750 mm ja 1200×900 mm.

Murskainten lisäksi valmistamme lamelli-, vauhu- ja tärysyöttimiä, tärylajittimia, hihnakuljettimia, silloja sekä kaikkea murskauslaitoksiin kuuluvaa. Toimitamme kiinteitä ja helposti kuljetettavia laitoksia.

Ottakaa yhteys ja pyytäkää tarjouksia. Annamme mielihyvin myös suunnitteluapua.

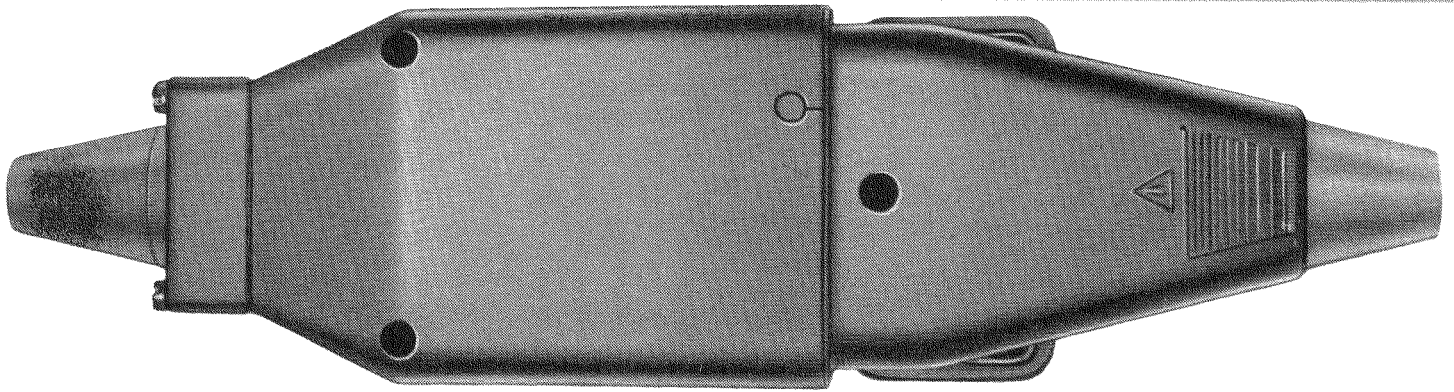
Murskainmyynti

LOKOMO

Tampere

puh. 28 120

TÄYDELLINEN ERISTYSAINEKOTELOITU VOIMAPISTOLIITINSARJA Kojoiden ulkokuoret ovat eristysainetta, joka takaa käyttäjälle täyden turvallisuuden vaikeissakin olosuhteissa. Yhteenliitettyinä vastaavat KLT-voimapistotulppa ja KLR-voimapistorasias suojaeristysluokkaa. KL-voimapistoliitinsarja kestää hyvin kosteutta ja kemiallisia aineita, kuten öljyjä, rasvoja, hapetusaineita, pelkistysaineita, suolaliuoksia sekä suuria lämpötilojen vaihteluja ja on lisäksi mekaanisesti luja.

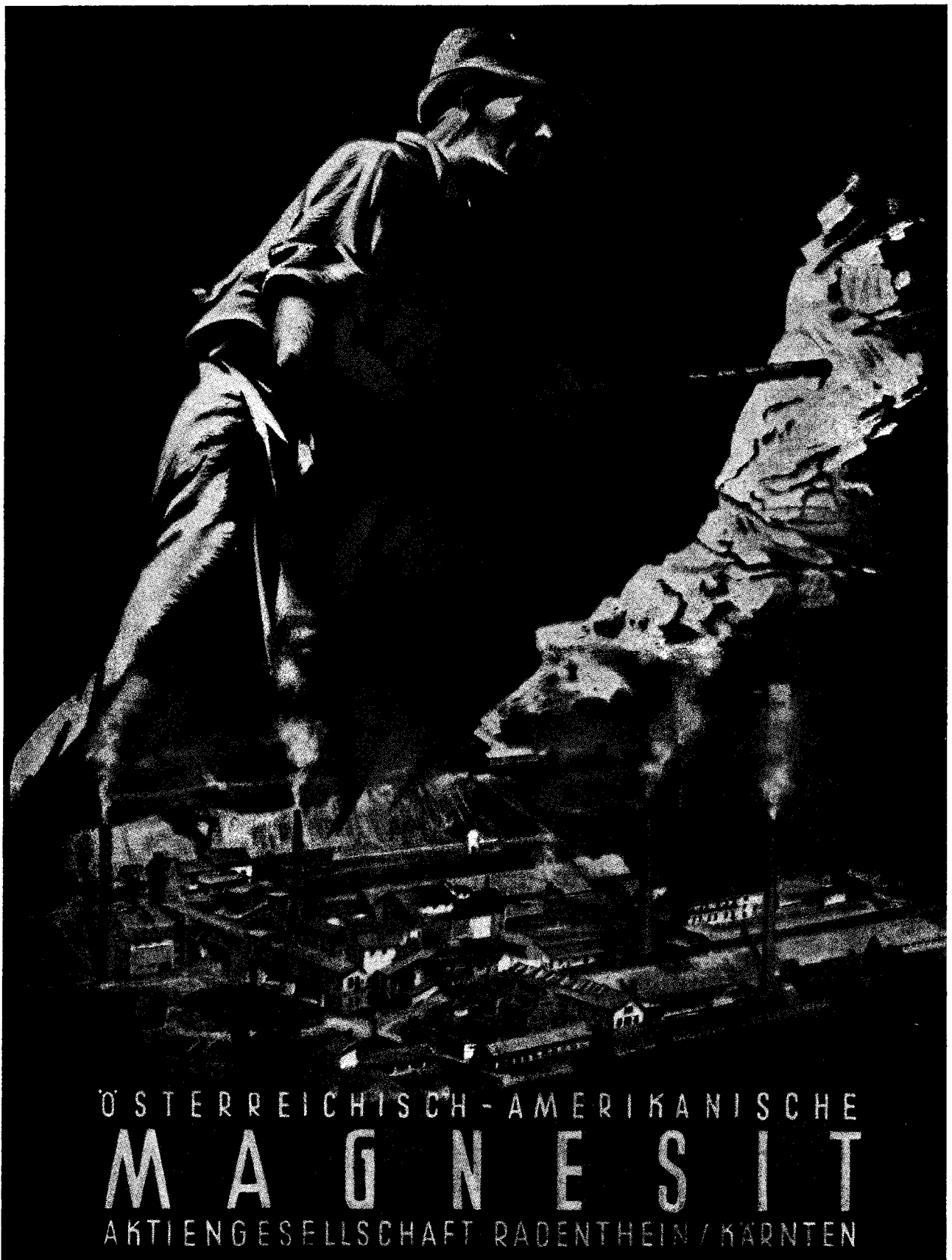


UUTUUS VUORITEOLLISUUDELLE

Nimellisvirta	Voimapistotulpat KLT	Voimapistorasiat KLR	Jatkopistorasiat KLR J	Voimapistorasiat Jalustakiinnitys KLR A	Voimapistorasiat Laippakiinnitys KLR L
16					
40					
80					



FISKARS-TUOTE

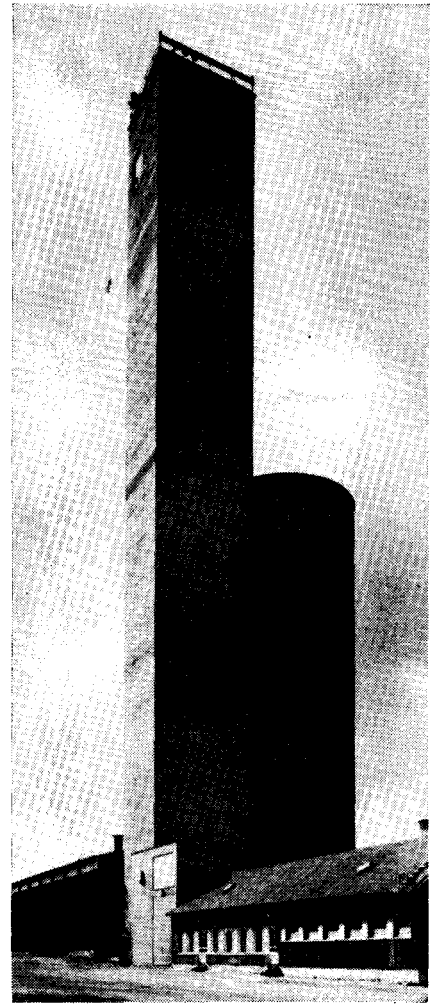
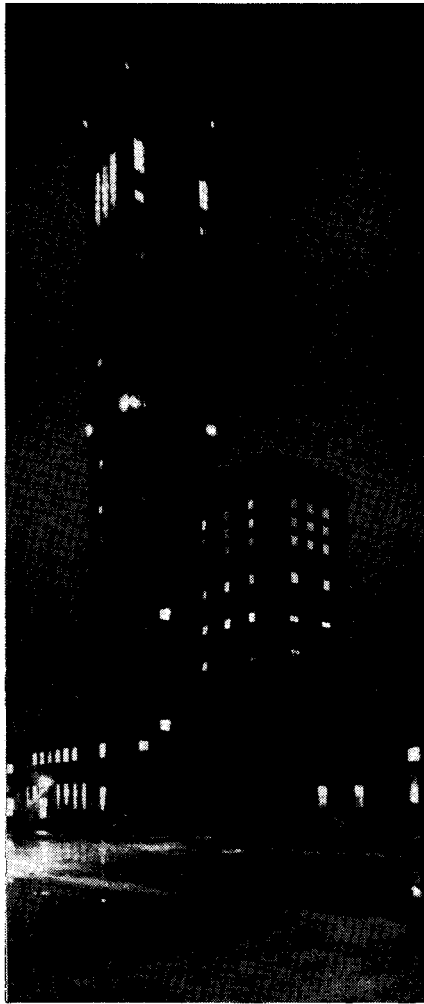
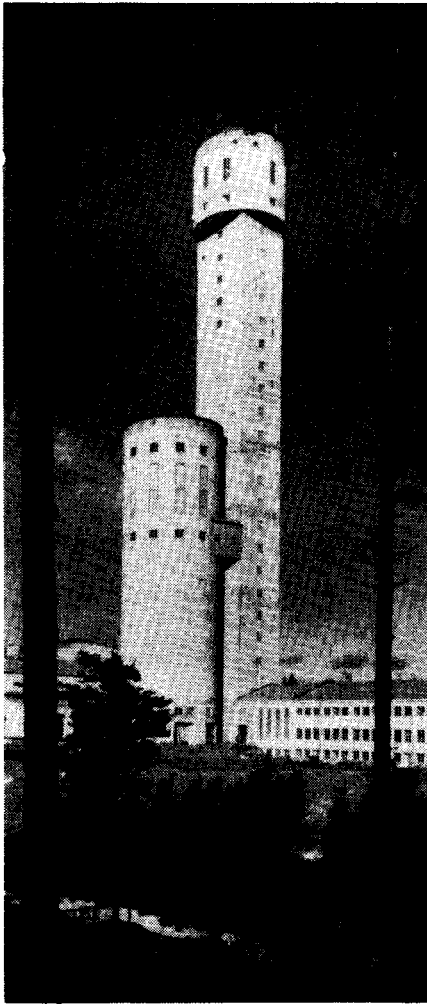


ÖSTERREICHISCH - AMERIKANISCHE
MAGNESIT
AKTIENGESELLSCHAFT RADENTHEIN / KÄRNTEN

OY TULENKESTÄVÄT TIILET AB

Eerikinkatu 14 A Helsinki Puh. 645 341 — 645 342

Eriksgatan 14 A Helsingfors Tel. 645 341 — 645 342



NOSTOKONEITA SUOMEN KAIVOKSILLE

Jo 13 ASEA nostokonetta
toimii Suomen kaivoksissa

KERETTI Täysautomaattinen malminnostokone kaksoisnostolla, hyötykuorma 5,5 tonnia kippaa kohden. Puoliautomaattinen nostokone henkilökuljetuksiin, hyötykuorma 5 tonnia tai 30 henkilöä.

VIHANTI Täysautomaattinen nostokone kaksoisnostolla, hyötykuorma 5 tonnia kippaa kohden.

TYTYRI Yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 10 tonnia.

YLÖJÄRVI Yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 6 tonnia.

KOTALAHTI Yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 8,5 tonnia. Nostokone henkilökuljetusta varten, hyötykuorma 500 kg tai 6 henkilöä.

PYHÄSALMI Yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 10 tonnia. Nostokone henkilökuljetuksiin, hyötykuorma 500 kg tai 6 henkilöä. Tutkimuskuilua varten toimitettu mutta ei vielä asennettu: yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 4 tonnia. Kaikki nostokoneet ovat painonappiohjattuja, täysautomaattisia.

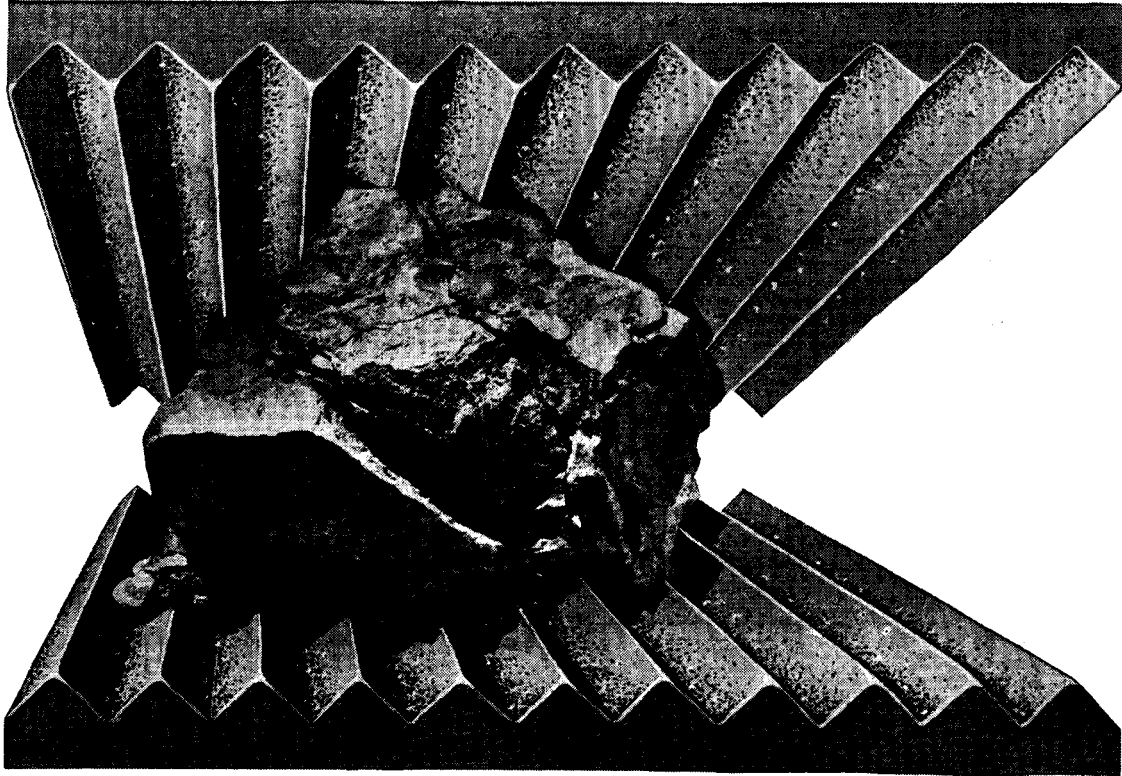
Näiden lisäksi on Outokumpu Oy:llä käytössä yksi 3 tonnin kuilunajovintturi ja Otämäki Oy:llä Raajärven kaivoksessaan 5 tonnin kuilunajovintturi.

Toimitamme vuoriteollisuudelle myös automaattivaaioilla varustettuja mittataskuja, kippoja, hissikoreja, köysipyöriä jne.

ASEA

OSAKEYHTIÖ ASEA AKTIEBOLAG

HELSINKI | KUOPIO | ROVANIEMI | TAMPERE | TURKU | VAASA
Puh. 12501 | Puh. 15071 | Puh. 4876 | Puh. 29020 | Puh. 26020 | Puh. 16150



BOFORS kaivosteollisuuden kulutusosia

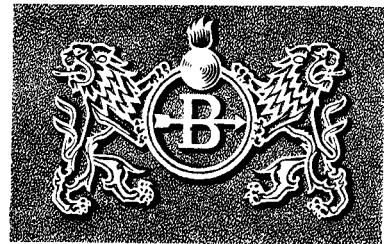
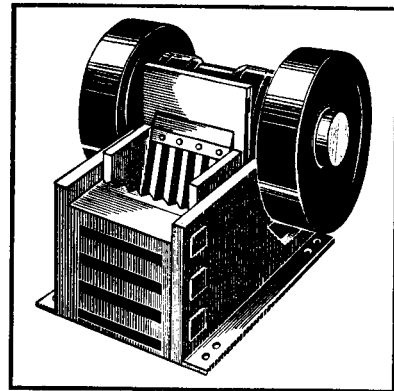
Murskainleukoja — Sivukiiloja — Murtolevyjä —
Murtolevyylaakereita — Määrämuotoisia ritti-
löitä — Kiristysrenkaita — Vuorauslevyjä —
Kohopalkkeja — Päätylevyjä — Jauhintankoja —
Jauhinkappaleita

Runsasseosteisesta mangaaniteräksestä —
Cr-Ni-Mo-seosteisesta teräksestä — Cr-seosteis-
esta erikoisteräksestä valmistettuja

LAATUTUOTTEITA

Tiedustelkaa - se kannattaa!

oy SUOMEN BOFORS AB
Pitäjänmäki, Sröbergintie 10, Puh. vaihde 45 31 66



PALO- TURVALLISEMPAAN RAKENTAMISEEN LUJA-JA ASBESTWOOD- LEVYT

Asbestiin perustuvat rakennuslevyt tarjoavat taloudellisen ratkaisun, kun halutaan rakentaa kestäviä, pitkäikäisiä ja ennen kaikkea paloturvallisempia rakenteita.

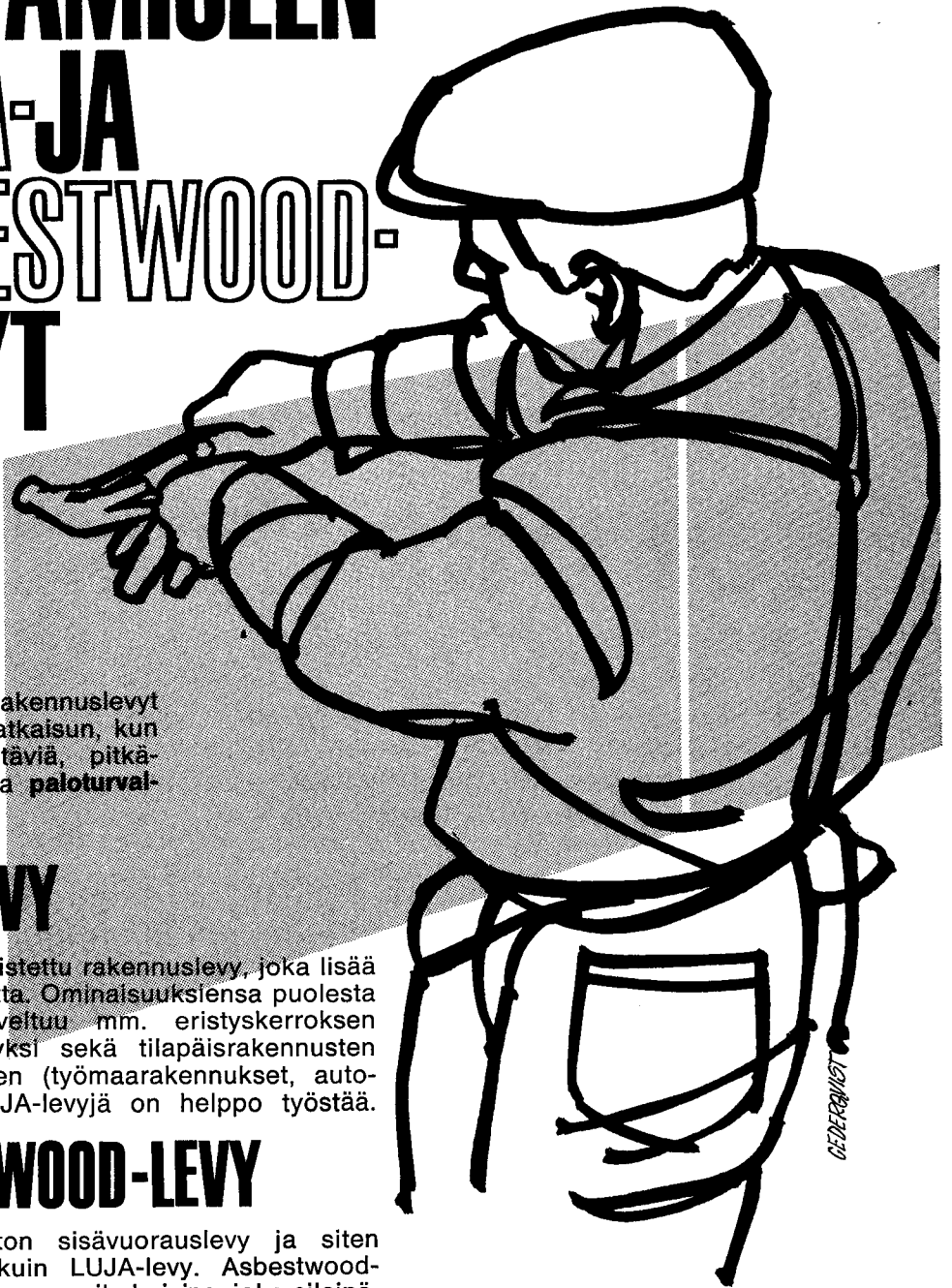
LUJA-LEVY

on kovaksi puristettu rakennuslevy, joka lisää paloturvallisuutta. Ominaisuuksiensa puolesta LUJA-levy soveltuu mm. eristyskerroksen tuulensuojalevyksi sekä tilapäisrakennusten ulkovuoraukseen (työmaarakennukset, autotallit jne.). LUJA-levyjä on helppo työstää.

ASBESTWOOD-LEVY

on puristamaton sisävuorauslevy ja siten huokoisempi kuin LUJA-levy. Asbestwood-levyjä on saatavana erikokoisina, joko sileinä, aallotettuina tai rei'itettynä.

Myynti- ja neuvontaosastomme antavat mielellään tarkempia neuvoja Luja- ja Asbestwood-levyjen käytöstä.



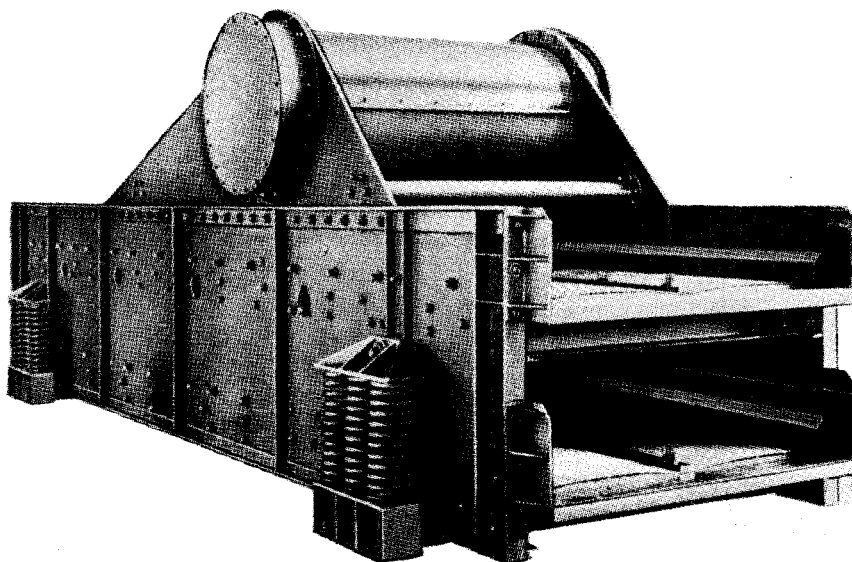
PARAISTEN KALKKIVUORI OSAKEYHTIÖ
S U O M E N M I N E R A A L I



HEWITT-ROBINS

HEWITT-ROBINS VALMISTAA TUOTTEITA, JOITA JUURI TE TARVITSETTE

Hewitt-Robins'in valmistusohjelmaan kuuluvat kaikki irtomateriaalin käsittelykoneet ja laitokset murskausta, seulomista, kuljetusta ja kasaamista varten. 70-vuoden kokemuksen omaavana Hewitt-Robins löytää varmasti parhaan mahdollisen ratkaisun pulmiinne.



Uusmallisia TÄRYSEULOJA

- Tärinätön alustarakenne
- Joustava käyttökoneisto
- Voidaan asentaa joko lattialle tai ripustettuna
- Helppo seulakankaan vaihto
- Alhaiset käyttökustannukset
- Tilaa säästävä, vaakasuora asennus

Tukevarakenteisia MALMINSYÖTTÖ- LAITTEITA

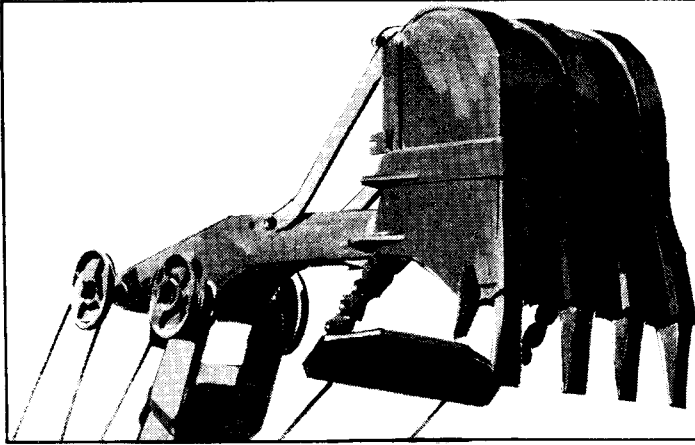
- Vankka rakenne
- Eri kokoja — kantokyvyltään aina 100 tonniin saakka
- Syöttää jopa 1 1/2 m³ malmilohkareita
- Kuluvat osat T-l-terästä



Päädustaja:

oy GRÖNBLOM Ab

HELSINKI - TURKU - TAMPERE - JYVÄSKYLÄ - OULU



Kaivin- ja maansiirtokoneisiin
kauhan kynsiä, leuka- ja sivulevyjä, vahvikkeitä, telalevyjä jne.

Vuori- ja sementtiteollisuudelle
murskauslevyjä ja -kartioita, kuula- ja tankomyllöjen vuorausosia, raappakauhoja ym. Tunnetun mangaaniteräksen rinnalle olemme kehittäneet laajan valikoiman eri tarkoituksiin sopivia erikoisteräksiä. Olemme valmiit neuvottelemaan eri tarkoituksiin parhaiten soveltuvista raaka-aineista.

KULUTUSTA KESTÄVÄÄ TERÄSVALUA



TERÄSVALIMO

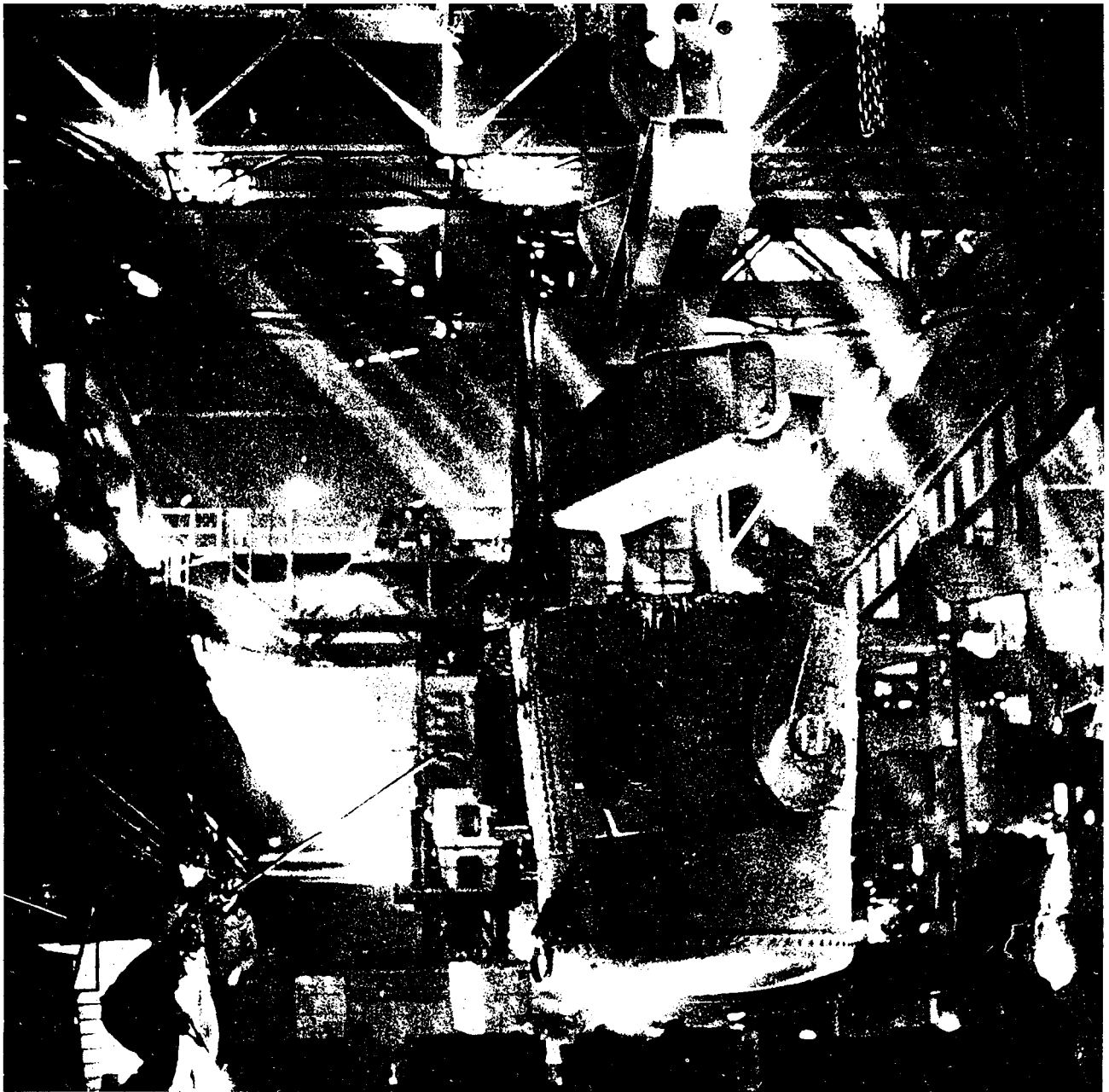


**Teuvo Sipilä, Vihannin kaivos
ja Tampella T10CW**

Outokumpu Oy:n mestarit 1964

Outokumpu Oy:n porauskilpailu v. 1964 suoritettiin tavallisuudesta poiketen siten, että poraus tapahtui nyt ensimmäisen kerran betoniseinään. Henkilökohtaisen mestaruuden vei Vihannin kaivoksen Teuvo Sipilä. Joukkuekilpailun voitti jälleen Ylöjärven kaivos, jota edustivat Unto Ristiniemi ja Risto Sarkola. He ovat useina vuosina sijoittuneet henkilökohtaisessa kilpailussa alkupäähän, jopa ylittäneet mestaruuteen asti. Huoltomiesten kilpailun voitti jo toisen kerran peräkkäin Outokummun kaivoksen K. Nissinen. Kilpailukoneina käytettiin tänäkin vuonna Tampella-porakoneita ja niiden mainioita polvisyöttölaitteita.

Tampella
Konepaja Tampere



SUOMALAINEN LAATUTERÄS vie kehitystämme eteenpäin



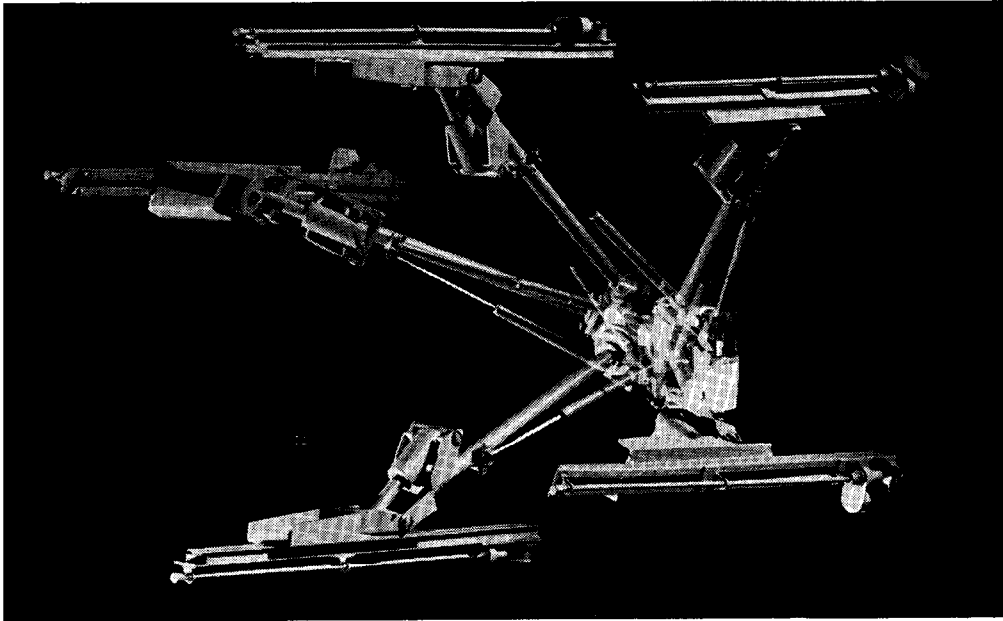
Oy Vuoksenniska Ab saavuttaa pian 50-vuotisen toimintansa merkkipaalun. Yhtiön kehitys nykyiseen laajuuteensa on Suomen terästeollisuuden historian mielenkiintoisimpia lukuja. Tämä yksityinen yritys on alallaan suurin maassamme ja se tuottaa kaksi kolmasosaa Suomen koko terästuotannosta.

Vienti suuntautuu yli 20 maahan, joiden joukossa ovat niinkin tunnetut teräsmaat kuin Ruotsi ja Saksa. Ulkomailla ovat erikoisesti laatuteräkset osoittautuneet kilpailukykyisiksi.

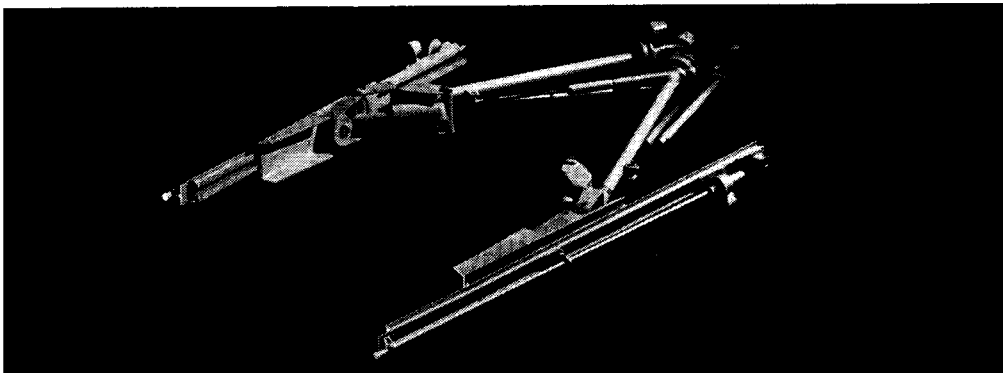
Yhtiön laboratoriot suorittavat jatkuvaa laadunvalvontaa ja intensiivistä metallurgista tutkimustyötä. Parhaillaan käynnissä olevat laajennustyöt sekä uudet valmistusmenetelmät lisäävät tuotanto- ja kilpailukykyä. Yhtiön laitokset tarjoavat yhteensä yli 3.000 työpaikkaa.

Teräksen käyttäjät ovat oppineet luottamaan suomalaiseen laatuteräkseen. Se vie kehitystämme eteenpäin.

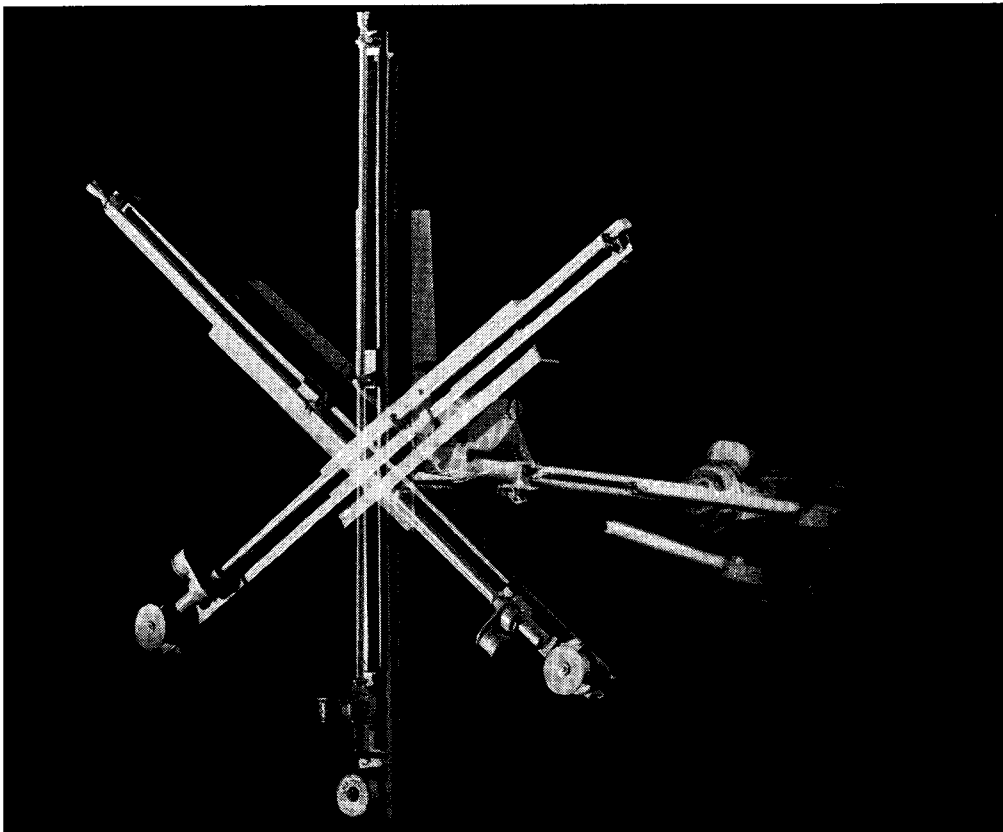
Oy VUOKSENNISKA Ab
IMATRAN RAUTATEHDAS TURUN RAUTATEHDAS JUSSARÖN KAIVOS



Kuvassa näkyy vain
viisi niistä monesta
asennosta mihin
JOY-COBRA
voidaan asentaa.
Olipa kyseessä katto-,
seinä- tai pohjareikä,
yksi ainoa
COBRA-puomi
ulottuu niihin kaikkiin,
ja poravasara on aina
syöttimen ulkopuolella.



Kiila- tai
polttoaukaisureiät
saadaan aikaan
yhdellä ainoalla
COBRA-puomilla.



Katon vahvistukseen
pulttauksen tms
COBRA-puomi
yksinkertaisesti vain
käännetään
sopivaan asentoon

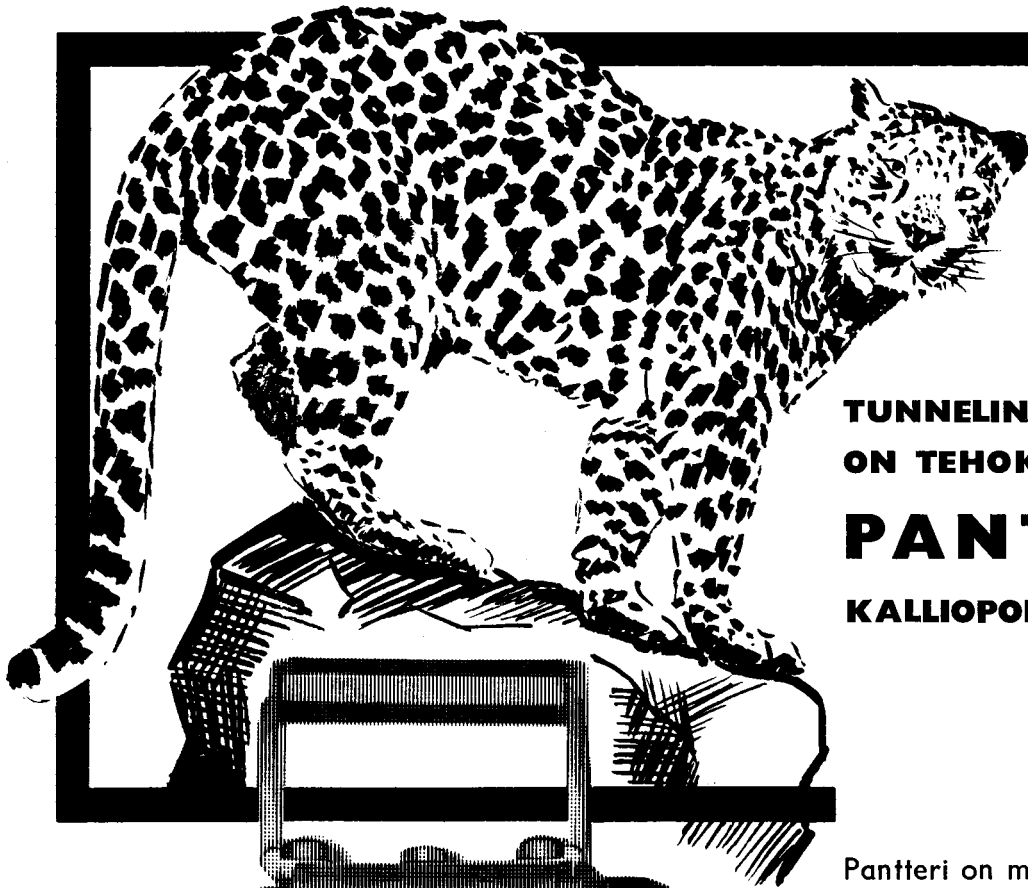
Tulossa
COBRA JUNIOR

OSAKEYHTIÖ

Ekströmin

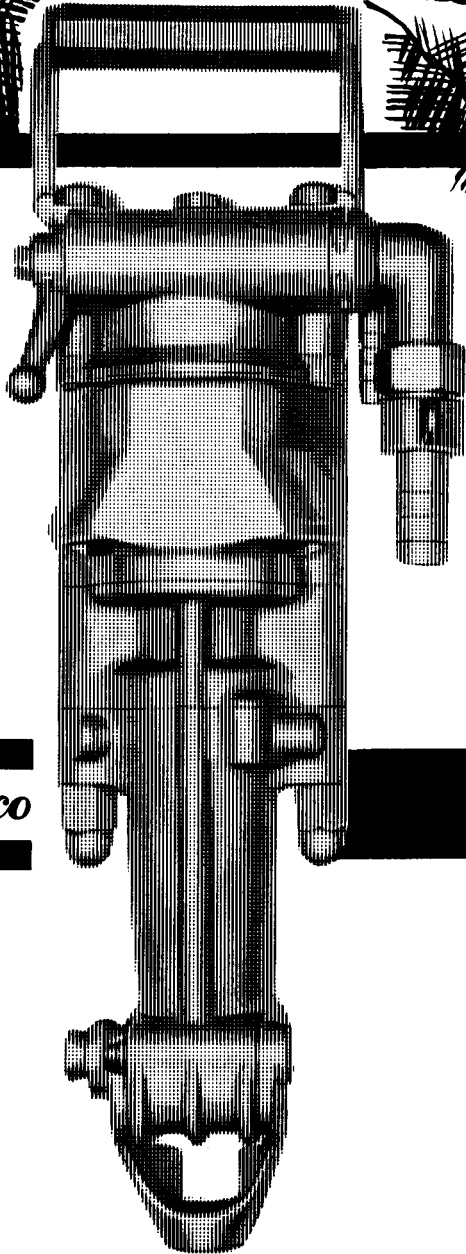
KONELIIKE

HELSINKI · POSTILOKERO 310 · PUH 11 421



**TUNNELINTEOSSA
ON TEHOKKAIN
PANTTERI
KALLIOPORAKONE**

Panteri on maailman nopein polvisyöttökone. Se poraa vaivatta pahimmatkin paikat ja kovimmatkin kivilaadut. Nopeus on taloudellisuutta tunnelitöissä ja Panteri tuo niihin nopeutta. Soittakaa, niin kerromme Teille enemmän Panterista tai pyytäkää esittelylehtinen.



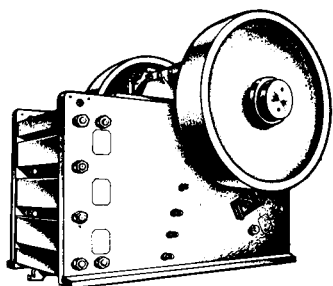
Atlas Copco



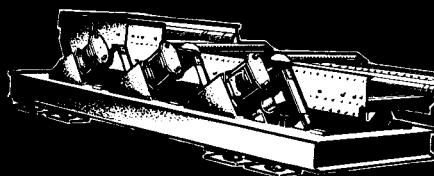
JULIUS TALLBERG

ATLAS COPCO-O.S.

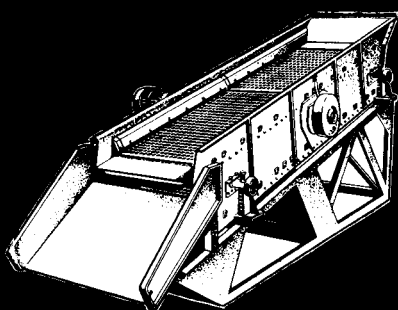
Aleksanterink. 21 H:ki, puh. 13611



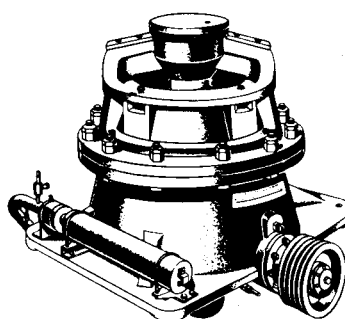
Leukamurskain



Resonanssiseula



Täryseula



Hydrocone-kartiomurskain

SVEDALA-ARBRA laitteita kaivosteollisuudelle

Kiertomurskaimia — Blake-murskaimia — kara- ja kartiomurskaimia — vasara- ja valssimurskaimia, kuula- ja tankomyllyjä — täry- ja epäkeskoseuloja — resonanssi- ja vaakatasoseuloja — L-lajittelijoita — syöttimiä — täydellisiä murskaus- ja seulontalaitoksia.

Konepajojen yhdistämisen jälkeen voimme entistä paremmin palvella asiak-

kaitamme, ei ainoastaan laajentuneella tuotevalikoimalla, vaan myös ratkaisessamme meille annettuja tehtäviä koska meillä nyt on käytettävissä pitkäaikaisen ja monipuolisen kokemuksen omaava suunnittelijakunta, joka pystyy esittämään käytännöllisimmän ratkaisun niin laitteistojen valintaan kuin taloudellisimpaan käyttöönkin.

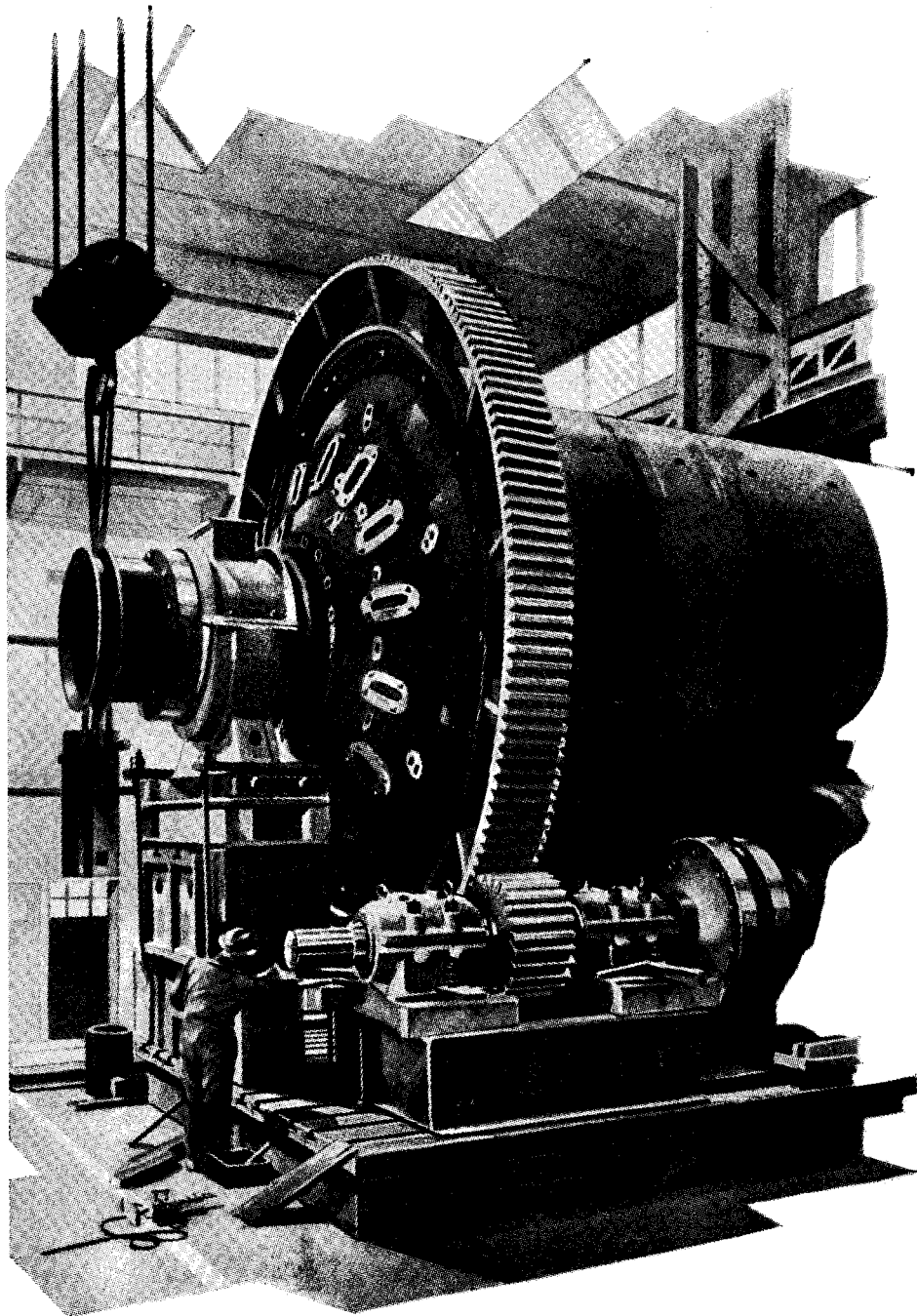


SVEDALA-ARBRA
RUOTSI

ROLAC
64 44 11

Malminkatu 20

Helsinki



:
**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, jauhatuskivatusyksiköjä

Vedenpoistajia:

Sakeuttajia, rumpu-imusuotimia, keskipakoisseuloja, keskipakoislinkoja

Raesuuruuden säännöstelijöitä:

Spiraaliluokittelijoita, raappaluokittelijoita, ilmaluokittelijoita, täryseuloja

Kuljetuslaitteita:

Tärykuljettimia, ketjukuljettimia, lietepumppuja

Valmistaja: KLÖCKNER—HUMBOLDT—DEUTZ AG, KÖLN

MACHINERY

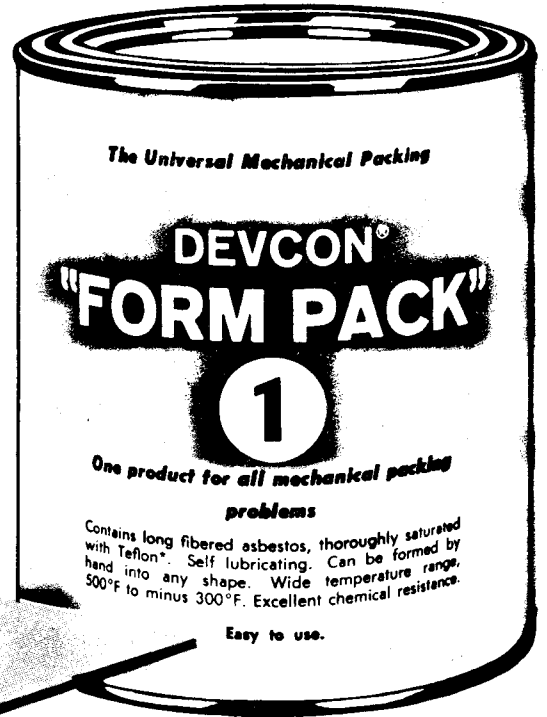
VANHA KAUPPAKUJA HELSINKI, PUHELIN 13 636

YLEISTIIVISTE

DEVCON

"FORM PACK"

1

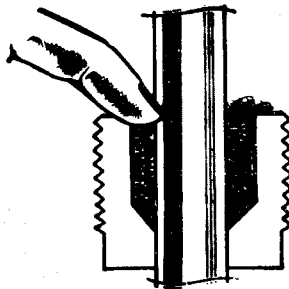


HELPPOKÄYTTÖINEN

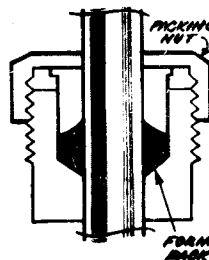
Riippumaton tiivistettävän esineen
koosta ja muodosta

KAKSI YKSINKERTAISTA TYÖVAIHETTA

Paina "Form pack"
tiivistettävään
kohtaan



Aseta kansi paikoilleen
ja kiristä. "Form Pack"
painuu tiiviisti
jokaiseen sokkeloon.



- Sisältää asbestikuitua ja Teflonia.
- Voidaan käsin muovata mihin tahansa muotoon.
- Yksi tuote tiivistää kaikenläpimittaiset akselit ja epä-
säännölliset kohdat.
- Itsevoiteleva — sisältää Teflon'ia, jolla on pienempi
kitkakerroin kuin millään muulla kiinteällä aineella
— 6 kertaa tehokkaampi kuin grafiitti.
- Kestää lämpöä +260° C ja pakkasta — 160° C.
- Korroosionkestävyys erinomainen.
- Helppokäyttöinen — Devcon "Form Pack" sullotaan
yksinkertaisesti tiivistettävään kohtaan, kansi kiriste-
tään päälle ja pysyvä tiiviste on valmis.

DEVCON "FORM PACK"

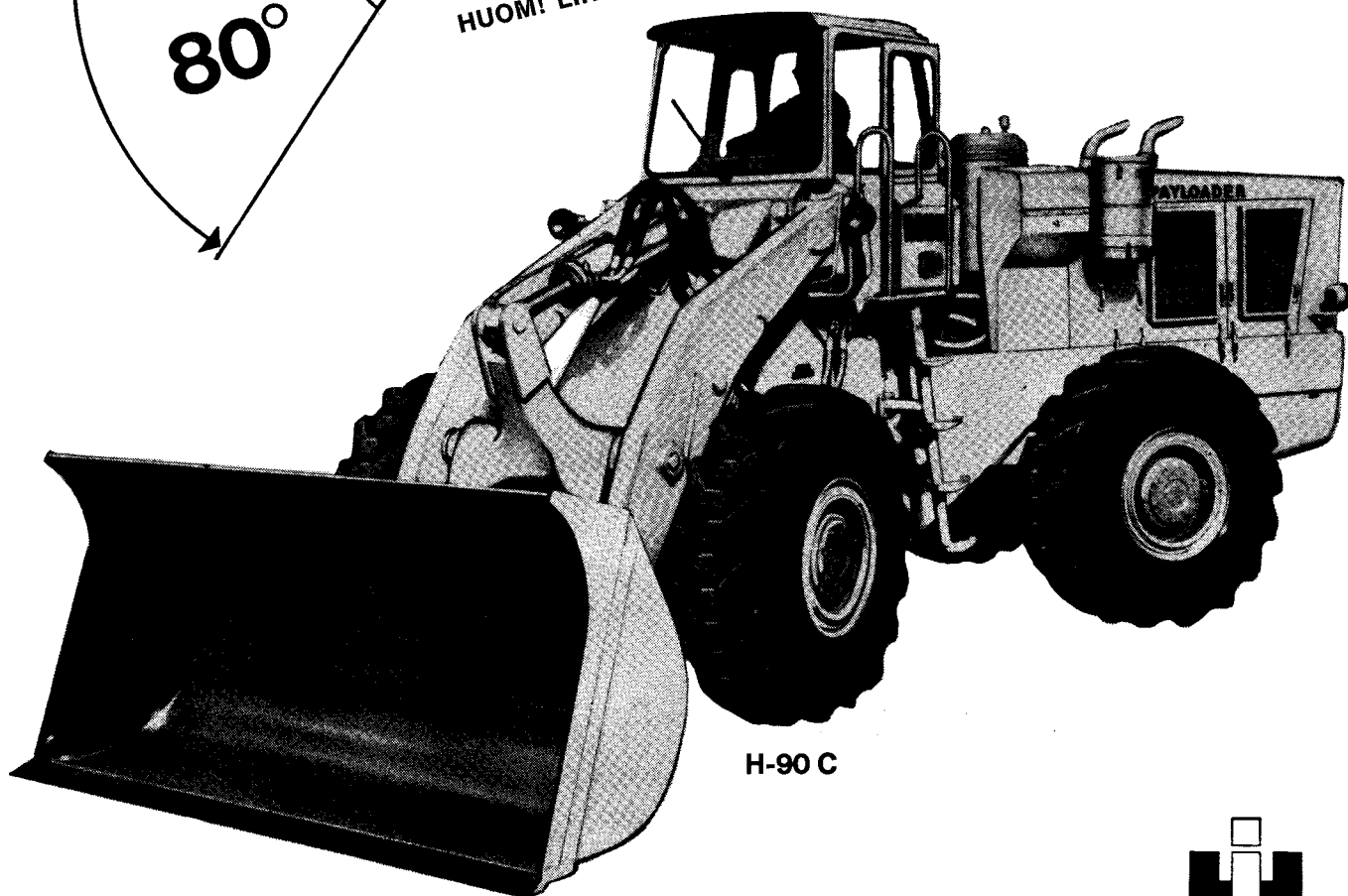
vähentää käyttökustannuksia ja hukka-aikaa.
Yksi tuote kaikkiin tiivistyspulmiinne.

Maahantuoja ja pääedustaja:



LINKKU PYÖRÄKUORMAJAUUTUUS PAYLOADER®

HUOM! LINKKUNIVELELLÄ ELINIKÄINEN TAKUU



H-90 C

Maailman suurimman pyöräkuormaajien valmistajan uusin malli



Ei kaukaa ohjattu kauha, vaan tosi LINKKU, kuormaaja jossa kuljettaja kääntyvässä etuosassa.

- lyhemmät ja nopeammat työkierrokset: kuutiot taloudellisemmin
- pitkä akseliväli – paremmat maasto-ominaisuudet
- kääntösäde vain 599 cm, koska kääntökulma kokonaista 80°
- täys-Power-Shift vaihteisto
- H-90 Linkun kauha on 2,6 m³ ja hinta vain 129.500:–

Neljä kokoa, joukossa maailman suurin, sekin Linkku

	kääntösäde	moottori-teho	kauha
H-90 C	599 cm	200 hv	2,68 m ³
H-100 B	645 "	250 "	3,10 "
H-120 C	742 "	375 "	3,80 "
H-400	820 "	525 "	7,60 "

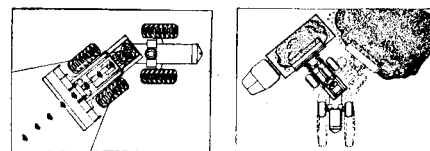
Ohjaus- ja jarrutehostimien ansiosta koneen käsittely käy höyhenenkevyesti.

Kaikissa Linkuissa on nykyaikainen, vasta-akselityyppinen Power-Shift vaihteisto, eli vaihto vauhdissa työalueelta ajoalueelle ja päinvastoin.

Linkku-Payloaderissa ei ole yhtään "kuollutta" painoa.

Linkku on rakenteellisesti tasapainotettu niin, ettei vastapainoja tarvita! Tämä tietysti merkitsee huomattavaa tehonlisäystä.

Linkku-Payloaderien kysyntä ylittää valmistajan, maailman suurimman pyöräkuormaajatehtaan tuotantokyvyn (yli 5 000 kpl vuodessa). Varatkaa oma Linkku-Payloaderinne jo tänään.



International

– maansiirtokoneita myy

ROTATOR

Hatanpäänvaltatie 36–38
Tampere, puh. 28 120

SMT

JOKELA

VALIMO

Valmistamme martensiittistä ja austeniittistä valkoista valutavaraa kuten **Ni-Hard**ia ym. seostettua kovavalua.

GJUTERI

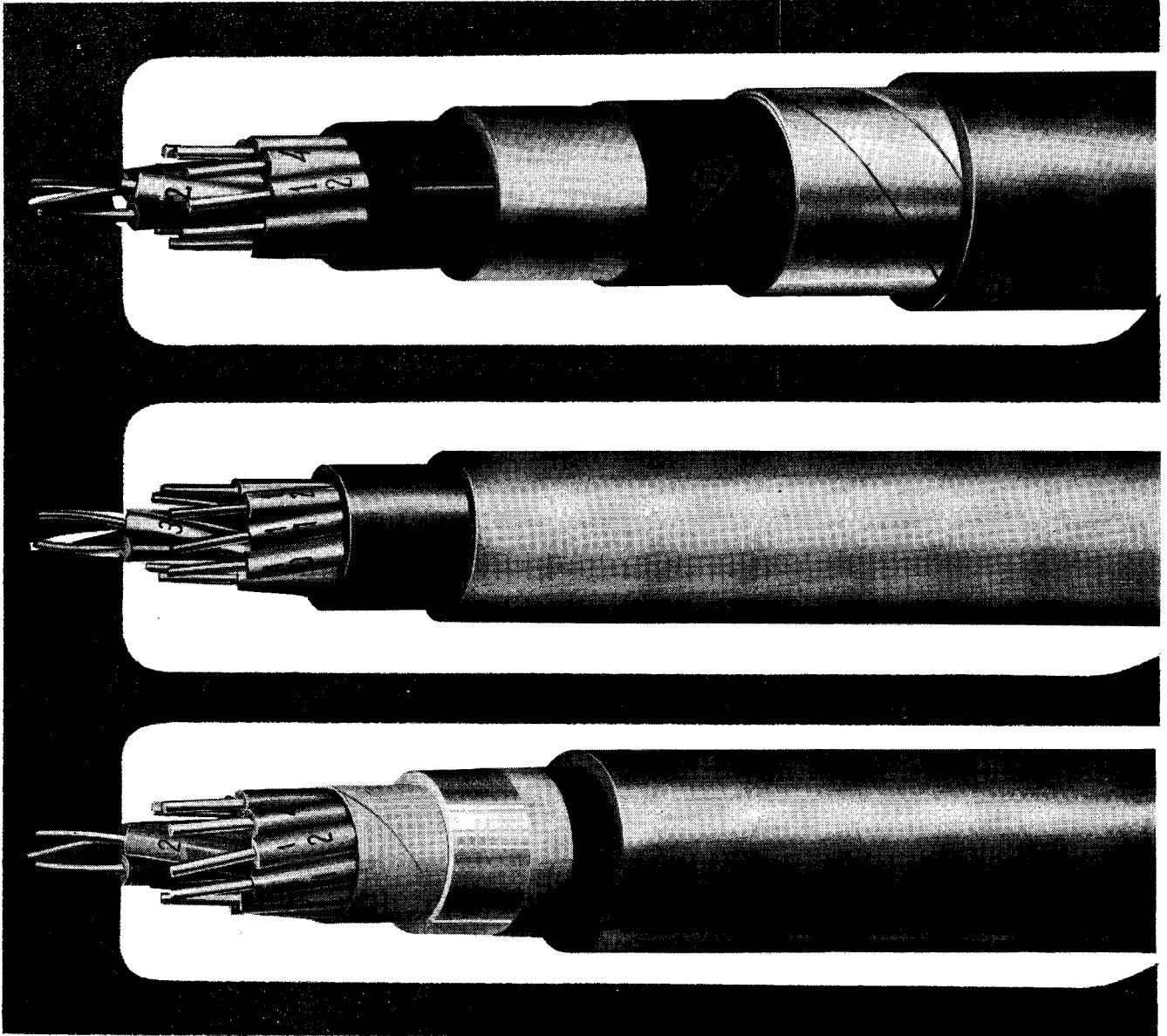
Vi tillverkar martensitiskt vitt gjutjärn, såsom **Ni-Hard** och annat legerat gjutgods.



Valmistusohjelmassamme on mm. myllyjen vuorauslevyt ja -palkit, lietepumppujen ja vaahdotuskennojen kulutusosat, jauhinkuulat ja cylpepsit ym.

Till vårt tillverkningsprogram hör bl.a. infodringsplattor och balkar för malkvarnar, slitgods för slampumpar och flotationsceller, samt malkroppar i olika former och storlekar, pumpdelar, rörkrökar etc.

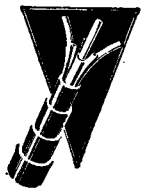
ohjauskaapelit



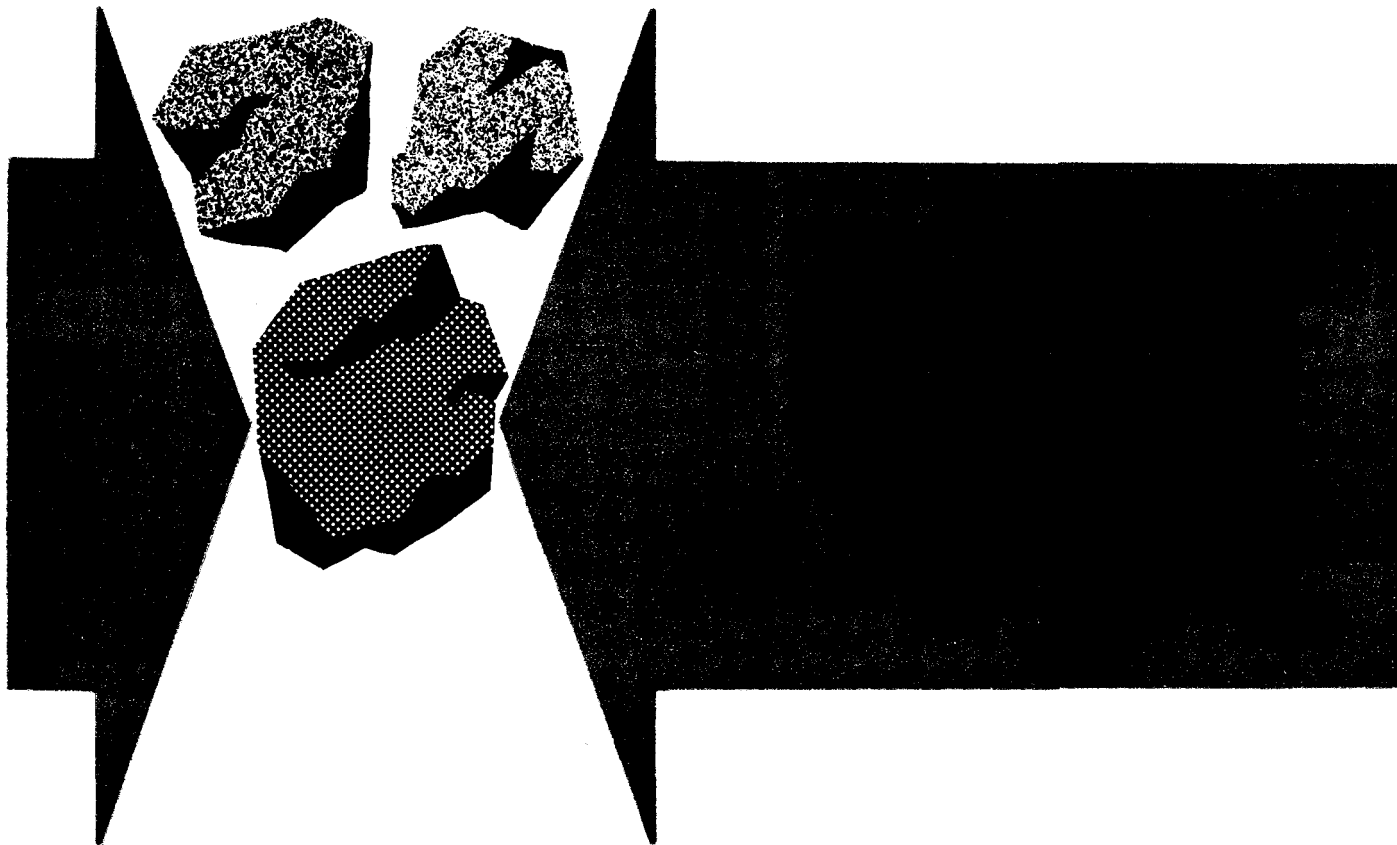
Teollisuuden kone- ja kauko-ohjauksiin, kytkinlaitoksissa jms. sähkökojeiden mittaus- ja ohjauskaapeleina. Erikoiskäyttö esim. rautatieliikenteen kauko-ohjaukseen.

Laaja tutkimus- ja suunnittelutyömme varmistaa ajankukaisimmat ja sopivimmat kaapelit kaikkiin tarkoituksiin.

S U O M E N
KAAPELITEHDAS
O S A K E Y H T I Ö



**Johtavaa
laatua**



Suunnittelemme, toimitamme ja asennamme

KONEITA JA LAITTEITA MURSKAUSLAITOKSIA VARTEN

kaikkia laatuja ja kokoja, käytettäväksi maanpäällisissä ja maanalaisissa rakennustöissä tarvittavien betonin lisäainesten valmistuksessa sekä sepelin valmistuksessa teitä ja rautateitä varten.

Meillä on valmiita vakiosuunnitelmia murskaus- ja lajittelulaitoksia varten, joiden vuosituotanto on 200.000, 400.000, 700.000, 1.000.000 ja 1.400.000 m³ sepeliä. Nämä laitokset ovat nopeasti sovellettavissa paikallisiin olosuhteisiin. Ne varustetaan hyviksi koetuilla murskaimilla ja seuloilla.

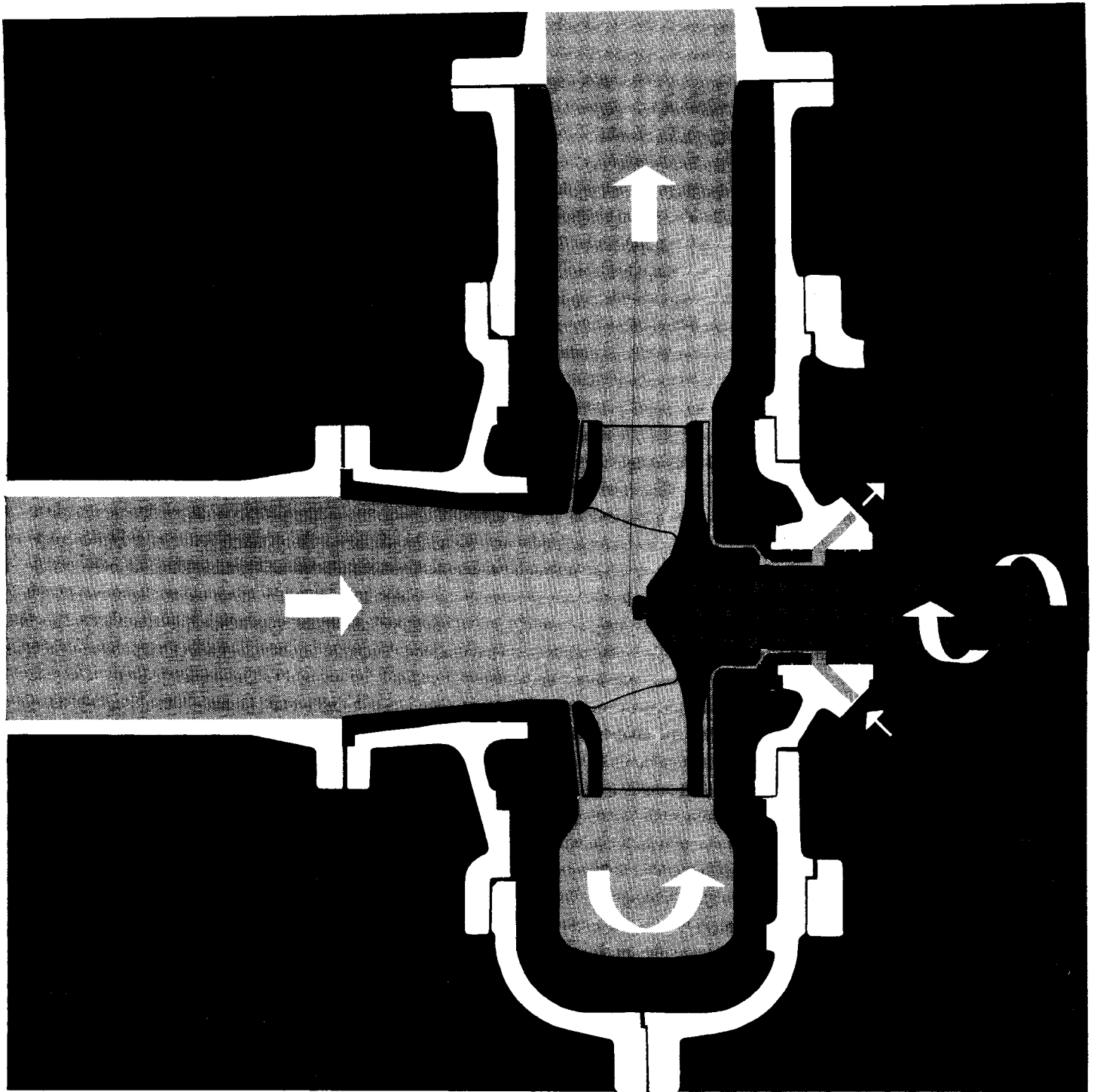
Toimitamme myös hienomurskaimia,
leukamurskaimia,
valssimurskaimia,
eri kokoisina,
rakennusaineteollisuutta, vuoriteollisuutta sekä kemiallista teollisuutta varten sekä
lastumurskaimia
metalliteollisuutta varten.

Tietoja saatte edustajaltamme
Oy Finnish Impex Ab:ltä, Helsinki, Hallituskatu 17 .puh. 660 368.
tai suoraan meiltä



DIINVESTA EXPORT

Deutscher Innen- und Aussenhandel
Berliini W 8, Taubenstrasse 7-9
Saksan Demokraattinen Tasavalta
Puhelin: 22 04 71. Sähkeosoite: DIAINVESTA. Telex: 011 358



Panzer-Kreiselpumpen

für abrasive, korrosive und viskose Industrieschlämme aller Art

mit Hartstahl- und Weichgummi-Panzerung werden von der WEDAG seit über 50 Jahren gebaut. In den letzten Jahren wurden außerdem neue Bautypen, wie P 5, P 7, P 9, P 10, P 11 und P 12, auf Grund der Entwicklung in der hydraulischen Förderung geschaffen, wobei fast jede Type für ein spezielles Anwendungsgebiet vorgesehen ist.

Für Schaumkonzentrate und für besondere Anforderungen fertigen wir Panzer-Kreiselpumpen in stopfbüchsenloser Ausführung mit vertikaler Antriebswelle.

Die Pumpen sind lieferbar mit Rohranschlüssen von 40 bis 600 Nennweite, für Förderströme von 10 bis 4000 cbm/h und Förderhöhen bis zu 70 m Fl. S. bei 1450 U/min.

Für die schonende Förderung von grobstückigem Gut sowie sonstigen sperrigen und langfaserigen Stoffen wurden von uns Rad-Sonderkonstruktionen entwickelt, die eine Verstopfungsgefahr ausschließen und störungsfreien Betrieb gewährleisten.

WEDAG

WESTFALIA DINNENDAHL GRÖPPELAG · 463 BOCHUM

Vertrieb:

VUORIKONE OY · HELSINKI · TEL. 5 55 43 · 5 55 19

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN r. y.

Hallitus: Professori Kauko Järvinen, puheenjohtaja, dipl.ing. Börje Forsström, varapuheenjohtaja, dipl.ing. Henning Doepel, tekn.tri Sakari Heiskanen, professori Risto Hukki, dipl.ins. Igor Osipow, fil.mag. Tor Stolpe ja fil.tri Veikko Vähätalo.

Rahastonhoitaja: dipl.ins. Paavo Maijala, Töölönkatu 4 (Outokumpu Oy), puh. 44 05 11.

Sihteeri: yli.ins. Kalervo Nieminen, Bulevardi 28 (Paraisten Kalkkivuori Oy), puh. 11 791.

Kaivosjaosto: dipl.ins. Heikki Tanner, puheenjohtaja, dipl.ins. Olavi Alarotu, sihteeri, Töölönkatu 4 (Outokumpu Oy), puh. 44 05 11.

Metallurgijaosto: tekn.tri Sakari Heiskanen, puheenjohtaja, dipl.ins. Raimo Keinänen, sihteeri, Aminnefors (Oy Fiskars Ab), puh. 911-30 755.

Geologijaosto: professori Aimo Mikkola, puheenjohtaja, fil.lis. Kauko Korpela, sihteeri, Malminkatu 16 (Imatran Voima Oy), puh. 59 211.

Toimitus: teollisuusneuvos Herman Stigzelius, päätoimittaja, virkapuh. 62 87 14, tri.ins. Paavo Asanti, apulaistoimittaja, virkapuh. 46 10 51, rouva Karin Stigzelius, toimitussihteeri, puh. 63 55 46. Toimituksen osoite: Bulevardi 26 A 10, Helsinki, puh. 63 55 46.

Ilmoitushinnat: kansisivu 500: —, muut sivut 350: —, puolisivu 250: — ja neljännessivu 130: —.

Lehti ilmestyy kahdesti vuodessa.

N:o 2

1964

22 VUOSIKERTA

Suomen teollisuuskivi- ja teollisuusmineraaliesiintymät

Fil.tri Erkki Aurola, Geologinen tutkimuslaitos, Otaniemi

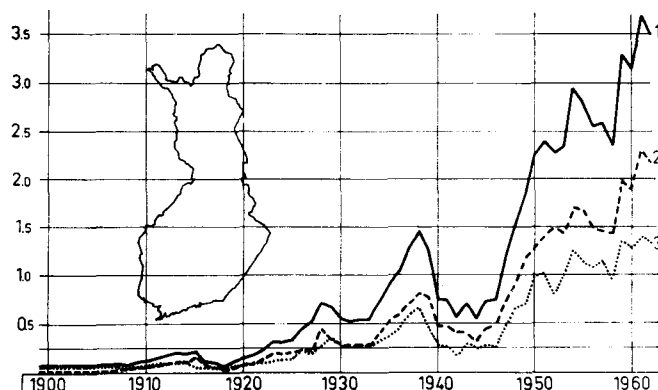
Esitelmä Vuorimiesyhdistyksen vuosikokouksessa
20. 3. 1964

Vuonna 1963 oli kaivoksia maassamme kaikkiaan 35, joista malmikaivoksia 13, kalkkikivikaivoksia saman verran ja lisäksi yhdeksän teollisuusmineraaleja tuottavaa louhosta. Kaivosten ja louhosten raakamalmien kokonaisuus ylitti tonnimääräisesti kaikkien aikaisempien vuosien tuotantoluvut kohoten v. 1963 lähes 8 miljoonaan tonniin. Lisäksi louhittiin maamme kallioperästä graniittia, dioriittia, liuskeita, marmoria ja muita kivilajeja vaikeasti arvioitavia määriä kotimaan käyttöä ja vientiä varten.

Jos vertaamme vuosien 1950:n ja 1962:n kaivostoiminnan tuloksia toisiinsa, on todettava, että hieman yli kymmenessä vuodessa on tapahtunut vuorityön alalla hämmästyttävän ripeää kehitystä. Raskaita metalleja sisältävien malmien vuosituotanto on mainittuna aikana kasvanut 1,3 miljoonasta tonnista 3,7 miljoonaan tonniin ja kalkkikiven nosto 2,2 miljoonasta tonnista samaan määrään eli 3,7 miljoonaan tonniin.

Varsinaisia teollisuusmineraaleja kuten maasälpää, asbestia ja kvartseja tuottava vuorityö ei vastaavana aikana ole laajentunut aivan samassa suhteessa, joskin hyvin myönteisiä tuloksia on tälläkin alalla saavutettu. Voidaan panna merkille, että Suomen Mineraali Oy on avannut talkkilouhoksen Kajaanin maalaiskunnassa Jormualla ja Rudus Oy:llä on louhos ja nykyaikainen kvartsihiekan puhdistuslaitos Nilsin Hiekkavuorella.

Teollisuusmittakaavassa alettiin kalkkikiveä Suomessa louhia tämän vuosisadan alussa (Kuva 1). Louhinnan kohteina ovat pääasiassa kalsiittikalkkikivet. Niitä esiintyy runsaimmin eteläisellä rannikkoalueella svekofennialaisella liuskekivialueella, kun sen sijaan dolomiittisten kalkkikivien ja dolomiittien päälevinneysalue käsittää karjalaisen vuorijonojakson liuskealueet Itä- ja Pohjois-Suomessa. Kalsiitti- ja dolomiittikalkki-



Kuva 1. Kalkkikiven louhinta Suomessa vuosina 1900—1962. 1 Kokonaislouhinta, 2 Paraisten Kalkkivuori Oy:n louhokset, 3 Muut louhokset.

kivien välinen vaihtumisvyöhyke kulkee luoteesta kaakkoon, Oulun ja Kuopion kautta Savonlinnaan (Kuva 2).

Vaikka kalsiittikalkkikiveä esiintyy Etelä-Suomen kallioperässä lukuisissa paikoissa, ovat teknillisesti käyttökelpoiset, riittävän suuret ja laadultaan hyvät esiintymät verrattain harvinaisia. Teollisuuden kannalta arvokkaita kalkkikiviesiintymiä on mm. Paraisissa, Lohjalla, Lappeenrannassa, Kerimäellä ja Virtasalmeilla (Kuva 3). Suurissa esiintymissä, kuten Paraisissa, Lohjalla ja Lappeenrannassa kalkkikiveä riittää vielä pitkiksi ajoiksi, Paraisissa prof. A. Metzgerin arvion mukaan noin 500 vuodeksi.

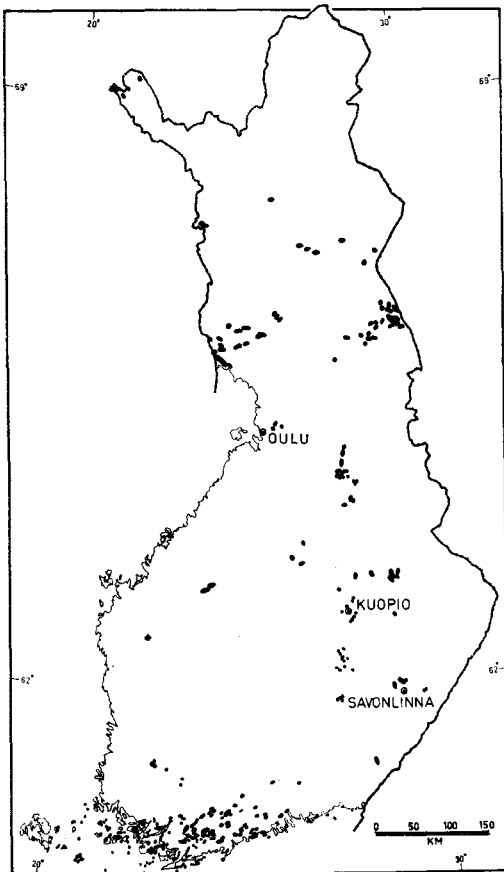
Dolomiittien ja dolomiittisten kalkkikivien teknillinen käyttö on meillä verrattain vähäistä. Niinpä suuret ja hyvälaatuiset dolomiittiset kalkkikivet Paltamossa Oulujärven pohjoispuolella ja Tornionjoen—Kemijoen välisellä alueella, ns. Lapin kolmiossa, ovat suurimmaksi osaksi täysin koskemattomia. Vain Kemian kaupungin pohjoispuolella sijaitseva Kalkkimääniminen louhos tuottaa maatalouskalkkia sekä lähettää kalkkikiveä myös Typpi Oy:n teollisuuslaitoksille Ouluun.

Tiettävästi maamme suurin, käyttämätön kalsiittikalkkikiviesiintymä sijaitsee Kolarin pitäjässä, Äkäsjoen varrella (kuva 4). Kemialliselta koostumukseltaan tämä kalkkikivi on rinnastettavissa esim. Paraisten sementtiteollisuuden käyttämään kalsiittikiveen, kuten oheisesta analyysitaulukosta (Taulukko 1) nähdään. Äkäsjoen (Kolarin) kalkkikiviesiintymän laajuudeksi olen arvioinut vähintään 6 km² ja kalkkikiven määräksi varovaisestikin laskettuna 500 miljoonaa tonnia. Todennäköisesti kalkkikiveä on huomattavasti enemmän.

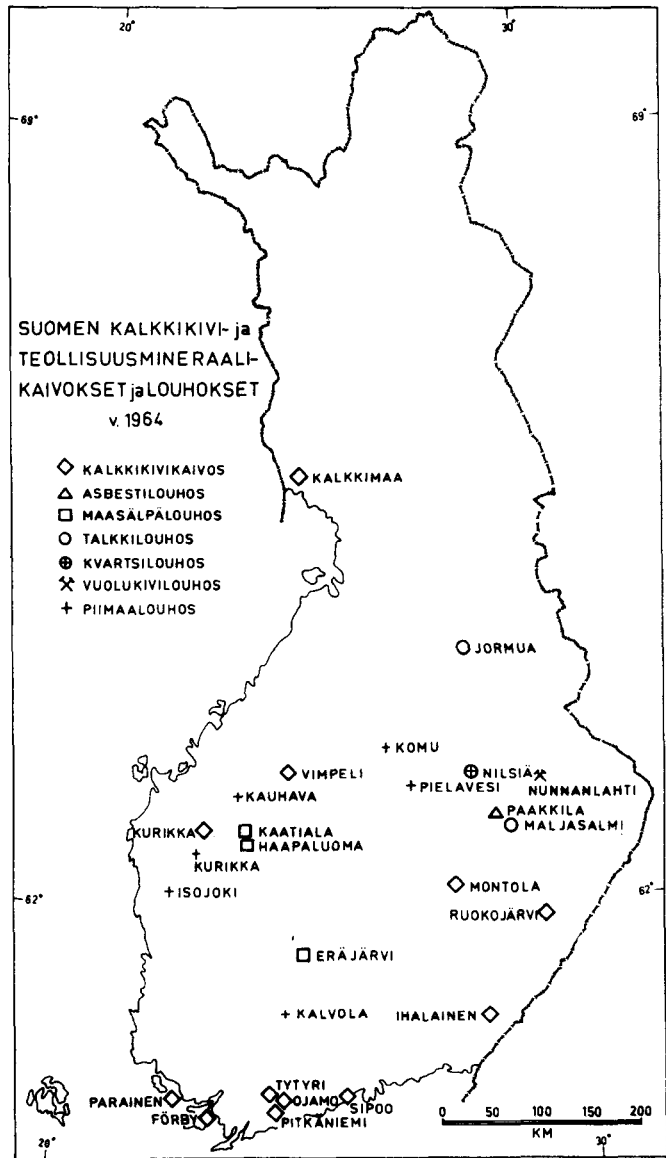
Nykyisen kaivoslain mukaan kalkkikiveä ei voida valata. Tästä syystä esim. geologinen tutkimuslaitos ei ole suorittanut uusien kalkkikiviesiintymien etsintätutkimuksia.

R a k e n n u s k i v e t. Suomen kallioperässä on välttämättä ja rakenteeltaan vaihtelevia syväkivilajeja, joita jo viime vuosisadalta lähtien on louhittu rakennuskiviksi. Itsenäisyytemme alkuaikoina vietiin suomalaista rakennuskiveä Baltian maihin, Saksaan, Englantiin ja jonkin verran myös valtamerien takaisin maihin. Kivi myytiin etupäässä jalostamattomana.

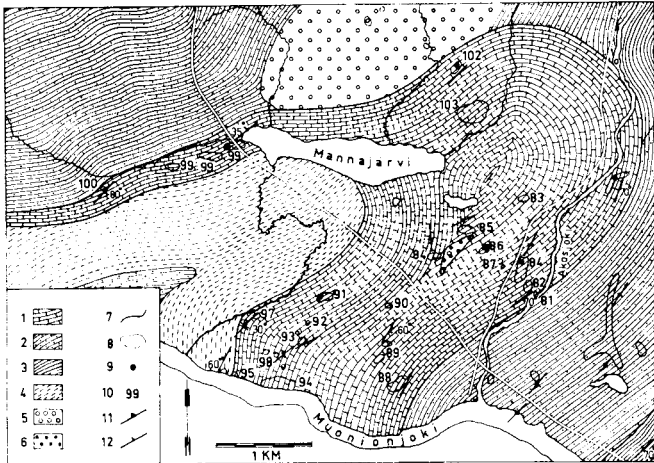
Toisen maailmansodan jälkeen on rakennuskiveä viety



Kuva 2. Suomen kalkkikiviesiintymät. Oulu—Kuopio—Savonlinna välisen rajaviivan länsipuolella pääasiassa kalsiittikiviä, itäpuolella dolomiittikiviä.



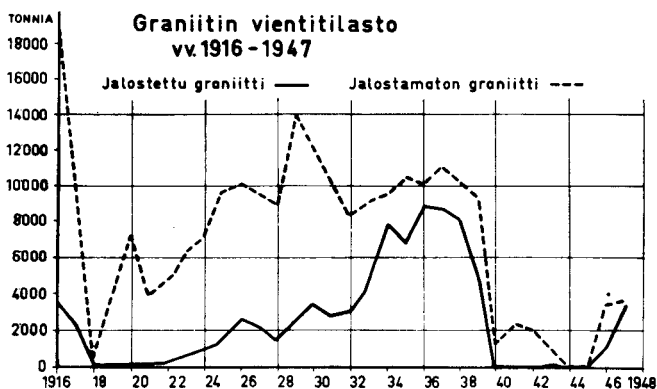
Kuva 3. Kalkkikivi- ja teollisuusmineraalikaivokset ja -louhokset vuonna 1962.



Kuva 4. Äkäsjoen kalkkikiviesiintymä Kolarin pitäjässä. 1 Kalkkikivi, 2 Kvartsiitti ja kvartsiittinen liuske, 3 Kiilleliuske, 4 Mustaliuske, 5 Dioriitti, 6 Sarvivälkegabro, 7 Kalkkikiven oletettu raja, 8 Paljastuma, 9 Analysoitu näyte, 10 Havaintonumero, 11 Liuskeisuuden kulku ja kaade, 12 Kerroksellisuuden kulku ja kaade.

ulkomaille suhteellisen vähän entiseen verrattuna. Aikaisemmista suomalaisen graniitin ostajamaista eräät ovat taloudellisesti uudelleen orientoituneet ja yleensä kaikilla mailla on ollut omia taloudellisia vaikeuksiaan. Niemenomaan jalostamattoman graniitin kysyntä ulkomailla on ollut varsin laimeaa, jalostetun sen sijaan jonkin verran vilkkaampaa (Kuvat 5 ja 6). Kotimaassa on kuitenkin rakennuskivellä ollut jatkuvasti menekkiä, onpa aika ajoin ilmennyt puutettakin käyttökelpoisista »musta graniitti»-esiintymistä. Venttikivenä on edelleen ensimmäisellä tilalla (n. 90 %) Vehmaan punainen rapakivi-graniitti (*Balmoral Red*), joka tasaisen värinsä, rakenteensa ja hyvien louhinta- ynnä jalostusominaisuuksiensa takia on suuressa suosiossa sekä ostajien että tuottajien keskuudessa. Yleensä suoma'aiset syväkivilajit ovat laadultaan erittäin kilpailukykyisiä, mutta niiden kaupallisena heikkoutena ovat mm. pitkistä kuljetusmatkoista johtuvat suhteettoman korkeat tuotantokustannukset.

Harmaita ja punaisia rakennuskiviä alkaen Uudenkaupungin hyvin vaaleasta trondhjemittista aina Lohjan ja



Kuva 5. Graniitin vienti vuosina 1916—1947 tonneissa.

Espoon tumman punaisiin graniitteihin saakka on monissa paikoissa Lounais-Suomessa. Sen sijaan »mustien graniittien» varastot uhkaavat loppua siinä mielessä, että kiven rikkonaisuuden takia monista louhoksista saadaan vain suurella työllä jalostuskelpoisia kappaleita. Tällaisissa paikoissa jätteen suuri määrä voi tehdä louhinnan jopa kannattamattomaksi. Rakennuskiveteollisuuden alalla oivallisten esiintymien ohella hyvillä kauppasuhteilla on oma merkityksensä.

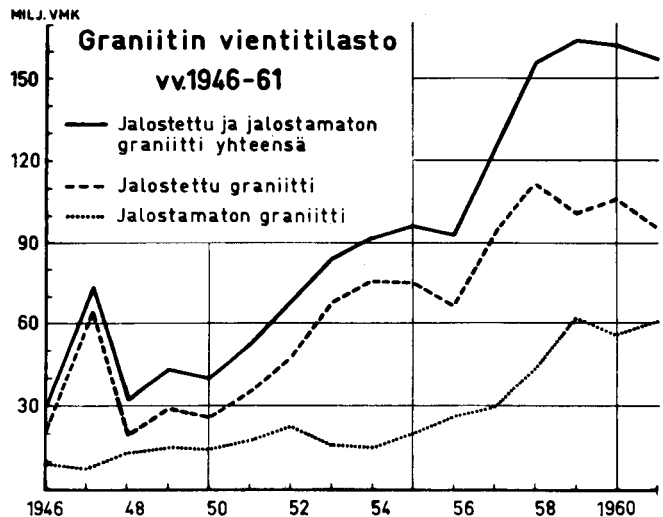
Teollisuusmineraalien joukossa on asbesti saatavaksi kuuluisuutta tulenkestävänä, kehuukelpoisena mineraalina. Suomen kallioperässä on sekä antofylliittiasbestia että serpentiiniasbestia, jota myös sanotaan krysotiiliasbestiksi.

Antofylliittiasbestia on Pohjois-Karjalan ja Savon rajoilla Tuusniemellä, Kaavilla, Kuusjärvellä ja Juankoskella. Asbesti liittyy täällä niihin serpentiini-intruusioihin, jotka sijaitsevat postkarjalaisen Maarianvaaran graniitin välittömässä läheisyydessä. Louhinnan kohteina ovat nykyään Tuusniemen Paakkilan asbestia sisältävät serpentiinit.

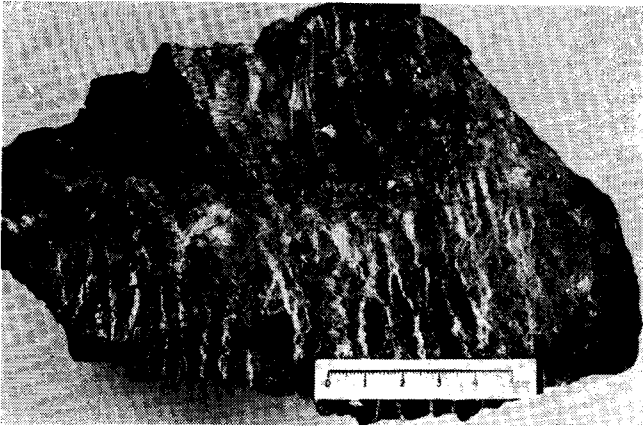
	I	II	III						
			82	86	91	99	102	104	
HCl-liukene-									
maton	0,75	7,37	4,60	2,85	4,89	6,39	2,34	6,36	
Ammoniikki-									
sakka	0,97	2,36	0,08	0,48	0,79	0,34	0,38	0,41	
MgO	0,69	1,92	0,15	0,08	0,12	0,12	0,18	0,10	
CaO	54,51	50,17	53,45	53,04	51,93	51,51	54,02	51,98	
Hehkutus-									
vähennys ...	42,94	37,72	42,28	43,08	41,90	41,48	43,54	41,42	
Yhteensä	99,86	99,54	99,96	99,53	99,63	99,84	100,46	100,27	

Taulukko 1. Kalkkikivianalysejä. I Parainen, Limbergin louhos. Puhdasta kalkkikiveä. II Parainen, Skräbbölen louhos. Epäpuhdasta kalkkikiveä. III Kolari, Äkäsjoki. Kalkkikiveä. Numerot 82, 86, 91, 99, 102 ja 104 viittaavat eri paljastumiin. Anal. Matti Tavela.

Serpentiiniasbesti (Kuva 7) on piihappoköyhien kivilajien mineraali. Suomessa tätä asbestilajia on Sodankylän Kittilän alueen serpentiinittipahkuissa poikkikuituisena, paikoitellen myös liukukuituisena tyyppinä. Paikallisissa tutkimuksissa on havaittu asbestijuonien hakeutuvan serpentiinittipahkujen reunamille, joskus myös sivukiven puolelle, mutta aina lähelle kontaktia.



Kuva 6. Graniitin vienti vuosina 1946—1961 milj. mk:ssa.



Kuva 7. Poikkikuituista serpentiiniasbestia. Sodankylä, Vainiolaki.

Asbestiesiintymien kannalta Lapin kallioperä on hyvin mielenkiintoinen ja positiiviset yllätykset ovat siellä mahdollisia.

K v a r t s i l l a on varsin laaja ja monipuolinen teollinen käyttö. Aikaisemmin kvartsihiekkää tuotiin maahamme Belgiasta, jonka lisäksi kalliokvartsia louhittiin kvartsijuonista tai saatiin sivutuotteena pegmatiittilouhoksista. Nykyisin Rudus Oy louhii Nilsin Kinahmista Hiekkavuori-nimiseltä paikalta jatulikkvartsiittia. Kivi murskataan, seulotaan ja vesivirtojen avulla kvartsi-rakeet lajitellaan eri fraktioihin. Tuotanto käsittää nykyään noin 30.000 tn teollisuuskvartsia vuodessa.

M a a s ä l p ä e s i i n t y m ä t. Maasälvät ovat ennen kaikkea keraamisen teollisuuden raaka-aineita. Louhinnan kohteina ovat kaliummaasälpää (mikrokliinia tai ortoklaasia) ja natriummaasälpää (albiittia) sisältävät karkearakeiset graniittimuunnokset, joita sanotaan **p e g m a t i i t e i k s i**. Pegmatiitit voivat sisältää muitakin arvokkaita mineraaleja, joista mainittakoon berylli sekä litiummineraaleista spodumeeni ja petaliitti.

Vaikka graniittipegmatiitit ovat Suomen kallioperässä jokseenkin yleisiä geologisia muodostumia, vain harvoilla esiintymillä on taloudellista merkitystä. Louhinnan kohteina ovat tällä hetkellä Kaatialan ja Haapaluoman kompleksipegmatiitit Pohjanmaalla ja Viitaniemi Tampereen liuskealueella. Satunnaisesti on otettu maasälpää muualtakin, mutta yleensä vain pieniä määriä. Eräät Kemiön pegmatiittiesiintymät saattaisivat olla louhintakelpoisia, mutta edellyttäneen se maasälvän puhdistamista sähkömagneettisesti tai muulla tavalla.

Kuten jo aikaisemmin on mainittu, pegmatiittijuonet voivat sisältää talteen otettavia määriä harvinaisia alkuaineita sisältäviä mineraaleja. Toistaiseksi kuitenkin vain beryllillä on ollut taloudellista merkitystä. Sitä on saatu sivutuotteena Suomen pegmatiiteista yhteensä noin 15.000 kg. Oheisessa taulukossa (Taulukko 2) on eri pegmatiittilouhosten beryllin tuotannosta numerotietoja. Lukuksia beryllipegmatiitteja on Someron ja Tammelan pitäjien alueella.

Litiumin saantipaikkana on herättänyt huomiota Tammelan Hirvikallion pegmatiittiesiintymä (Kuva 8). Tämä petaliittipegmatiitti sisältää 30 %—40 % petaliittia, hiukan spodumeenia ja lisäksi plagioklaasia, mikrokliinia ja kvartsia. Puhdas separoitu Hirvikallion petaliitti sisältää 4,74 % Li_2O . Esiintymän Li_2O -keskisarvot ovat 1,78 %. Malmivarat eivät näytä kovin suurilta.

Taloudellisesti kenties merkittävimmän ryhmän teollisuusmineraalien joukossa muodostavat ne mineraalit,

Esiintymän nimi	Pitäjä	Hillipitoisuus %
Rääpysjärvi	Tuusniemi	60,8
Soukko	Karkku	49,6
Kärpälä	Pertunmaa	39,0
Laivonsaari	Kuopion mlk	32,6
Jynkkä	»	27,0
Taipale	Liperi	24,0
Ahvensalo	Rantasalmi	18,4
Pekola	Heinävesi	16,4
Ala-Heimari	Ristiina	15,4
Rikkasilta	Luopioinen	13,6
Hölttä 2	Mäntyharju	13,6
Kivimäki	Kurikka	13,0
Pirttimäki	Kangasniemi	12,2
Vira	Karkku	10,6
Kultakallio	Leppävirta	10,0

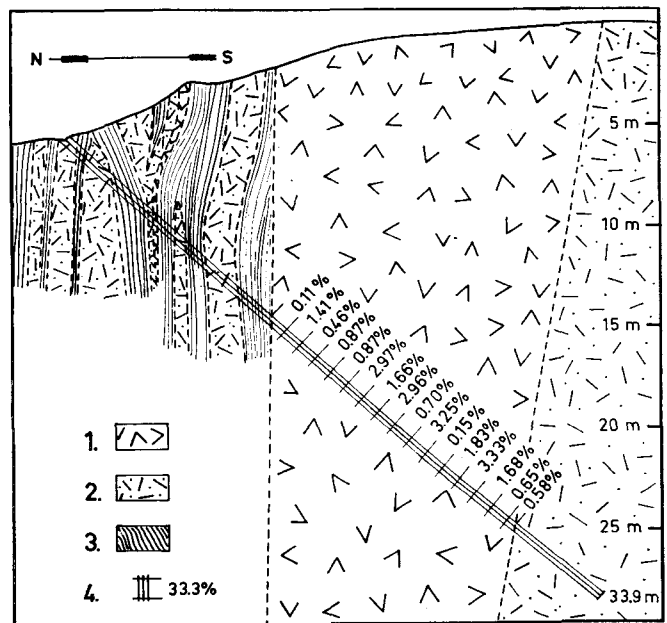
Taulukko 2. Beryllin tähänastinen tuotanto kg:ssa.

joita käytetään tulenkestävien tiilien ja massojen valmistuksessa. Tähän ryhmään kuuluvat aluminiumsilikateista kyaniitti, andalusitti, sillimaniitti ja kaoliniitti karbonaateista magnesiitti ja dolomiitti.

K y a n i i t t i on sälöinen, usein kauniin sininen mineraali. Sitä tavataan kallioperän kiteisissä liuskeissa, gneisseissä ja kvartsiiteissa. Suomessa on kyaniittia karjalaisen vuorijonovyöhykkeen pohjamuodostumien kvartsiiteissa, etenkin Kolin—Hirvivaaran välisellä alueella Pielisen lounaisrannalla.

Hirvivaarassa (Ilokallio, Porraskorpi) Hirvilahden pohjoispuolella on kentätutkimusten mukaan Suomen suurin ja rikkain kyaniitti-pyrofylliittiesiintymä. Sen mineraalivarat on arvioitu noin 1,5 miljoonaksi tonniksi kyaniitti-pyrofylliittikvartsiittia.

Eräistä Pohjois-Suomesta peräisin olevista lohkaröydöistä päätellen on kyaniittia ehkä löydettävissä muualtakin maastamme kuin Kolin—Hirvivaaran vyöhykkeestä. Kriittisinä kivilajeina on tässä suhteessa pidettävä karjalaisen liuskekivijakson pohjamuodostumia.



Kuva 8. Pystyleikkaus Hirvikallion litiumpegmatiitista A. Vesalalon mukaan. 1 Pegmatiitti, 2 Uraliitti-plagioklaasiporfyriitti, 3 Kiilleliuske, 4 Litiumoksidipitoisuus syväkairausreiässä.

Teollisuusmineraaleihin kohdistuva tutkimustyö on viime vuosina ollut vilkkaampaa kuin kenties koskaan aikaisemmin. Lohjan Kalkkitehdas Oy on vuosina 1958—1960 suorittanut tri K. Parraksen johdolla kenttätutkimuksia Siilinjärven apatiittialueella. Näiden tutkimusten tuloksena on löydetty apatiittia noin 11 km:n pituiselta ja 600 m:n levyiseltä vyöhykkeeltä. Tutkimukset ovat johtaneet 29 kaivospiirin määräämiseen.

Vaikka apatiittia vähissä määrissä tavataan useissa kivilajeissa, ovat louhintakelpoiset esiintymät silti peräti harvinaisia. Toistaiseksi on Suomeen tuotu apatiittia Neuvostoliitosta.

Suomen Mineraali Oy (nykyinen Suomen Mineraali) on vanhastaan tunnettu teollisuusmineraalien ennakkoluulottomana tutkijana ja tuottajana. Myös tällä yhtiöllä on ollut mielenkiintoisia tutkimusaiheita Pohjois-Karjalassa, Lapissa ja viime vuosina Pohjanmaalla, etenkin Kaustisten ja Alavetelin pitäjissä. Pohjanmaalla maist. K. Säynäjärven johdolla tehdyt tutkimukset ovat kohdistuneet s p o d u m e e n i-nimiseen litiummineraaliin, jota täällä esiintyy harvinaisen suurina kideyksilöinä piihapporikkaissa graniittipegmatiiteissa. Jos spodumeenitutkimukset Pohjanmaalla päättyvät onnellisesti, on kaivosteollisuuden alalla tapahtunut jälleen uusi aluevaltaus.

Uudesta aluevaltauksista on tavallaan ollut kysymys Suomen Malmi Oy:n vuolukivitutkimuksissa Sotkamon Lahnaslammilla. Karjalaisen vuorijonovyöhykkeen alueella Karjalassa ja Kainuussa on runsaasti vuolukiviä. Esiintymät ovat mineralogisesti talkki-karbonaattikiviä, joissa karbonaatti useimmissa tapauksissa on magnesiittia, monasti dolomiittia ja harvoin kalsiittia. Vuolukivien päämineraalit talkki ja magnesiitti ovat arvokkaita teollisuusmineraaleja; magnesiitti lisäksi ns. strateginen mineraali, jota ilman esim. rautateollisuus ei tule toimeen. Talkin käytöstä taas sanotaan, että sen kulutuksen määrä osoittaa maan teollisuuden tasoa.

Ne monet ja perusteelliset tutkimukset, joita Suomen Malmi Oy teki Lahnaslammilla talkin ja magnesiitin erottamiseksi vuolukivestä, olivat sekä myönteisiä että kielteisiä. Maisteri A. Mikkosen mukaan talkin talteenotto voidaan teknillisesti ratkaista ja saada tuote, joka valkeusasteeltaan on verrattavissa paperiteollisuuden käytämiin ulkolaisiin, talkkia vastaaviin tuotteisiin. Sen sijaan Lahnaslammien vuolukivien magnesiitti ei ole puhdasta magnesiumkarbonaattia, vaan ns. breunneriittiä. Se on siis sideriittipitoista magnesiittia, jossa sideriitin rauta haittaa tuotteen teknillistä käyttöä. Voidaanko tämä epäkohta poistaa tai löydetäänkö sellaisia vuolukivityyppejä, joissa magnesiitti on raudatonta, on toistaiseksi vielä ratkaisematta. Magnesiittitutkimukset ovat mielestäni meillä aivan ensiarvoisen tärkeitä.

Jokin aika sitten perusti Typpi Oy lantaanilaitoksen Ouluun. Tämä laitos tuottaa harvinaisia maametalleja eli l a n t a n i d e j a, jotka saadaan sivutuotteina talteen tehtaan fosfaattilannoitteiden valmistukseen käytettävästä neuvostoliittolaisesta apatiitista. Myös suomalaisen apatiitin lantanidipitoisuuksista on geologisessa tutkimuslaitoksessa suoritettu alustavia tutkimuksia. Kiinnostus harvinaisia alkuaineita sisältävien esiintymien hyväksikäyttöön ja niiden etsintään maamme kaliperästä on heräämässä.

Tekniikan ja teollisuuden kehittyessä keksitään jatkuvasti uusia käyttötapoja teollisuusmineraaleille. Mainittakoon eräänä esimerkkinä, että Ruotsissa Norrbottens Järnverk on avannut pienehkön grafiittilouhoksen, jonka grafiittia on koemielessä käytetty harkkorautateollisuus-

Esiintymä	Pitäjä	kg
Hietalahti, Kultavuori	Eräjärvi	2 000
Hirtolahti	»	3.000
Uiherla, Eräpyhä	»	5.000
» Juurakon louhos	»	200
» Koskimetsä	»	180
» Mattilan alue	»	30
» Omenajärvi	»	1.500
Paavon louhos	Kisko	1.600
Kuusmiilu	»	1.500
Vahteriston kallio	Tammela	35

Taulukko 3. Analyysejä grafiittiesiintymien hiilipitoisuudesta.

dessa pelkistimenä kaksin sijasta. Nämä kokeet ovat antaneet tuloksia, joiden mukaan raudanvalmistus teknillisesti pitäisi käydä päinsä kokonaan tai osittain grafiitin avulla. Lausunnossa sanotaan, että grafiitin käyttö ei kuitenkaan kannata, jos sen kuljetuskustannukset koisoavat suuriksi. 50.000 tonnin harkkorautamäärän valmistukseen tarvitaan noin 100.000 tonnia 45 %:ta rautamalmia, noin 40.000 tonnia 25 %:ta raakagrafiittia ja 5.000—10.000 tonnia koksivalmisteita.

Ruotsissa tehdyt grafiitin käyttöä harkkorautateollisuudessa koskevat kokeilut herättävät tietenkin kysymyksen siitä, missä määrin meillä on sekä kooltaan, laadultaan että sijainniltaan sopivia grafiittiesiintymiä vastaavaan tarkoitukseen. Mitä ensiksikin tulee grafiittiesiintymien lukumäärään, vaikuttaa Suomen kallioperä tässä suhteessa lupaavalta. Geologisen tutkimuslaitoksen arkistossa on maininta noin 160:stä grafiitin löytöpaikasta. Osa näistä esiintymistä sijaitsee Etelä-Suomessa svekofennialaisella liuskekivialueella etenkin Mäntyharjun—Savonlinnan välisellä vyöhykkeellä, osa Keski-Pohjanmaan rannikkoseudulla Kokkolasta etelään. Ilmeisesti eri grafiittiesiintymien sekä hiilipitoisuus, että grafiitin laatu vaihtelevat väljissä rajoissa. Oheisessa taulukossa (Taulukko 3) on muutamia analyysejä kotimaisten grafiittiesiintymien hiilipitoisuudesta. Numerotiedot ovat kirjallisuudesta poimittuja ja useimmat niistä jo vuosikymmeniä vanhoja. Viime aikoina ei grafiittitutkimuksia liene maassamme tehty.

Kuten kaikesta edellä sanotusta on ilmennyt, keskittyä meillä vuoriteollisuus raskaiden, metallisten malmien ohella pääasiassa vain kalkkikiven louhintaan. Kaivosteollisuuden pohjan laajentamisen kannalta onkin kiitollisuudella tervehdittävä niitä yrittäjiä, joiden kenttätö-ohjelmaan on viime vuosina sisällytynyt myös teollisuusmineraaleja ja -kiviä koskevia tutkimuksia. Ilmeisesti myös tällä tärkeällä vuoriteollisuuden alalla on kehittymisen ja monipuolistumisen mahdollisuuksia maassamme.

Summary

The present paper deals with non-metallic mineral and industrial rock deposits under mining. The author believes the main role to be played by limestone industry and closely associated cement industry in the production of this field. Limestone suited for industrial use is abundant in South Finland. The most important of the calcite limestone occurrences in reserve is in Lapland in the commune of Kolari on the Äkäsjoki river, estimated to contain at least 500 mill. tons of calcite limestone.

The export of building stones has been hampered since the Second World War. The main reason is the too high prices of the Finnish building stones on the world market. Rivals able to compete abound in this field.

The production of our industrial minerals proper still remains low. Feldspar is quarried from some pegmatites in Ostrobothnia and in Häme and quartz in Nilsia for home demand. Some pegmatites yield beryl to some extent in connection with quarrying. Economically promising in future are some lithium pegmatite finds in the commune of Tammela. Anthophyllite asbestos is quarried in Paakkila, in the commune of Tuusniemi, for domestic use and export.

Lately some prospecting and mining firms have carried out research on industrial minerals in various parts of Finland. Talc, apatite, spodumene and beryl have been investigated. Although no details of the results are yet available, they indicate the increasing research work aimed at the industrial minerals. At the development of iron industry more attention should be paid to the graphite deposits of the country.

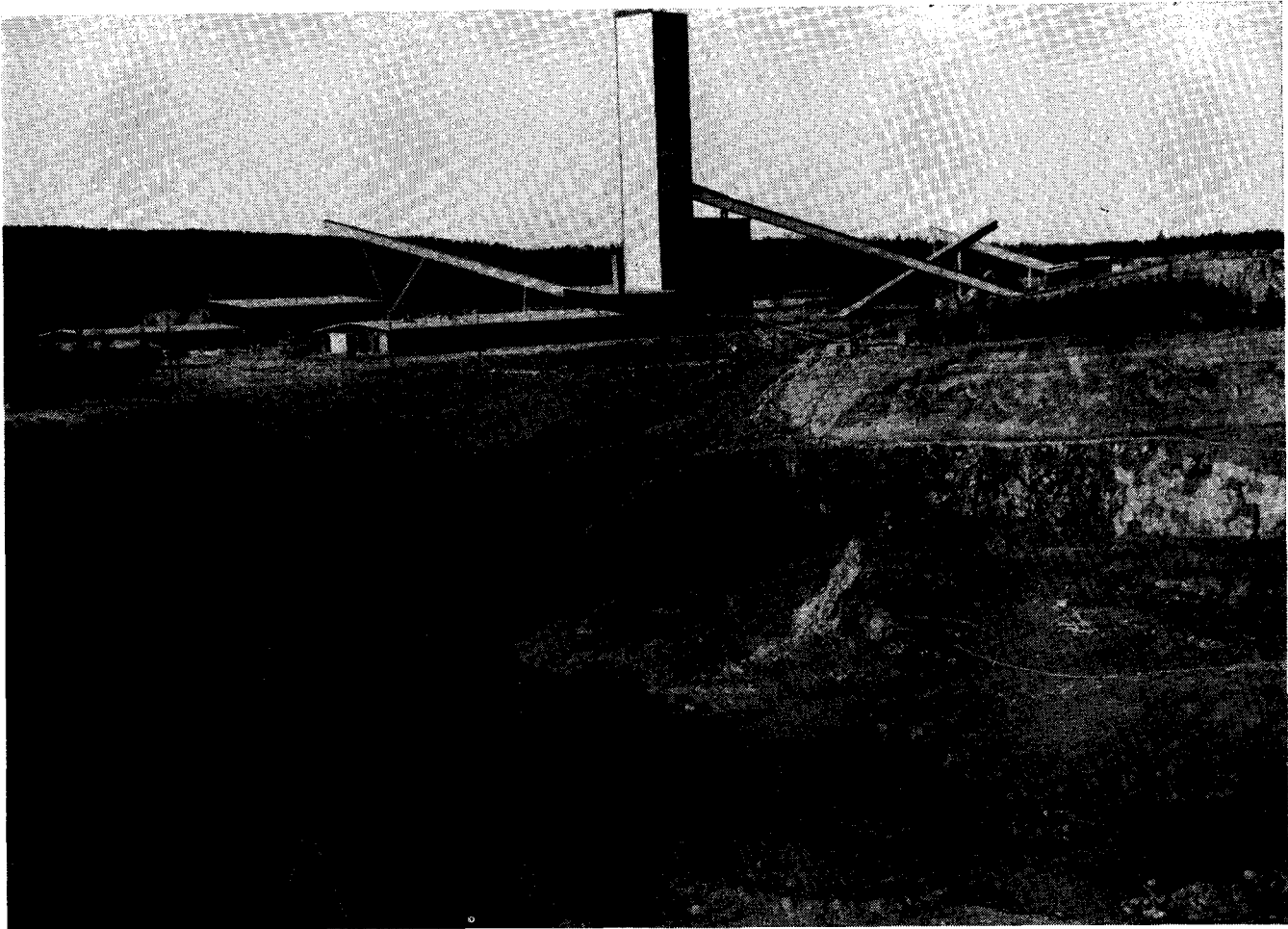
KIRJALLISUUTTA:

- Aurola, Erkki (1951) Maamme mineraali- ja kiviteollisuudesta. Vuoriteollisuus — Bergshanteringen 1951, 1. Pp. 13—20.
- Aurola, Erkki (1954) The asbestos occurrences of Paakkila and Maljasalmi. Geotekn. julk. N:o 55, 26, pp. 95—99.
- Aurola, Erkki and Nieminen, K. (1954) The talc Industry (The talc quarry of Jormua). Geotekn. julk. 55, 28, pp. 1—3.
- Aurola, Erkki ja Vesasalo, Arvo (1954) Suomen asbestiesiintymistä ja niiden teknillisestä käytöstä. Geotekn. julk. N:o 54, pp. 1—52.
- Aurola, Erkki (1957) Maaninkavaaran vermikuliitista. Geotekn. julk. N:o 60, pp. 1—24.
- Aurola, Erkki (1959) Kyaniitti- ja pyrofylliittiesiintymät Pohjois-Karjalassa. Geotekn. julk. N:o 63, pp. 1—36.
- Aurola, Erkki (1963) On the pegmatites in the Torro area, south-western Finland. Bull. Comm. géol. Finlande N:o 206, pp. 1—32.
- Eskola, Pentti; Hackman, Victor; Laitakari, Aarne ja Wilkman, W. W. (1919) Suomen kalkkikivi. Geotekn. tied. N:o 21, pp. 1—265.
- Laitakari, Aarne (1925) Die Graphitvorkommen in Finnland und ihre Entstehung. Geotekn. julk. N:o 40, pp. 1—100.
- Mikkola, Toini and Wiik, H. B. (1947) Petalite, a mineral new to Finland. Bull. Comm. géol. Finlande 140, 23, pp. 281—286.
- Mäkinen, Eero (1913) Die Granitpegmatite von Tammela in Finnland und ihre Minerale. Bull. Comm. géol. Finlande 35, pp. 1—101.
- Neuvonen, K. J. and Vesasalo, Arvo (1960) Pollucite from Luolamäki, Somero, Finland. Bull. Comm. géol. Finlande 188, 11, pp. 133—146.
- Nieminen, K. (1943) Paakkilan antofylliittiasbesti, sen louhinta, rikastus ja käyttö. Vuoriteollisuus — Bergshanteringen, N:o 1, pp. 9—12.
- Vesasalo, Arvo (1959) On the petalite occurrences of Tammela, SW-Finland. Bull. Comm. géol. Finlande 184, 5, pp. 52—74.
- v. Volborth, A. (1954) Phospatminerale aus dem Lithiumpegmatit von Viitaniemi, Eräjärvi, Zentral-Finnland. Ann. Acad. Sci. Fennicae, Ser. A. 39, pp. 1—86.

KAIVOSMIEHEN KÄSIKIRJA on ilmestynyt

Kaivosmiehen käsikirja sisältää yli 300 sivua ”painavaa” tekstiä ja yli 250 kuvaa. Erityisesti erilaisista koneista ja laitteista kootut taulukoidut tiedot ovat arvokkaita kaikille kaivosten kanssa tekemisissä oleville. Kirjassa on myös paljon tuoreita tietoja Suomen kaivosteollisuudesta.

Käsikirjan hinta on sidottuna 10 mk/kpl. Sen myynnin hoitaa toistaiseksi Vuorimiesyhdistyksen rahastonhoitaja os. c/o Outokumpu Oy, Töölönk. 4, Helsinki.



Kuva 1. Raajärvi kesällä 1964

Fig. 1. Raajärvi in summer 1964

Otanmäki Oy, Raajärven kaivos

Yleiskatsaus

Dipl.ins. Per Westerlund, Otanmäki Oy, Raajärvi

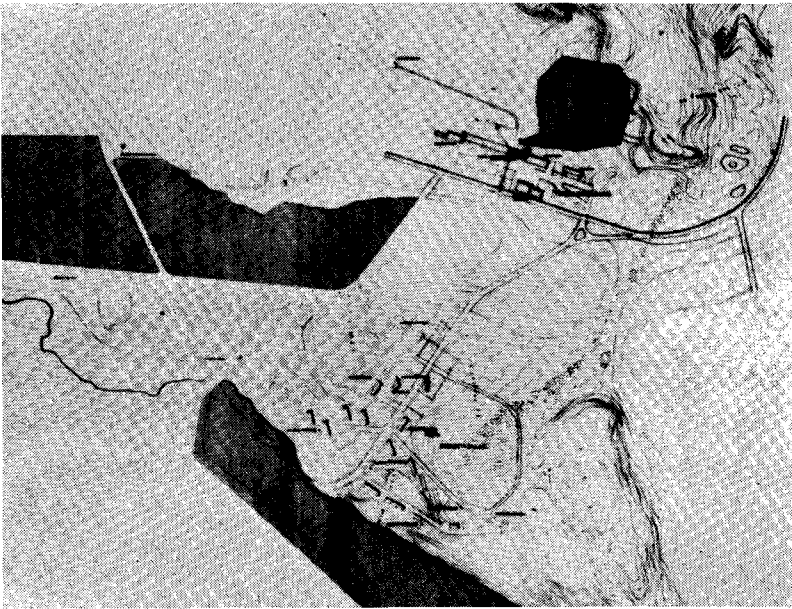
Sijainti ja löytöhistoria

Raajärven kaivos sijaitsee Kemijärven maalaiskunnan länsiosassa, noin 13 km Misin asemalta kaakkoon ja vajaan kilometrin verran napapiirin pohjoispuolella.

Herätteen Misin alueen rautamalmien tarkempaan tutkimiseen antoi jo 1920-luvun alussa löydetty Kärvasvaaran pienehkö esiintymä. Vuonna 1954 suoritti Geologinen Tutkimuslaitos Otanmäki Oy:n pyynnöstä aeromagneettisen mittauksen Misin alueella ja luovutti saadut alustavat tulokset Suomen Malmi Oy:n käyttöön. Suoritettuaan eri puolella laajahkoa magneettista anomalia-alueita jonkin verran geofysikaalisia mittauksia ja kairattuaan erästä kohdasta, luopui Suomen Malmi Oy enemmistä toimenpiteistä.

Kun Otanmäki Oy oli tehnyt vuonna 1957 tutkimussopimuksen Kärvasvaaran kaivospiirien silloisten haltijoiden kanssa, se aloitti omat toimenpiteensä Misin alueella.

Kärvasvaaraan perustettiin lyhyen tutkimuskauden jälkeen vuonna 1958 pieni kaivos, joka aloitti tuotannollisen toimintansa elokuussa 1959. Samanaikaisesti suoritti yhtiö malminetsintätöitä ympäristössä tehden mm. matalalentomittauksia voimakkaimpien magneettisten anomalioiden alueella ja suorittaen maan pinnalta käsin geofysikaalisia tutkimuksia. Tulokset johtivat Raajärven malmioiden löytöön vuoden 1958 lopulla. Intensiivisen timanttikairausvaiheen jälkeen voitiin todeta, että Raajärven laitoksen vaikutuspiirialueella on 300 m:n syvyyteen laskettuna yhteensä noin 6,2 milj. tonnia varmaa, läpikairattua malmia. Malmien ainoana arvomineraalina, joka kannattaa taloudellisesti erottaa, on magneetti. Tätä rautamineraalia on malmeissa keskimäärin noin 2/3. Suunnitellulla louhinnalla riittää varmaa malmia 12—15 vuotta.



Kuva 2. Yleisemakaava kaivoksen alueelta
Fig. 2. General plan of the mine area

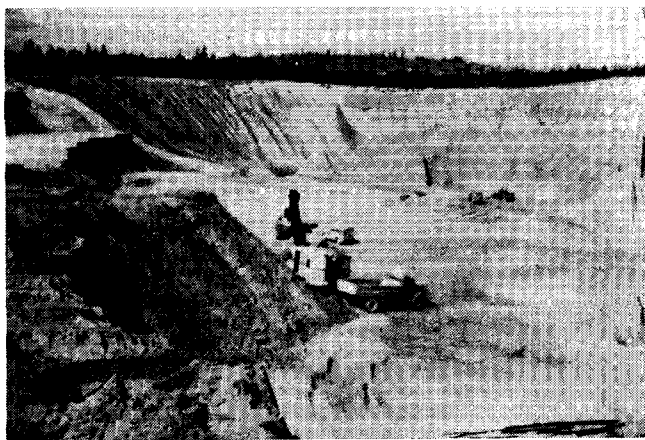
Rakennustyöt

Yhtiön aloittaessa tutkimustoiminnan Raajärvellä, oli materiaali tuotava paikan päälle vesitietä Misijärven yli kunnes alueelle vuonna 1959 saatiin maantie. Tien Misistä Raajärvelle rakensi Metsähallitus saaden tarkoitukseen työllisyysvaroja. Tiepenkere tehtiin niin leveäksi, että sille mahtui myös myöhemmin kiskoitettu rautatie Misin asemalta.

Samanaikaisesti valmistui myös 20 kV:n sähkölinja Kärväsvaarasta Raajärvelle tutkimus- ja rakennusvaiheen tarpeiksi.

Kun päätös kaivoksen perustamisesta oli tehty, aloitettiin syksyllä 1961 raivaustyöt tulevan avolouhoksen, jätepadon ja asuntoalueen maanteiden paikoilla. Rakennustyössä pyrittiin käyttämään urakointimenettelyä mahdollisimman paljon, ainoastaan koneiston asennustyöt on tehty yhtiön oman henkilökunnan voimin.

Raajärven päämalmio sijaitsee Misiraakavaara-nimisen harjun etelärinteellä ja sitä peitti keskimäärin 20 m:n paksuinen irtomaakerros. Avolouhoksen päältä poistettavat maamassat olivat pääasiassa hienoa hietaa ja hiesua; ainoastaan lähinnä kalliota oli noin metrin paksuinen moreenikerros. Avolouhoksen maanpoisto, joka alkoi



Kuva 3. Avolouhoksen maanpoistotyöt käynnissä
Fig. 3. Excavation of overburden

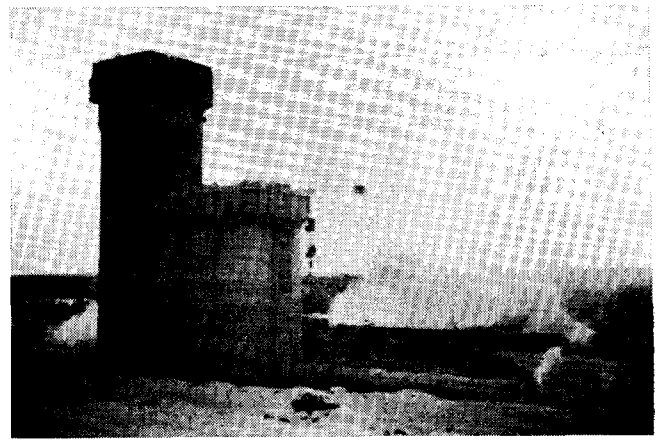
joulukuussa 1961, käsitti alkuvaiheessa noin 700 000 kiintokuutiometriä massoja. Myöhemmin, kun malmin kalliopintakuviosta saatiin tarkempi selvyys, on maanpoistoa jatkettu ja on avolouhosalueelta tällä hetkellä poistettu noin 1 000 000 kiintokuutiometriä irtomaakerroksia (kuva 3). Urakoitsijan toimesta poistettuja massoja on käytetty maanteiden ja jätealueen padon tekoon, täytemaiksi teollisuusalueella sekä putkikaivannoissa ja huomattava ylimäärä on sijoitettu kilometrin etäisyydellä louhoksesta olevien suoalueiden täytteeksi.

Aivan rakennusvaiheen alussa yhtiö lunasti kaivoksen tarvitseman maa-alueen, noin 500 ha, sen entiseltä omistajalta, Metsähallitukselta. Samoin saatettiin loppuun Raajärven kaivospiirien määräämistoimitus tammikuussa 1962.

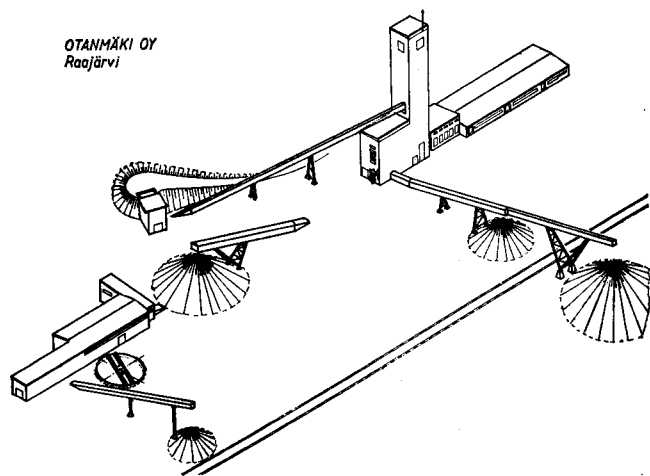
Varsinainen talonrakennustoiminta alkoi asuntoalueella keväällä 1962. Koko rakennusohjelman mukaiset rakennukset, yhteistilavuudeltaan noin 11 500 m³, luovutti urakoitsija valmiina helmikuussa 1963. Rinnan asuntoalueen rakennustöiden edistytessä valmistuivat myös alueen maantiet ja talojen ulkopuoliset putkistotyöt sekä vedenottamo ja päävesijohto.

Malmi-inventoinnin yhteydessä suoritettujen timanttikairausten tuloksista oli voitu päätellä, että malmivyyhykkeessä esiintyvät emäkiset sivukivet ovat mekaaniselta kestävyydeltään suhteellisen heikkoja. Tuleva kaivoskuilu haluttiin sijoittaa lähelle malmia, mutta kuitenkin parempaan albitiittikiveen. Paikka haettiin kairamalla, jotta voitiin olla varmoja siitä, ettei kuilu joutuisi kivilajien heikkoon kontaktivyyhykkeeseen. Kuudes, pystysuora kairareikä osui sopivaan paikkaan. Koko reiän syvyydellä, 285 m, oli albitiittia eikä kalliopinnan päällä ollut enempää kuin 8 m moreenia. Tämä tutkimusreiä injektointiin sittemmin sementti-vesi-seoksella käyttäen 30 kg/cm² ylipainetta. Keväällä 1962 poistettiin moreeni tulevan kuilun paikalta, louhittiin sitä 15 m ja valettiin kuilun kaulus.

Teollisuusalueen rakennukset ovat yhteiseltä tilavuudeltaan noin 40 000 m³ ja suoritettiin niiden rakentaminen kolmessa vaiheessa. Pääosan rakentaminen alkoi syksyllä 1962 valmistuen rakennukset joulukuussa 1963, rikastamo tehtiin kesällä 1963 valmistuen se asennuskuntoon helmikuussa 1964 ja rikastekuivaamo rakennettiin kesällä 1964. Raajärven rakennustöiden aikana on saavutettu urakoitsijan suorittamien tiedustelujen mukaan eräs Euroopan ennätyskin. Kun teollisuusrakennusten urakkasopimus tehtiin syyskuun puolivälissä 1962, pääsi urakoitsija omien valmistelujensa jälkeen nostotornimurs-



Kuva 4. Nostotornin ja murskaamon liukuvalutyömaa
Fig. 4. Construction of headframe and crushing plant with sliding formwork



Kuva 5. Osa teollisuusalueen rakennuksista
Fig. 5. Some industrial buildings

kaamon liukuvaluun, joulukuun alussa tähdäten työn valmistumiseen jouluksi. Tässä onnistuttiinkin, mutta koko sen kolmen viikon ajan, jonka liukuvalutyö kesti, pysytteli lämpömittari uskollisesti -35°C lukemilla! (Kuva 4) Valutyö onnistui lisälämmön ansiosta kuitenkin hyvin; jälkepäin suoritettut kokeet ovat osoittaneet, että seinät joka kohdassa täyttävät konstruktöörin asettaman bk-300-betonivaatimuksen.

Jo osittain rinnan rakennustöiden kanssa suoritettiin koneiston asennustyöt. Kuilunajokoneisto asennettiin kesällä 1963 ja kuilunajoon päästiin elokuussa. Korjaamon tultua täysin valmiiksi marraskuussa, voitiin murskaamon ja rikastamon koneasennuksiin päästä käsiksi toden teolla. Murskaamot valmistuivat koekäyttökuntoon kesäkuussa 1964 ja rikastamo syyskuussa. Rikastekuivaamon asennukset ovat tätä kirjoitettaessa vielä käynnissä ja lasketaan niiden valmistuvan marraskuun aikana. Viimeisenä tulee asennustöiden osalta valmiiksi päänostokone keväällä 1965.

Rakennus- ja asennustyöt ovat kestäneet noin 2 1/2 vuotta. Siitä hetkestä, kun ensimmäiset puut kaadettiin tulevan avolouhoksen paikalta siihen hetkeen, kun ensimmäiset koekäytön tuotetonnit putosivat rikastevarastoalueelle, on melkein päivälleen 3 vuotta.

Teollisuusalueen rakennukset

Pääosa teollisuusrakennuksista on betonirunkoisia, joissa on lämpöeristeenä slammattu tojox-levy betonin ulkopuolella. Pintaverhouksena on lahosuoja-aineella käsitelty lauta.

Nostotorni on poikkileikkaukseltaan neliö, 10×10 m. Sen korkeus lopullisesta maanpinnasta on 60 m ja kallion pinnasta noin 70 m. Torniin liittyy kiinteästi hienomurskaamo, mitoiltaan 10×17 m. Koska nämä rakennukset, joiden yhteinen kuutiolavuus on noin 12 600, on tehty liukuvalumenetelmällä, on niissä betoni ulkopintana. Murskaamon lämpöeriste on sisäseinällä, nostotornista on lämpöeristetty vain ylin osa, nostokonehuone. Murskaamon kellarissa ovat tilat kompressoriasema ja väestönsuojaa varten. Murskaamo lämmitetään kompressorin jäähdytysilmalla. Pitempiä seisokkeja varten on murskaamolla lämminilmakehitin.

Lokaremo on väliaikaisuon-toisuu-destaan johtuen tavallaan vain katos. Sen rakenteena on teräsbetonikehät ja yksinkertainen lautaseinä. Rakennusta ei lämmitetä.

Rikastamo-kuivaamo sijaitsee hienomurskaamosta 130 m:n etäisyydellä. Varsinainen rikastamohalli on mitoiltaan 15×36 m ja kuivaamo 7×30 m. Rakennuskompleksin kokonaistilavuus on 9 800 m³. Rikastamo ei lämmitetä, vaan lasketaan kuivaamon hukkalämmön pitävän rikastamonkin lämpötilan talvella siedettävänä.

Nostotornin kupeella on kaksikerroksinen voimasema-rakennus, jonka tilavuus on noin 2 100 m³. Rakennuksessa sijaitsevat teollisuusalueen lämpökeskus käsittäen kaksi Lokomo C mallista teräslevykattilaa yhteiseltä teholtaan 500 Mcal/h, sekä rikastamo lukuunottamatta alueen muut jakelumuuntajat. Lisäksi rakennukseen on myöhemmin sijoitettu puutyöpaja.

Kaivostupa-rakennuksessa, tilavuudeltaan noin 3 500 m³, ovat kaikkien osastojen yhteiset pukeutumis- ja peseytymistilat, ensiapuasema, eväsrökala sekä kaivoksen työnjohtokonttori. Lisäksi sijaitsevat tässä yksikerroksisessa rakennuksessa 100 numeron automaattipuhelinkeskuksen kojeisto sekä palomuurilla erotettuna autotallitilat.

Toimisto on yksikerroksinen puurakennus, tilavuudeltaan 1 500 m³.

Korjaamo-varasto-rakennus, tilavuudeltaan noin 6 400 m³, on sijoitettu rautatien varteen. Siinä ovat tilat kone-, sähkö- ja mittarikorjaamo varten. Tarvikevarasto-osassa on sekä lämmintä että kylmää tilaa. Pora-sydän-, öljy- ja työkaluvaraston tarvitsemat tilat on samoin sijoitettu tähän rakennukseen.

Erillisinä muista teollisuusrakennuksista sijaitsevat pääkytkinasema sekä 10 000 kg:n räjähdysainevävarasto. Nämä molemmat rakennukset ovat tiilitaloja.

Vesihuolto

Suoritettujen tutkimusten mukaan on malmialueen pohjois- ja luoteispuolella kulkevan Misiraakavaaraharjun keskiosa lajittunutta karkeata soraa muodostaen tavaltaan maanalaisen joen, jolla on noin 10 km²:n sadealue. Tämä maanalainen joki purkaa vetensä kaivoksen luoteispuolella sijaitsevaan Matalalampeen vedenalaisina lähteinä. Harjun pään ja lammen välistä suoritettu koepumppaus osoitti, että hyvälaatuista pohjavettä on saatavissa jatkuvasti 3 000 l/min. Alueelle rakennettiin kolme uppokaivoa, joissa jokaisessa on 1 800 l/min tehoinen uppopumppu sekä lisäksi painepumppaamo, jossa ovat 500, 1 000, 2 000 ja 3 000 minuuttilitran pumput. Vedenottamolta johtaa kaivokselle noin 2,5 km pitkä $\varnothing 300$ mm:n päävesijohto jatkuen $\varnothing 6$ "-sena asuntoalueelle. Nostotorniin on sijoitettu vesisäiliö, jonka vedenpinnan vaihtelu säätää vedenottamon pumppujen käyntiä. Koska rikastamolla voidaan osa prosessin tarvitsemasta vesimäärästä kierrättää jätteen sakeutussammion avulla, riittää saatava puhdasvesimäärä sekä teollisen prosessin että asuntoalueen tarpeiksi.

Sekä teollisuus- että asuntoalueen viemärit päättyvät omiin pumppuasemiinsa ja kaikki viemäriverdet pumpataan rikastamon jätealueelle.

Jätealtaita on kaksi peräkkäin, pinta-aloiltaan 16 ja 25 ha. Jätealueiden padot on tehty avolouhoksen maanpoiston massoista. Jälkimmäisestä altaasta virtaa selkeytynyt vesi ylivuotoputkien kautta Raajärvi-Misijärvi väliseen puroon. Kaivoksella ei ole mainittavia jätevesivaikeuksia, koska rikastuksessa ei käytetä mitään kemia-kaalioita.

Sähkövoima

Lopullinen sähkönjakoverkosto tulee Kemijärveltä Raajärvelle 45 kV:n linjoilla sekä etelästä että pohjoisesta muodostaen täyden renkaan. Raajärven päämuuntoasemalla on 5 000 kVA:n muuntaja 45/20 kV. Sisäisenä jakelujännitteenä on 20 kV, jollaisena virta jaetaan päämuuntoasemalta teollisuusalueelle, rikastamolle, asuntoalueelle ja Kärvasvaaraan. Käyttöpaikoilla sijaitsevat 20 000/400 V:n muuntajat paitsi lopullisella nostokoneella, joka on varustettu 3 000 V:n koneella. Loistehon kompensoimiseksi on suurimmille koneyksiköille sekä muuntajille asennettu kondensaattorit. Installoitui moottoriteho molemmilla, Raajärven ja Kärvasvaaran kaivoksilla, yhteensä on noin 3 000 kW. Laitosten yhteinen tehohuippu on tällä hetkellä 1 680 kW. (Ilman Raajärven rikastekui-vaamoja ja lopullista nostokoneita). Sähkövirran toimittaa kunnallinen jakeluyhtiö Koillis-Lapin Sähkö Oy.

Asuntoalue

Asuntoalueella on yhtiön omissa rakennuksissa 33 perhe-asuntoa; virkailijoita, työnjohtajia sekä eräitä kone- ja sähköasaston päivystäviä miehiä varten. Lisäksi alueella on 35 miehen poikamiesasuntola, työmaaruokala-elokuva-teatteri sekä lämpökeskus-sauna-pesula-muuntamorakennus. Lämpökeskus on kivirakenteinen, kaikki muut yksikerroksisia puurakennuksia, perheasunnot rivitalotyyppiä. Lämpökeskuksella käytettiin aluksi polttoaineena halkoja, mutta on nyttemmin siirrytty öljylämmitykseen.

Asuntoalueella on lisäksi yksi yksityinen, Keskon osakaskauppias, rakentanut yhtiöltä vuokraamalleen tontille liiketalon, jossa toimii myös postikonttori ja pankin sivukonttori.

Koska laitoksen toiminta-aika on suhteellisen lyhyt, ei varsinaista omakotitoimintaa voi esiintyä, mutta sen sijaan alueella on noin 30 väliaikaista asuinrakennusta, nk. jalasmökkiä, jotka ovat siirrettäviä pieniä rakennuksia. Näitä jalasmökkejä on Raajärvelle tullut lähinnä Pirttikosken ja Seitakorvan voimalaitosrakennustyömailta.

Laitoksen koko miehistölle on olemassa yhteismajoitus-tilat.

Henkilökunta

Yhtiön kirjoissa oleva vahvuus Raajärvellä on tällä hetkellä 164, joista työnjohtajia ja virkailijoita on noin 18 %. Lisäksi on ulkopuolisia, urakoitsijoiden henkilökuntaa 6 kuorma- ja kuljetustehtävissä. Maanalaisen louhinnan aikana lasketaan kokonaisvahvuuden olevan noin 200.

Tuotanto

Raajärven kaivos on suunniteltu tuottamaan n. 240 000 tonnia magnetiittirikastetta vuosittain. Lisäksi voidaan haluttaessa tuottaa vaihtelevia määriä palamalmia. Rikastetuotanto edellyttää avolouhosaikana, jota kestää pari-kolme ensimmäistä vuotta, noin 360 000 tonnin vuosilouhintaa. Maanalaisen louhinnan aikana lasketaan sivukiveä sekoittuvan louhittuun malmiin ja silloin tulee malmin nosto olemaan noin 450 000 tonnia vuosittain. Saatavat tuotteet, rikaste ja palamalmi jalostetaan kokonaisuudessaan Rautaruukki Oy:n laitoksella Raahessa.

Suunnittelu ja rakennusvaiheen toteuttaminen

Raajärven suunnitteluun ja rakentamiseen ovat osallistuneet seuraavat:

Prosessi- ja yleissuunnittelu: Otanmäki Oy, Otanmäki Asemakaava- ja arkkitehtisuunnittelu:

Arkkitehtitoimisto Eero Huotari, Oulu

Maastotutkimukset:

Pohjatutkimus Oy, Helsinki
Ins.tsto Pöysälä & Sandberg, Helsinki ja ins.tsto Jaakko Asikainen, Kajaani

Rakennuskonstruktiot:

Rakennusten koneteknilliset työt :

Ins.tsto Granlund & Oksanen, Helsinki ja ins. tsto E. Miettinen, Kajaani

Sähkötyöt:

Oy Strömberg Ab ja Otanmäki Oy

Vesihuolto:

Oy Vesi-Hydro Ab, Helsinki

Urakoitsijoina rakennus- ja asennusvaiheen aikana ovat olleet:

Rakennusteknilliset työt:

Kemin Rakennus Oy, Rovaniemi

Koneteknilliset työt:

Oy Radiator Ab, Oulu ja Mikkelin Vesi- ja Lämpöjohtoliike, Mikkeli

Sähkötyöt:

Pohjolan Sähkö Oy, Oulu ja Koillis-Lapin Sähkö Oy, Kemijärvi

Suurjänniteasennukset:

Oy Strömberg Ab

Maansiirtotyöt:

Hanhiova-Yhtymä, Tornio alurakoitsijoinaan Kemin Putki Oy, Kemi ja rakennusliike Tikkanen, Tornio Urakoitsija L. Lohiniva, Rovaniemi

Pohjakavot:

Pohjavahvistus Oy, Helsinki

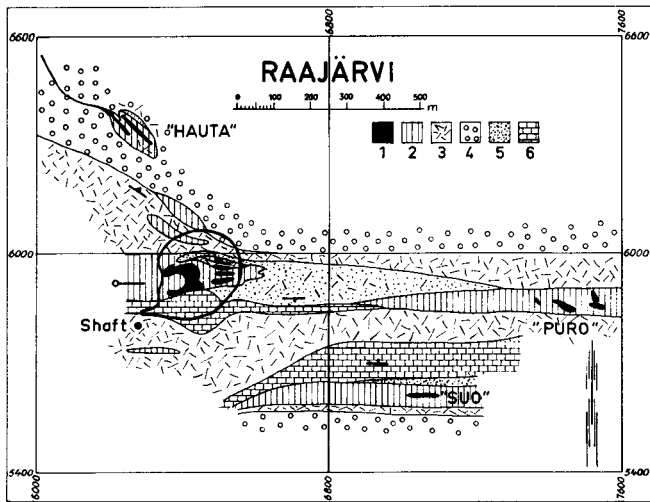
Raajärven kaivosalueen geologiasta

Fil.lis. Juhani Nuutilainen, Otanmäki Oy, Rovaniemi

Misin rautamalmialue

Kärvasvaaran malmi sekä Raajärven kaivosalueen malmit, joihin voidaan teknillisesti lukea Leveäselän malmi kaivokselta noin 3 km SE, kuuluvat geologisesti Misin rautamalmialueeseen, jolta tunnetaan useita muita pienikokoisia malmioita. Alue on luode-kaakkoisuuntainen,

noin 40 km pitkä ja noin 10 km leveä ulottuen Vikajärven-Kemijärven maantieltä luoteessa Kemijärven Luusuan tienoille kaakossa. Kivilajiprovinssi näkyy selvästi aeromagneettisilla kartoilla anomaliarykelmänä. Aluetta ympäröivät mikroklüinigraniitit ja migmatiitit. Pääkivilajeina ovat gabrot ja amfiboliitit. Kvartsiitteja, dolomiitteja ja kiilleliuskeita esiintyy jonkin verran. Erityisen lei-



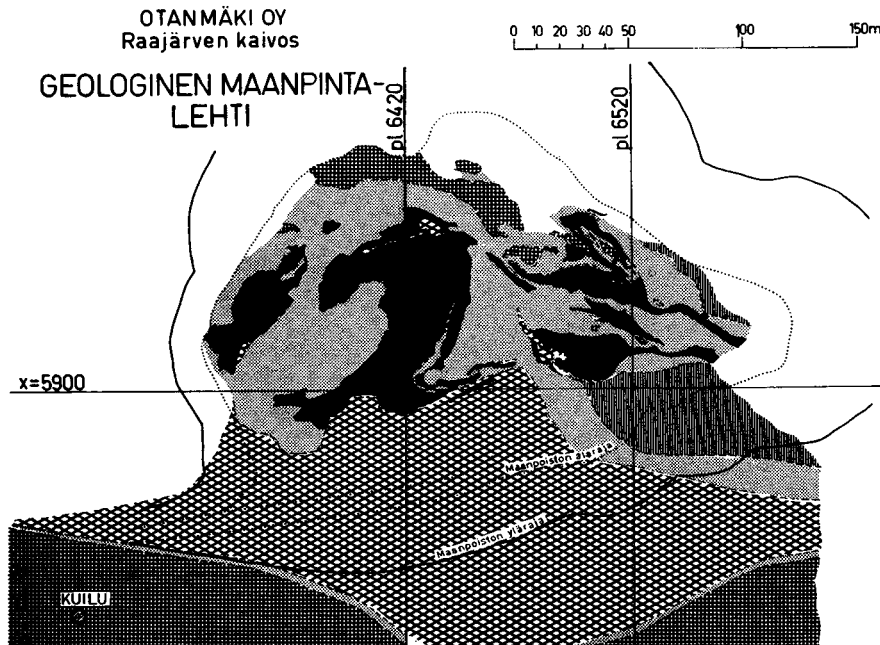
Kuva 6. Yksinkertaistettu geologinen kartta Raajärven malmi-alueesta. 1 rautamalmi, 2 serpentiini ym., 3 albitiitti, 4 gabro, 5 kvartsiitti, 6 dolomiitti

Fig. 6. Simplified geological map of Raajärvi ore field. 1 iron ore, 2 serpentine etc., 3 albite, 4 gabbro, 5 quartzite, 6 dolomite

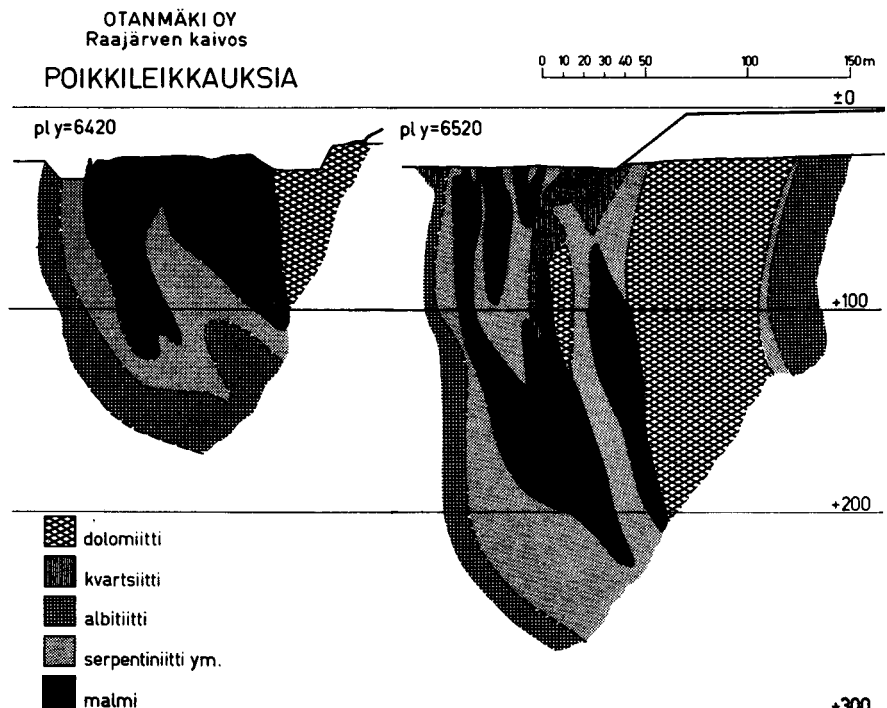
man alueelle luovat Na-rikkaat kivilajit: albiittigabrot, albitiitit sekä voimakkaasti skapoliittiutuneet gabrot ja amfiboliitit. Nämä oletetaan syntyneen spiliittisestä hydromagmasta, joka myös on synnyttänyt rautamalmit ja niiden yhteydessä aina tavattavat serpentiniitit, tremoliitti-kloriittikivet yms. Magmaattisen differentiaation täydellisyyttä ja malmin sijoittumista ovat ilmeisesti kontrolloineet tektoniset ilmiöt. Malmit sijaitsevat usein sedimenttikivilajien yhteydessä, niiden itä-länsisuuntaisissa osissa, kun alueen yleinen kulkusuunta taas on luode-kaakko.

Raajärven malmialue

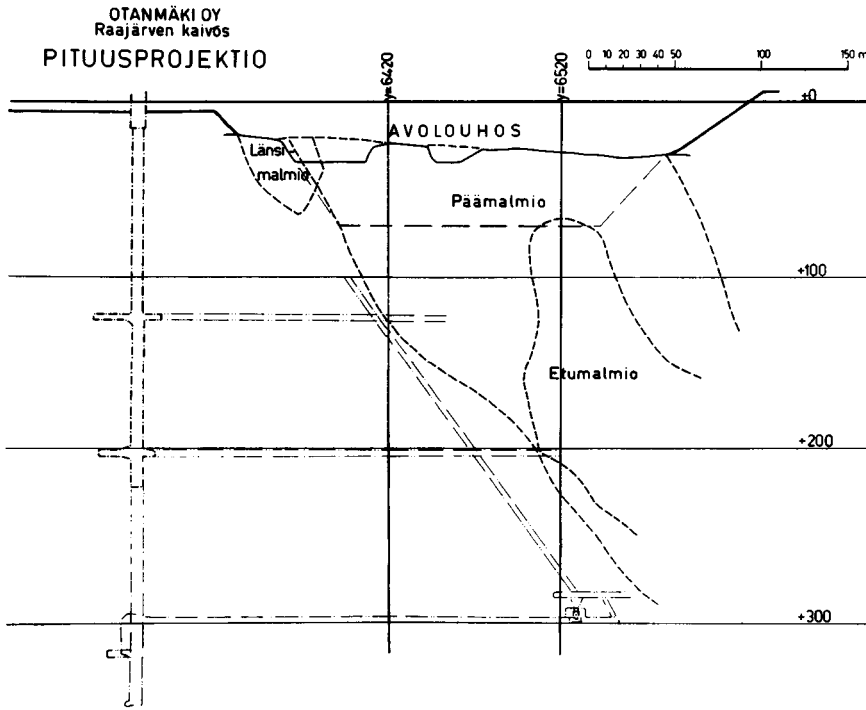
Tämä alue, jonka malmin varaan Raajärven kaivos on rakennettu, on lähes itä-länsisuuntainen, pohjoisessa ja etelässä gabron rajoittama vyöhyke. Sen pituus on noin 2 km (kuva 6). Vyöhyke muodostuu kvartsiitin, kiilleliuskeen ja dolomiitin synkliinistä, johon on tunkeutunut toisaalta albitiittiä ja toisaalta malmimuodostuman kivilajeja, pääasiassa magnetiittimalmia ja serpentiniittiä. Kivilajien ikäsuhteet ovat seuraavat:



Kuva 7. Geologinen maanpintalehti
Fig. 7. Geological map



Kuva 8. Malmin poikkileikkauksia
Fig. 8. Cross sections of ore



Kuva 9. Pituusprojektio
Fig. 9. Longitudinal view

malmi	nuorin
serpentiniitti ym	
albitiitti	
albiittigarbo	
gabro	
dolomiitti	
kiilleliuske	
kvartsiitti	vanhin

Päämalmio, johon on tehty avolouhos, sijaitsee synkliin N-laidalla. Samaan vyöhykkeeseen kuuluvat »Puron» pinta- ja syvämalmiot. Etelälaidalla sijaitsee vähäpätöinen »Suo»-malmio. Päämalmion ja »Puron» välillä voi olla geofysikaalisten indikaatioiden perusteella vielä tuntemattomia syvämalmeja. Eräs pintaan tuleman syvämalmio sijaitsee välittömästi avolouhoksen N-puolella. Siitä luoteeseen sijaitsevat pieni »Haudan» malmio sekä eräs toinen, tarkemmin tutkimaton magneettinen anomalia.

Päämalmio jakautuu itse asiassa 2 tai 3 lähekkäiseksi malmilinsiksiksi (kuva 7). Muodostuman pituus akseli kaa-tuu itään noin 60° kulmassa (kuva 9). Sivusuunnassa se on pystytkö, paitsi alaosaan loiva etelään (kuva 8).

Avolouhosalueen kivilajit ovat seuraavat: Eteläpuolella on vahva albitiittiplutoni, johon tehdään kuilua. Tämä on tutkimusten perusteella lujudeltaan alueen paras kivilaji. Albitiitin pohjoispuolella on paksuimmalta osaltaan noin 100 m dolomiittikerros. Sen ja albitiitin välissä on muutaman metrin vahvuinen talkki-kloriittisööri. Avolouhoksen keskiosissa rajoittuu dolomiitti suoraan päämalmioon ilman kontaktisaumaa. Malmion N-laidalla on pitkänomainen dolomiittifragmentti, joka osoit-tanee, että malmi on tunkeutunut dolomiitin reunaosan rakoon, lähelle kvartsiitin rajaa. Malmeja ympäröi enim-mäkseen serpentiniitti tai aivan pehmeä kloriittitremoliittikivi. Avolouhoksen N-laidalla on tässä kivessä suuria murskaleita albitiittia.

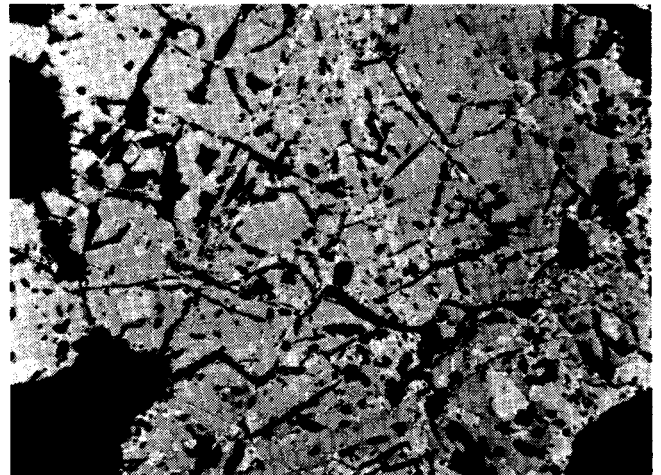
Itälaidalla on geologia toisenlainen. Siellä tulee dolomiitin jälkeen pehmeä talkki-kloriitti-tremoliittikivi indikoiden alempana olevaa etumalmivyöhykettä. Tätä seuraa ohut kvartsiittikerros, joka toistuu itäpäähän pohjois-laidalla. Kvartsiittien väliin jää serpentiniittia ym., jossa

on useita malmeja. Nämä itämalmit saattavat olla ka-peita haarakkeita alla olevasta päämalmiosta (kts. poikki-leikkaus).

Kuvista saanee käsityksen malmioiden monimutkai-sesta rakenteesta. Tämä yhdessä pehmeiden kivilajien ja ruhjoutuneiden kovempien kivilajien kanssa on vaikeut-tanut geologista tutkimusta ja asettaa varmaan hanka-luuksia kaivostyölle.

Malmi on hieman martiittitunutta magnetiittimalmia (kuva 10). Sen rautapitoisuus on noin 52 %. Silikaatti-rautaa on mitättömän vähän, mutta hematiitin esiintyminen aiheuttaa pieniä rikastustappioita. Malmissa on fosforia noin 0,2 % ja rikkiä noin 0,3 %. Paikoin on fosforipitoisuus korkeahko, n. 1 %. Vanadiinipitoisuus on noin 0,1 % ja TiO₂ noin 0,5 %, paikoin, huonoissa mal-meissa on jopa 0,3 % V ja 1 % TiO₂. Harmemineraaleina on etupäässä serpentiiniä ja kloriittia sekä tremoliittia.

Magnetiitin raesuuruus on noin 0,05—0,2 mm, raeryh-mät 0,2—0,5 mm. Malmioiden kärkiosissa on martiittia runsaammin. Voipa paikoin kaikki magnetiitti olla muut-tunut hematiitiksi.



Kuva 10. Magnetiittimalmi Raajärvi R 1/55, 1 m, × 100, etsattu. Hematiittia (valkea) magnetiitin lohkorajoissa ja reunoilla

Fig. 10. Magnetite ore, Raajärvi, × 100, etched. Hematite (light) on borders and cleavage planes of magnetite (grey)

Kaivos

Dipl.ins. Olli Hermonen, Otanmäki Oy, Raajärvi

Louhintakohteet

Raajärven kaivoksen päämalmio sekä välittömästi siihen liittyvät länsi-, etu- ja itämalmiot muodostavat sen kohteen, johon nykyiset valmistelu- ja louhintatyöt on suunnattu. Näiden yhteinen malmimäärä on n. 4,5 milj.ton. Seuraavassa käsitelläänkin vain näiden malmioiden louhintaan liittyviä asioita. Sivumalmiot tullaan kaikki rikastamaan Raajärven rikastamossa. Raajärven kuilu sijaitsee muihin sivumalmioihin paitsi Leveäselkään nähdessä keskeisellä paikalla. Leveäselkään tullaan mahdollisesti ajamaan tuotantokuilu, jolloin 3,5 km:n malmin kuljetus tapahtuisi maan päällä.

Avolouhos

Ensimmäisenä työnä kaivoksen valmistavissa töissä aloitettiin maanpoisto päämalmion päältä syystalvella 1961. Maakerroksen paksuus oli keskimäärin n. 20 m paksuimmillaan n. 30 m malmin itäpuolella. Yhteensä on poistettu maata n. 1 milj. kiinto-m³. Poistettu maa on pääosiltaan hienoa hietaa. Pohjakerroksista ja louhoksen itäpäästä löytyi paikoin hyvinkin karkeata moreenia. Pohjamooreeni onkin tehnyt malmin paljastamisen erittäin vaikeaksi varsinkin kun kallion pinta on hyvin epätasainen. Avolouhoksesta louhittu kivi ajetaan autoilla maan pinnalle. Tätä varten aloitettiin ajotien alkupään louhinta ja sivukiven poisto malmin ympäriltä vähin erin jo v:n 1963 syksyllä. Ajotien nousu tehdään suhteessa 1:10. Tällä hetkellä seisoo päämalmio n. 10 m korkeana kakuna keskellä louhosta, länsi- ja itämalmiot on avattu sisäreunoiltaan. Yhteensä on paljastettua malmipinta-alaa n. 6 000 m². Vain länsimalmion kohdalla voidaan malmin kaadetta seuraten tehdä louhoksen reunaluiska, jonka kaltevuus on n. 60°. Tästä johtuen tulee louhittavan sivukiven määrä olemaan samaa suuruusluokkaa kuin malmin, kun avolouhoksella mennään n. 60 metrin syvyyteen kallion pinnasta.

Sekä malmin että sivukiven louhinnan poraus tapahtuu pääasiassa Gardner-Denverin telaketjualustaisella poravaunulla ATD-3 100, jossa on ketjussyöttölaite RMC 10 ja porakone PR 123 J. Porauskalustona tällä koneella käytetään 1 1/2 tuuman köysikierrekalustoa sekä 64 ja 76 mm:n ristipääteriä. Toisena vaunuporakoneena on kumipyöräalustalle asetettu ketjussyöttölaite ja siinä Tampellan porakone S 125. Porauskalustona on 1 1/4 tuuman köysikierrekalusto ja 51 mm:n ristipääterät. Molemmilla porausvaunuilla porataan n. 9 metrin pituisia reikiä tanko- ja syöttöpituuden ollessa 3 metriä.

Malmia ympäröivä sivukivi ja pintaosiltaan myös malmi on rikkonaista ja osittain hyvin pehmeää. Pehmeydestä johtuen voidaan saavuttaa hyvä porausteho ja kaluston kulutus on erittäin vähäinen; kestoikä tuhansia metrejä per tanko ja kruunu. Toisaalta kivien rikkonaisuus aiheuttaa reikien tukkeutumista sekä vaatii suhteellisen pienen edun ja reikävälin, koska muuten kivi irtoaa hyvinkin suurina kappaleina omia rakosuuntiaan myöten. Räjähdyksineen käytetään aniittipatruunoita, mutta kokeilut heikommilla räjähdyksineillä ovat käynnissä. Sytytys tapahtuu millisekuntinalleilla numeroilla 1—10.

Louhituden kiven lastauksen ja kuljetuksen suorittavat yksityiset urakoitsijat. Koska avolouhoksen kesto aika on vain n. 3 vuotta ei ole katsottu kannattavaksi hankkia omaa kalustoa. Pääasiallisena lastauskoneena on tällä hetkellä kaivinkone Lokomon JT-43, jonka kauhan tilavuus on 1,25 m³. Tämän lisäksi on apukoneena ollut vuoroin Cat 977 ja Cat 955 kumpikin sivuun tyhjentävällä kauhalla. Kuljetuskaluston muodostaa kolme 11 m³:n Euclidia ja kolme 5 m³:n Scania Vabista.

Avolouhos sijaitsee pitkäkhön soraharjun reunalla. Maanpoiston edetessä harjun keskiosaa kohti lisääntyi veden tulo louhokseen. Suurimmillaan se on louhoksen itäpäässä. Keväällä -64, kun tämän osan hiekka ja sora poistettiin nousi vesimäärä lähes 3 000 l/min:aan. Pumpauksen ansiosta on lähialueen pohjaveden pinta alentunut ja kun kevättulvat ovat ohi on vesimäärä laskenut n. puoleen. Louhoksen pohjoisreunalle on louhittu pumpukaivo, johon kaikki vedet kerätään. Paikallispumpusta varten on käytössä 3 kpl. Flygt'in bibo 3:a ja 1 kpl. bibo 5. Kokemukset näistä pumpuista ovat toistaiseksi erittäin hyvät. Kokoojasäiliöstä vesi pumpataan 500 m pitkää 8" AD-kierresaumaputkea myöten rikastamon jäteveden selkeytysaltaan ylitteköuruun, josta se otetaan rikastamon käyttöön. Korkeuseroa vesisäiliön ja rikastamon säiliön välillä on 25 m. Pumpaukseen on käytettävissä seuraavat Serlachiuksen keskipakoispumput:

2 kpl DA 80 nostokyky 1 500 l/min, manometr. nostokorkeus 40 m

1 kpl DA 125/40 nostokyky 3 000 l/min, manometr. nostokorkeus 40 m

Avolouhokselta louhittu malmi ajetaan louhoksen välittömässä läheisyydessä olevalle lohokaremurkskaamolle. Lohokaremurkskaamon muodostaa Blake-tyyppinen leukamurkskain, tsekkiläinen Skoda V-9-2, kita-aukoltaan 900 × 1 200 mm. Syöttö tapahtuu yläpäässä hydraulisesti toimivalla pöytäsyöttäjällä, 1 400 × 5 000 mm, jonka iskuluku on 4 iskua/min ja iskunpituus max. 30 cm. Murkskaajan alta syöttää lyhyt 800 mm:n levyinen syöttöhihna malmin saman levyiselle, tornin silloon johtavalle hihnakuuljettimelle. Jälkimmäinen kuljetin on 105 m pitkä ja nousee 18° kulmassa. Se on katettu alumiini-aaltolevyllä; suunnittelija Kone Oy, valmistaja Raahe Oy. Hihnan nopeus on 1,8 m/s, kuljettimen kapasiteetti < 200 mm:n tavaralle n. 200 t/h, moottori 37 kW/1 500 r/min ja hihnan laatu 6 × 32 oz (5 + pk + 2). Lohokaremurkskaamo käy kahdessa vuorossa, jolloin murkskattava malmimäärä on n. 700 ton/vr (kuva 5).

Kuilu

Kuilun ja samalla torni-murkskaamon paikkaa määrätessä näyttelivät seudun kivilajit ratkaisevaa osaa. Kuilun sijoittaminen malmin lähelle sen jalkapuolelle ei voinut tulla ollenkaan kysymykseen huonojen serpentiniittikloriittikiviensä takia. Näin ollen etsintä aloitettiin malmin eteläpuolelta dolomiitti- ja albitiittivyöhykkeistä. Kuudes timanttikairan reikä antoi tyydyttävän tuloksen osuen suhteellisen ehjään albitiittiin. Täysin ei kuilun paikalla todettuun kiveen kuitenkaan voitu luottaa ja

näin päädyttiin poikkileikkaukseltaan pyöreään kuiluun, joka on muotonsa takia vahvempi kuin suorakaiteen muotoinen ja lisäksi helpommin tuettavissa verkolla, betonilla tms.

Tornin 67 metrin ja samanaikaisesti tornimurskaamon 30 metrin liukuvalu suoritettiin syystalvella 1962 yhdessä kuukaudessa. Keväällä 1963 päästiin kuilunajolaitteiden asennukseen ja itse kuilunajo alkoi samana vuonna elokuussa (kuva 11).

Kuilunajovintturina on Asea:n 5 tonnin nostokone, joka on varustettu hydraulisesti toimivilla levyjarruilla. Koneen nostonopeus on 2 m/s. Nostokoneen käyttäjä istuu tornissa kerrosta ylempänä siten, että hän näkee kuilun puolelle kaatopaikalle ja ohjuriin toppareille. Nostoköysi on \varnothing 28 mm kiertymätön. Tämä on kiinnitetty koukku-leikariyhdistelmään, jonka päässä riippuu 1,5 m³ alumiinikippa.

Työlava riippuu kahden 5 tonnin käsivintturin varassa. Ripustusköydet toimivat samalla ohjainköysinä. Työlavan heilumisen estämiseksi lastauksen aikana on kuvan 11 A-A-leikkauksessa kuilun reunoilta sijoitettu apuköydet, joiden ripustuspaikka on aina lähinnä olevalla pääta-

seltaan pyöreä. Alemmalla tasolla on pyörivä vaunu, jossa salla. Itse työlava on kaksikerroksinen, poikkileikkauksijaitsee kahmuriä kannattava 2 000 kg:n paineilma-vintturi. Kahmuri on Scheidttin 400 litran apelsiinikuorikahmuri. Lastauksen aikana lastaaja seisoo kahmuriin sivuun rakennetulla telineellä, josta käsin hän hoitaa myös kahmuriin liikkeitä ylös- ja alaspäin sekä työlavan vaunun kiertoliikkeen.

Kuilu ajetaan nimellishalkaisijaltaan 6 m:n suuruisiksi, mutta kiven monisuuntaisen rikkonaisuuden takia läpimitta ryöstäytyy keskimäärin noin 7 m:iin (kuva 12). Louhinta tapahtuu spiraalina 2,4 m:n rei'illä, jotka porataan Tampellan T 10 CW-porakoneilla yleissyöttölaitetta käyttäen. Räjähdyksineen käytetään puoliksi dynamiittia (45 %) ja puoliksi aniittia. Reiät sytytetään millisekuntinallailla 0—12. Tuuletus ammunnan jälkeen tapahtuu imutuuletuksena \varnothing 750 mm:n peltitorvea myöten potkuripuhaltimella Korfman ESN 6—150. Kuilunajon aikana rakennetaan vain tikapuutteja ja lepotasot 7 metrin etäisyyksin. Lepotasoihin kiinnitetään putket, torvet ja kaapelit. Lepotasojen kannatuspalkkeina on kaksi 8" \times 8" parrua. Myös tikkaat rakennetaan puusta. Kuilun seinä galvanoitulla panssariverkolla. Verkon kiinnitys tapahtuu 2—4 mm:n pituisilla 7/8" ja 1" kiilapulteilla.

Veden tulo kuiluun on yllättäen ollut ainakin toistaiseksi sängen vähäistä; voidaan puhua kuivasta kuilusta. Pohjapumppuna käytetään Gardner-Denverin paineilma-käyttöistä lietepumppua VP 8, joka pumppaa joko suoraan päätason pumppukaivoon tai kuilun rakenteisiin sijoitettuun 3 m³:n terässäiliöön. Viimemainitusta pumppataan vesi Mono-pumpulla CD 70 B 2 päätason pumppukaivoon ja siitä edelleen keskipakoispumpulla maan pinnalle.

Kuilunajo suoritetaan jatkuvana kolmivuorotyönä. Työryhmän muodostavat nostokone miehistö, etumies ja 3 kuilumiestä. Lisäksi joka vuorolla on työnjohtaja, joka valvoo sekä kuilunajoa että avolouhostöitä. Kuilun syvyys oli 1. 10. -64 + 221 m (maanpinta on + 3,3 m). Lopullisen pohjan syvyys tulee olemaan + 350.

Seuraavassa on esitetty eräitä teknillisiä tietoja lähinnä ajankäytöstä kuilunajotyössä 10 ensimmäisen kuukauden aikana.

Teknillisiä tietoja

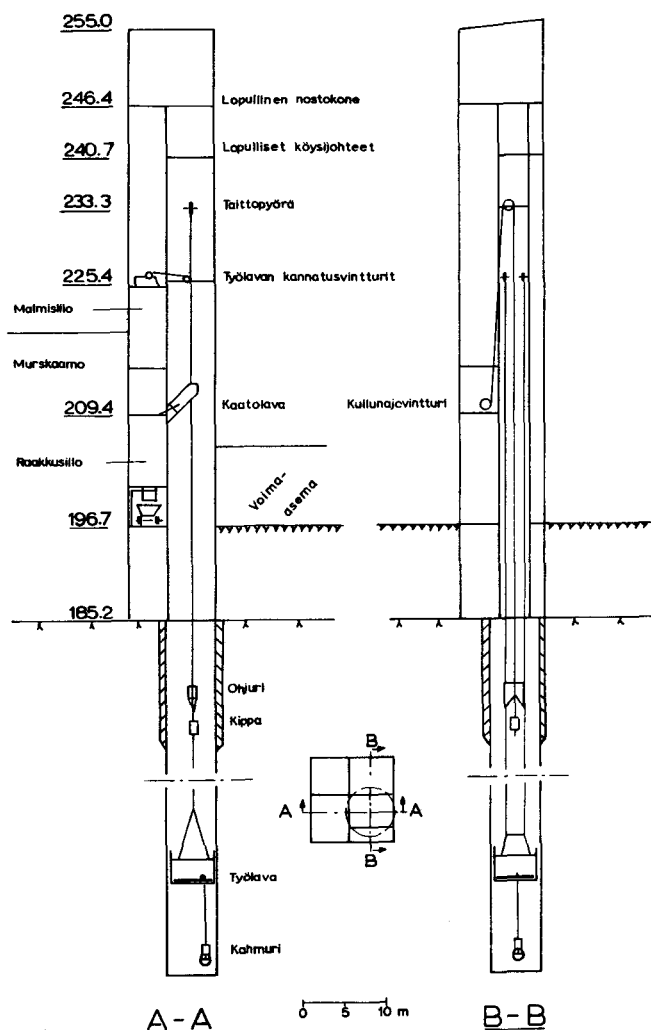
Kuilun louhintaan käytetyt parametrit	pom/jm	61,5
Räjähdyksineen kulutus	kg/pom	0,41
Varsinaiseen kuilunajoon käytetty aika	h/jm	23,5
Rakennukseen ja verkotukseen käytetty aika	h/jm	13,5
Koko kuilunajoon käytetty aika	h/jm	37,0

Ajan käyttö eri työvaiheissa

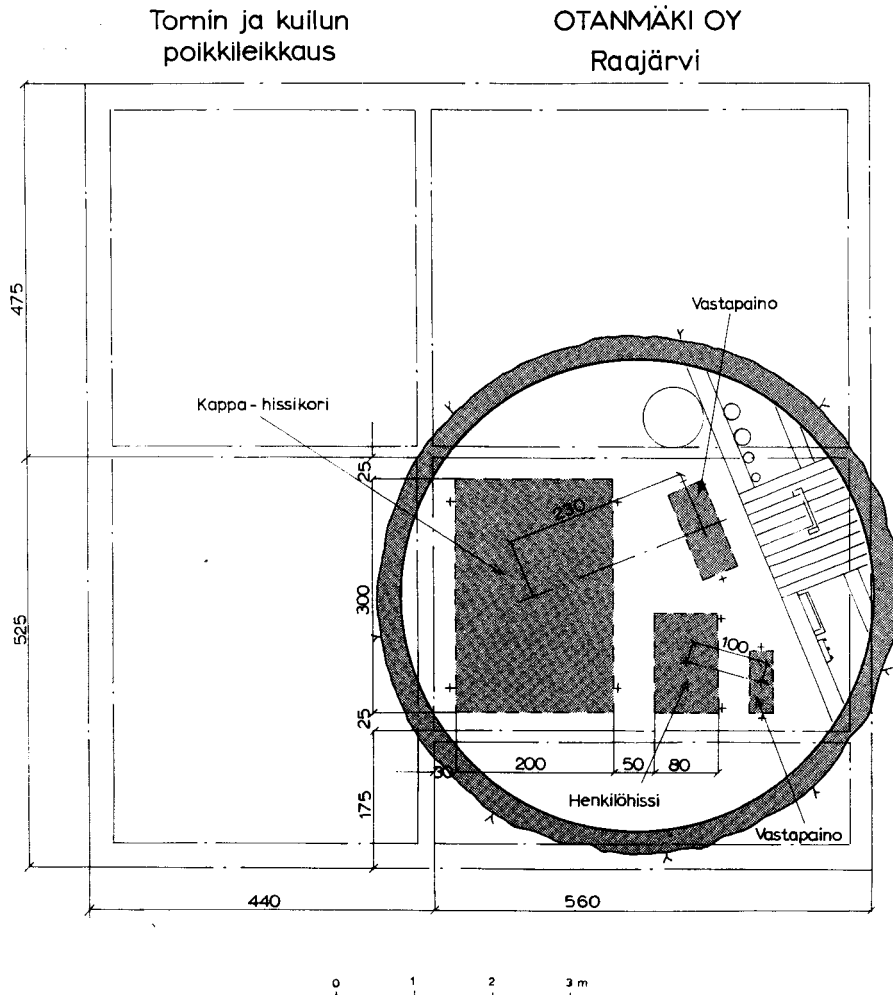
	% varsinaiseen kuilunajoon käytetystä ajasta	% koko kuilun ajoon käytetystä ajasta
Louhinta	30	20
Lastaus	61	39
Muut työt ja häiriöt	9	5
Varsin. kuilunajo yht.	100	64
Rakennus		19
Verkotus		17
Koko kuilunajo yht.		100

OTANMÄKI OY Raajärvi

Kuilulaitteiden sijoitus



Kuva 11. Kuilulaitteiden sijoitus
Fig. 11. Shaft equipment



Kuva 12. Tornin ja kuilun poikkileikkaus
Fig. 12. Plan of the headframe and shaft

Lopulliset kuilulaitteet

Kuilu tullaan valmistuttuaan varustamaan köysijohteilla. Hissikori-kappa-yhdistelmää varten asennetaan neljä johdetta, vastapainoa varten kaksi. Henkilöhissin kohdalla ovat asiat vielä avoinna. Köysijohteet tulevat puolisoljettuja $\varnothing 1\frac{5}{8}$ " köysiä. Köysien kiinnityskohta on tornissa vähän nostokonetason alapuolella. Alapäihin kuilun pohjalle ripustetaan 5—7 tonnin betonipainot (kuva 11).

Lopullinen nostokone on käsin ohjattava kolmivaihevirta Koepekone. Sen on valmistanut saksalainen Rhein-stahl Hüttenwerke Aktiengesellschaft Werk Friedrich Wilhelms Hütte Mülheim ja sähköiset osat ovat AEG:n moottoria lukuunottamatta (Strömberg). Nostokoneella voidaan vain moottoria vaihtamalla päästä 600 metrin nostomatkaan. Hissikori-kappayhdistelmäksi tulee Salan valmistama DSL-kapalla varustettu yhdistelmä.

Nostokoneen teknillisiä tietoja:

Hyötykuorma	8 ton
Nostomatka max.	360 m (600 m)
Nostonopeus	6 m/s
Rummun \varnothing	2 300 mm
Nostoköysien lukumäärä	4 kpl
Nostoköysien \varnothing	32 mm
Vastapainon köysien lukumäärä	2 kpl
Vastapainon köysien \varnothing	n. 42 mm

Moottorin teho
Moottorin kierrosluku

440 kW
367 r/min

Maanalainen louhinta

Kuilunajon edetessä on avattu päätasot syvyyksille +125 ja +205. Seuraava taso eli pääkuljetustaso avataan syvyydelle +300. Sen jälkeen seuraa vielä kappalastaus- ja pumppuasema +320. Pumppaus tullaan suorittamaan kaksivaiheisena siten, että ylempi pumppuasema sijoitetaan tasolle +125 (kuva 9). Kuilu sijaitsee +125 tasolla n. 150 m:n ja +300 tasolla n. 300 m:n päässä malmin. Pitkien etäisyyksien takia on perien ajo aloitettava kaikilla kolmella päätasolla samanaikaisesti heti kuilun valmistuttua. Sen tähden on tasoille +125 ja +205 rakennettava väliaikaiset lastausasemat. Välittömästi perien valmistuttua alkaa kaatonousun ja osittain kulkunousujen ajo malmin eteläreunalle sen välittömään läheisyyteen. Maanalaisen louhinnan päästyä alkuun aloitetaan alimmalla päämalmin louhintatasolla +285 perien ajo sivumalmioihin (»Hauta», »Puro», »Suo» ja mahdollisesti »Leveäselkä»).

Louhintamenetelmä malmin yläosissa tulee todennäköisesti olemaan välitasolouhinta, mutta syvemmällä katto-puolen kaateen käydessä loivemmaksi on ehkä siirryttävä sorroslohintamenetelmiin. Sekä louhinnan että valmistavien töiden lastaus tullaan suorittamaan raiteetomana pyöräkuormaajilla.

Kaatonousua myöten eri tasoilla lastattavat kivet päätyvät nousun alapäähän sijoitettavalle murskaamolle. Murskaus maan alla tulee olemaan yksivaiheinen, kuten avolouhosaikana lohkaremurskaamolla. Murskattu kivi kuljetetaan + 300 tasolla 300 m pitkällä hihnakuuljettimella kuilulle, jonne ennen mittataskua louhitaan malmisäiliö.

Paineilma

Kompressoriasema on sijoitettu murskaamon kellariin ja perustukset valettu suoraan kallioon. Paineilman kulutus on vielä kuilunajon aikana varsin vähäistä. Nykyiset kompressorit antavat yhteensä 55 m³/min, mutta yleensä vain suurempi niistä on jatkuvasti käynnissä. Kompressorit ovat: Atlas Copcon ilma-vesijäähdytteinen ET-6, joka antaa 30 m³/min ja tsekkiläinen vesijäähdytteinen 3-DSK-350, joka antaa 25 m³/min. Maanalaisen valmistavien töiden ja louhinnan päästessä alkuun on todennäköisesti hankittava kolmas kompressori.

Henkilökunta ja tuotanto

Kaivososaston kokonaisvahvuudeksi maanalaisen louhinnan aikana on arvioitu n. 100 henkeä. Tällä hetkellä

avolouhoksen ja kuilunajon ollessa käynnissä on kokonaisvahvuus 50, jakautuen seuraavasti:

Virkailijat		
insinöörit	1	
työnjohto	5	
mittaus ja kartoitus	2	8
Työntekijät		
maan alla (kuilu)	16	
maan päällä	17	
nosto (kuilunajo)	4	
korjaus	3	
muut	2	42
Yht.		50

Kaivoksen malmin louhinta avolouhosaikana tulee olemaan n. 360 000 ton/vuosi. Samaan suuruusluokkaan nousee sivukiven louhinta määrän vaihdellessa jonkin verran eri aikoina. Maanalaisen louhinnan aikana tulee malmi epäpuhtaampana kuin avolouhoksesta. Sen määrä nousee n. 450 000 tonniin/vuosi.

Rikastamo

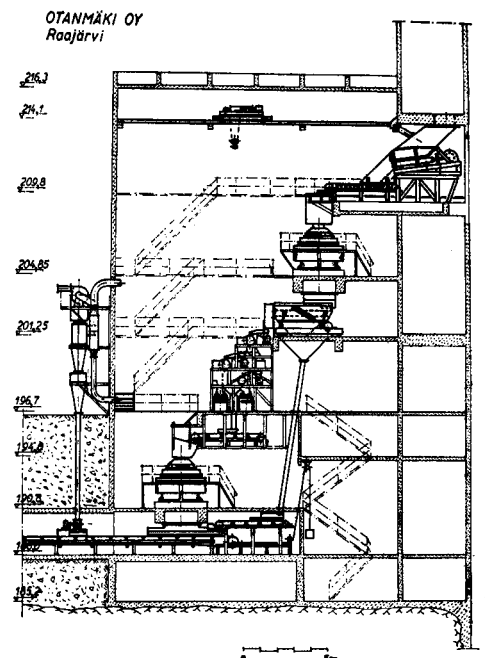
Dipl.ins. Matti Autio, Otanmäki Oy, Raajärvi

Rikastamo on suunniteltu tuottamaan n. 240 000 t magneettirikastetta vuodessa rautapitoisuuden ollessa yli 65 %. Lisäksi on varauduttu erottamaan tarpeen mukaan kappalemalmia, jonka raesuuruus on 65 % + 15 mm ja rautapitoisuus n. 50 %. Tuotanto edellyttää avolouhosvuosina n. 360 000 t vuosilouhintaa.

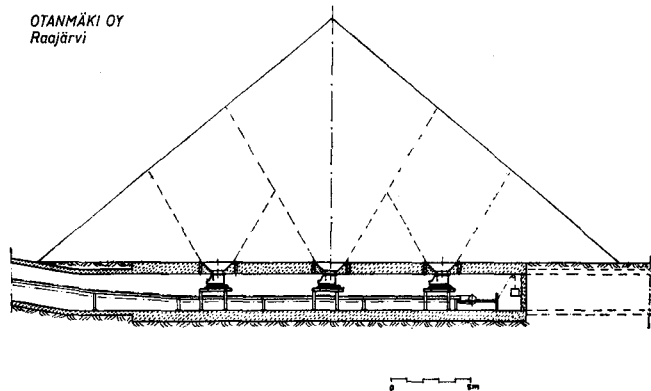
Murskaus

Hienomurskaamo (5 300 m³) on rakennettu tornin yhteyteen. Konesijoitusta esittää kuva 13. Tornisiiloon nostettu esimurskattu malmi syötetään Weserhütte-pöytäsyöttimellä (1 000 × 3 500 mm) ja hihnakuuljettimella itä-saksalaiseen kartiomurskaimen (1 750 Ø × 250 mm). Murske seulotaan Wedagin kaksitasoseulalla (1 000 × 3 000 mm), jonka läpäissyt hieno osa (— 20 mm) putoaa avokasaan vievälle kuuljettimelle. Seulalle jääneestä malmista erotetaan magneettinen aines edelleen murskattavaksi 1 750 Ø × 85 mm kartiomurskaimessa. Se voidaan myös tarvittaessa siirtää kuuljettimellä varastoon kappalemalmia.

Lopulliseen hienouteen murskattu malmi varastoidaan murskaamon ja rikastamon välissä olevaan kasaan (kuva 14), johon mahtuu sen täytenä ollessa n. 14 000 t malmia. Kasan syöttökuuljettimelle putoaa myös kahden van Tongeren-syklonin murskaamoilmasta imemä pöly. Murskaamo on toiminnassa arkisin kahdessa vuorossa. Käytön hoitaa 1 mies vuorossa.



Kuva 13. Murskaamo
Fig. 13. Crushing plant



Kuva 14. Malmin välivarasto

Fig. 14. Ore storage

Rikastus

Rikastamo käsittää 3 rakennusosaa: lähinnä malmikasaa on yhdistetty muuntamo-laboratoriosiipi (900 m³), seuraavana varsinainen konehalli (6 800 m³) ja viimeisenä kuivaamorakennus (2 100 m³). Laboratorion ja konehallin välillä on ääntäeristävät väliseinät ja liikuntarako. Rakennusten ja samalla myös hallin konesijoitus selviää kuvasta 15.

Malmi syötetään kasasta hihnasyöttimillä tankomyllyyn vievälle kuljettimelle. Mylly on Wedagin valmistetta mitoiltaan 2 200 Ø × 3 600 mm ja nopeudeltaan 60 % kriittisestä. Vuoraus on rengassegmenttejä lukuunottamatta Ni-Hardia. Malmi jauhetaan 3" tangoilla alle 2 mm raesuuruuteen ja pumpataan 4" Vasa-pumpulla etuseparointiin, jonka suorittavat kahdessa rinnakkaisessa ryhmässä olevat Salan 600 Ø × 1 700 mm vahvakenttäiset myötävirtaerottimet. Tässä vaiheessa rautapitoisuus nousee 50 %:sta 60 %:iin.

Eturikaste pumpataan 4" Vasa-pumpulla Machinexportin 2 700 Ø × 3 600 mm kuulamyllyyn, jonka nopeus on 75 % kriittisestä. Vuoraus on puu- ja Ni-Hard-palkeista koottu, jauhinkappaleina 1 1/4" Ni-Hard-kuulat. Kuulamyllyn tuote (40 % —200 mesh) pumpataan 4" Vasa-pumpulla hienoseparointiin, jonka muodostavat kahdessa piirissä olevat 1 kpl Salan normaalikenttäinen vastavirtaerotin + 3 kpl Rheinhausen 400 Ø × 1 400 mm sähkömagneettierottimia. Rautapitoisuus nousee 66 %:iin. Viimeisten erotinten sakeuttama liete suodatetaan kahdessa Salan 2 400 Ø × 3 100 mm rumpusuoti-

messa 7 %:n kosteuteen. Imukoneina ovat 2 kpl Nash H-8 ja suodosvesi piostetaan Salan SPS-200 suodospumppuilla. Rikaste siirretään hihnakuljettimilla joko suoraan tai kuivausrummun kautta radan varressa olevaan kasaan.

Hienoseparoinnin jäte pumpataan 6" Vasa-pumpulla 20 m Ø sammioon, jonka automaattinostolla varustettu koneisto on Raabe Oy:n valmistama. Sammion ylittevesi yhdessä avolouhoksesta pumpatun kaivosveden kanssa käytetään magneettierotinten huuhteluvetenä. Alite sa-moin kuin kaikki rikastamon lattialle valuvat vedet nostetaan Serlachius Oy:n OK-80 kuoppapumpulla kontrollierottimeen, jonka antama rikaste yhdistetään eturikas-teeseen ja jäte pumpataan yhdessä karkean etujätteen kanssa jätealtaaseen.

Tehtaan kapasiteetti on avolouhosaikana n. 45 t/h josta saadaan n. 30 t/h rikastetta magnetiitin saannin ollessa yli 99 %. 2 miestä vuorossa hoitavat rikastamon ja kuivaamon käytön.

Kuivaus

Talvellakin tapahtuvan kuljetuksen mahdollistamiseksi kuivataan rikaste 2—3 % kosteuteen puolalaisessa 2,2 Ø × 15,4 m rumpukuivaimessa, jossa rikaste kulkee kuivauskaasuja vastaan. Kuivauskaasukehitin tehoaltaan 5 000 Mcal/h, polttoöljyn käsittelylaitteet sekä savukaasujen puhdistukseen tarkoitettu venturi ovat A. Ahlström Oy:n toimittamia.

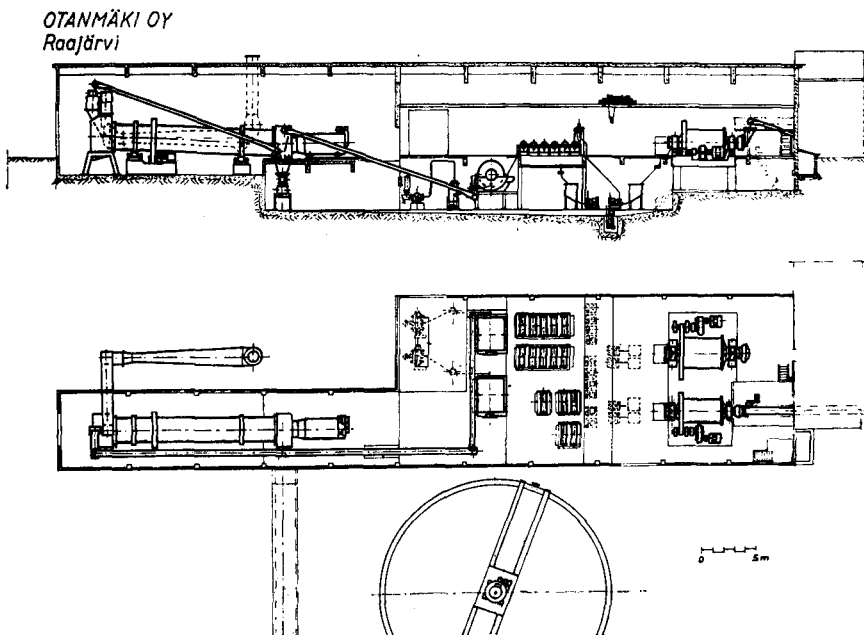
Laboratorio

Koska malmin ainoa talteen otettava arvomineraali on magnetiitti, suoritetaan käytön tarkkailu ja rikasteen laadun valvonta magneettisen analysaattorin avulla. Laajempi kemiallinen analyysi tehdään puolikuukausittain lähetetystä rikasteesta. Työn hoitaa 1 laborantti.

Henkilökunta

Osaston kokonaisvahvuus on 15 jakautuen:

- 1 insinööri
- 1 työnjohtaja
- 1 laborantti
- 8 rikastamon käyttömiestä
- 2 murskaamon käyttömiestä
- 1 huoltomies
- 1 päivämies



Kuva 15. Rikastamo ja kuivaamo

Fig. 15. Concentrating and drying plant

Summary: The Raajärvi Mine

Raajärvi is situated in the north of Finland about 50 km east of Rovaniemi by the Arctic Circle.

The ore was found by means of aeromagnetic methods 1958. Core drilling has indicated about 6,2 million tons of ore containing about 2/3 magnetite.

Construction and installation began in autumn 1961 and test running of plants in autumn 1964. The building volume of industrial area is about 40 000 m³ and that of residential area about 11 500 m³. A part of the total 1 million m³ overburden volume transported from open pit, was used to build the dams of two tailing ponds with 16 and 25 hectares of area. A 13 km road and railway connect the mine with Misi junction.

Fresh water is supplied by pumping station some 2,5 km away from mine using ground water. 3 000 l/min is enough because mill uses circulating water in magnetic separation.

Electricity comes to the mine by a 45 kV line. Distributing voltage is 20 kV and working voltage 400 V.

There are 33 family apartments and a house for bachelor lodging in the residential area.

The number of personnel is to-day 164 from which 18 % are office and technical staff.

Raajärvi has been planned to produce about 240 000 concentrate yearly. The Fe-content of concentrate will be over 65 %. If needed, lump ore can also be produced. The known ore reserves will last 12—15 years. The total production is treated in the metallurgical plant of Rautaruukki Oy in Raahé.

On the geology of Raajärvi mine area

The Misi iron ore province consists of Na-rich intrusive rocks like gabbro, sheared amphibolite, albite gabbro and albitite with small co-magmatic iron ore bodies together with serpentinite and other ultrabasic rocks. The occurrence of scapolite in basic rocks is common. Thus the rock sequence represents an association of spilitic nature. Metamorphic sedimentary rocks form narrow belts among intrusive rocks.

The Raajärvi ore field is situated in the middle of this province. Between two gabbro plutons there is an east-western belt of quartzite and dolomite as well as several bodies of albitite and iron ore in serpentinite (fig. 6). The main ore bodies in the open pit, where mining begins, are irregular in form and situated north of the dolomite horizon. Serpentinite and tremolite-chlorite rocks are enveloping the ore bodies (figs. 7 and 8). The ore is somewhat martitized magnetite ore (fig. 10) with serpentine and tremolite or chlorite as main gangue minerals. Iron content is about 52 %, P = 0,2 %, S = 0,3 %, V = 0,1 % and TiO₂ = 0,5 %.

The Mine

During the first three years ore will be mined from open pit. Ore is drilled mainly with Air-Track and blasted with ammonium nitrate explosives. Loading is done with excavator and traxcavator. Rock is trucked to waste dumps and ore to jaw crusher 900 mm × 1 200 mm, which gives a product under 200 mm.

Shaft sinking is now in the depth of 221 m and will be continued down to 350 m. There will be three main levels. The necessary transport and dump raises will be driven in the vicinity of the ore body (fig. 9). Mining method will probably be both sub-level stoping and sub-level caving, in the upper and lower parts of orebody respectively. Hoisting of ore will be done with 8 ton rope-guided DSL-skip.

Production rate during open pit stage is 360 000 tons per year and will be 450 000 tons per year from the underground mine.

The Mill

The ore is crushed in cone-crushers and conveyed to ore storage. Between the two crushing stages cobbles separate gangue from magnetite ore.

Crushed ore is ground in 7' × 12' rod mill to —2 mm fineness and treated in roughers. Concentrate is further ground in 9' × 12' open-circuit ball mill and treated in finishers. Final concentrate assays over 66 % Fe and 40 % —0,074 mm. It is filtered and during winter time dried and shipped daily by rail.

**Vuorimiesyhdistyksen vuosikokous pidetään
maaliskuun 26 p:nä 1965.**

Malmisiilorakenteiden kuormituksesta

Dipl.ins. Jukka Vuorinen, Imatran Voima Oy, Helsinki

Outokumpu Oy:n Pyhäsalmen ja Keretin kaivostornien yhteyteen rakennetuissa teräsbetoniseinäisissä malmisiiloissa todettiin vuodesta 1961 alkaen pääasiassa pystysuorien halkeamien esiintymistä, minkä aiheena olleet tekijät eivät käydyissä neuvotteluissa tulleet selvitettyiksi. Halkeamien vuoksi suoritettiin vuonna 1962 Keretin siilon vahvistustyö esijännitysteräksiä käyttäen ja samoihin aikoihin ryhdyttiin Pyhäsalmen seuraamaan siilohalkeamien kehitystä suorittamalla niiden mittausta ja kartoitusta. Myöhemmin saattaa sielläkin tulla kysymykseen siilon vahvistaminen sopivalla tavalla.

Jotta tällaisista syistä aiheutuvat korjaustyöt saataisiin vastaisuudessa vältetyiksi suoritettiin Outokumpu Oy:n toimeksiannosta selvitys siiloille tulleiden todellisten kuormitusten ja muiden halkeamamuodostukseen mahdollisesti vaikuttaneiden syiden selvittämiseksi. Koska ko. selvitystyön tuloksilla ilmeisesti on yleisluontoistakin arvoa ja mielenkiintoa, on Outokumpu Oy suostunut tulosten saattamiseen Vuorimiesyhdistyksen jäsenten tietoon. Alempana esitetään tutkimuksen pääkohdat pitäen taustana siilojen suunnittelun yleisiä periaatteita. Varsinaiset tutkimustulokset on saatu laboratorikokeista, jotka on suoritettu Oulujoki Osakeyhtiön betoni- ja geoteknisessä laboratoriossa Muhoksella käyttäen sinne lähetettyjä näytteitä Keretin ja Pyhäsalmen kaivosten malmimurskeesta.

Malmisiilon suunnittelutyö voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

1. Malmimurskeen geoteknillisten perusominaisuuksien määrittäminen laboratorikokeilla:

- tilavuuspaino (= märkätiheys)
- sisäinen kitkakulma φ (tai $tg\varphi$)
- koheesio

2. Ulkonaisten olosuhteiden mahdollisten vaikutusten selvittäminen tai arviointi:

- lämpötilavaihtelujen merkitys (mm. jäätyminen)
- tärinän mahdollinen esiintyminen ja vaikutus
- siilon täyttö- ja tyhjennysnopeuden merkitys
- tyhjennysluukkujen sijainnin merkitys, yms.

3. Siilorakenteeseen vaikuttavan paineen (kuormituksen) arviointi em. lähtöarvoihin perustuvien laskelmien avulla.

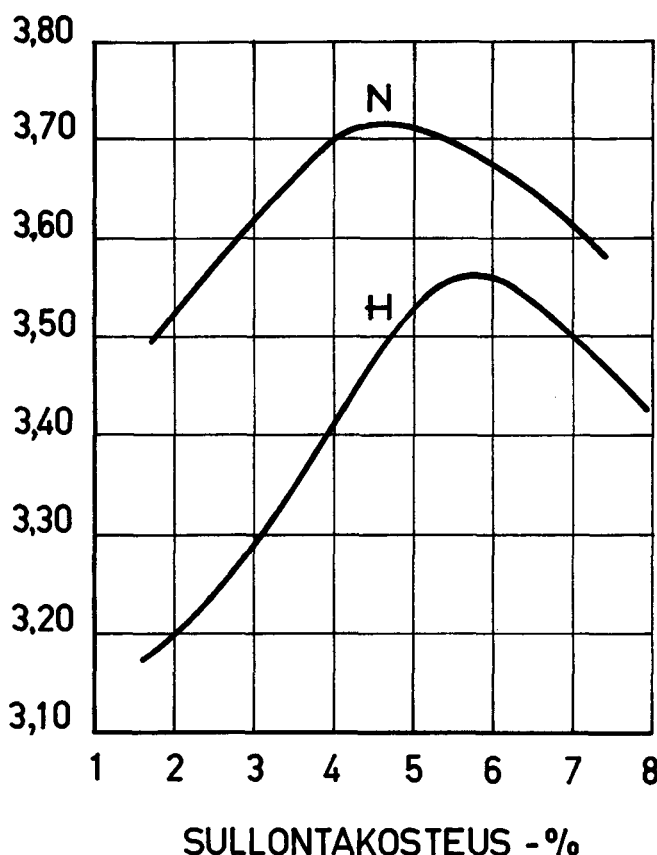
4. Siilorakenteiden varsinaiset lujuuslaskelmat ja yksityiskohtien suunnittelu (työpiirustukset)

Seuraavassa käsitellään vain malmimurskeen ominaisuuksien tutkimista eli edellä esitettyjä ryhmiä 1. ja 2.a). On sinänsä luonnollista, että jonkin aineen siilovarastointia suunniteltaessa on ensi työksi otettava selvää ko. aineen (malmimurskeen) ominaisuuksista. Tässä käytettävät laboratorimenetelmät ovat — jäätymistutkimuksia lukuunottamatta — melko yksinkertaisia rutiinikokeita, joita yleisesti käytetään esimerkiksi maapatojen suunnittelun ja rakentamisen yhteydessä.

Malmimurskeen tilavuuspaino eli märkätiheys on sen geoteknillisistä ominaisuuksista ensimmäisellä tilalla. Märkätiheys tarkoittaa tiheyden eli tilavuuspainon arvoa silloin kun murskeen sisältämän veden paino on otettu mukaan. Kysymyksessä on siten kokonais- eli tehollinen tiheys. Kuvassa 1 on esitettyä eräitä tietoja Pyhäsalmen malmimurskeen tiheystutkimuksista.

MÄRKÄTIHEYS

γ kg/dm³



Kuva 1.

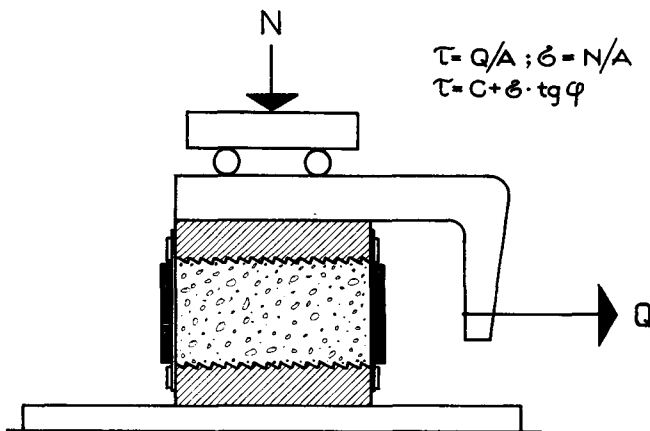
Tiheyсарvoja määrättäessä käytetään tavallisesti sullonta-astiaa, joka on sylinterimäinen, halkaisijaltaan 10 cm ja korkeudeltaan 12 cm. Tällainen astia täytetään neljässä kolmen sentin kerroksessa ja kutakin kerrosta sullotaan määrättyllä tavalla. Kuvassa 1 kirjain N tarkoittaa niin sanottua normaalisullontaa, joka merkitsee, että kutakin kerrosta kohti annetaan 25 iskua 2,5 kg:n painoisella sulloimella, joka pudotetaan 30 cm:n korkeudelta. Kirjain H tarkoittaa heikkoa sullontaa, jolloin sullontateho on viides osa edellisestä, iskuluku 25:n asemasta vain 5. Sullonnan jälkeen suoritetaan punnitseminen, sullontastian tilavuus tiedetään, paino tiedetään punnitsemisen jälkeen, ja näistä saadaan lasketuksi tilavuuspaino eli märkätiheys.

On selvää, että aineen ominaispaino on yhtenä osatekijänä tiheyden arvossa. Tuskin tällä kohtaa on koskaan ollut mitään epäselvää kaivosmiehille. Sen sijaan kosteustilan, rakeisuuden ja sullontatehon vaikutukset asiaan ovat ehkä hiukan vieraampia. Näiden kaikkien vaikutus tulee esille tässä käyrässä sillä tavalla, että määrättyä sullontatehoa käyttäen tietty kosteustila, jota sanotaan optimikosteudeksi, johtaa suurimpaan tiheyteen. Tässä tapauksessa normaalisullonnalla saadaan suurin tiheys, kun kosteus on noin 4,5 %, ja se ylittää silloin 3,7 kg/dm³.

Kun sullontatehoa vähennetään, siis siirrytään käyrästä N käyrään H, niin optimikosteus on suurempi, se on tällä kertaa n. 6%, suurin märkätiheys pienenee, mutta ei kuitenkaan kovin ratkaisevassa määrin. Tästä käy selvästi ilmi, että sullontateho ja kosteus yhdessä määräävät maksimitilavuuspainon (maksimitiheyden). Jos sullontatehoa vielä nostetaan käyrää N vastaavasta määrästä esim. tärytystä käyttäen, niin voidaan päästä vielä korkeampiin tilavuuspainon arvoihin. Jos sullontatehoa vähennetään arvosta H, päästään jonkun verran alempiin tilavuuspainon arvoihin. Näin malmin kosteus yhdessä todennäköisen sullontatehon kanssa määrittelee sen tiheyden, mihinkä todellisuudessa eli käyttöolosuhteissa tullaan.

Pyhäsalmen tapauksessa oli suunnittelijalle annettu märkätiheyden arvo $2,2 \text{ kg/dm}^3$, jota näin tuli käyttää malmisiilon suunnittelussa, kun todellinen arvo on $3,7 \text{ kg/dm}^3$ taikka ainakin jossakin välillä $3,5 \dots 3,7$. Jos otaksutaan esim. $\gamma = 3,65$, niin saadaan tulokseksi 65 % ylitys siilorakenteen arvioidussa rasituksessa. Tämä ei tietenkään ole voinut olla ilman vaikutusta. Mitä tulee Keretin malmiin, siellä on suunnitteluarvona käytetty $\gamma = 1,833 \text{ kg/dm}^3$. Todellinen arvo samaan tapaan määrättyinä kuin Pyhäsalmen kohdalla on $2,95 \text{ kg/dm}^3$, jolloin lisäys suunnitteluarvoon nähden on 60 %.

On tietysti mielenkiintoista pyrkiä selvittämään myös sitä, mistä syystä ja miten on voinut tulla näinkin suuri eroavaisuus perusolettamukseen. Tähän ei riitä selitykseksi se, että käsikirjoissa on joitakin lukuja annettuna. Voitanees esittää sellainen käsitys, että malmimurskeen ominaispaino on todennäköisesti ollut tunnettuna, mutta sen sijaan rakeisuuden ja sullonnan vaikutus tilavuuspainoon on jäänyt liian vähälle huomiolle. Jos joku aines, kiviaines tai malmi on tasarakeista, niin siihen tietysti jää ilmatilaa runsaasti rakeiden välille. Likimäärin voidaan sanoa, että tasarakeisessa murskeessa on ainoastaan puolet todellisesta kokonaistilavuudesta malmia ja toinen puoli on ilmaa. Silloin siis tullaan huomattavasti alempiin tiheyden arvoihin. Tässä tapauksessa ominaispainoarvo on $= 4,43$ Pyhäsalmen kohdalla, kuva 1, sen ollessa Keretin kohdalla $= 3,55$. Jos näistä otetaan 50 %, silloin tullaan suurin piirtein niihin arvoihin, jotka on annettu suunnittelijalle. Tämä lienee melko lähellä oikeaa selitystä. Mitä tulee taas märkätiheyden merkitykseen siilopaineessa, niin tiheyden muutos vaikuttaa aivan suoraan viivaisesti, toisin sanoen, jos märkätiheys lisääntyy 60 %, niin siilon kuormitukset ja rasituksen lisääntyvät myös tasan 60 %.

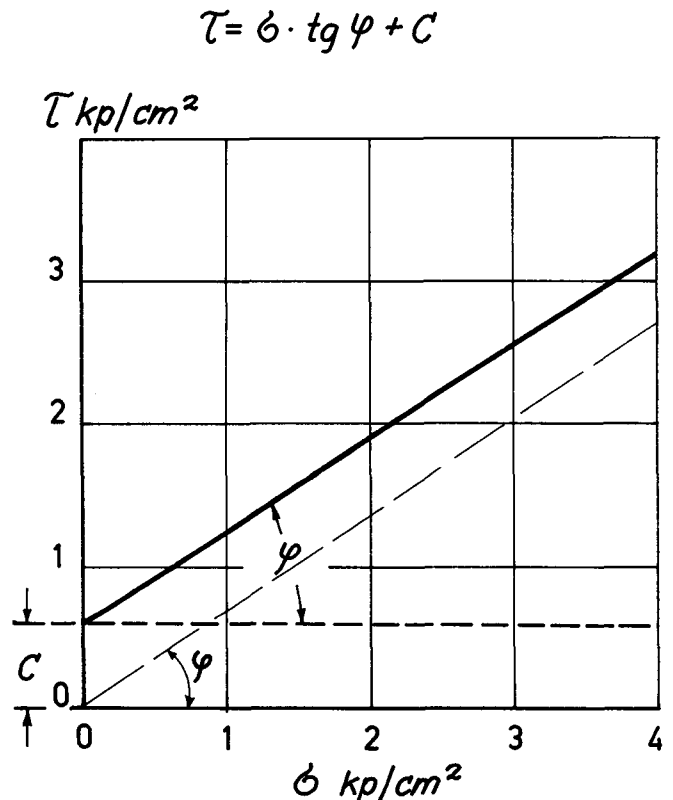


Kuva 2.

Toisena tärkeänä geoteknillisenä ominaisuutena on malmimurskeen leikkauslujuus. Se onkin sellainen rakeisen aineen ominaisuus, jolla on aivan keskeinen asema kaikessa maanrakennusmekaniikassa ja siihen liittyvissä asioissa. Kuva 2 osoittaa periaatteessa, miten leikkauslujuus määrätään laboratoriokokeella. Siinä on tässä tapauksessa käytetty 15 cm läpimittaista ja 6 cm korkuista lieriötä; lieriön muodostavat päällekkäiset renkaat ja tästä rakenteesta johtuen se siis pääsee vapaasti muuttamaan muotoaan. Sekä ylälevy että alalevy ovat hammas-tetut, joten näyte tarttuu hyvin kiinni näihin levyihin. Sitä on mahdollisuus kuormittaa pystysuoralla voimalla N, joka on ns. normaalivoima ja vaakasuoralla voimalla Q, joka on leikkausvoima. Lieriön sulletaan näyte aivan samoin kuin tilavuuspainotutkimuksen yhteydessä. Itse kokeessa asetetaan määrätty normaalivoima (vakiomääräisenä) vaikuttamaan. Käsillä olevassa tutkimuksessa on käytetty neljää normaalivoiman arvoa nimittäin: $0,75$; $1,5$; $2,5$ ja $4,0 \text{ kp/cm}^2$. Sitten suoritetaan leikkaus, siis lisätään voimaa Q siksi kunnes saadaan murtuminen näytteessä. Murtuminen tässä yhteydessä on hiukan suhteellinen käsite, minkä takia siihen on jouduttu ottamaan eräänlainen kanta. Tavallisesti lasketaan murtumatilanne saavutetuksi silloin, kun suhteellinen muodonmuutos on $= 0,15$, toisin sanoen vaakasuora siirtymä on 15 % näytteen korkeudesta. Toisinaan murtuma voi tulla melko selvästi näkyviin, mutta em. määritelmää joudutaan kuitenkin yleisesti soveltamaan.

Kun koe on saatu suoritetuksi murtoon saakka, niin voidaan laskea sekä τ :n arvo (leikkauslujuus), joka on leikkausvoima jaettuna näytteen pinta-alalla, kuten myös σ :n arvo (normaalijännitys), joka on normaalivoima N jaettuna pinta-alalla. Näiden välinen yhteys näkyy seuraavasta kaavasta: $\tau = C + \sigma \cdot \text{tg } \varphi$

Kuvassa 3 on esitettyä periaate leikkauskokeiden tuloksista. Leikkauslujuuden kaava on sama kuin edellä.



Kuva 3.

Kun tällaiseen akseliristiin piirretään kokeen tulokset, saadaan tässä tapauksessa neljä pistettä, siis vaaka-akselilla $\sigma = 0,75; 1,5; 2,5$ ja $4,0$. Kuvasta 3 on ko. pisteet jätetty merkitsemättä. Kutakin em. pistettä vastaa tietty kokeessa saatu $\tau:n$ arvo. Yleensä tässä tutkimuksessa on mainitut neljä pistettä saatu hyvin kauniisti suoralle viivalle. Tämän suoran viivan ominaisuuksiin kuuluu, että sillä on eräs kaltevuus, joka on tässä merkitty φ :llä, ja että sillä on eräs leikkauspiste vertikaaliakselin kanssa, jonka kohdalla on $\tau = C$. Merkintä tarkoittaa sisäistä koheesiota, siis eräänlaista koossapysyvyyttä, ja φ on sisäisen kitkakulman arvo.

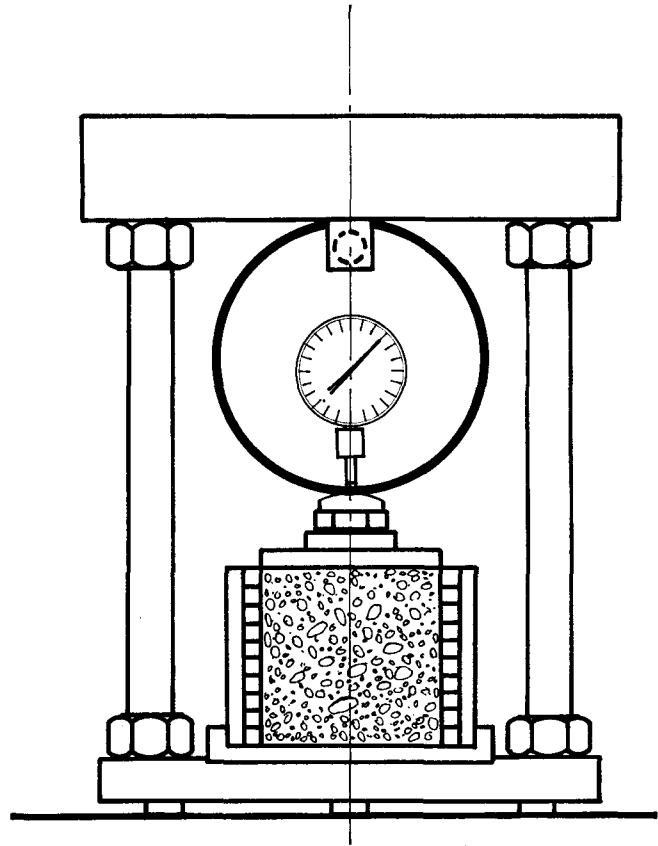
Maalajien kuten myös malmimurskeen lujusominaisuudet voidaan helposti esittää näiden kahden muuttujan avulla. Mikäli aines on sellaista, että $C = 0$, sitä edustaa kuvaan 3 merkitty ohut katkoviiva kaltevuudessa φ , niin puhutaan puhtaasta kitkamaalajista, jossa ei siis ole koheesiota ollenkaan. Mikäli taas saadaan tulokseksi vaakasuora katkoviiva korkeudella C , on kysymyksessä puhdas koheesiomaalaji, jossa kitkan vaikutusta ei ole ollenkaan. Yleensä suurin osa maalajeista on jostain siltä väliltä. Niin on malmimurskekin, sillä se on oikeastaan kitkamaalajia, mutta sillä on kuitenkin eräs määrä koheesiota. Koheesion osuus on malmimurskeella kuitenkin melko pieni, kitkakulma on yleensä suuruusluokkaa 30° tai yli. Mitä pienempi kitkakulma on, sitä pienempää lujutusta voidaan odottaa eri olosuhteissa. Tähän sisältyy samalla se seikka, että jos kitkakulma on pienempi kuin laskelmissa oletettu, niin todelliset paineet ovat suurempia kuin laskelmilla saadut.

Käsillä olevissa tapauksissa oli suunnittelijalle annettu kitkakulman arvoiksi $\varphi = 40^\circ$ sekä Pyhäsalmen että Keretin kohdalla. Todellinen kitkakulman arvo voidaan Pyhäsalmen kohdalla todeta olevan noin $\varphi = 33^\circ$ ja Keretin kohdalla hiukan suurempi eli noin $\varphi = 33,5^\circ$. Siinä on siis eroa noin 7° epäedulliseen suuntaan. Vielä on todettava, että laboratoriokokeissa on saatu aikaisemmin annettulla kahdella sullontatavalla seuraavat pienimmät kitkakulman arvot: Pyhäsalmen kohdalla 29° ja Keretin kohdalla hiukan yli 29° . Siilopainetta lisäävä vaikutus on tällä kohdalla noin 30 %, ellei koheesion vaikutusta oteta huomioon.

Tässä on siis verrattain suurista prosenteista aina kysymys. Toisaalta on suunnittelijan laskelmissa lähdetty siitä, että malmimurskeessa ei ole koheesiota, ja se puolestaan antaa lisävarmuutta. Todellinen koheesion arvo Pyhäsalmen malmissa on noin $1,6$ tonnia/ m^2 ; Keretin malmissa se on hiukan suurempi eli noin 2 tonnia/ m^2 .

Koheesion vaikutus siilopaineisiin on likimain sama kuin siilon korkeuden pieni vähennys. Tässä tapauksessa voidaan aivan karkeana vihjeenä sanoa, että siilon tehollinen korkeus on suurin piirtein metreissä saman verran pienempi kuin mitä koheesio on tonnia/ m^2 .

Edellä esitetyissä tutkimuksissa on siis jo tullut esille riittävästi selitystä siihen, että siilokuormat ja rasitukset siilorakenteissa ovat ylittäneet laskelmissa käytetyt, ja että halkeamien syntyminen on voinut tapahtua. Kuitenkaan selvityksiä ei ole haluttu rajoittaa yksistään tähän, vaan lisäksi on tutkittu, mitä mahdollisuuksia malmimurskeen jäätymisellä olisi voinut olla siilopaineita lisäävänä tekijänä. Kuva 4 osoittaa tällöin käytettyä koejärjestelyä. Malmin jäätyessään aiheuttaman paineen mittaaminen on hiukan hankala asia. Se ratkaistiin käyttämällä näytettä, jonka halkaisija on 10 cm ja korkeus 10 cm, sijoitettuna renkaastiaan. Tällä kertaa on renkaita käytetty siitä syystä, että kun malmi jäätyy, niin se samalla jäätyy kiinni renkaaseen, mutta renkaastia pys-



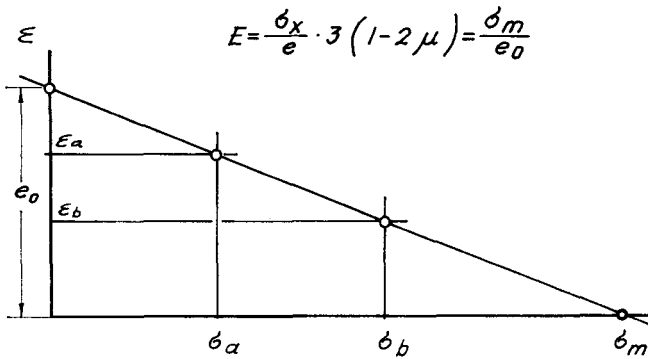
NÄYTE : $\varnothing 10 \times 10$ cm

Kuva 4.

tyy silloin sallimaan liikkeen (laajenemisen) ylöspäin, mutta ei sivulle päin. Koko muodonmuutos saadaan silloin ylöspäin ja voidaan mitata sopivaa järjestelyä käyttäen kuten kuvasta 4 ilmenee.

Painemittaus tulee tässä hoidettua samalla kun laajenemismittaus. Laitteessa on mittausrenkas, joka estää vapaan jäätymislaajenemisen, mutta kuitenkin sallii erään liikkeen, jolloin tämä liike tapahtuu niin pitkälle, että tasapainoasema saavutetaan. Renkaassa muodostuu vastajännitys, joka pysäyttää laajenemisliikkeen. Tämä muodonmuutos voidaan lukea mittakellosta, ja kun mittarenkas on kalibroitu, tiedetään myös muodonmuutosta vastaava voima (jännitys). Tällä tavalla voidaan siis taas käyttämällä samanlaisia sullontamenetelmiä ja samanlaisia näytteitä kuin aikaisemmin selostetuissa kokeissa saada tutkittava malmi samoissa olosuhteissa myöskin jäätyiskokeeseen. Mittausrenkaina käytettiin kahta, jotka olivat jäykkyydeltään erilaisia. Toisin sanoen jäätymislaajeneminen voitiin pysäyttää joko aikaisemmin tai myöhemmin riippuen voimarenkaan (mittausrenkaan) jäykkyydestä. Myös suoritettiin eräitä mittauksia pelkästään mittakellon avulla, toisin sanoen jäätyminen ollessa vapaa ilman kuormitusta.

Kuvasta 5 ilmenee käytetyn laskutavan periaate. Siinä muodonmuutos on merkitty ϵ :lla ja jännitys σ :lla. Jännitys on silloin laskettu näytteen poikkipinta-alaa käyttäen (kp/cm^2). Kukin tällainen piste (ϵ_a, σ_a) ja (ϵ_b, σ_b) on siis sellainen tasapainoasema, johon jäätyminen pysähtyy, kun vastavoima on kasvanut riittävän suureksi. Tämän pisteen paikka riippuu renkaan jäykkyydestä. Jos jäätymislaajeneminen on kokonaan estetty, niin tullaan



Kuva 5.

arvoon $\varepsilon = 0$, $\sigma = \sigma_n$; jos taas jäätyminen on täysin vapaa, niin tullaan arvoon $\sigma = 0$ ja $\varepsilon = e_0$.

Eräiden kaavoilla suoritettujen laskutoimitusten jälkeen tullaan siihen lopputulokseen, että jäätyvän malmin kimmomoduli saadaan lasketuksi näistä havainnoista, kun on ensin määritelty σ_n :n ja e_0 :n arvot. Silloin on saatu tulokseksi, että kimmomoduli jäätyvässä malmissa on suuruusluokkaa 500 kp/cm² Pyhäsalmen malmissa ja 400 kp/cm² Keretin malmissa. Tietenkin kokeissa pyrkii esiintymään hajontaa, etenkin tällaisessa varsin poikkeuksellisessa kokeessa. Mitä tulee jäätymlaajenemaan, niin se on Pyhäsalmen malmissa noin 0,7 % ja Keretin malmissa noin 1 % tilavuuden mukaan, joten aikaisemmin todettu Keretin malmin suurempi koheesio näkyy myöskin suurempana jäätymlaajentumana. Siinä on siis hiukan enemmän hienoja aineksia kuin Pyhäsalmen malmissa.

Kun tarkastellaan jäätymlaajeman vaikutusta siilopaineeseen, niin siinä joudutaan laskemaan kahden sisäkkäisen sylinterin välisiä jännitystiloja, jolloin sisempi

sylinteri laajenee, ja ulompi sylinteri säilyy ennallaan tai saa ainoastaan jännityksestä johtuvan kimmouden muodonmuutoksen. Koska betonin kimmomoduli on suuruusluokkaa 300 000 kp/cm² näissä tapauksissa, ja malmin kimmomoduli on 500 kp/cm², niin tässä yhteydessä voidaan betonin kimmomoduli jättää kokonaan huomioon ottamatta ja laskea ainoastaan jäätyvän malmin kimmomodulin avulla. Silloin jää vielä muuttujaksi jäätyvän ja laajenevan malmirenkaan paksuus. Jos oletetaan, että jäätyvä malmikerros on noin metrin paksuinen, renkaan muotoinen osa siilon sisällä, niin painelisäys tulee olemaan noin 1,5 . . . 2 tonnia/m². Jos taas paksuus on vain noin 0,5 m. niin paineen lisäys putoaa myöskin puoleen eli likimäärin arvoon 0,7 . . . 1 tonnia/m². Tästä siilopaineisiin aiheutuva lisä, jota ei ole myöskään suunnitelluissa voitu ottaa huomioon, on verrattain vaatimaton aikaisemmin edellä esitettyihin verrattuna. Se vastaa noin 10 %, mahdollisesti 15 % lisäystä. Lisäksi oli todettavissa, että halkeamien runsaus Pyhäsalmen siilossa ei ollut suurimmillaan sillä alueella, missä jäätymisvoima todennäköisesti vaikutukseltaan oli tehokkain. Näin ollen jäätymlaajeneman vaikutusta halkeamien syntymisessä voidaan pitää melko kyseenalaisena ja epätodennäköisenä.

Edellä selostetut tutkimukset ja selvitykset ovat varsin selvästi tuoneet esille Keretin ja Pyhäsalmen malmsiilojen halkeamamuodostuksessa vaikuttaneen perussyyn. Voidaan todeta, että malmimurskeen ominaisuuksista riippuvat rasitukset on arvioitu liian pieniksi, joten siilojen rakenteellinen lujuus ei ole täysin vastannut todellisia rasituksia. Lopuksi voitane vielä esittää kysymys: Mitä tästä on opittavissa ja päätettävissä? Vastaus on selvä ja yksinkertainen: Siiloon varastoitavan aineksen (malmimurskeen) todelliset ominaisuudet on näytteitä käyttäen suoritetuilla laboratoriotutkimuksilla selvitettävä, jotta suunnittelija saisi käytettäväkseen siilosuunnittelussa tarvittavat perustiedot.

Malmisiilon mitoituksesta

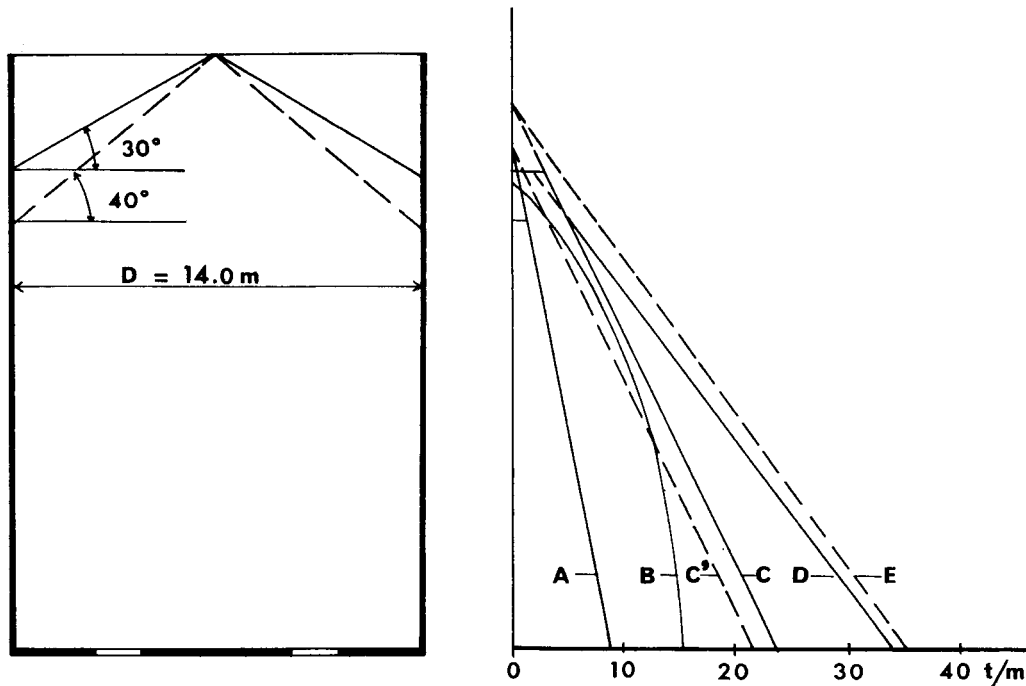
Dipl.ins. Toivo Pöysälä, Insinööritoimisto Pöysälä & Sandberg, Helsinki

Malmisiilon mitoitukseen vaikuttavista tekijöistä mainittakoon seuraavat: Malmimurskeen geotekniset ominaisuudet, joihin vaihtelua antaa mm. kosteusaste ja aika. Säiliön muoto, lähinnä korkeuden ja poikkipinta-alan suhde. Ulkoiset häiriötekijät, kuten murskaimien aiheuttama värinä rakenteessa, joka voi muuttaa murskeenkin geoteknillisiä ominaisuuksia, ulkoilman lämpötilan vaihtelut, massan jäätyminen jne. Tärkein tekijä on tietysti ensiksi mainittu eli itse malmimurske, jonka ominaisuuksista olemme ins. Vuorisen esityksestä saaneet yksityiskohtaisen kuvan. Merkillepantavaa on erittäin malmimurskeiden suuri märkätiheys ja eri kaivoksilta otettujen näytteiden erilaisuus. Märkätiheys vaihtelee 2,5—3,7 ja sisäinen kitkakulma 29°—38° Tämä merkitsee sitä, että

jo yksinomaan näiden kahden ominaisuuden vaikutus murskeen aiheuttamaan sivupaineeseen vaihtelee suhteessa 1:2. On siis ensiarvoisen tärkeätä, että rakennussuunnittelija saa oikeat numerot käytettäväkseen.

Toisena tekijänä tuli mainittua säiliön muoto, tarkemmin sanottuna, on kysymys siitä, lasketaanko sivupaine jonkun siiloteorian mukaan vai tavallista maapaineteoriaa käyttäen. Maanpaine suurenee suoraviivaisesti korkeuden funktiona, jos on kysymyksessä tavallinen maanpaine. Siilopaine on parabolinen käyrä, kuvassa käyrä B, joka tangeeraa lopullansa luotisuoraa, se on siis korkeammassa siiloissa ja syvemmällä vakio.

Siilopaine perustuu siihen, että massan ja säiliön seinän välillä on olemassa kitkaa ja massalla leikkauslujuus.

Malmisiilo, halkaisija 14.0 mEri menetelmien ja otaksujen mukaan laskettuja sivupainekäyriäMaanpaineteorian mukaan:

A. $f = 40^\circ$, $\gamma = 2.2$

C. $f = 30^\circ$, $\gamma = 3.7$

C': - " - , C = 1.83

D. - " - , vedenkylläst.

E. $f = 0^\circ$, $\gamma = 3.7$, $K_0 = 0.5$, lepopaine

$p = 0.477 \cdot H$

$p = 1.233 \cdot H$

$p = 1.233 \cdot H - 2C\sqrt{\lambda a}$

$p = (0.333 \cdot 2.7 + 1) \cdot H$

$p = 1.85 \cdot H$

Siilo-teorian mukaan (M. ja A. Reimbert)

B. $f = 30^\circ$, $\gamma = 3.7$, C = 1.83

$p = p_{\max} \left[1 - \left(\frac{t}{A} + 1 \right)^{-2} - 2C\sqrt{\lambda a} \right]$

Jos seinä on sileä ja jos säiliö on matala ja laaja, pienenee siilovaikutus oleellisesti. Jos massaa tärytetään tai jos se on erittäin vetistä, häviää siilovaikutus kokonaan. Näin ollen siiloteorian käyttäminen viime mainitussa tapauksessa joutuu kyseenalaiseksi. Toisaalta tiedetään, että malmimurske jähmettyy, toisin sanoen kivistyy säiliön alaosaan, muodostaa jyrkkäseinäisiä kraatereita purkausaukot keskiöinä. Tämä taas aivan ilmeisesti pienentää maanpaineteorian mukaista sivupainetta säiliön alaosassa.

Kuvassa on esitetty erilaisia erilaisten otaksujen perusteella piirrettyjä sivupainekäyriä säiliössä, jonka halkaisija on 14 m korkeus n. 20 m. Paineekuvio A on se minkä mukaan esimerkiksi valittu säiliö (Pyhäsalmi) on mitoitettu. Siinä on käytetty kitkakulmaa 40° ja tilavuuspainoa 2,2. Muut paine-diagrammat on piirretty dipl.ins. J. Vuorisen tutkimuksiin perustuvilla kitkakulman arvolla 30° ja märkätiheydellä 3,7. Käyrä B on laskettu ranskalaisten M. ja A. Reimbert'in kehittämällä siiloteoriakaavalla. Teorioita on useita, mutta yleensä ne tavalla tai toisella perustuvat klassilliseen »Jansson-Koenen» siiloteoriaan. Koheesio vaikutus on otettu huomioon. C ja C' esittävät maanpaineteoriaan perustuvia

paineekuvioita, C:ssä koheesio mukana. D ja E ovat jonkinlaisia, kuitenkin mahdollisuuksien rajoissa olevia ääriarvoja. D on laskettu täysin veden kyllästäväksi murskeelle ja E esittää n.k. lepopainetta.

Edellä selostetun perusteella ja kun vielä todetaan ins. Vuorisen tutkimusselostuksista, että samankin kaivoksen eri aikoina otettujen optimikosteitten näytteiden geoteknilliset ominaisuudet vaihtelevat melkoisesti, lieinee selvää, että yleispäteviä kaavoja malmimurskeen sivupaineelle on vaikea antaa. Jokainen tapaus on tutkittava ja harkittava erikseen.

Eräs paljon päänvaivaa aiheuttanut asia on ins. Vuorisen tutkimuksessa saanut lisävalaistusta, nimittäin sivupaineen lisäys, jonka murske aiheuttaa jäätyessään. Tämä ei ole osoittautunut niin määräväksi tekijäksi kuin monesti on epäilty. Karkeasti ottaen koheesio aiheuttava paineen vähennys kompensoi lisäpaineen, jonka jäätyneen massa paisuessaan aiheuttaa.

Niin sanottu purkausaine, toisin sanoen dynaaminen paineennousu tyhjennysvaiheessa, tunnetaan kuivan tavaran varastosiiloissa. Nimenomaan viljasiiloissa sitä on paljon tutkittu ja tutkitaan edelleen. Tutkimustulokset

tosin eroavat toisistaan huomattavasti. Kuitenkin on todettu, että keskeinen tyhjennys voi antaa huomattavan paineen lisäyksen, kun taas tyhjennyksen tapahtuessa reunoilta ei sanottavaa sivupaineen nousua synny. Miten malmimurske käyttäytyy vastaavassa tapauksessa, ei ole tiedossa, eikä sitä toistaiseksi ole tutkittu. Jos se on kuivaa tai vain vähän kosteata, on siihen epäilemättä sovellettavissa siloteoria kaikkine sivuilmioineen, mutta veden kyllästämän malmimurskeen suhteen on asia ilmeisesti toisin, ja silloin on säiliön mitoituksen noudatettava aivan erikoista varovaisuutta.

Lopuksi voidaan todeta, että malmimurskeen geoteknillisiin ominaisuuksiin ei tähän mennessä ole kiinnitetty riittävästi huomiota ja että niitä on syytä jatkuvasti tutkia sekä vanhoilla, että varsinkin uusilla kaivoksilla.

Summary

J. Vuorinen: — On some factors influencing the pressure of crushed ore on the silo structures.

T. Pöysälä: — On the design of the silo structures.

The articles deal with a series of investigations carried out to determine the cause of cracking in two reinforced concrete silos used for storing crushed ore at the Pyhäsalmi and Keretti mines of the Outokumpu Oy.

Samples of crushed ore from the mines have been subjected to laboratory tests which are described together with the results obtained. The tests covered the determination of the geotechnical

characteristics (wet density, cohesion, and angle of internal friction) of the ore using samples taken from the actual production line. Additionally, the pressures possibly exerted on the walls due to the freezing dilation of the ore in the silo have been investigated using a specially designed laboratory testing method.

From the test results it has been concluded that the cracking of the silo walls has been caused mainly by the effect of pressures in excess of those designed for, this on the other hand being due to the differences between the actual and the assumed values of the geotechnical characteristics of the crushed ore. The freezing dilation of the ore did not seem to have played any significant role in this connection.

In the article of T. Pöysälä the importance of the necessary information on the actual geotechnical characteristics as the prerequisite for adequate silo design is stressed and discussed. The applicability of different theories for computing the silo pressure on the walls depends both on the relative dimensions of the silo and on the characteristics of the material to be stored. In the figure a comparison is made between pressure distribution graphs which are obtained using different basic assumptions and different pressure equations. As conclusion, it is not considered possible to give computation rules which would be valid for all cases in practice, and the refore each case should be studied together with its pertinent conditions.

With regard to the dynamic increase in pressure due to the emptying of the silo it is noted that especially in cases when the water content of the ore is very high, the design should include a certain safety margin for the dynamic pressure increase. This subject seems to be in need of further detailed study. In conclusion it is noted that the geotechnical characteristics of crushed ore should be given due attention, particularly in connection of the design of new silo structures.



Professori Pentti Eskola

Itsenäisyyspäivänä, 6. 12. 1964, kuoli Helsingissä kansainvälisesti tunnettu suomalainen geologi, täysinpalvellut professori Pentti Eskola. Hän oli syntynyt Honkilahtella 8. 1. 1883, tullut ylioppilaaksi 1901, ja filosofian kandidaatiksi 1906. Vuonna 1907 hän opiskeli Freibergin Vuoriakatemiassa ja 1915 hän väitteli filosofian tohtoriksi. Pentti Eskola toimi Geologisen toimikunnan valtiongeologina 1922—1924, nimitettiin Helsingin yliopiston geologian ja mineralogian dosentiksi vuonna 1916 ja professoriksi 1924, jossa tehtävässä hän toimi vuoteen 1953, jolloin hän siirtyi eläkkeelle.

Professori Eskola on 1910-1920-luvuilla sekä 1930-luvun alussa julkaissut useita kirjoituksia Suomen malmeista, teknillisesti käyttökelpoisista mineraaleista ja kivilajeista sekä vuoriteollisuuden mahdollisuuksista Suomessa. Näillä kirjoituksilla oli siihen aikaan erittäin suuri merkitys rohkaisuna järjestelmälliseen malminetsinnän aloittamiseksi ja vuoriteollisuuden kehittämiseksi maassamme.

Professori Eskola on ollut Vuorimiesyhdistyksen jäsen vuodesta 1944 alkaen.

Metalliopin historiasta

Tekn.tri. Markku Mannerkoski, Oulun Yliopisto.

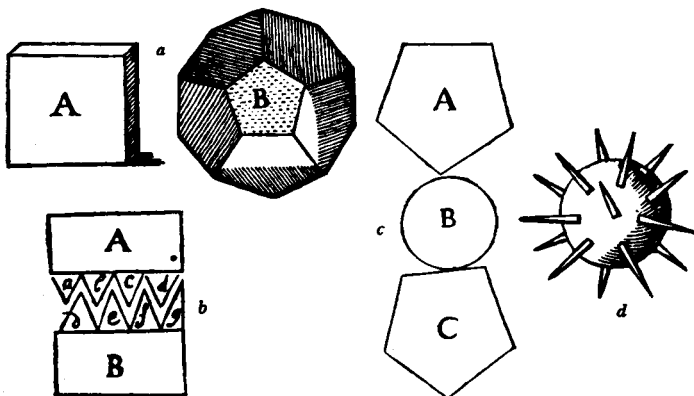
Esitelmä Vuorimiesyhdistyksen metallurgijaoston vuosikokouksessa 20. 3. 1964

Metallien käytön ja valmistuksen historia on jo pitkä, sillä niistä ajoista, joina keksittiin mineraalien ja metallien välinen yhteys ja pronssi syrjäytti kiven aseiden ja muiden käyttöesineiden raaka-aineena, on kulunut yli viisi vuosituhatta. Metalliofin eli fysikaalisen metallurgian historia sitävastoin on lyhyt, sillä jähmeän metallin ominaisuuksien ja rakenteen tutkimus kehittyi varsinaiseksi tieteenhaaraksi vasta viime vuosisadan jälkimmäisellä puoliskolla. Luonnollisesti metallien käyttäytymisestä erilaisissa olosuhteissa on kuitenkin kaikkina aikoina tehty havaintoja eri tavoin ja saatuja kokemuksia sitten niiden valmistuksessa ja käytössä sovellettu. Kokeilun ja sattumain kautta onkin yllättävän varhain päästy hienoihin tuloksiin. Niinpä muinaiset egyptiläiset, sumerit ja etruskit jo käyttivät hyväkseen useimpia metalliseosten tasapainopirroksiin liittyviä mahdollisuuksia ja lujittivat metallia jähmeän liukoisuuden, faasitransformaatioiden ja kylmämuokkauksen avulla. Teräksen martensiittikarkaisua ja päästöäkin tiedetään suoritetun melkoisen taidokkaasti jo ainakin 700 vuotta ennen Kristuksen syntymää. On aivan ilmeistä, että näiden varhaisten aikojen sepät ymmärsivät metallin ominaisuuksien riippuvan jollakin tavoin sen sisäisestä rakenteesta. Hehän huomasivat, että ominaisuuksiin vaikutti kokoonmuoksumuksen ohella myöskin käsittely. Nykypäivien metallurgi tietää, että niin mekaaniset, kemialliset kuin fysikaalisetkin ominaisuudet riippuvat yleensä ratkaisevalla tavalla rakenteesta. Mikroskoopin ja lopullisesti röntgendiffraktion avulla hänelle on selvinnyt metallin perusrakenne: jähmeä metalli koostuu käytännössä aina monista kiteistä ja kiteet säännöllisellä tavalla järjestäytyneistä atomeista. Tällaisen kokoonpanon merkitys metallin ominaisuuksien kannalta on niin suuri, että metalliofin esihistorian voidaan sanoa olevan kertomus siitä, miten ihmisen käsitys kiinteän, nimenomaan kiteisen aineen olemuksesta on aikojen kuluessa kehittynyt. Seuraavassa pyritään tuomaan esiin tämän kehityksen pääpiirteet metallurgia kiinnostavilta osiltaan.

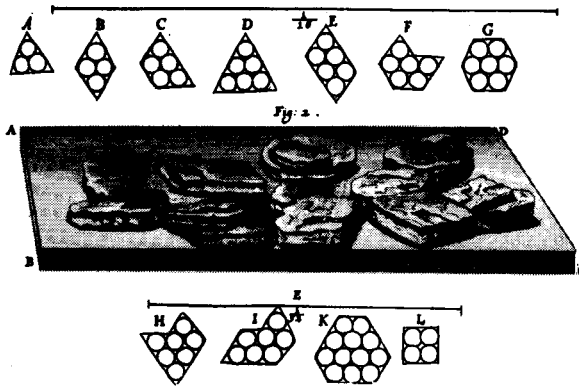
Ajatus atomista materian perusosana ei tunnetusti ole nuori, sillä eräät kreikkalaiset filosofit esittivät jo yli 400 v.e.Kr. kaiken aineen koostuvan pienistä partikkeleista,

joita ei voida jakaa; tästä Demokritoksen käyttöönottamana nimi *atomos*, jakamaton. Demokritosta seuranneeseen sukupolveen kuulunut suuri Aristoteles ei kuitenkaan hyväksynyt ajatusta atomeista. Hänen mukaansa esimerkiksi metalli oli täysin rakenteetonta massaa, jota syntyi, kun kuuma ja kuiva ilma yhtyi kylmään ja kuivaan maahan. Kun metallin kuitenkin tiedettiin sulavan, sen täytyi lisäksi sisältää hieman vettä. Johtui Aristoteleen suuren auktoriteetista ja myöhemmin aikoina katolisen kirkon kehitystä jarruttavasta vaikutuksesta, että tätä ideaa ryhdyttiin toden teolla kaatamaan vasta lähes kaksi vuosituhatta myöhemmin. 1600-luvulla filosofit alkoivat uudelleen tarkastella Demokritoksen ja muiden atomistien teorioita, ja tulivat siihen johtopäätökseen, että aineen todella täytyy koostua jakamattomista osasista. Osasten he ajattelivat yhtyvän pieniksi rykelmiksi ja näiden edelleen suuriksi kappaleiksi. Näin saatiin malli, jonka avulla voitiin jo lähteä selittämään vaikkapa teräksen karkenemistä, mikä ilmiö aina on kovasti kiehtonut filosofien ja fyysikoitten mieltä. Vuonna 1649 ranskalainen Gassendi esittää karkenemisen tapahtuvan seuraavasti: »Kuumaa rautaa vedessä jäädytettäessä vesipartikkelit työntyvät raudan huokosiin, jotka tuliatomit ovat laajentaneet, ja jäävät vangituiksi näihin muutoin tyhjiin kohtiin. Tällöin rauta luonnollisesti tulee lujemmaksi kuin se muuten olisi. Sepän suorittama hehkutus karkaisun jälkeen taas laajentaa huokokset ja vesi pääsee poistumaan, jolloin rauta pehmenee.»

Hieman atomistien käsityksistä poikkeava oli suuren filosofin ja fyysikon René Descartes'n ja hänen kartesiolaisen oppilaittensa kuva aineen olemuksesta. He esittivät, että materia kylläkin koostuu pienten partikkelien muodostamista rykelmistä, mutta partikkelien ja rykelmien muoto on määrätty ja usein eri aineilla erilainen. Kartesiolaisen oppeihin nojautuen Nicolas Hartsoeker julkaisee v. 1696 kirjassaan *Principes de physique* kuvan 1 esittämän piirroksen, jota hän selittää seuraavaan tapaan: »Kuvan a-kohdan A:lla merkitty osanen kuuluu aineeseen, joka on lujaa sekä kuumana että kylmänä; osanen pinnat ovat suuret ja sen vuoksi tällaisten partikkelien on vaikeata siirtyä liukumalla tai pyörimällä toi-

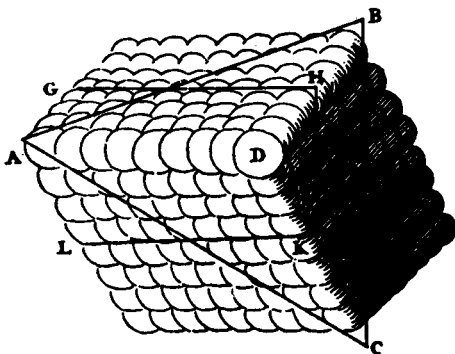


Kuva 1. Erilaisien aineiden perusosasia: a) A kuuma-
luja, B helposti sulava materiaali. b) Materiaali on kyl-
mänä kovaa mutta kuumana helposti muovautuvaa.
c) Elohopean osanen B kultapartikkelien A ja C välissä.
d) Syövyttävän aineen osanen. (Hartsoeker, 1696.)



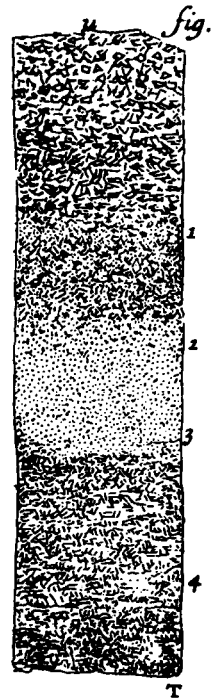
Kuva 2. A—L: Pyöreistä kuulista koottuja, eri muotoisia pakkauksia, joita päällekkäin latomalla voi jäljitellä kuvan keskellä näkyvien alunakiteiden erilaiset muodot. (Hooke, 1665.)

siinsa nähden. Partikkelin B pinnat sen sijaan ovat pienet, ja niinpä vastaava aine onkin pehmeätä ja helposti sulavaa. Kuvan b-kohdan partikkelit kuuluvat materiaaliin joka on kylmänä kovaa, mutta kuumana helposti muovautuvaa, siis kuten rauta. Matalissa lämpötiloissa raudan osat eivät pääse siirtymään toisiinsa nähden liukumalla, sillä hampailla a-g kuvatut sidokset estävät liukumista. Kun rautaa kuumennetaan, se laajenee, jolloin partikkelit etäännyvät toisistaan, ja hampaiden muodonmuutosta estävä vaikutus jatkuvasti heikkenee.» Verratkaapa näitä ideoita nykyisiin käsityksiin! Eivät ne kaikissa kohdin ole suinkaan aivan huonoja. Tiedetäänhän pysyvän muodonmuutoksen tapahtuvan metallissa pääasiassa siirrosliukumisena. Korkeissa lämpötiloissa sitä välittävät myös mosaiikkisirujen kiertyminen ja raeraja-liukuminen. Siirrosliukumista taas voidaan vaikeuttaa järjestämällä liukutasoille esteitä. Esteitten vielä tiedetään menettävän yleensä tehoaan lämpötilan kohotessa. Kuvan 1 c- ja d-kohtien ja nykyisten käsitysten välille on sen sijaan hieman hankalampi löytää yhteyttä. Piirros c ensinnäkin esittää, millä tavoin elohopea tekee kullan hauraaksi: Elohopea on juoksevaa ainetta ja siis sen osat luonnollisesti pallomaisia. Pallot tunkeutuvat kultaosasten väliin, jotka sitten voivat helposti pyörähdellä toisiinsa nähden elohopeapallojen varassa. Rakente on tällöin tietysti hauras ja heikko! Hartsoeker mainitsee vielä, että koska kulta on tunnetusti hyvin sitkeätä, sen osasten pinnat ovat, paitsi hyvin suuria, myös erittäin sileitä ja kiiltäviä. Niinpä hänen mukaansa alkemistien työ onkin ollut alunperin epäonnistumaan tuomittua, koska on selvää, ettei ihmisen onnistu niin sileitä pintoja valmistaa! Kuvan 1 d-kohta esittää korroosion-



Kuva 3. Sferoideista koostuva islanninsälpäkite. (Huygens 1690.)

Kuva 4. Karkaistun terästangon pitkittäinen leikkaus. Raekoko on tangon alapäässä pysynyt karkaisussa muuttumattomana, keskiosassa tulut äärimmäisen pieneksi ja yläpäässä kasvanut suureksi. (Réaumur, 1722.)



tutkijoita kiinnostavaa osasta; se kuuluu voimakkaasti syövyttävään aineeseen. Osasen pinta on kauttaaltaan »piikkien ja leikkaavien terien peittämä».

Descartes oli ensimmäinen, joka esitti, että kiinteää ainetta muodostavat partikkelit saattaisivat olla jollakin tavalla säännöllisesti järjestäytyneet. Tämän ajatuksen innoittamana Robert Hooke kokoili v. 1665 pyöreistä kuulista erilaisia tiiviisti pakattuja rakenteita. Hän osoitti tällöin, että kaikki alunakiteissä havaittavat muodot voitiin jäljitellä näitä kuulia pinoamalla. Hänen piirtämässään kuvassa 2 nähdään erimuotoisia tiiviisti pakattujen tasojen osia, jollaisia Hooke siis latoi päällekkäin ja onnistui jäljittelemään kuvan 2 keskellä esitettyjen kiteiden ja niiden pinnalla näkyvien kasvuportaiden muodot. On hyvin mahdollista, että Hooke'n kokeissa syntyi malleja myös erilaisista raerajoista, mahdollisesti jopa dislokaatioista. Hän puhuu kuitenkin kirjoituksissaan vain erillisistä kiteistä. Christian Huygens kehitti Hooke'n ideoita työssä, jonka hän julkaisi v. 1690. Hän ehdottaa, että islanninsälpä, jonka tiedettiin olevan optisesti kahtaistaitteista, saattaisi koostua hieman listityneistä sferoideista kuvan 3 mukaisesti; tällaisen rakenteen perusteella Huygens'in oli helppo selittää sälvän murtopinnan ulkonäkö, kiteiden kasvumuodot ja kahtaistaitteisuus! Mielikuva partikkeleiden säännönmukaisesta järjestäytymisestä kiteisen rakenteen perustana oli siis jo 1600-luvulla näin pitkälle kehittynyt. Idea kuitenkin unohtui sittemmin parin vuosisadan ajaksi lähes kokonaan kahdestakin syystä. Ensinnäkin luonnontiede kehittyi 1700-luvulla Newtonin vaikutuksesta matemaattisemmaksi: sanotaan, että tällöin luonnontieteen tärkeintä apuvälinettä, matematiikkaa, alettiin pitää sen ytimenä. Niinpä kartesiolaisten aineen olemusta koskeviin spekulatioihin ruvettiin suhtautumaan ivallisesti ja mielenkiinto asiaan laimeni. Toisaalta Dalton'in v. 1805 keksimä kerrannaisten painosuhteiden laki toi mukanaan uuden käsitteen, molekyylin, joka pitkiksi ajoiksi veti tutkijoiden huomion puoleensa: kaikkien seosten ajateltiin koostuvan yhdisteistä, joiden kokoomus on kiinteä ja yksinkertainen. Jähmeä liuos, jonka rakenne on kiteinen ja kokoomus epästökiometrinen, odotti kauan keksijäänsä.

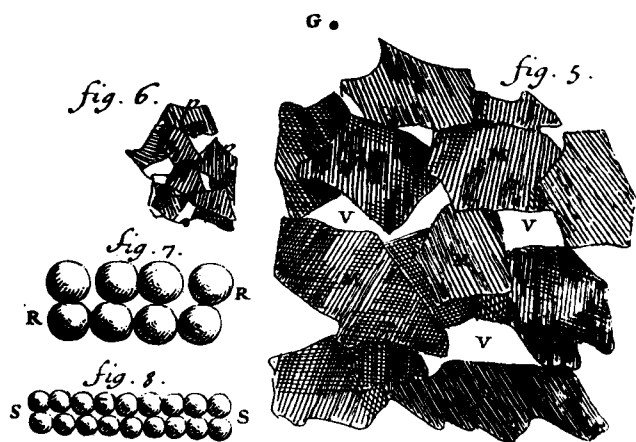
1700-luvulla vaikutti kuitenkin tutkija, joka kartesio-laisten oppeja kohtaan osoitetusta väheksynnästä huolimatta pyrki järjestelmällisesti käyttämään näiden saavuttamia tuloksia hyödyksi. Hän oli R.A.F. de Réaumur, joka ansiokkaasti sovelsi tieteen saavuttamia tuloksia ihmisen palvelukseen monilla aloilla. Réaumur suoritti joukon erinomaisia metallien murtopintatutkimuksia, erityisesti häntä kiinnosti teräksen karkeneminen. V. 1722 hän esittää kuvan 4 piirroksen teräksen lämpökäsittelyssä syntyvistä rakenteista. Piirroksessa on kuvattu karkaistun tangon pitkittäinen murtopinta. Karkaistaessa vain tangon yläpää on kuumennettu punahehkuun. Tällöin raekoko, hän todella puhuu rakeista, on tullut eri kohdin erilaiseksi. Tangon alapäässä se on pysynyt ennallaan, keskiosassa se on äärimmäisen pieni ja yläpäässä, joka on ollut kuumin, raekoko on kasvanut suureksi. Tällaisten kokeiden perusteella Réaumur käsitti selvästi, että teräs koostuu määrämutoisista osasista, joiden suuruutta voidaan lämpötilan avulla kontrolloida. Hän uskoi myös, että teräksen sitkeys riippuu raekoosta. Koska Réaumur näki murtopinnoissa suuria kiiltäviä kidepintoja, hän otaksui rakeiden olevan levymäisiä. Rakeiden sisäisen rakenteen hän oletti kuvan 5 mukaiseksi. Kuvan osassa fig. 5. hän näyttää ensinnäkin luonnollisessa koossaan erillisen teräsrakeen G, jonka siis voi erottaa paljaalla silmällä murtopinnassa. Rae on suurella suurennuksella tarkasteltuna piirrosten fig. 5.—fig. 8. mukainen: se koostuu molekyyleistä M, joiden väliin jää tyhjiä kohtia V, molekyyli muodostuvat partikkeleista p ja huokosista (fig. 6.), partikkelit taas yhä pienemmistä osasista R ja tyhjistä tilasta (fig. 7.) ja niin edelleen. Tämän mallin avulla Réaumur selittää teräksen karkenemisen seuraavaan tapaan: »Teräksen erottaa pehmeästä raudasta se, että teräksessä on vieraita aineita, ilmeisesti rikkiä ja joitakin suoloja, jotka tekevät karkenemisen mahdolliseksi. Normaalisti nämä aineet ovat molekyylien sisällä (siis osasten p, fig. 6., välisissä koloissa). Kun terästä kuumennetaan, rikki ja suolat sulavat ja työntyvät molekyyleistä näiden välisiin huokosiin (V, fig. 5.). Äkillisessä jäähtytyksessä vieraat aineet jähmettyvät paikoilleen ja sitovat ympäröimänsä molekyyliä lujasti toisiinsa. Hitaassa jäähtytyksessä taas rikki ja suolat ehtivät ennen jähmettymistään vetäytyä takaisin molekyyliin.» Tämä on jo huomattavasti parempi selitys kuin Gassendi'n esitys vesiosasten kovettavasta vaikutuksesta! Tiedämmehän, että hiili, joka karkenemisen aiheuttaa, siirtyy karkaisu-hehkutuksessa rautarakeisiin atomien välisiin tiloihin ja

jää sinne nopeassa sammutuksessa. Hitaassa jäähtytyksessä taas hiili ehtii poistua rakeista ja joutuu niiden väliin sementtiiksi. Réaumur'in ajatus on kuitenkin käännteinen; hänen ideansaahan edellyttää teräksen olevan pehmeätä silloin, kun karkenemista aiheuttavat aineet ovat »molekyylien» sisällä.

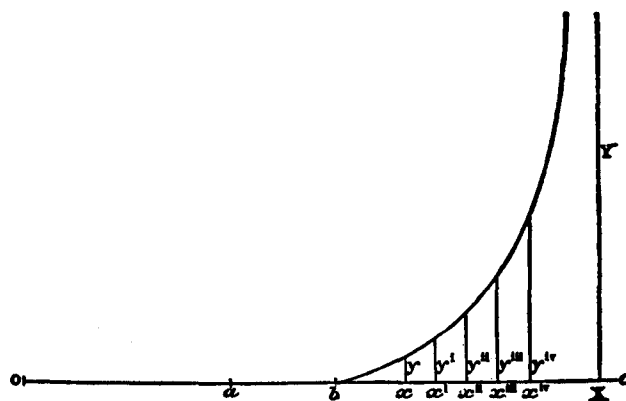
Seuraava tutkija, joka teki hienoja päätelmiä teräksen karkaisusta murtopintoja tarkastelemalla, oli venäläinen Tschernoff. Hän havaitsi 1860-luvulla, että teräsaihioiden pinnassa näkyi koneistuksen jälkeen selvä juova sillä kohden, mitä myöten aihio oli kuumennettu punahehkuun. Tschernoff tutki murtopintoja juovan molemmin puolin ja vertasi saamiaan tuloksia karkaisukokeiden antamiin tietoihin. Tällöin hän päätyi seuraaviin erinomaisiin tuloksiin. Hän havaitsi ensinnäkin, että on olemassa kaikille teräksille yhteinen lämpötila a (kts. kuva 6), jonka alapuolelta tapahtuvassa sammutuksessa teräs ei karkene; a vastaa siis nykyisin A_1 :llä merkittyä lämpötilaa. Hän löysi myös lämpötilan b, jonka alapuolelta suoritettu sammutus johtaa epätäydelliseen, yläpuolelta suoritettu täydelliseen karkenemiseen. Lisäksi hän totesi b:n riippuvan hiilipitoisuudesta ja raekoon kasvavan voimakkaasti lämpötilan noustessa b:n yläpuolelle. Piste b vastaa siis A_3 :a.

Tschernoff'in aikaan oltiin jo hyvin selvillä siitä, että teräksen erottaa raudasta suurempi hiilipitoisuus, ja siitäkin, että metalli saattaa olla jähmeässä tilassa kiteistä. Kuitenkin Tschernoff vielä uskoi, että teräs olisi korkeassa lämpötilassa amorfista, ja että kiteytyminen tapahtuisi jäähtymisen aikana, samaan tapaan kuin hän tiesi alunan »sulavan ja kiteytyvän omassa kidevedessä». Niinpä hän selittääkin karkenemisen seuraavaan tapaan: »Hiili liukenee rautaan lämpötilan b yläpuolella, jolloin rauta samalla muuttuu amorfiseksi. Jäähdytettäessä rauta kiteytyy uudelleen. Hitaassa jäähtytyksessä kiteet kasvavat suuriksi, vesisammutuksessa ne jäävät äärimmäisen pieniksi; pieneen kidekokoon liittyy suuri kovuus». Hän otaksui, että punahehkuun kuumennettu teräs oli aivan samanlaisessa tilassa kuin ylikylästeinen suolaliuos. Samoin kuin liuostakin oli sekoitettava kiteytymisen tapahtuessa kun kidekoon haluttiin jäävän pieneksi, terästäkin oli taottava nopeasti ja voimakkaasti joka kohdalta kun raekoon kasvu haluttiin estää.

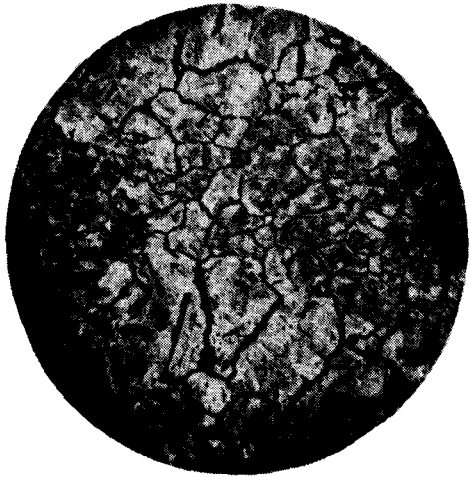
Tschernoff'in aikaan kemistit olivat myös jo osoittaneet, että hiili esiintyy karkaistussa ja pehmeässä teräksessä eri muodossa. Aluksi otaksuttiin, että karkaistun



Kuva 5. Teräsrake G luonnollisessa koossaan ja suurennettuna osapiirroksissa fig. 5. — fig. 8; suurennus kasvaa osapiirroksissa tässä järjestyksessä. (Réaumur, 1722.)



Kuva 6. Hehkutuslämpötilan X vaikutus teräksen raekoon Y. Karkaisussa esiintyvät rajalämpötilat a (A_1) ja b (A_3). (Tschernoff, 1876.)



Kuva 7. Niukkahiilisen teräksen mikrorakenne. x9. (Sorby, 1864.)

teräksen hiili olisi kiteistä ja sen rauta amorfista ja taas pehmeän teräksen hiili amorfista ja rauta kiteistä. Lopulta sitten todettiin hiilen edellisessä tapauksessa olevan vapaana ja viimeksimainitussa karbidiksi sidottua. Tämän eroavaisuuden selvittyä syntyi ns. karbonistien ryhmä, johon liittyneet tutkijat uskoivat karkenemisen ainoan syyn olevan juuri hiilen esiintymistavan muutoksessa. Heidän mielipiteitään vastustamaan kehittyi ns. allotropistien ryhmä ranskalaisen Floris Osmond'in ympärille. Osmond määritteli jäähtymiskäyriä teräksille, mikä tuli mahdolliseksi platina-iridium-termoelimen kehityttyä käyttökelpoiseksi 1880-luvulla. Hän havaitsi heti ensimmäisissä kokeissaan, että niin raudan kuin teräksenkin jäähtymiskäyrässä esiintyy polvekkeita määrättyillä kohdilla. Osmond päätteli tästä, että raudan tuli omaksua eri lämpötila-alueissa erilaiset allotrooppiset muodot, jotka hän risti α -raudaksi ja β -raudaksi. Kun todettiin, että muutoslämpötilat liittyivät tarkasti Tschernoff'in esittämiin karkaisun rajalämpötiloihin, oli luonnollista, että Osmond selitti karkenemisen α - β -muutoksen perustuen. Näin syntyi allotropistien ryhmä, johon kuuluneet uskoivat faasitransformaation olevan karkenemisessä ratkaisevan ilmiön. Saavutetut hienot tulokset innoittivat Osmond'ia niin, että hän jopa kirjoitti runoja metallurgisista aiheista! Karbonistit ja allotropistit kävivät sitten monia kiivaitakin kamppailuja ennen kuin havaittiin, että molemmat olivat oikeassa. Karkaistaessahan tapahtuu sekä allotrooppinen muutos että muutos hiilen esiintymistavassa, karkaistun teräksen kovuuden perustuen molempien ilmiöiden yhteisvaikutukseen. Karbonistien vahvimpana valttina kiistassa oli toteamus, että puhtaassakin raudassa tapahtuu faasimuutoksia, mutta se ei siitä huolimatta tule äkkijäähdytyksessä kovaksi.

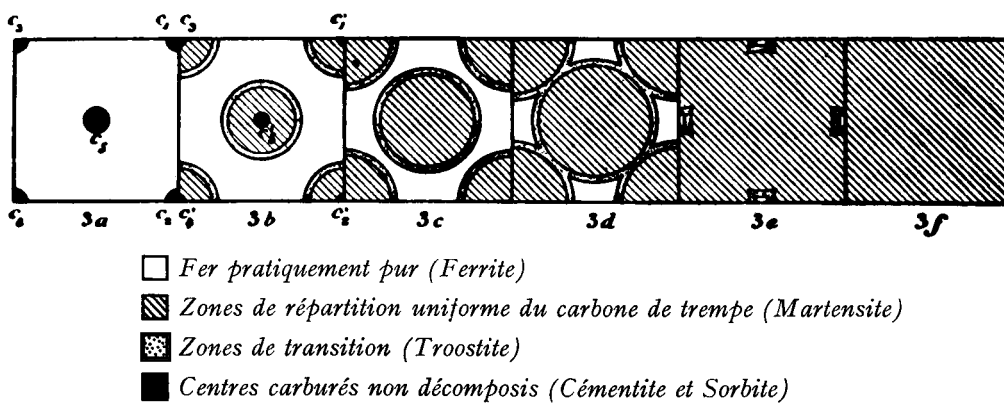
Hieman aikaisemmin kuin karbonistit ja allotropistit aloittivat sitkeän väittelynsä, englantilainen Henry Clifton Sorby suoritti Sheffieldissä ensimmäiset metallografiset tutkimukset mikroskoopin avulla. Tämä tapahtui v. 1863, siis vasta noin 250 vuotta mikroskoopin keksimisen jälkeen. Aikaisemminkin oli kyllä metalleja mikroskoopin alla tarkasteltu, mutta syövytyksen puuttuessa oli nähty vain epämääräisiä naarmuja ja koloja. Niinpä Robert Hooke oli 1600-luvulla tutkiskellut neulan kärkeä ja partaveitsen terää tarkoituksenaan löytää terävästä kärjestä yksi metallin perusosasta ja terältä rivi näitä partikkeleita. Havaintojaan hän kuvaa seuraavasti: »Jos terä todellisuudessa olisi sellainen, miltä se mikroskoo-

pissa näyttää, sillä ei varmastikaan saisi puuta halkaistua, vielä vähemmän partakarvoja poikki, ellei sitten toimitaisi niin kuin Lukianos kertoo Karonin tehneen Tuonelan virralla: Karon hakkasi kirveellä parran poikki viisaalta filosofilta, jonka painavan arvokkuuden hän pelkäsi kaatavan lautan». Karuulta mahtaisivat kuulostaa nykyiset tiivistetyt tutkimusraportit Hooke'n ja metallurgista runoutta luoneen Osmond'in korvissa!

Henry Sorby oli jo ennen metallitutkimuksiaan saavuttanut mikroskooppinsa avulla huomattavia tuloksia petrografiassa ja biologiassa. Kerran hän sitten tuli soveltaneeksi pitkälle kehittämänsä petrografista näytteenvalmistustekniikkaa metalleihin. Ajatuksen näytteiden syövyttämiseen hän kenties sai omistamastaan hienotaetehtaasta, jossa tuotteisiin syövytettiin erilaisia tekstejä ja koristeita. Sorby havaitsi heti, että rauta, teräs ja valurauta koostuvat aina vaihtelevan kokoisista rautarakeista, joiden ohella esiintyy kuonaa, karbideja ja grafiittia eri tavoin matriisiin jakautuneena. Rautarakeiden hän totesi muokkauksessa litistyvän ja seuraavassa hehkutuksessa taas saavan alkuperäisen muotonsa. Sorby keksi myöskin perliitin lamellaarisen rakenteen, josta hän kirjoittaa seuraavaan tapaan: »Pienillä suurennuksilla helmenhohtoisena (pearly) näkyvä rakenneosaa koostuu vuorottelevista lamelleista, joista toiset ovat pehmeää rautaa, toiset raudan ja hiilen muodostamaa kovaa yhdistettä. Ainoa selitys tälle erikoiselle rakenteelle näyttää olevan seuraava. Korkeissa lämpötiloissa syntyy sellainen raudan ja hiilen välinen yhdiste, joka ei ole stabiili matalissa lämpötiloissa, vaan hajautuu terästä jäähdytettäessä. Nopeassa sammutuksessa tämä yhdiste ei ennätä hajautua, mutta karkaistua terästä jälleen kuumennettaessa raudasta erottuu pois raudan ja hiilen matalassa lämpötilassa muodostamaa kovaa yhdistettä, jolloin teräs pehmenee». Siis melkoisen selvä kuva austeniitin hajautumisesta perliittimekanismilla, teräksen karkenemisestä ja päästöstä!

Ensimmäisiä tutkimuksia tehdessään Sorby saattoi tarkastella hieitä noin 100-kertaisella suurennuksella ja valokuvatakin näkemäänsä. Kuvattaessa oli kuitenkin tyydyttävä aluksi vain noin kymmenkertaiseen suurennukseen. Kuvassa 7 näemme erään Sorby'n ensimmäisistä mikrokuvista, vuodelta 1864. Se esittää niukkahiilisen, suurirakeisen teräksen rakennetta. Tästä ja muista hänen kuvistaan voi päätellä, että näytteenvalmistustekniikka on ollut erinomainen. Aivan turhaan ei erään tieteellisen seuran v. 1864 pidetyn kokouksen virallinen raportti kerro Sorby'n töistä seuraavasti: »Tekijä esittää aluksi millä tavoin raudan ja teräksen pinta voidaan preparoida mikroskoopitutkimusta varten siten, että erilaiset rakenteet tulevat esille täydellisyydellä, joka jättää vähän, jos mitään toivomisen varaa».

Sorby'n tutkimukset osoittivat kiistattomasti, että teräs on aina monirakeista. Kuitenkin kuva amorfisesta metallista, joka vain tietyissä olosuhteissa kiteytyy, säilyi joidenkin metallurgien mielessä aina viime vuosisadan loppuun saakka. Tämä johtui ennen kaikkea virheellisestä murtopintojen ulkonäön tulkinnasta. Rautateinsinöörit esimerkiksi havaitsivat, että vaikka teräksisen vaunun akselin murtopinta ennen akselin paikoilleen asettamista oli silkinhohtoinen ja rakenne siten heidän mukaansa amorfinen, katkenneiden akselien murtopinnoissa nähtiin suuria, kiiltäviä kidepintoja. Niinpä pääteltiin, että teräksen täytyi kiteytyä käytössä värähtelyjen vaikutuksesta. Ei ymmärretty, että ero oli murtumistavassa eikä sisäisessä rakenteessa. Ensimmäiset metalleihin kohdistuneet röntgendiffraktiotutkimukset 1910-



Kuva 8. Karbidin liukeneminen rautaan A_1 -lämpötilan yläpuolella suoritetussa hehkutuksessa ja seuraavassa vesi-sammutuksessa syntyvät rakenteet. Lämpötila kohoaa järjestyksessä 3a—3f. (Osmond, 1895).

luvulla sitten lopullisesti osoittivat, että jähmeä metalli on käytännössä aina kiteistä.

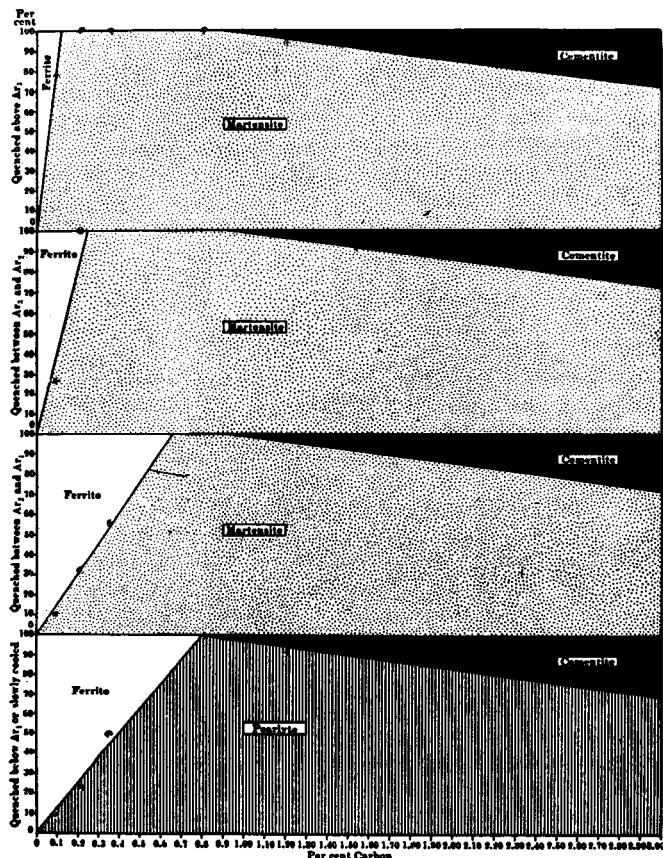
Eräs viime vuosisadan suuria metallografeja oli saksalainen Adolf Martens. Hän seurasi ensimmäisenä järjestelmällisellä tavalla terästen ja valurautojen mekaanisten ominaisuuksien ja mikrorakenteiden välistä yhteyttä. Lähinnä hänen, Osmond'in, Sorby'n ja Tschernoff'in ansiosta saatiin jo ennen vuotta 1900 melko oikea käsitys rauta-hiili-systeemissä esiintyvistä perusrakenteista ja näiden syntymistavoistakin. Näytteen silloisen tiedon tasosta antaa Osmond'in piirros vuodelta 1895 kuvassa 8, jossa esitetään, mitä teräksessä tapahtuu, kun sitä ensin hehkutetaan A_1 :n yläpuolella eri lämpötiloissa ja sen jälkeen

sammutetaan veteen. Osmond'in mukaan hiili liikenee sementiitistä rautaan, joka osittain pysyy α -rautana eli ferriitinä, osittain muuttuu γ -raudaksi. Kaikki hiili joutuu γ -rautaan. Äkkijäähdytyksessä γ muuttuu joko kovaksi martensiitiksi tai troostiitiksi, hiilipitoisuudesta riippuen. γ :n määrä ja hiilipitoisuus luonnollisesti kohoavat lämpötilan mukana, edelleen Osmond'in mukaan, kun sementiitti liikenee yhä täydellisemmin. Riittävän korkeista lämpötiloista, A_3 :n yläpuolelta, sammutettaessa rakenne tulee lopulta pelkäksi martensiitiksi.

Osmond käyttää tässä ensimmäisiä kertoja teräksen rakenneosista sittemmin jokapäiväiseen kielenkäyttöön vaikiintuneita, kuvailevia nimityksiä. Hän kunnioitti kolleegojaan nimillä martensiitti, troostiitti (Louis-Joseph Troost'in mukaan) ja sorbiitti. Ferriitin, sementiitin ja perliitin oli amerikkalainen Henry Marion Howe ristinyt jo hieman aikaisemmin. Noudatettiin siis mineralogian omaksumaa tapaa; Howe jopa ehdotti, että metallien rakenneosia tulisi kutsua meteraaleiksi analogisesti kivilajien rakenneosien, mineraalien nimityksen kanssa. Tämä ehdotus ei kuitenkaan saavuttanut vastakaikua ja unohdettiin.

Myös rauta-hiili-systeemin tasapainopiirros laadittiin viime vuosisadan puolella hyvällä tarkkuudella. Vaikka ei vielä tunnuttukaan isotermistä analyysiä ja S-käyriä, tiedettiin jo, mitä rakenteita ja missä paljousuhteissa syntyy, kun teräs jäähdytetään eri nopeuksilla eri lämpötiloista. Albert Sauveur'in piirtämä kuva 9 vuodelta 1896 on tästä hyvänä esimerkkinä. Kuva ilmaisee eri rakenneosien prosentuaalisen osuuden kun hiilipitoisuus, hehkutuslämpötila ja jäähtymisnopeus vaihtelevat.

1900-luvulla metallitutkimuksen kehitys on ollut valtaisan nopeata. Alun perin erilaatuisten kiteiden esiintymistavan ja paljousuhteiden määrittämiseen keskittyneestä »vanhasta kunniallisesta metallografiasta» on kehittynyt fyysikaalisen metallurgian nimellä tunnettu tieteenhaara, jonka tutkijat käyttävät hyväkseen mitä moninaisimpia menetelmiä ja laitteita niin aineenkoetuksessa, jonka keinoin saadaan tietoja metallin ominaisuuksista, kuin rakennetutkimuksessa, metallografiassakin. Metallografian aluetta laajensi ensiksi röntgendiffraktion käyttöönotto, mikä tapahtui 1910-luvulla. Röntgensäteiden avulla päästiin näkemään metallin pinnan alle ja onnistuttiin määrittämään mm. kidemuoto, hilavakiot ja kiteiden suuntautuminen sekä saamaan tietoja metallissa vaikuttavista sisäisistä jännityksistä ja niiden laukeamisesta. Seuraava huomattava askel rakennetutki-



Kuva 9. Kokoomuksen ja käsittelyn vaikutus rauta-hiili-seoksissa esiintyviin rakenteisiin. (Sauveur, 1896.)

Pilarin ammunta Lohjan Kalkkitehdas Oy:n Tytyrin kaivoksella

Dipl.ins. Esko Ulvelin ja dipl.ins. Tom Lindeberg, Lohjan Kalkkitehdas Oy, Tytyri.

Tytyrin kaivoksen Törmän kaivososassa on viime vuosiin asti louhittu kalkkikiveä tavanomaisista välitasolouhintaa käyttäen. Esiintymän suhteen poikittain olevien louhosten leveys on 20 m ja louhosten välisten pilarien paksuus on 10 m louhoskorkeuden ollessa n. 80 m. Kun esiintymän leveys eli louhosten pituus alkoi nousta yli 100 m:n kävi ilmeiseksi, etteivät entiset pilarit omanneet tarvittavaa lujuutta edes oman itsensä kannattamiseen puhumattakaan siitä, että ne olisivat pystyneet tukemaan n. 45°E kaatuvan esiintymän kattoa. Tällöin oli pakotettuja harkitsemaan koko pilarisysteemin uudistamista ja prof. N. Hastin suorittamien vuoripainemittausten jälkeen päädyttiin järjestelyyn, jossa kattoa kantamaan jää suurinpiirtein esiintymän keskivaiheille sijoitettu kaadetta vastaan n. 70° kulmassa oleva pilaririvi. Pilarien poikkileikkaus tuli olemaan 40×40 m ja pilarien väli 20 m, muu osa esiintymää tulee olemaan avoimena tilana. Käytännöllisen mahdollisuuden tähän antoi se, että vain länsipuoli oli ehditty louhia vanhan menetelmän mukaan (kuva 1.).

Ensimmäisenä päämääränä uuteen systeemiin siirryttäessä oli louhia yhden pilarin ympäristö auki, jotta voitaisiin kontrolloida ovatko ennakkolaskelmat kuormituksien suhteen pitäneet paikkansa. Viimeiseen vaiheeseen tässä pilarin P 2090 vapauttamisessa päästiin loka-kuun 23 p:nä 1964, jolloin yhdellä kertaa ammuttiin louhosten K 2080 ja K 2090 välissä ollut vanha pilari. Seuraavassa luettelossa on esitetty tärkeimmät ammuntaa koskevat numerotiedot:

Ammuttu kivimäärä	56 400 ton
Porattu reikää, Ø 48 mm	7 560 m
Ladattu reikää	4 337 m

Käytetty räjähdysainetta, 40×430 mm trin.	5 850 kg
Käytetty sähkönallega, Troisdorf 30 ms	196 kpl
Raikka 40 ms	407 kpl
Käytetty kytkinjohtoa, 0,6 mm ²	603 kpl
Räjähdysainekulutus	17 000 m
Irroitusteho porametriä kohti	104 g/ton
Laukaisulaitteet: 1 kpl Ernst Brün ZEB/A 80 K	7,5 ton/po.m
3 kpl Ab Nitroglycerin CI-250	

Ammunnan suunnittelu

Suunnitteluun vaikutti oleellisesti se, että Törmän esiintymä sijaitsee miltei asutun alueen alla, joten tärinöiden tasaaminen oli tärkeää. Toisaalta taas pilari oli jo osittain halki, ja oli pelättävissä pilarin sortuminen kesken ammunnan jos sitä yritettäisiin vähitellen ampua. Nämä seikat huomioon ottaen päätettiin poraus ja ammunta suorittaa neljästä pilariin ajetusta poikkiperästä, joihin sijoitettiin neljä viuhkaa kuhunkin sekä tarpeelliset apureiät (kuvat 2 ja 3). Koko pilari päätettiin ampua yhdellä kertaa, mutta suuren nallimäärän takia jouduttiin laukaisu suorittamaan neljällä laukaisulaitteella. Nallien numerointi määrättiin siten, että kunkin lohkon viuhkan n:o 1 keskimmäiset reiät lähtivät ensin ja sen jälkeen räjähdys jatkui kiilan muodossa pilarin läpi ja edelleen viuhkojen reunoja kohti. Tärinöiden vaimentamiseksi jouduttiin reiät jakamaan 1,5 m:n hiekkatäytteillä kahteen tai kolmeen osaan reiän pituudesta riippuen ja jokaiseen osaan sijoitettiin samannumeroinen nalli. Näin estettiin koko reikä räjähtämästä yhtenä kokonaisuutena ja synnyttämästä suurta värähdysaaltoa. Kaikki

mukseen käytettävien välineiden kehityksessä oli elektronimikroskopian soveltaminen metallitutkimukseen, mikä alkoi 1950-luvulla. Paitsi pienimpiäkin kiteitä, elektronimikroskoopi paljastaa myös kiteissä olevat virheellisyudet, dislokaatiot. Dislokaatioiden liikettä, joka on metallin plastisen muodonmuutoksen perusta, ja erilaisten dislokaatioryhmitysten syntymistä voidaan nykyään visuaalisesti seurata. Tavattoman pientenkin rakenneosien kiderakenne ja kemiallinen kokoomus kyetään selvittämään elektronidiffraktiota hyväksikäyttäen ja ohuen elektronisuihkun avulla synnytettyä röntgensäteilyä analysoiden. Jopa yksityiset atomit päästään näkemään aivan viime vuosina kehitetyllä kenttäioni-mikroskoopilla; tämä laite ei vielä ole ennättänyt sarjavalmistusasteelle kuten röntgendiffraktiolaitteet, elektronimikroskoopit ja röntgenmikroanalyyttorit, joita jo

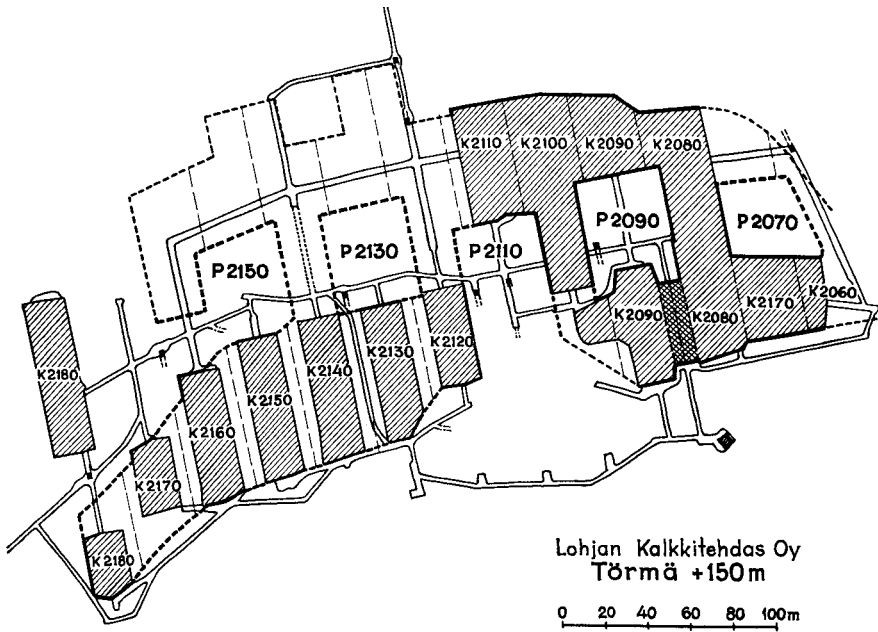
käytetään teollisuuslaitoksissa jokapäiväisiin välttämättömiin rutiinitutkimuksiinkin. Uusilla laitteilla ja menetelmillä saavutetut tulokset ovat tuoneet mukanaan yhä uusia probleemoita, ja niinpä perusteltavissa olevien tutkimusaiheiden luku näyttääkin tällä hetkellä miltei rajattomalta.

Kirjallisuus

C. S. SMITH, *A History of Metallography*, Chicago 1960.
O. JOHANNSEN, *Geschichte des Eisens*, Düsseldorf 1953.

English title:

On the history of physical metallurgy.



Lohjan Kalkkitehdas Oy
Törmä +150 m
0 20 40 60 80 100m

Kuva 1. Vaakaleikkaus Törmän +150 m:n tasolta. Kattoa kantamaan jää pilari P 2090, pois ammuttiin louhosten K 2080 ja K 2090 välissä ollut pilari.

poraus- ja latauskaaviot on laadittu Tytyrin kaivoksen ammunnsuunnitteluosastolla pääasiallisena laatijana tekniikko R. Helenius.

Lataus ja ammunta

Lataus suoritettiin kahdessa vuorossa 3 à 4 miehen työryhmissä vastuunalaisten laturien johdolla. Yksityiset nallit kytkettiin viuhkan puitteissa sarjaan ja kunkin lohkon viuhkat kytkettiin rinnakkain. Jokaista lohkoa varten oli varattu oma laukaisulaitteensa. Laukaisu suoritettiin siten, että lohko A, joka laukaistiin ZEB/A80 K-laukaisulaitteella, lähti ensin ja muut kolme lohkoa, joissa käytettiin CI-250-laukaisulaitetta, lähtivät mahdollisimman yhtäaikaan vajaa sekunti ensimmäisen jälkeen. Lataustyöhön kuljetuksineen ja kytkemisineen käytettiin yhteensä 336 miestuntia.

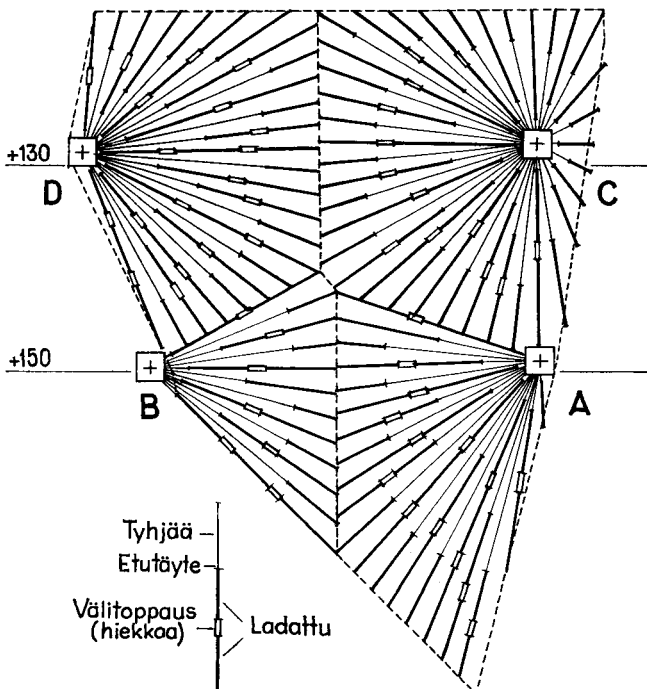
Tarkkailutoimenpiteet

Ammunnan aiheuttamat tärähtelyt mitattiin pilarin

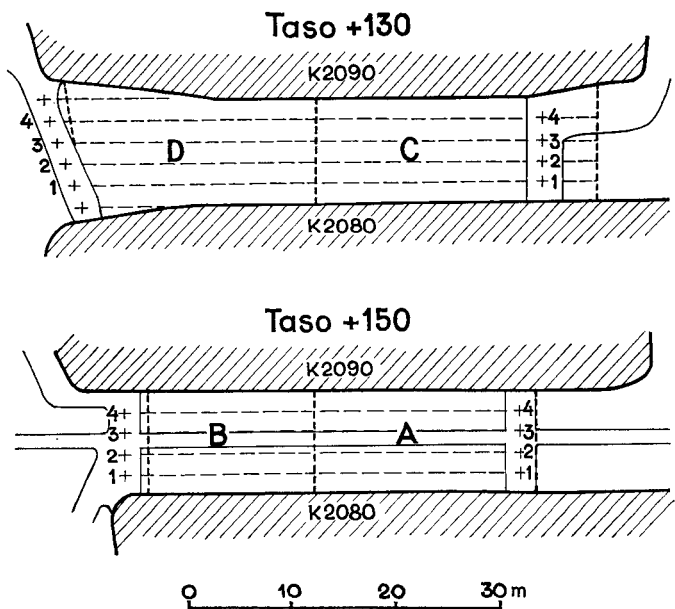
painopisteestä n. 310 m:n päässä olevan rakennuksen kellarissa. Kuten kuvasta 4 näkyy on värähtely ollut erittäin tasaista eikä suuria huippuja esiinny. Tämä osoittaa räjähdysaine- ja nallijaon onnistuneen melko hyvin. Värähtelyn yleistaso on myös melko alhainen, joka lähinnä johtuu siitä, että pilari oli molemmilta puolilta vapaa eikä ilmeisesti enää kovin lujasti kiinni katossakaan.

Katon käyttäytymistä on päivittäin seurattu sekä kattoa tarkkailemalla että kivikasaan mahdollisesti pudonneita lohkkareita seuraamalla. Kuten kuvasta 5 näkyy on kivi ammunassa rikkoutunut melko pieneksi. Välittömästi ammunnan jälkeen katosta irtosi pari suurempaa lohkkareta, mutta sen jälkeen ei ole havaittu mitään liikettä.

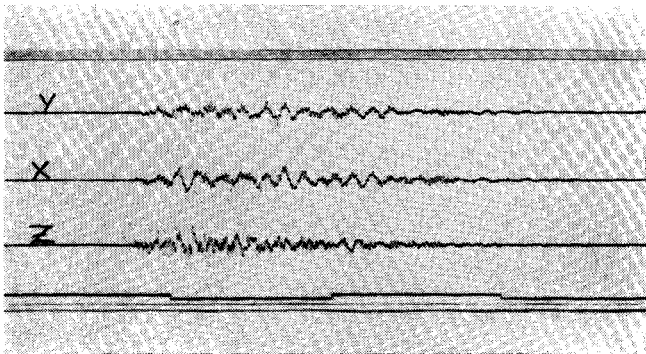
Vuoripaineen muuttumisen tarkistusmittaukset ovat vasta päässeet alkuun, ja niiden tuloksista tullaan myöhemmin toisessa yhteydessä puhumaan lähemmin.



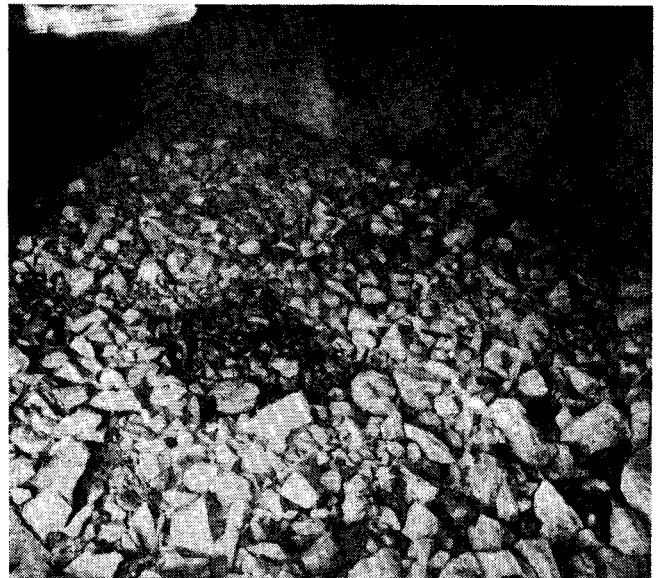
Kuva 2. Pystyleikkaus ammutusta pilarista. A, B, C ja D eri laukaisulaitteilla ammutut lohkot.



Kuva 3. Vaakaleikkaus ammutusta pilarista tasoilta +130 m ja +150 m 1, 2, 3 ja 4 viuhkojen sijoitus eri latauspaikoilla.



Kuva 4. Ammunnan aikaansaaman värähtelyn nopeus. Kaksi ylempää käyrää kuvaavat horisontaalikomponentteja ja alin kuvaava vertikaalikomponenttia (Max V resultantti = 7 mm/s)



Kuva 5. Ammuttu pilari.

Yhteenveto

Pilariammunnan voidaan katsoa onnistuneen erittäin hyvin. Ammunnan laskentaperusteet ovat useamman vuoden tutkimusten ja kokemusten perusteella kehitetty nykyiseen muotoonsa. Myöskin tämän ammunnan perusteella kehitetty nykyiseen muotoonsa. Myöskin tämän ammunnan perusteella voitiin todeta tulosten vastaavan asetettuja vaatimuksia. Huolimatta suurista räjähdysaine- ja kivimääristä oli ainoa kaivoksen normaalkäyttöön vaikuttanut häiriötekijä suurten kaasumäärien normaalia pitempi tuuletusaika. Tulevaisuutta varten on myös saatu hyödyllisiä tietoja mikä onkin tarpeen, sillä Tytyrissä on vielä ainakin viisi vastaavan kokoista pilaria vuoroaan odottamassa.

Summary

This article gives a short account of a large underground pillar-blasting at the Tytyri limestone mine.

Up till now the method of working has been ordinary sublevel stoping, with rooms 60 feet wide and pillars 30 feet wide. The pillars, however, showed signs of weakness, why an alternation of the pillar-system was needed.

The new system is based on rockstress measuring and calculations by prof. Nils Hast.

According to the new pillar-system a part of the now standing pillar was to be blasted. In order to get good fragmentation and to reduce ground vibrations to a minimum thorough calculations concerning the blast were done.

The volume of the pillar was 20 900 m³. The explosives (5 850 kg trinit) were divided on 600 short delay blasting caps. The blast gave 56 400 metric tons of well fragmented high grade limestone. The blast was a success in every respect.

KIRJALLISUUSARVOSTELU... (jatkoa s. 53)

Kirjan kieliasu on erittäin huoliteltu. Kirjan tekijä on tunnettu mielenkiinnostaan kielellisiin ja tyyliseikkoihin ja niinpä voidaan sanoa, että kirjan tyyli, mikäli tyylistä voidaan oppikirjan yhteydessä puhua, on erinomainen, paikoitellen jopa lennokka.

Samoin kirjan painoasu ja kuvitus ovat kaikkea kii-

tosta ansaitsevat. Kirjan huoliteltu asu sekä hyvä suomenkielen käyttö tekevät kirjan miellyttäväksi lukea.

Paitsi varsinaisen rikastustekniikan piirissä työskenteleville voidaan kirjaa suositella kaikille, jotka työssään joutuvat tekemisiin mineraalisten raaka-aineiden kanssa.

Urmas Runolinna

KIRJALLISUUSARVOSTELU

Hukki, R. T.: *Mineraalien rikastus ja hienonnus. Kustantaja Teknillisten tieteiden akatemia, 1964. 656 sivua, 341 kuvaa, 40 taulukkoa, laskuesimerkkejä, hienonnus- ja rikastusteknillinen sanasto.*

Tämän lehden lukijakunta tuntee hyvin kirjan tekijän. Professori R.T. Hukki on toiminut Teknillisen korkeakoulun mineraalien rikastustekniikan professorina vuodesta 1945 lähtien. Ollen oppituolin ensimmäinen haltija on hän luonut rikastusteknillisen tutkimuksen Suomessa sekä kouluttanut nykyisin rikastustekniikan piirissä työskentelevän diplomi-insinöörikunnan. Samanaikaisesti hän on toiminut Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen vuoriteknillisen laboratorion johtajana.

Prof. Hukin nyt julkaisema kirja on ensimmäinen varsinainen suomenkielinen mineraalien rikastustekniikan oppikirja. Aikaisemmin on ilmestynyt Keksintöjen kirjan eräässä osassa vuorineuvos Mäkisen kirjoittama 142 sivun pituinen esitys mineraalien rikastustekniikasta. Tämä Keksintöjen kirjan osa ilmestyi v. 1943, joten siinä esitetyt tiedot ovat pahasti vanhentuneita.

Prof. Hukin teos jakautuu kahteen osaan, joista ensimmäinen käsittelee mineraalien hionnusta ja toinen mineraalien rikastusta.

Hienonnusteknillisiin prosesseihin kuuluvat murskaus, seulonta, jauhatus ja luokitus. Rikastusteknillisiä prosesseja taas ovat mineraalien pintaominaisuuksiin perustuvat rikastusteknilliset menetelmät, mineraalien ominaispainojen eroon perustuvat rikastusmenetelmät, magneettinen rikastus, elektrostaattinen rikastus, muut fyysikaaliset rikastusmenetelmät, kemialliset liotusmenetelmät sekä apuprosessit kuten sakeutus, suodatus ja kuivatus.

Edelleen teoksessa käsitellään näytteenottoa, lietteen siirtoa putken ja rännin avulla, jätteen käsittelyä, rikastuskustannuksia ja niiden jakautumaa sekä rikastamon yleissuunnittelua.

Teoksen loppuun on lisätty hienonnus- ja rikastusteknillinen perussanasto sisältäen 296 englanninkielistä hakusanaa. Hakusanaa vastaava käsite on ilmaistu viidellä muulla kielellä järjestyksessä suomen-, ruotsin-, saksan-, ranskan- ja venäjänkieli.

Yleisvaikutelma teoksesta on erittäin myönteinen. Kuten tekijä alkusanoissaan mainitsee löytyy lukuisia ulkolaisia rikastustekniikan oppikirjoja. Näihin kirjoihin verrattuna prof. Hukin teos on arvelematta paras.

Koska laajaa aineistoa on ollut vaikea sovittaa kohtuulliseen sivumäärään, on tekijä pyrkinyt keskitetysti esittämään ne perustiedot, jotka ovat »välttämättömiä jokapäiväisen elävän rikastustekniikan piirissä nimenomaan Suomen olosuhteissa».

Teoksen ensimmäinen luku käsittelee raekoon jakautumaa murskeissa ja jauheissa. Koska rikastusprosesseissa käsitellään rakeista materiaalia, kuuluu raekoon jakautuman määrittäminen oleellisesti tällaisen karkeadispersin systeemin tutkimiseen ja kuvaamiseen. Paitsi eri määrittämismenetelmiä selostetaan myös tulosten tarkoituksenmukainen esittäminen. Tämän muuten hyvin kirjoitetun luvun lopussa, sivulla 57, esiintyy eräs virheellinen maininta: siinä sanotaan, että raekoon jakautumaa ei voida määrittää mikroskooppisesti. Kuitenkin on viime vuosina kehitetty puoliautomaattisia ja täysin automaattisia laitteita raekoon jakautuman määrittämiseksi juuri mikroskooppisesti.

Murskaus ja jauhatus sekä varsinaiset rikastusprosessit on käsitelty suhteellisen perusteellisesti. Niinsano-

tut apuprosessit on esitetty lyhyemmin. Koska apuprosessit ovat rikastamon käyttöä silmällä pitäen usein yhtä tärkeät kuin varsinaiset rikastusprosessit, olisi niitä saat-
tanut käsitellä laajemmin, varsinkin kun esitetyt kirjallisuusviitteet eivät riitä antamaan tarvittavaa lisätietoa. Mutta koska aineistoa on ollut supistettava, on tekijän suorittama aineiston painoitus perusteltavissa.

Rikastamon suunnittelua ja kustannusarviota varten on kirjassa annettu suuri määrä tietoja koneiden kapasiteeteista, koosta sekä hinnoista. Edelleen on annettu tietoja käyttökustannuksista ja investointikustannusten jakaantumisesta. Näiden varsin arvokkaiden tietojen suhteen toivoisi systemaattisempaa esitystä sikäli, että eräiden koneiden osalta tiedot on esitetty taulukiotuna, toisten kohdalta taas tekstin yhteydessä, jolloin niiden löytäminen on hankalaa.

Eri prosessien yhteydessä esitetään sekä teoriaa, että viimeisimpiä tutkimustuloksia. Kuten alkusanoissa mainitaan, on »kirjoittajan pyrkimyksenä ollut ohjata lukija ajattelemaan ja analysoimaan sitä, mikä eri prosesseissa ja laitteissa on kestävä ja tervettä, sekä myös sitä, missä merkittävät parannukset vielä ovat mahdollisia ja todennäköisiä». Tällainen prosessien kriittinen analysointi lisää kirjan arvoa.

Koska kirja on tarkoitettu oppikirjaksi korkeakouluun, olisi teorian osuus saattanut olla laajempi. Esim. näytteenoton, suodatuksen ja sekoituksen teoria sekä prosessien kineettinen tarkastelu puuttuvat. Teoksen alussa jää myös kaipaamaan hieman yleisempää teoreettista ja systemaattista johdatusta niihin kysymyksiin, joita kirjoissa selvitetään. Tällainen johdatus olisi yhdistänyt muuten varsin erilliset perusprosessien käsittelyt. Rikastustekniikkahan sisältää joukon mekaanisia perusprosesseja, joissa käsitellään rakeista materiaalia. Mekaaniset perusprosessit voidaan yleisesti jakaa seuraavasti:

	Prosessissa rakeista eroitetaan	materiaalia yhdistetään
Osasten raekoko muuttuu	Hienonnus	Granulointi
Osasten raekoko ei muutu	Separointimenetelmät (Rikastus)	Sekoitus

Kirjassa käsitellään siis varsinaisesti hionnusta ja separointimenetelmiä sekä valmennuksen yhteydessä lyhyesti sekoitusta. Granulointi ei varsinaisesti kuulu rikastustekniikan piiriin.

Esitetyt kirjallisuusviitteet peittävät melko täydellisesti varsinaisen rikastusteknillisen kirjallisuuden. Sitä vastoin muuta prosessitekniillistä kirjallisuutta, joka »chemical engineering» nimellä käsittelee samoja perusprosesseja, ei ole referoitu.

Näistä muutamista huomautuksista huolimatta teos on erittäin ansiokas ja tervetullut oppikirja. Professori Hukki on joutunut suurelta osalta luomaan suomenkielisen rikastustekniikan terminologian, joka tässä oppikirjassa nyt vakiinnutetaan. Juuri terminologian suhteen suomenkielellä ilmestyvä teknillinen kirjallisuus on tärkeää.

Toisaalta voidaan sanoa, että on vahinko, että professori Hukin kirja ilmestyy suomenkielellä, jolloin sen vaikutus rajoittuu aika suppeaksi. Kun kirjassa lisäksi tuodaan varsin seikkaperäisesti esiin suomalaisen tutkimuksen panos rikastustekniikassa, olisi erittäin toivottavaa, että tämä kirja saataisiin käännettyä englannin kielelle ja siten yleisempään tietoisuuteen.

Vuoriteollisuusosasto Teknillisessä korkeakoulussa Opiskelijat syksyllä 1964

Kaivostekniikan opinto-suunta:

I vuosikurssi:

Auranen, Erkki Olavi
Heikkinen, Kare Esko
Juhani
Hinikka, Ossi Veikko
Juhani
Jokinen, Kari Antero
Katajarinne, Veli Tapani
Leskinen, Seppo Tapio
Olavi
Parpola, Matti Aatto
Henrikki
Pekkanen, Timo Matti
Penttinen, Markku Juhani
Pulkkinen, Pekka Juhani
Reinikka, Erkki Ilmari
Sariola, Pekka Juhani
Savolainen, Heikki Juhani
Tamm, Eilij Robert

Poissaolevat:

Hämäläinen, Simo Antero
Parkkinen, Rauno Kalevi
Stigzelius, Erik Anders
Särkkä, Pekka Sakari

II vuosikurssi

Allenius, Hans Alf Gunnar
Alopaeus, Esko Juhani
Anttila, Jaakko M.
Autio, Hannu Kalervo
Hakola, Arto Kalevi
Kivekäs, Liisa Aulikki
Koponen, Jorma Kalevi
Lappalainen, Pekka Juhani
Manunen, Tauno Ilmari
Niskanen, Pentti Olavi
Paloheimo, Risto Juhani
Paulin, Pertti Juhani
Peltoniemi, Markku
Pellervo
Vaaajoensuu, Kalle Juhani

III vuosikurssi:

Huhtinen, Pasi Perttu
Koivistoinen, Pertti Veikko
Koskinen, Vesa Raimo
Lantto, Heikki Aukusti
Mikkonen, Antti Veikko
Juhani

Vuoriteollisuusosastolla suoritettuja diplomi-insinöörin tutkintoja:

Eklund, Henrik Oskar, diplomityö »Undersökning av separeringsskärpan i en sluten malningskrets» professori Hukin johdolla.

Jalava, Antti Heikki Eljas, diplomityö »Jäännösjännitysten vaikutus alumiinilangan virumiseen» tekn.tri. Sulosen johdolla.

Ketola, Matti Ilmari, diplomityö »Slingram-menetel-

Pöntynen, Tomi Juhani
Sariola, Antti Pekka

IV vuosikurssi:

Bärlund, Henrik Gustav
Reinivuo, Raimo Lassi
Tapio
Riihikallio, Lassi-Peter
Rosqvist, Kurt Henry
Seppänen, Pentti Sakari
Teppo, Pekka Tapani

N-vuosikurssi:

Hakapää, Eero Antero
Hintikka, Pentti Juhani
Lärka, Håkan Gunnar
Parviainen, Kari Olavi
Pöyliö, Esko Olavi
Vuolio, Raimo Juhani

Metallurgian opinto-suunta:

I vuosikurssi:

Erlamo, Seppo Juhani
Hakkarainen, Reijo Juhani
Honkasalo, Jorma Antero
Hukki, Matti Pekka Heimo
Hultin, Rolf Lennart
Hätönen, Tenho Kullervo
Idman, Nils Aulis Uolevi
Kaislaniemi, Ilpo Göran
Kivistö, Heikki Antti
Juhani
Koppinen, Ilpo Ilmari
Korhonen, Juha Ville
Kumpula, Mikko Aimo
Lalu, Veikko Antero
Lindroos, Harry Erik
Mannerkoski, Lauri Pertti
Mäenpää, Jukka Antero
Nenonen, Pertti Olavi
Niskanen, Matti Aslak
Pellikka, Risto Onni
Aukusti
Peltonen, Harri Johannes
Puranen, Pertti Juhani
Ristimäki, Erkki Johannes
Riuttala, Esa Ilmari
Therman, Rolf Yrjö Arnold
Tiitola, Tero Tapio
Törrönen, Kari Johannes
Wartiovaara, Timo Tapani

Poissaolevat:

Asteljoki, Jussi Akseli
Heikinheimo, Erkki Juhani
Kaartama, Jorma Juhani
Kulmala, Osmo
Mietola, Jorma Heikki
Mäkinen, Juho Kaarlo
Saarinen, Olli Kaarlo
Sihvo, Risto Veli
Sulanto, Jukka Sakari
Tiainen, Markku Tapani
Uitti, Jarmo Juhani

II vuosikurssi:

Alasvuo, Veikko Olavi
Hakala, Juho Kalervo
Hannukainen, Taisto Olavi
Heimala, Seppo Olavi
Hyvärinen, Jorma
Härkönen, Seppo
Höglund, Kaj
Jaakkola, Antti Juhani
Jokinen, Hannu
Juusela, Jyrki
Karvonen, Lauri Tapio
Kempainen, Jorma
Kivinen, Heikki
Korhonen, Matti Antero
Mäntymäki, Tarmo
Nieminen, Mikko Antero
Pesonen, Herkko Olli-
Erkki
Saarinen, Risto
Salmelin, Klaus Erkki
Olavi
Sundberg, Sten
Urpo, Sirkka-Liisa Inkeri
Vihervaara, Pekka
Viitanen, Pekka
Lindholm, Tage Leif
Rekola, Jorma

III vuosikurssi:

Anjala, Yrjö Ensio
Eerola, Ilkka Antero
Hokkanen, Pentti Olavi
Hyvärinen, Olli Viljo
Juhani
Karvonen, Ilkka Juhani
Koskinen, Lauri Kyösti
Kalervo

Kukkonen, Reijo Tapio
Lehto, Seppo Juhani
Martamo, Tero Aulis
Martikka, Heikki Ilmari
Onnela, Kalevi Juhani
Pyry, Ilkka Kullervo
Riihelä, Mauno Pellervo
Söderling, Kaj Erik
Vainio—Mattila, Antti
Tapani

IV vuosikurssi:

Anttilainen, Jaakko Juhani
Hopia, Raimo Pentti
Immonen, Reino Jouko
Juhani
Johansson, Matti Johannes
Jormalainen, Toivo Niilo
Ensio
Kleemola, Heikki Johannes
Lindgren, Sten Axel
Ojanen, Asko Einari
Ottosson, Christer Karl
Herbert
Puolamäki, Kalevi Kauko
Ensio
Sipilä, Ville Sakari
Tiitinen, Heikki Aukusti
Toivanen, Pentti Juhani
Vahtola, Ilpo Juhani

N-vuosikurssi:

Autio, Jaakko Pontus
Hakanen, Matti Sakari
Hanhiniemi, Matti Tapio
Hertell, Karl Johann
Holopainen, Pentti Olavi
Hämäläinen, Matti
Juhani
Jakowleff, Karl Erik René
Jalkanen, Heikki
Juntunen, Hannu Antero
Katila, Reijo Olavi
Lindroos, Veikko Kalervo
Linnainmaa, Jarkko Ensio
Palmu, Mauri Johannes
Riihimäki, Arto Kalervo
Saarinen, Aulis Veli
Artturi,
Tunturi, Pekka Johannes

mästä ja sillä mitattujen tulosten tulkinnasta pienois-mallimittausten avulla» professori Mikkolan johdolla.

Lindeberg, Tom Cristian, diplomityö » En undersökning rörande vissa sprängtekniska faktorers inverkan på styckefallet och brytningskostnaderna vid skivpallbrytning av kalksten i Tytyri gruva» professori Järvisen johdolla.

Voutilainen, Pertti, diplomityö »Tutkimus lietteen seuloonnasta rumpuseulalla ylikriittisellä nopeusalueella» professori Hukin johdolla.

Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna

Dipl.ing. *Hans-Arnold Arppe* är numera anställd vid Klavreströms Bruk. Adress: Klavreström, Sverige.

Dipl.ins. *Heikki Aulanko* on siirtynyt Outokumpu Oy:n malminetsintäosastolle neuvottelevaksi kaivosinsinööriksi.

Dipl.ing. *Carl-Fredrik Bäckström* är nu chef för gruvavdelningen vid Lojo Kalkverk Ab:s Tytyri gruva. Adress: Tytyrigatan 3, Lojo.

Dipl.ins. *Carl-Erik Carlson* on nykyään Kiitoketju Oy:n toimitusjohtaja.

Dipl.ins. *Pentti Ekari* toimii osastopäällikkönä Typpi Oy:ssä. Osoite: Laanila 3, Tuira, Oulu.

Dipl.ing. *Henrik Eklund* är anställd som forskningsassistent vid Statens Tekniska Forskningsanstalts bergstekniska laboratorium. Adress: Sjöskog.

Dipl.ins. *Lauri Heikkilä* on siirtynyt rikastusinsinööriksi Outokumpu Oy:n Korsnäsin kaivokselle. Osoite: Korsnäs.

Dipl.ins. *Aarne Heinolle* on myönnetty teollisuusneuvoksen arvonimi.

Dipl.ins. *Risto Heiskanen* on siirtynyt Outokumpu Oy:n palvelukseen Pyhäsalmen kaivokselle. Osoite: Pyhäkumpu

Dipl.ins. *Mikko Häkkä* on nykyään Fiskars-yhtymä, Salon Sähkö ja Konetehtas Oy:n palveluksessa rauta- ja teräsvalimon johtajana. Osoite: Venemestarinkatu 40 C 9.

Dipl.ins. *Antti Jalava* toimii koulutuspäällikkönä Insinöörijärjestöjen koulutuskeskuksessa. Osoite: Syväoja, Klaukkala.

Dipl.ins. *Markku Kaivola* on Lokomo Oy:n palveluksessa sulaton osastopäällikkönä. Osoite: Hataanpäänhovi, N, Tampere.

Dipl.ins. *Juhani Kangas* toimii assistenttina Oulun yliopistossa. Osoite: Merikoskenkatu 8 B 31, Tuira, Oulu.

Dipl.ins. *Timo Kangas* on Imatran Voima Oy:n palveluksessa Rovaniemellä. Osoite: Ilvespolku 3, Rovaniemi.

Dipl.ins. *Erkki Karstunen* on Kovametalli Oy:n palveluksessa nastaosaston päällikkönä. Osoite: Katajajarjuntie 7—9 A 9, Lauttasaari, Helsinki.

Rakennusneuvos *Beato Kelopuu* on nimitetty Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden professoriksi.

Dipl.ins. *Matti Ketola* toimii Geologisen tutkimuslaitoksen malmiosastolla. Osoite: Kartanontie 4—6 D, Munkkiniemi, Helsinki.

Dipl.ins. *Rauno Koponen* on Oy Rolac Ab:n palveluksessa. Osoite: Niittykumpu 5 b 10.

Fil.lis. *Kauko Korpela* on Imatran Voima Oy:n palveluksessa. Osoite: Vuolukiventie 3 B 11, Pihlajamäki.

Dipl.ins. *Pertti Kostamo* on Oy Vuoksenniska Ab:n palveluksessa Imatran rautatehtaalla. Osoite: Imatra.

Dipl.ing. *Anders Kranck* arbetar med ADB-planering vid Wärtsiläkoncernen Ab, Arabia. Adress: Kaptensgatan 2 B 9, Helsingfors.

Fil.maist. *Jorma Kujanpää* on suorittanut fil.lis. tutkinnon Oulun yliopistossa.

Dipl.ins. *Sakari Kurronen* toimii assistenttina ja erikoisopettajana Oulun Yliopistossa. Osoite: Allitie 10 B 28, Oulu 2.

Dipl.ins. *Jussi Käyhkö* on Outokumpu Oy:n palveluksessa Porin tehtaitten kuparielektrolyysiosastolla. Osoite: Länsipuisto 20 A 7, Pori.

Dipl.ins. *Seppo Lehmuskallio* on nykyään Oy Tampella Ab:n palveluksessa konepajan paineilmakoneosastolla. Osoite: Voionmaankatu 71 A 6, Rahola.

Hallitusneuvos *Reino Lehto* on nimitetty Uudenmaan läänin maaherraksi.

Dipl.ins. *Antti Lehtola* toimii tutkimusassistenttina Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen vuoriteknillisessä laboratoriossa. Osoite: Harjuviita 12 D 23, Tapiola.

Dipl.ins. *Esko Lehtonen* on siirtynyt Outokumpu Oy, Kotalahden kaivoksen rikastamon päälliköksi. Osoite: Oravikoski.

Dipl.ins. *Arno Leskinen* toimii nykyään fysiikan ja kemian vanhempana lehtorina Savonlinnan tyttölyseossa. Osoite: Heikinpohjantie 9 A, Savonlinna.

Dipl.ing. *Tom Lindeberg* är anställd som gruvingenjör vid Lojo Kalkverk Ab, Tytyri gruva. Adress: Asemakatu 5—7 B, Lojo.

Tekn.lis. *Toimi Lukkarinen* on siirtynyt Outokumpu Oy:n pääkonttoriin neuvottelevaksi rikastusinsinööriksi. Osoite: Ritokalliontie 8—16 C, Munkkiniemi.

Dipl.ins. *Pekka Lähteenoja* on siirtynyt Outokumpu Oy, Kotalahden kaivoksen kaivososaston päälliköksi. Osoite: Oravikoski.

Insinööri *Reino Maaranen* toimii nykyään Lohjan Kalkkitehdas Oy:n turvallisuusinsinöörinä. Osoite: Virkkalantie 32 B 14, Lohja.

Dipl.ins. *Veikko Manninen* toimii käyttöinsinöörinä Otanmäki Oy:n vanadiinitehtaalla. Osoite: Otanmäki.

Dipl.ins. *Raimo Matikainen* on nykyään Lohjan Kalkkitehdas Oy:n palveluksessa kaivosinsinöörinä Ojamon kaivoksella. Osoite: Vihdinkatu 2 D 35, Lohja.

Dipl.ins. *Matti Mattelmäki* on Outokumpu Oy:n palveluksessa Porin metallitehtailla. Osoite: Uusikoivistontie 79 B, Pori.

Ministeri *Olavi Mattila* on nimitetty Valmet Oy:n pääjohtajaksi. Osoite: Puistokatu 3 A 12, Helsinki.

Dipl.ins. *Erkki Miettinen* toimii Lohjan Kalkkitehdas Oy, Ojamon kaivoksen paikallis-päällikkönä. Osoite: Solkulla, Lohja.

Dipl.ins. *Kauko Määttä* on Rautaruukki Oy:n palveluksessa terässulaton suunnittelutehtävissä. Osoite: Niemenmäentie 8 A 1, Niemenmäki.

Dipl.ins. *Harri Nevalainen* toimii nykyään Santasalo Oy:n myyntipäällikkönä. Osoite: Kastelholmantie 3 D 70, Puotila.

Fil.maist. *Heikki Niini* on suorittanut fil.lis. tutkinnon Helsingin yliopistossa.

Dipl.ins. *Timo Niitti* toimii laboratorioinsinöörinä Teknillisen korkeakoulun vuoritekniillisessä laboratoriossa. Osoite: Hietalahdenkatu 7 A 23, Helsinki.

Övering. *Bo Nikander* har utnämnts till chef för cement- och kalkbyrån vid Pargas Kalkberg Ab:s centralförvaltnings tekniska avdelning. Adress: Pargas.

Fil.maist. *Juhani Nuutilainen* on suorittanut fil.lis. tutkinnon Oulun yliopistossa.

Dipl.ins. *Olli Paasikoski* on Outokumpu Oy:n palveluksessa Harjavallan nikkelitehtaalla. Osoite: Harjalta.

Dipl.ins. *Matti Palperi* on Outokumpu Oy:n palveluksessa Kokkolan Tehtailla. Osoite: Kokkola.

Dipl.ins. *Asko Parviainen* toimii assistenttina Teknillisen korkeakoulun metallurgisessa laboratoriossa. Osoite: Jalmarintie 8, Tapiola.

Dipl.ins. *Esko Pihko* on siirtynyt Outokumpu Oy, Outokummun kaivoksen kaivososaston päälliköksi. Osoite: Outokumpu.

Fil.maist. *Tauno Piirainen* on suorittanut fil.lis. tutkinnon Helsingin yliopistossa.

Ing. *Sven Rudqvist* arbetar numera som teknisk rådgivare vid SKF-koncernen.

Dipl.ins. *Kalervo Räisänen* on siirtynyt Outokumpu Oy, Aijalan kaivokselle johtamaan koelouhintaa. Osoite: Aijala.

Dipl.ins. *Raimo Rätty* toimii assistenttina Teknillisen korkeakoulun sovelletun metalliopin laboratoriossa.

Dipl.ins. *Matti Saari* on siirtynyt Outokumpu Oy, Kokkolan tehtaalle. Osoite: Pikiruukintie 2, Kokkola.

Dipl.ins. *Jaakko Saarikoski* toimii kaivosinsinöörinä Outokumpu Oy, Korsnäsin kaivoksella. Osoite: Korsnäs.

Dipl.ins. *Rauno Seeste* toimii nyttemmin metallurgina Outokumpu Oy:n pääkonttorissa. Osoite: Papinmäentie 29 C, Maunula.

Dipl.ins. *Pertti Selänne* on siirtynyt rationalisointi-insinööriksi Outokumpu Oy, Outokummun kaivokselle. Osoite: Outokumpu.

Dipl.ins. *Jukka Setälä* toimii opettajana Wärtsilän tekniillisessä koulussa Joensuussa.

Dipl.ins. *Pentti Similä* toimii nykyään tutkimus- ja kehitysosaston päällikkönä. Osoite: Virkkala.

Fil.maist. *Matti Suila* on nimitetty Oy Vuoksenniska Ab:n myynninjohtajaksi. Osoite: Itäranta 22 F, Tapiola.

Fil.maist. *Jouko Talvitie* on siirtynyt Otanmäki Oy:n palvelukseen Rovaniemelle. Osoite: Kairatie 3 A 2, Rovaniemi.

Fil.maist. *Paavo Suominen* toimii Oulun teknillisen koulun lehtorina. Osoite: Suvantokatu 3 B, Karjasilta, Oulu.

Fil.maist. *Matti Tavela* toimii geokemistinä Californiasa. Osoite: Division of Mines and Geology, State of California, Ferry Building, San Francisco, California 94111, U.S.A.

Dipl.ins. *Jussi Tirkkonen* on Oy Troili Ab:n palveluksessa. Osoite: Perämiehenkatu 9 B 17, Helsinki.

Fil.dr. *Gösta Törnqvist* är numera verkställande direktör för Ab Elektrisk Malmletning. Adress: Beatebergsvägen 9, Beateberg, Saltsjö-Boo, Sverige.

Dipl.ins. *Urho Valtakari* on siirtynyt Paraisten Kalkkivuori Oy:n keskushallinnon kaivosteknilliseksi asiantuntijaksi ja Paraisten tehtaitten kaivospäälliköksi. Osoite: Parainen.

Dipl.ins. *Lars Wetzell* on nimitetty Outokumpu Oy, Kotalahden kaivoksen isännöitsijäksi. Osoite: Oravikoski.

Ins. *Veikko Visa* on siirtynyt Paraisten Kalkkivuori Oy:n keskushallinnon teknilliselle osastolle erikoistehtäviin.

Dipl.ins. *Pertti Voutilainen* toimii kaivosinsinöörinä Outokumpu Oy, Kotalahden kaivoksella. Osoite: Oravikoski.

Ing. *Gustav von Wright* har utnämnts till verkställande direktör vid Wärtsilä-koncernen Ab, Kotka Mekaniska Verkstad. Adress: Kaivokatu 18 A, Kotka.

Dipl.ins. *Oiva Ylikotila* on siirtynyt Lohjan Kalkkitehdas Oy:n palvelukseen rakenteilla olevan Kemiön maasälpälaitoksen paikallisjohtajaksi. Osoite: Tytyrinkatu 3, Lohja.

OSOITTEENMUUTOKSIA

Fil.tri. *Pentti Ervamaa*. Uusi osoite: Gyldenintie 12 C 14, Lauttasaari, Helsinki.

Dipl.ins. *Caj-Erik Gustafsson*. Ny adress: Karstuntie 40—42, Lojo.

Dipl.ins. *Paavo Hörkkö*. Uusi osoite: Tampella Trading Ab, Drottninggatan 114 A, Stockholm, Sverige.

Fil.maist. *Juha Kalla*. Uusi osoite: Vuolukiventie 3 B 15, Pihlajamäki, Helsinki.

Dipl.ins. *Pentti Kerola*. Uusi osoite: Ulvilantie 21 B, Munkkivuori.

Dipl.ins. *Matti Lehto*. Uusi osoite: Länsipuisto 20 C 68, Pori.

Fil.maist. *Erkki Lyytikäinen*. Uusi osoite: Tornitaso 3, as. 35, Tapiola.

Dipl.ins. *Risto Makkonen*. Uusi osoite: OAS 2 D 39, Otaniemi.

Dipl.ins. *Martti Merenmies*. Uusi osoite: Raahensalo 1 A, Raahensalo.

Fil.maist. *Jaakko Nortio*. Uusi osoite: Lassintie 1 B 13, Tuira, Oulu.

Professori *Urmus Runolinna*. Uusi osoite: Vesaisentie 31, Nokela, Oulu.

Dipl.ins. *Raimo Räisänen*. Uusi osoite: Vuorimiehenkatu 14 B 47, Helsinki.

Dipl.ins. *Risto Sarikkola*. Uusi osoite: Antinmäenkatu 19, Porvoo.

Dipl.ins. *Esko Ulvelin*. Uusi osoite: Tytyrinkatu 3, as 11, Lohja.

Dipl.ins. *Matti Varonen*. Uusi osoite: Ouluntie 14 C 24, Raahe.

GEBR. PFEIFFER

BARBAROSSAWERKE AG.



KAISERSLAUTERN-PFALZ

Erikoiskoneita kalkki-, sementti-,
kaakeli- ja tiiliteollisuudelle

SIEBTECHNIK

GMBH

MASCHINEN- UND APPARATEBAU · MÜLHEIM (RUHR)



Seulat, myös sähkölämmitteiset

»Schwingmühlet»

KONTURBEX-lingot

Laboratoriokoneet

sitäpaitsi:

Karkeamurskaajia

Tanko- ja kuulamylyjä

Rikastuskoneita

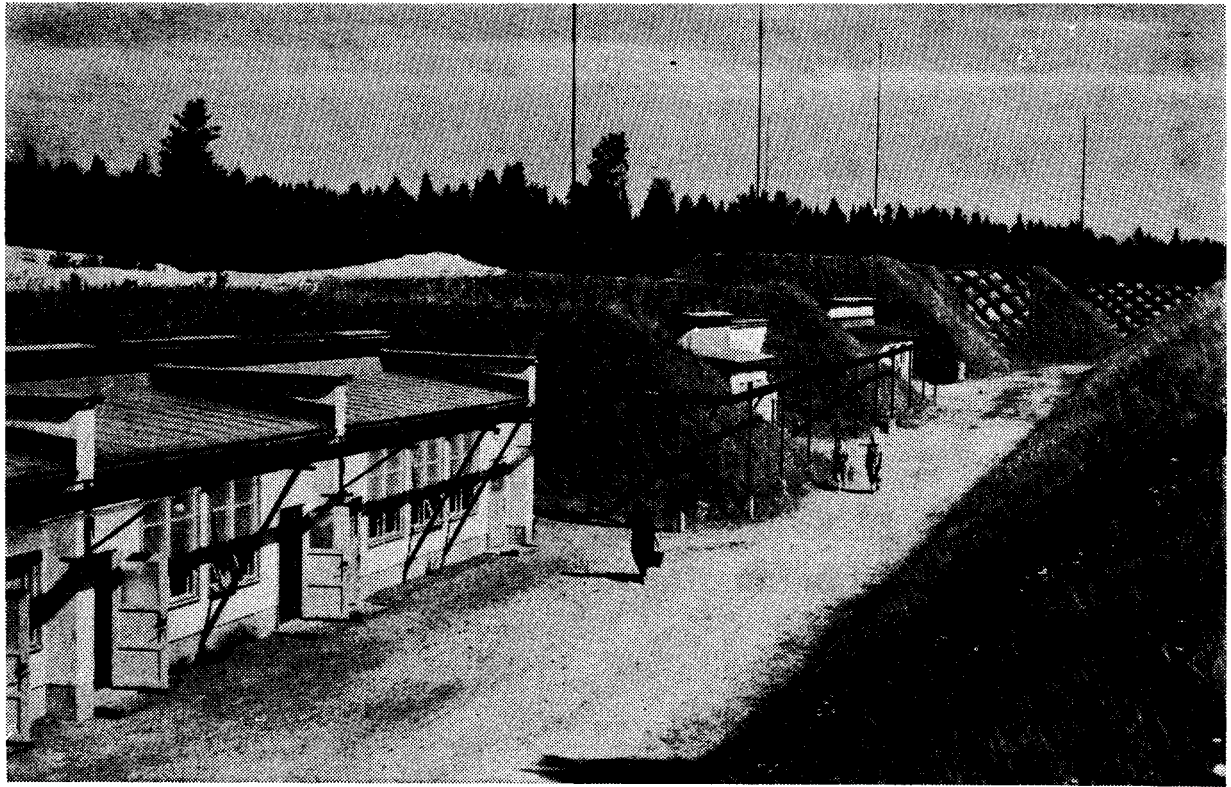
Koepe-nostokoneita

Kuljettimia

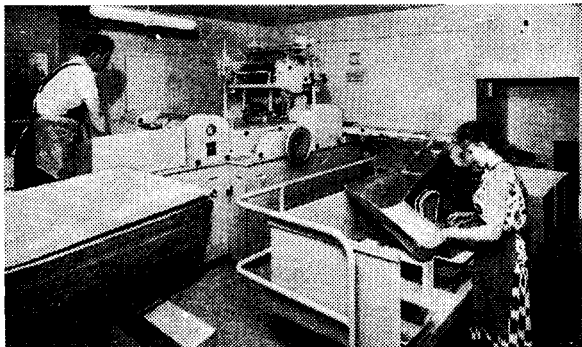
Oy RIKASTUSKONE Ab

Katajajarjuntie 19 A 7, Helsinki, Puh. 67 13 53 (Lilius)

Vuorimiesyhdistyksen jäseniä kehoitetaan ilmoittamaan osoitteenmuutoksista yhdistyksen sihteerille tai Vuoriteollisuuslehden toimitukselle.



Vihtavuoren tehtaat perustettiin nelisenkymmentä vuotta sitten lähinnä ruudinvalmistusta varten. Sitten tuotanto on laajentunut niin, että se käsittää ampumatarvikkeita — mm. Vihtavuoren haulikonpatruunoita —, eräitä teollisuuskemikaaleja sekä tärkeimpänä tuoteryhmänä **räjähdysaineita**.



Dynamiitin patruunointi suoritetaan erikoiskoneilla.

väkevää voimaa Vihtavuoresta

Vihtavuoren räjähdysaineiden jatkuvasti laajentuneeseen ja monipuolistuneeseen tuotanto-ohjelmaan kuuluu

— **räjähdysaineita**

louhintadynamiitti
raivausdynamiitti
ojitusdynamiitti
aniitti
raivauspanos
ISKU-kivipommi

— **sytytysvälineitä**

sähköräjäytysnallit
— momenttinallit
— lyhyhidastennallit
— hidastennallit
tulilankanallit no 6 ja 8
tulilangan sytytin

VIHTAVUORI

— siihen voitte luottaa



RIKKIHAPPO OY

AEG

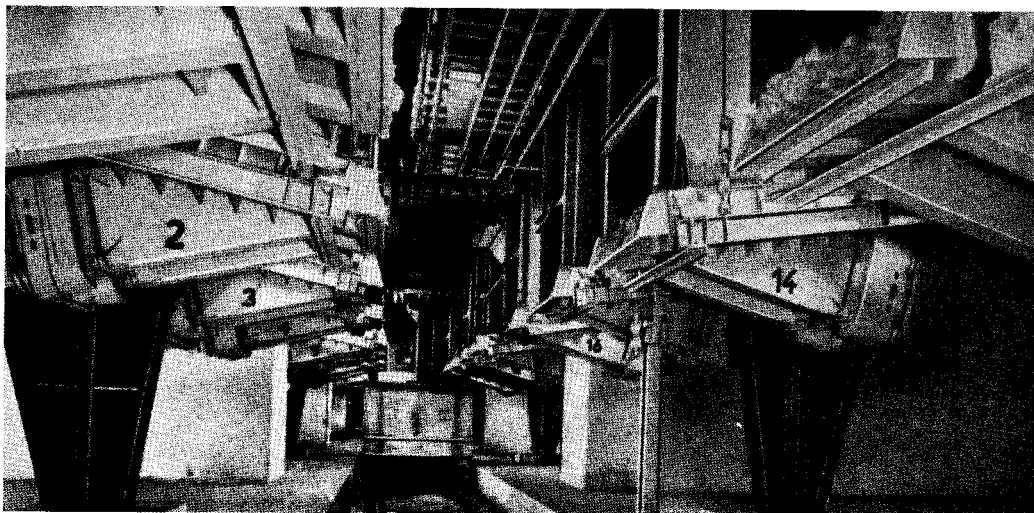
tärytekniikka

palvelee vuoriteollisuutta

Valmistusohjelmaan kuuluvat

- kuljettimet
- annostelijat
- täryttimet
- seulat
- automatisoidut kuljettimet ja syöttökourut

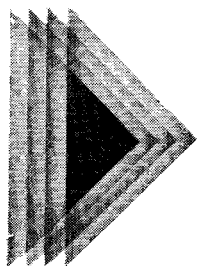
malmille, rikasteille ja kaikille kiinteille, rakeisille aineille.



Päädustaja

SÄHKÖLIIKKEIDEN OY

Satamakatu 4, Helsinki, puh. 11 501



OTANMÄKI OY

PÄÄKONTTORI

Postiosoite: Otanmäki

Sähkeosoite: Otanmäki, Kajaani

Puhelin: nimihuuto Otanmäki Oy,
Otanmäki

Telex: 9-45-11

HELSINGIN KONTTORI

Postiosoite: Ruoholahdenkatu 4 A

Sähkeosoite: Otanmäki, Helsinki

Puhelin: 64 07 04

Telex: 12-590

KÄRVÄSVAARAN KAIVOS

Postiosoite: Misi, Kärvasvaara

Sähkeosoite: Otanmäki, Misi

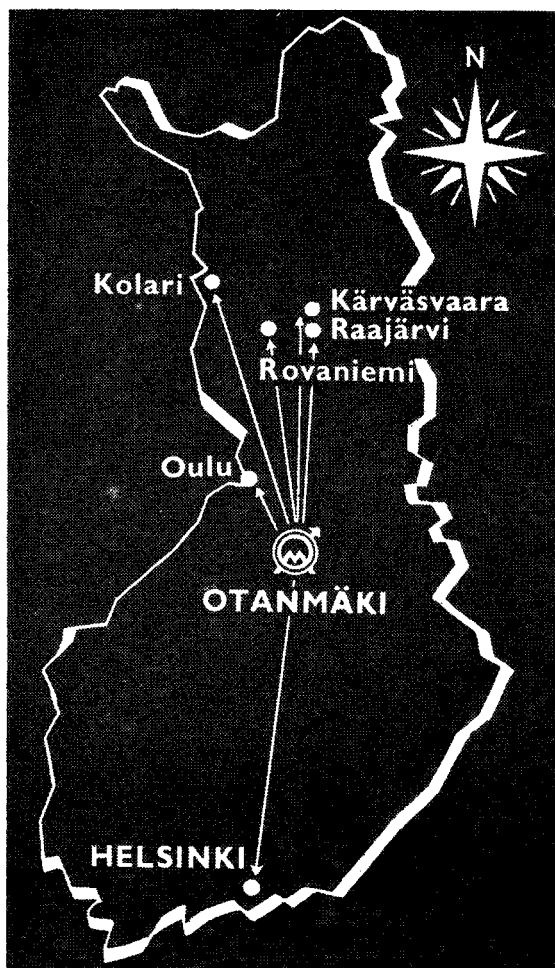
Puhelin: Misi 16

SATAMA

Postiosoite: Oulu, Malmisatama

Sähkeosoite: Malmisatama, Oulu

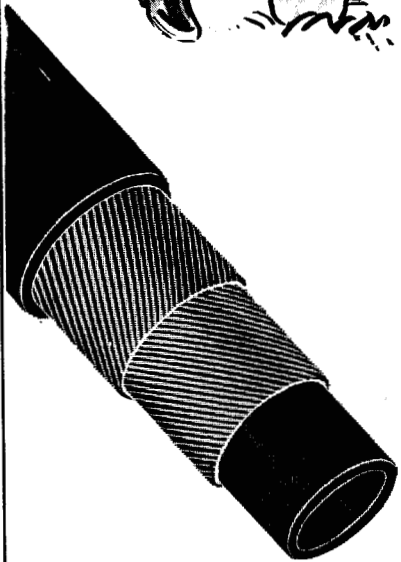
Puhelin: 15 347





Kaivostyö vaatii Nokian erikois- varusteita

Pukekaa yllenne
joustava ja kevyt
Kaivos-Ville asu sekä
vetäkää jalkaanne
Nokian reilut kumi-
saappaat. Silloin
voitte olla varma,
ettei kosteus ja pöly
pääse liian liki.



Yleisesti hyväksytty LCP

cord-
vahvikkeinen
paineilma-
letku
kaivoskäyttöön

Käyttöpaine 20 kp/
cm². Ø 10—50 mm.

Erittäin käyttövarma
ja notkea letku.

Lisäksi tarjoamme
kaivoksille:

- kuljetushihnoja
- kulutuskumivuorauk-
sia
- seulalevyjä
- rikastamon
lieteletkuja
- kiilahihnoja.



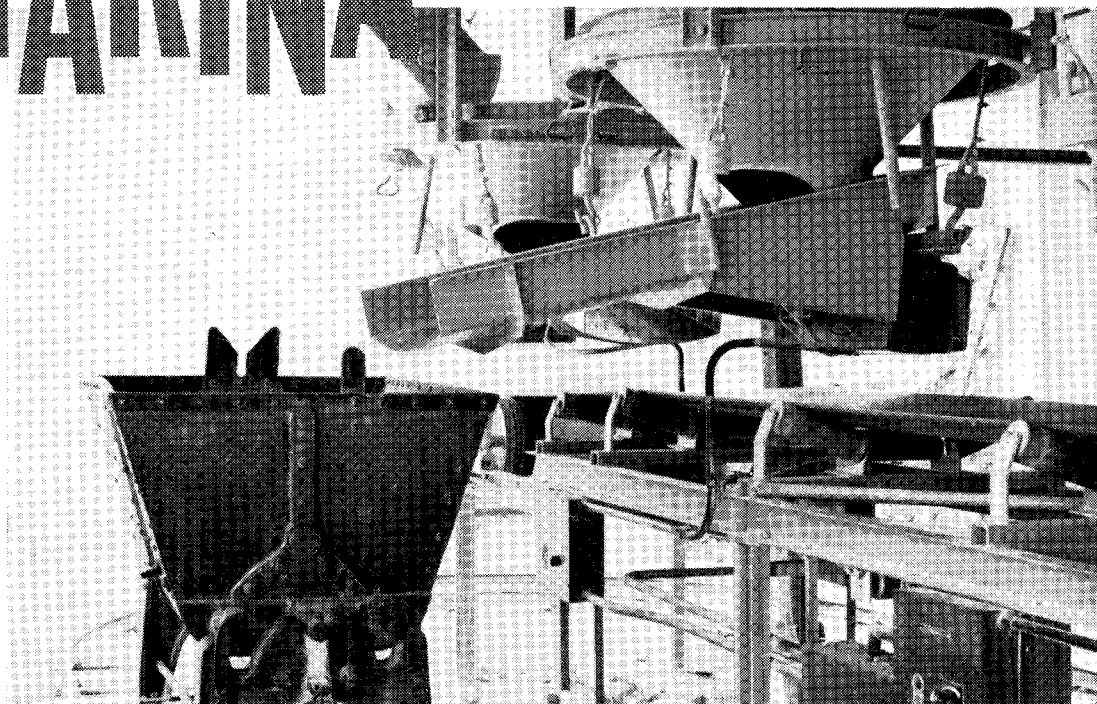
Ilmoittajat — Annonserer

- Asea
- Ekströmin Koneliike
- Finnish Impex
- Fiskars
- Grönbloom
- Karhula
- Knorring
- Lokomo
- Machinery
- Otanmäki
- Outokumpu
- Paraisten Kalkkivuori
- Rikastuskone
- Rikkihappo
- Rolac
- Rotator
- Suomen Bofors
- Suomen Kaapeli
- Suomen Kumi
- Suomen Maanviljelijäin Tehdas
- Sähköliikkeiden Oy
- Tallberg
- Atlas Copco
- Vuoriteknillinen os.
- Tampella
- Tulenkestävät Tiilet
- Vuoksenniska
- Vuorikone

OTTAKAA

TÄRINÄ TÄRINÄ

PALVELUKSEENNE



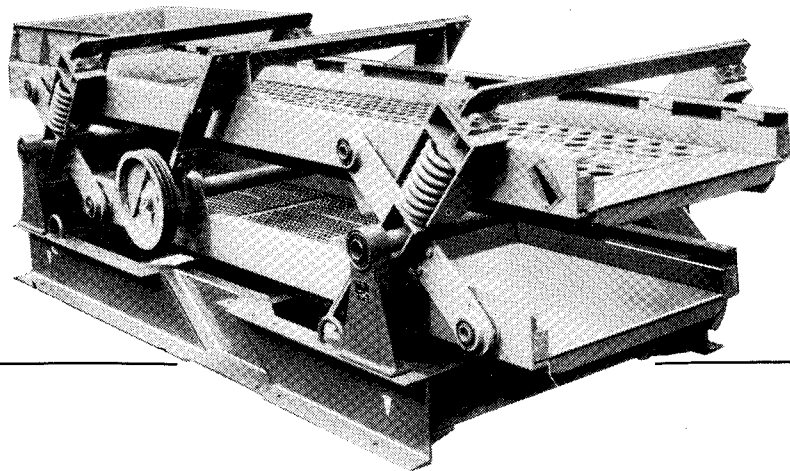
IFE SÄHKÖMAGNEETTINEN TÄRYSYÖTIN

Taloudellinen ja käyttövarma ratkaisu annosteluun, kuljetukseen ja esierotteluun.

Täryttimessä ei ole mitään kuluvia osia, eikä se kaipaa huoltoa.

Se on pöly- ja tippuvesisuojaattu.

Pyytäkää yksityiskohtaisempaa esittelyä näistä käyttövarmoista ja pitkäikäisistä laitteista.



BINDER RESONANSSISEULAT

BINDER resonanssiseulan konstruktiossa on huomioitu käytännön vaatimukset; se kestää tasapainoituksensa ansiosta suuriakin kiihdytyksiä ja heittokulmia, liikkuvat osat on laakeroitu kumityynyillä, toimii vaakatasossa eikä näinollen vaadi korkeita asennus- ja käyttötiloja. Pitkälle viety värähtelynopeuden ja -laajuuden säätö takaa tarkan hieno- ja karkeaerottelun.

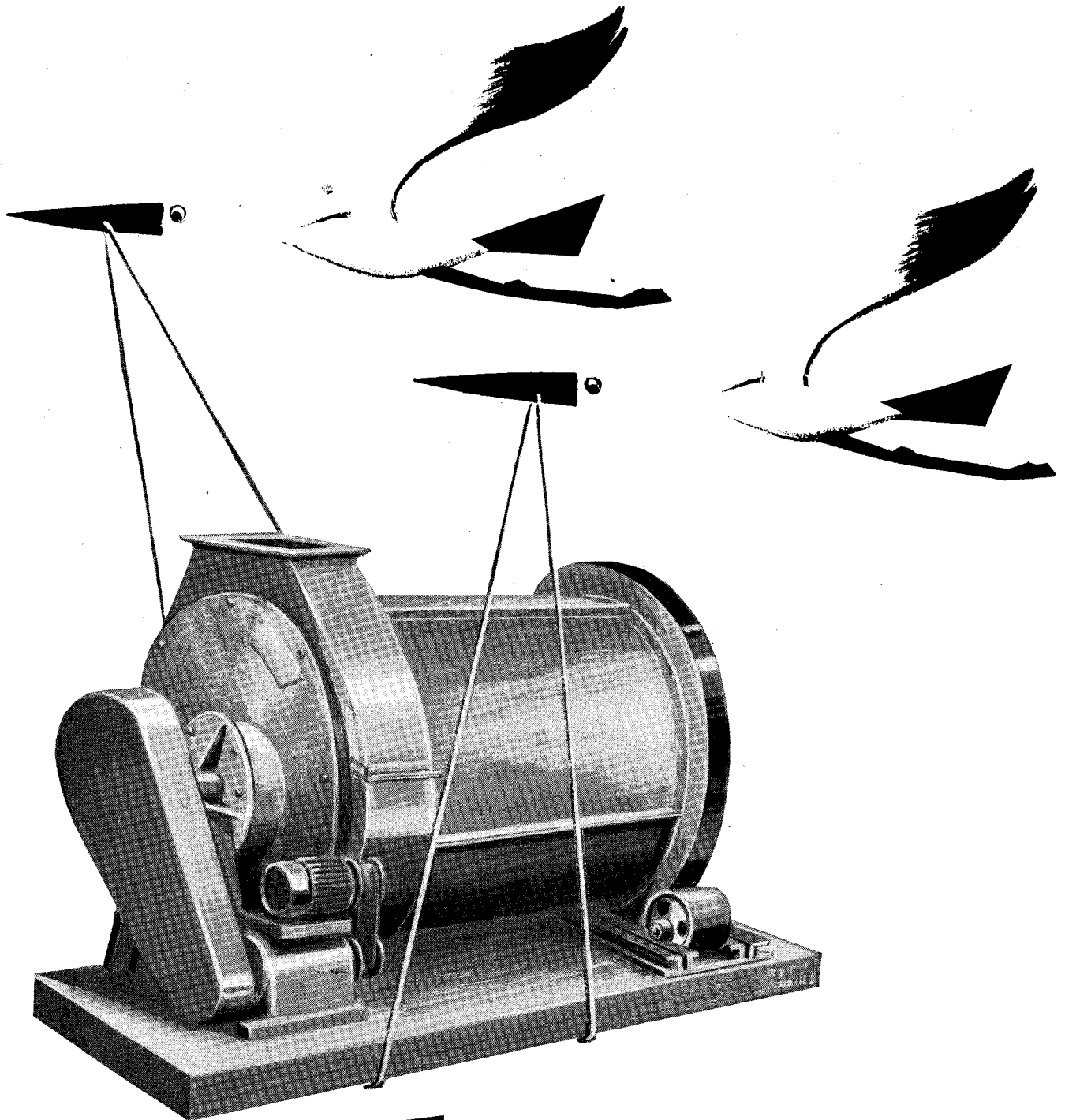
TÄRINÄSTÄ ON HYÖTYÄ - OTTAKAA SE PALVELUKSEENNE



JULIUS TALLBERG

VUORITEKN. OS.

Aleksanterink. 21 Hki, puh. 13611



Der **neue** Triplex-Trockner TRT

NEU – UND BEREITS BEWÄHRT.

Hier nur einige Pluspunkte: – Verringerung des Platzbedarfes gegenüber den konventionellen Trommel-trocknern um 60 bis 70 % – Sehr geringer spezifischer Wärmeverbrauch durch Ineinanderschieben der drei Trocknungs-Rohre – Äusserst geringer Verschleiss, da das Material nicht mit schnelllaufenden Teilen in Berührung kommt – Niedriger Kraftbedarf gegenüber unseren bisherigen Trocknungssystemen – Stufenlose Drehzahlregelung.

Überzeugen Sie sich selbst durch einen Trocknungsversuch in unserer Versuchsanstalt von der Leistungsfähigkeit des TRIPLEX-TROCKNERS. Wir übersenden Ihnen gern unseren Sonder-Prospekt. Bitte, wenden Sie sich auch mit Ihren Mahl- und Sichtproblemen an uns.



GEBR. PFEIFFER · BARBAROSSAWERKE AG · KAISERSLAUTERN
(Westdeutschland)

EDUSTAA SUOMESSA **Oy RIKASTUSKONE Ab** Helsinki Katajajarjuntie 19 A 7. Puh. 67 13 53