

VUORITEOLLISUUS

BERGSHANTERINGEN

JULKAISIJA: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN R.Y.

Sisältö—Innehåll

Adolf Metzger:

Några reflexioner angående bergtrycket och dess geotekniska bakgrund

Caj Holm ja Raimo Matikainen:

Kallion jännitystilasta ja sen mittaamisesta

Urho Valtakari:

Havaintoja Paraisten kalkkikiven louhinnasta ja murskauksesta

Vladi Marmo:

Voiko Selkämeren pohjassa olla öljyä?

Mats Hillert:

Teorin för kornförgrovnig i en- och tvåfasiga material

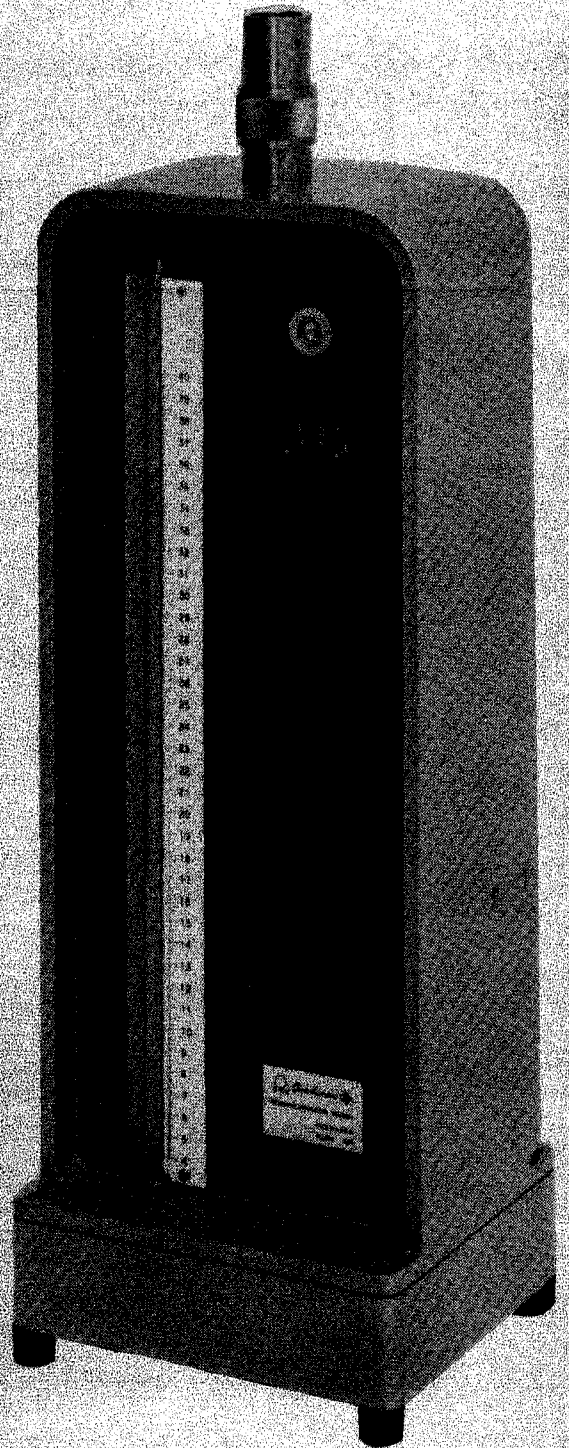
Veikko Lindroos ja Heikki Miekk'oja:

Growing Single Crystals from the Melt

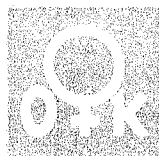
Jorma Porkka:

Vuorimiesyhdistyksen insinööritarpeen ennustekomitean mietintö

PERMARAN



OMINAISPINTA-ALAN JA KESKIMÄÄRÄISEN RAEKOON MITTARI

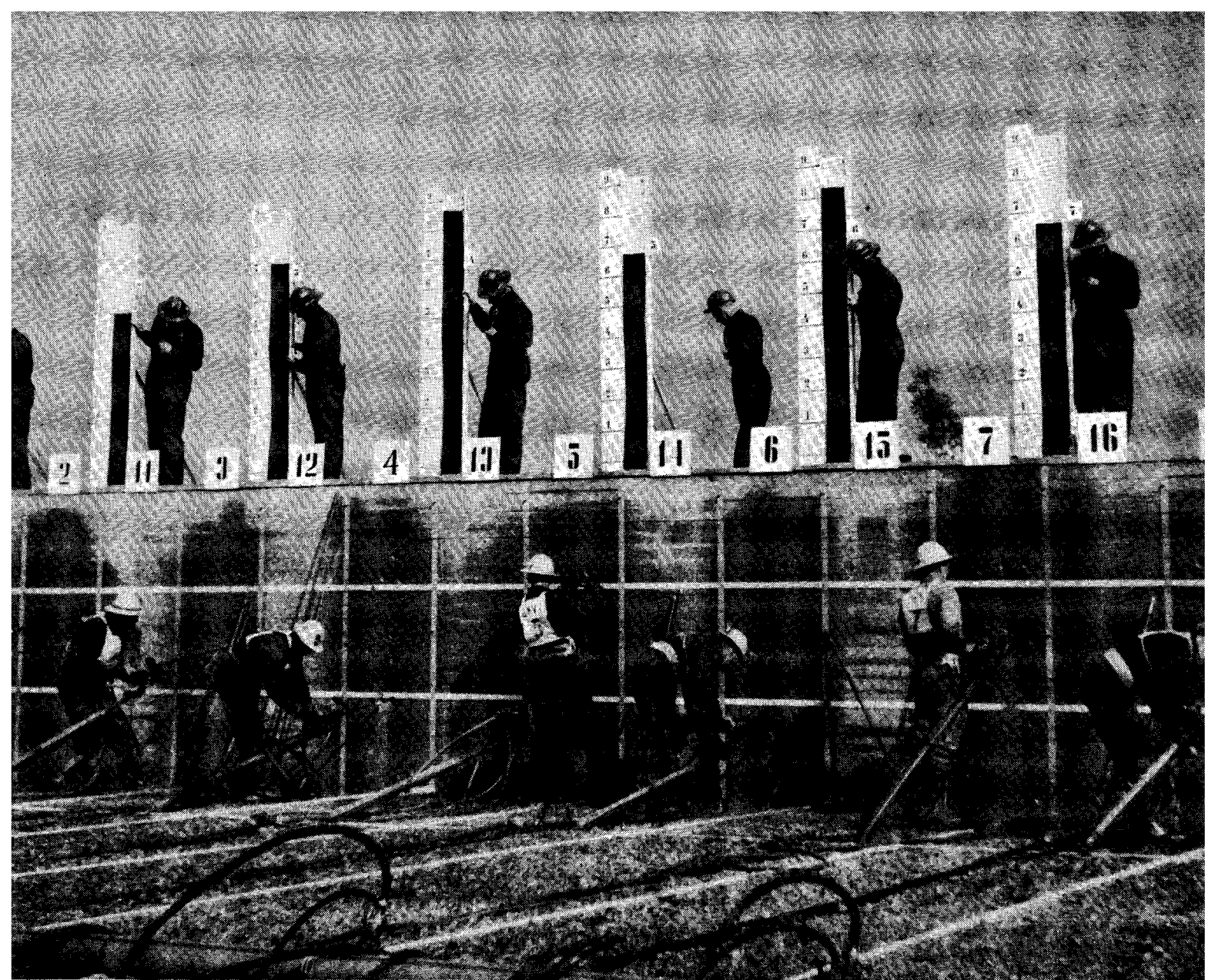


Permaran (Permeability Area Analyser) on kehitetty jauheisten aineiden keskimääräisen raekoon ja ominaispinta-alan mittaamiseksi soveltaen permeabiliteettimenetelmää, siis näytteen läpi virtaavan ilman virtausvastuksen mittaamista. Erikoisen ratkaisunsa ansiosta voidaan ominaispinta-ala Permaranilla määrätä 2...3 minuutissa mittaustulosten hajonnan ollessa alle 1%. Instrumentilla voidaan siihen kuuluvaa näytekennoa käyttäen mitata ominaispinta-aloja 150...180 000 cm²/cm³ eli keskimääräisiä raekokona 500...0,3 μ . Mittausaluetta voidaan erikoiskennoilla laajentaa.

Permaran soveltuu erilaisten jauheiden mittaamiseen mm. hienonnustekniikassa, pulverimetallurgiassa, sintrauslaitoksilla, väriteollisuudessa, puu- ja paperiteollisuudessa sekä lääkemy. kemiallisessa teollisuudessa.

Outokumpu Oy

Tutkimuslaboratorio,



Tavoitteena mestaruus- kilpailukoneena Tampella S 100

Outokumpu Oy:n porausmestaruuskilpailu 1965 pidettiin Vihannin kaivoksella, ensimmäisen kerran Outokummun ulkopuolella.

Yllä näemme koko kilpailijakaartin täydessä vauhdissa, henkilökohtaisen kilpailun voittaja Alpo Tuomola (n:o 4), Kotalahden kaivokselta, on jo siirtynyt johtoon. Vasemmalla näemme hänet tyytyväisenä »kultamitalimiehenä».

Joukkuekilpailun voitti Aijalan kaivos, jota edustivat H. Jämsä ja J. Ekola. Huoltomiesten kilpailussa peri voiton Korsnäsin kaivoksen J. Grönvik.

Tiukan kilpailun tasaiset tulokset tehtiin Tampellan S 100 kallio-porakoneella, joka esiintyi ensimmäistä kertaa kilpailukoneena ja läpäisi kokeen puhtain paperein.

Tampella

Konepaja

Tampere



50 vuotta suomalaista raudan- jalostusta

Vuonna 1915 perustettu Oy VUOKSENNISKA Ab on koko toimintansa ajan ollut keskeinen tekijä maamme rauta- ja terästeollisuuden kehityksessä. Yhtiö on kilpailukykyinen suuryritys, joka harjoittaa raudan- ja teräksentuotantoa sekä kaivostoimintaa.

IMATRAN RAUTATEHDAS – »Suomen terässampo» – valmistaa laadustaan tunnettua terästä. Tämä täysin ajanmukainen sähköterästehdas tuottaa kaksi kolmasosaa – viime vuonna 215 000 tonnia – maamme koko teräksentuotannosta. Imatran terästä on viety jo yli 20 maahan.

TURUN RAUTATEHTAAN valmistama valimoharkkorauta täyttää kotimaisten valimoiden tarpeen. Sen tuotannosta – 115 000 tonnia vuonna 1964 – meni lisäksi vientiin 65 400 tonnia.

JUSSARÖN KAIVOKSESSA louhitaan merenpohjan alta kansantaloudellemme tärkeitä rautamalmia vuosittain n. 320 000 tonnia.

KESKUSKONTTORI Helsingissä toimii yhtiön hallinnollisena keskuksena ja hoitaa mm. myyntitoiminnan.



Oy VUOKSENNISKA Ab
IMATRAN RAUTATEHDAS TURUN RAUTATEHDAS JUSSARÖN KAIVOS

nopeutta ja mukavuutta
ruuanvalmistukseen
elektroniikan ansiosta

FISKARS 2000 W

laitoskeittiöihin • kanttiineihin • ruokaloihin • ravintoloihin

Kuumentaa ateriat ja ruoka-aineet sähkömagneettisen energian sallimalla huippunopeudella tarjoiluvalmiiksi sekunneissa. Säilyttää ruuan maku-, tuoksu- ja rakennetekijät muuttumattomina. Uudenaikainen, turvallinen automatiikka. Ilmajäähdytys (ei vesijohtoliitettä). Soveltuu työpöydälle tai seinärakenteeseen upotettavaksi. Entistä lyhyemmässä ajassa voidaan tarjoilla entistä suuremmalle asiakasmäärälle entistä parempaa, entistä pienemmin kustannuksin.

FISKARS 2000 W
mikroaaltouunin kuumennusaikoja

Ruuan lämmitys:

Lihapiirakka 20 sek.
Hampurilainen 20 sek.
Tomaattikeitto 30 sek.
Lihamureke 45 sek.

Pakasteet:

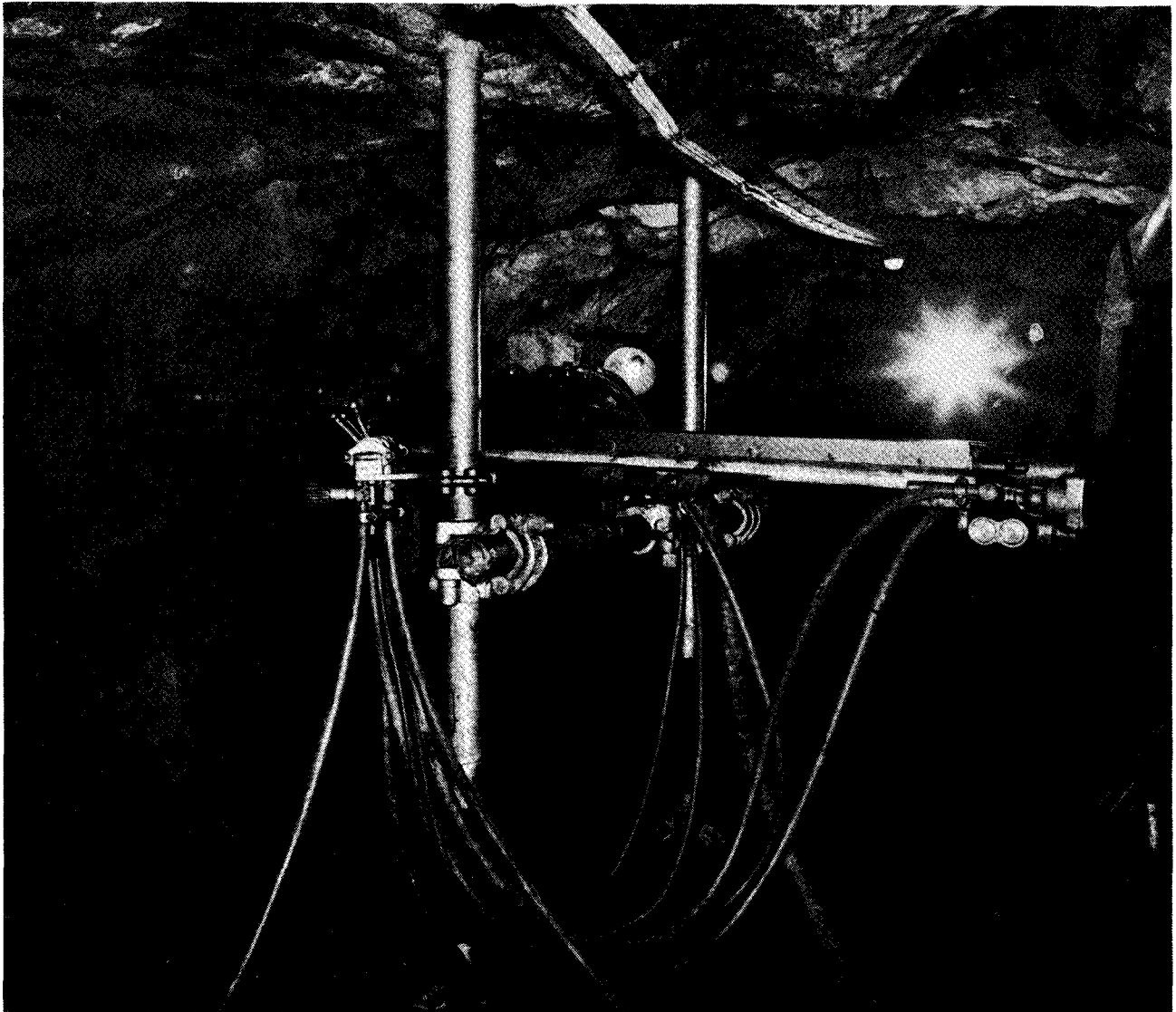
Kalapihvi, paistetut 2 min.
Lihapyörykät 50 sek.
Hernekeitto 2 min. 30 sek.
Broileri 4 min. 30 sek.



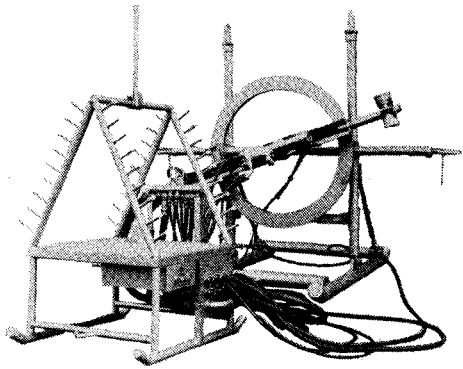
Pyytäkää yksityiskohtaista esittelyä!

OY FISKARS AB

Mannerheimintie 14, H:ki. Puh. 644 011



Atlas Copco



KALLIOPORAKONEET

JAKKI ja BUFFALO

PUSKEVAT PARHAITEN

Raskaat kallioporakoneet Jakki ja Buffalo pitkäreikäporaukseen jatkotankokalustolla.

Jakkia saa joko suunnanvaihtajalla tai ilman. Tyypimerkinnot ovat vastaavasti BBC-100F ja BBC-100A. Buffalo (BBC120F) on varustettu lukitulla poraholkilla ja pyöritysmekanismin suunnanvaihtajalla. Nämä kallioporakoneet sopivat sekä maanalaiseen että maanpäälliseen poraukseen, kuitenkin Jakki BBC-100A on tarkoitettu lähinnä avolouhoksille.

Myyntikonttorit Kuopiossa, Tapionk. 11:sta, puh. 14 418 ja 14 419 sekä Tampereella, Järvensivuntie 71:sä, puh. 50 023 ja 50 024.



JULIUS TALLBERG

ATLAS COPCO-O.S.

Aleksanterink. 21 H:ki, puh. 13 611



RÄZISION

ist im modernen Industrie-Ofenbau und bei der Fertigung feuerfester Steine eine wesentliche Voraussetzung für rationelle und qualitativ einwandfreie Erzeugung von Stahl und Metall.

RADENTHEINER MAGNESITERZEUGNISSE

verdienen in dieser Hinsicht Ihr volles Vertrauen, denn sie haben sich seit langen Jahren im In- und Ausland — auch höchsten Ansprüchen gegenüber — hervorragend bewährt.

OY TULENKESTÄVÄT TIILET AB

Eerikinkatu 14 A Helsinki Puh. 645 341 — 645 342
Eriksgatan 14 A Helsingfors Tel. 645 341 — 645 342

SKEGA-LINING KESTÄÄ



SKEGA-LINING mullistava ruotsalainen kuminen myllyvuoraus

- Alentaa vuoraukustannuksia
- Lyhentää asennusaikaa 25—75 %
- Alentaa vuorauksen painoa 85 %
- Tekee asennuksen turvallisemmaksi
- Pienentää melua
- Pitää arinan puhtaampana

Valmistaja:

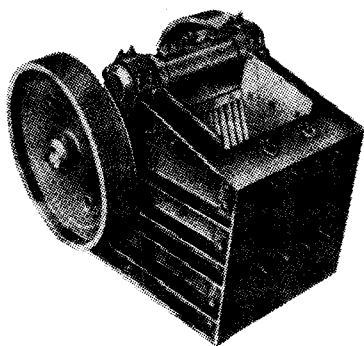
SKELLEFTEÅ GUMMIFABRIKS AB

Ersmark, Sverige

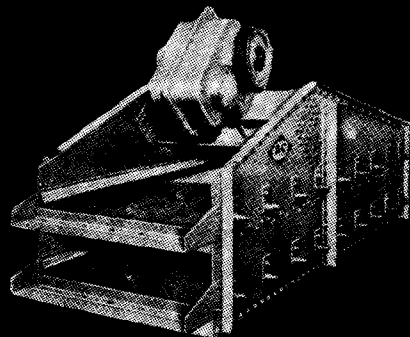
Edustaja Suomessa

Oy Telko Ab

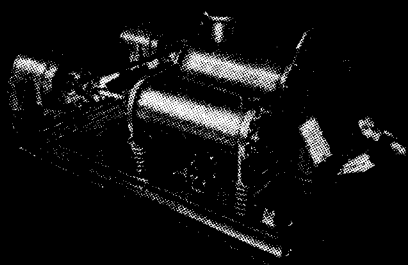
Aleksanterink. 13
Helsinki
puh. 58011



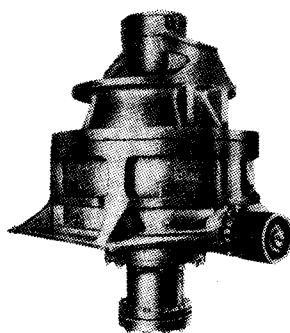
Blake-murskain



Low-Head seula



Tärmylly



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.



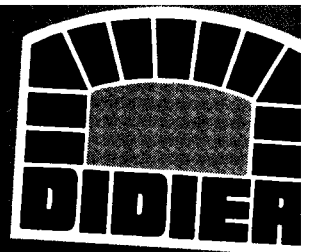
SVEDALA-ARBRA

ROLAC
64 44 11

Malminkatu 20

Helsinki

DIDIER-tiilet ovat kaikkialla maailmassa tunnetut laatutuotteina, jotka täysin vastaavat KORKEALÄMPÖTEKNIIKAN vaatimuksia.



Rauta- ja teräs-, sementti- ja kalkkiteollisuudessa, metallitehtaissa, paperi- ja selluloosateollisuudessa, lasiteollisuudessa ja kemiallisenteollisuuden kaikilla aloilla käytetään tulenkestäviä DIDIER-tiiliä menestyksellisesti. Ne takaavat niillä muurattujen teollisuusuunien käyttövarmuuden ja taloudellisuuden.

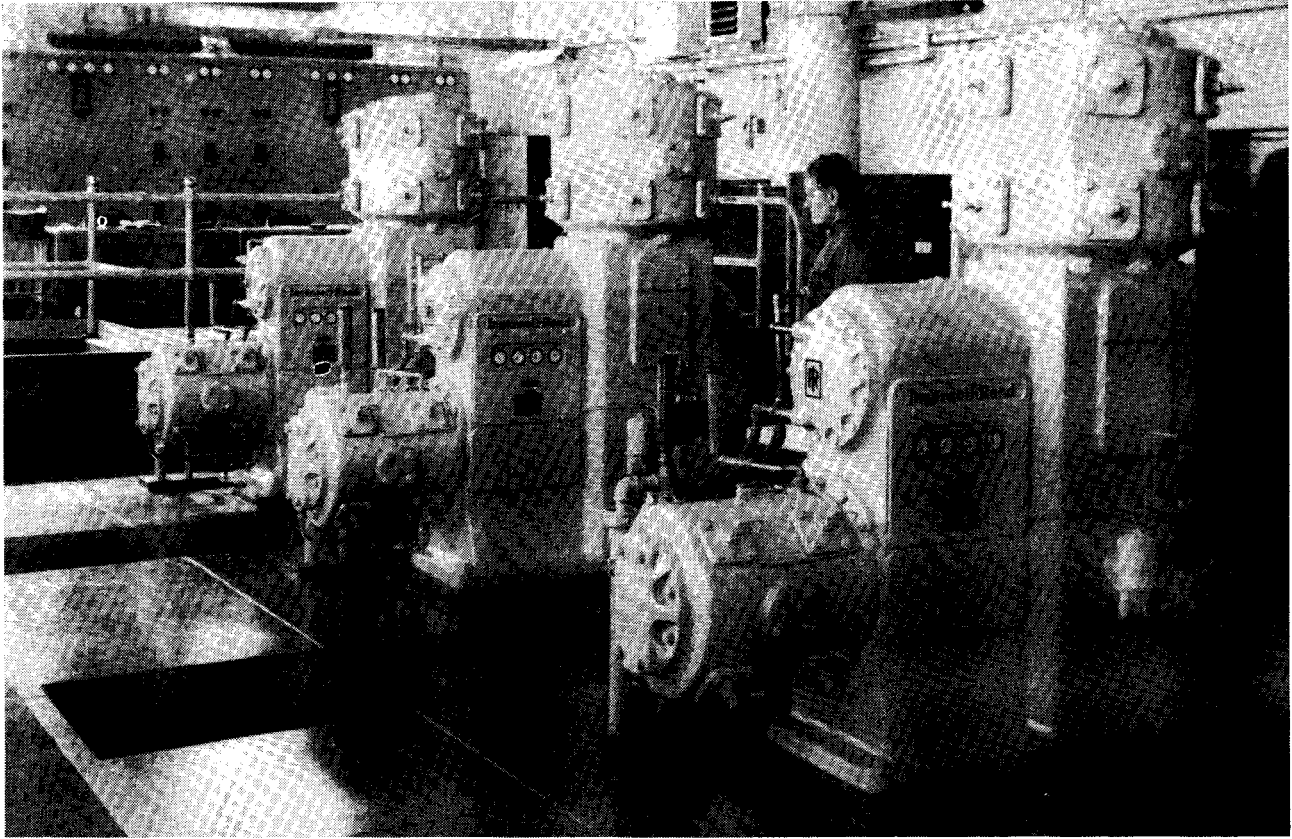
DIDIER-WERKE A G

Wiesbaden · Duisburg · Berlin-Halensee · Marktredwitz/Bayern

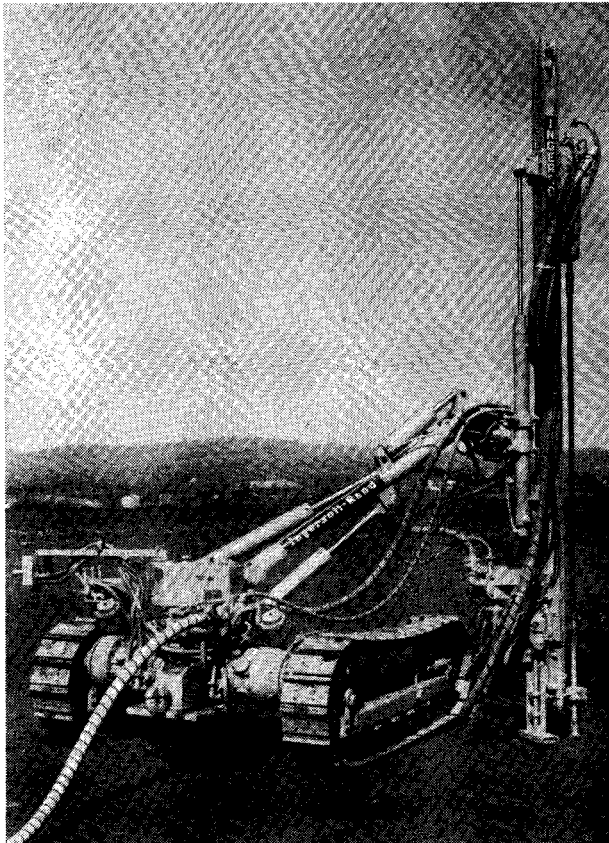
dustaja Suomessa

ALGOL

Helsinki Puh. 12631



Ingersoll-Rand



paineilmakoneet takaavat korkeat hyötysuhteet ja alhaiset käyttökustannukset

KOMPRESSORIT

Vesijäähdytteiset kompressorit tyyppi XLE
Ilman tuotto 25 - 200 m³/min. Myös hiili-
ja teflonmännänrenkailla varustettuna.

VAUNUPORAKONEET

Crowl-IR
on helppo siirtää ja nopea saada poraus-
kuntoon.

Terien koot: 2½" - 4".

oy GRÖNBLOM AB
HELSINKI - TURKU - TAMPERE - JYVÄSKYLÄ - OULU

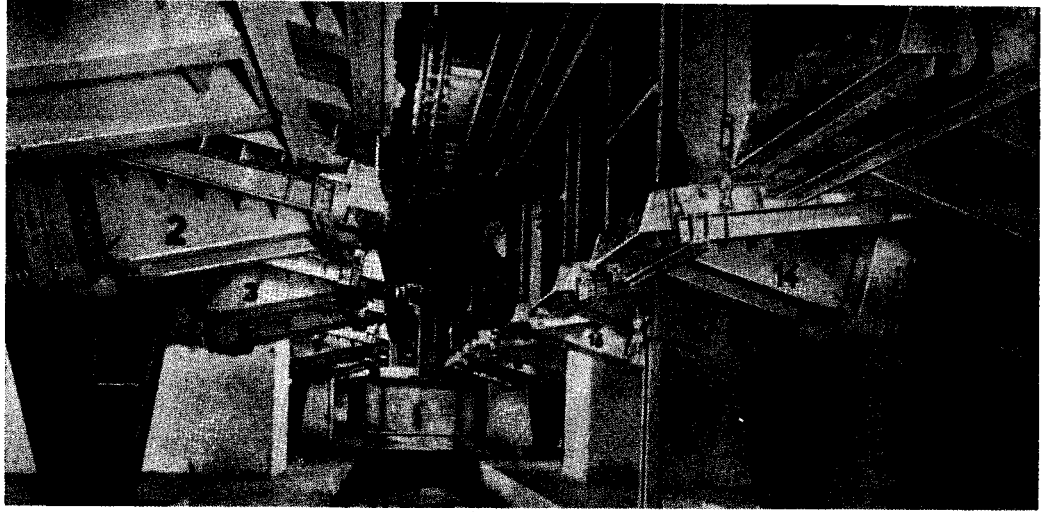
AEG

tärytekniikka palvelee vuoriteollisuutta

Valmistusohjelmaan
kuuluvat

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

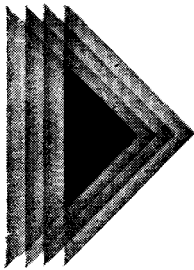
malmille, rikasteille ja
kaikille kiinteille, rakei-
sille aineille.



Päädustaja

SÄHKÖLIIKKEIDEN OY

Satamakatu 4. Helsinki, puh. 11 501



KHK

RATKAISEE KULJETINPULMANNE

VALMISTAMME KHK-KULJETTI-
MIA VUORITEOLLISUUDEN KAIK-
KIIN KÄYTTÖTARKOITUKSIIN

TARPEEN VAATIESSA SUUNNITTELU-
PALVELUMME AUTTAA TEITÄ LÖYTTÄMÄÄN
PULMAANNE PARHAIMMAN RATKAISUN

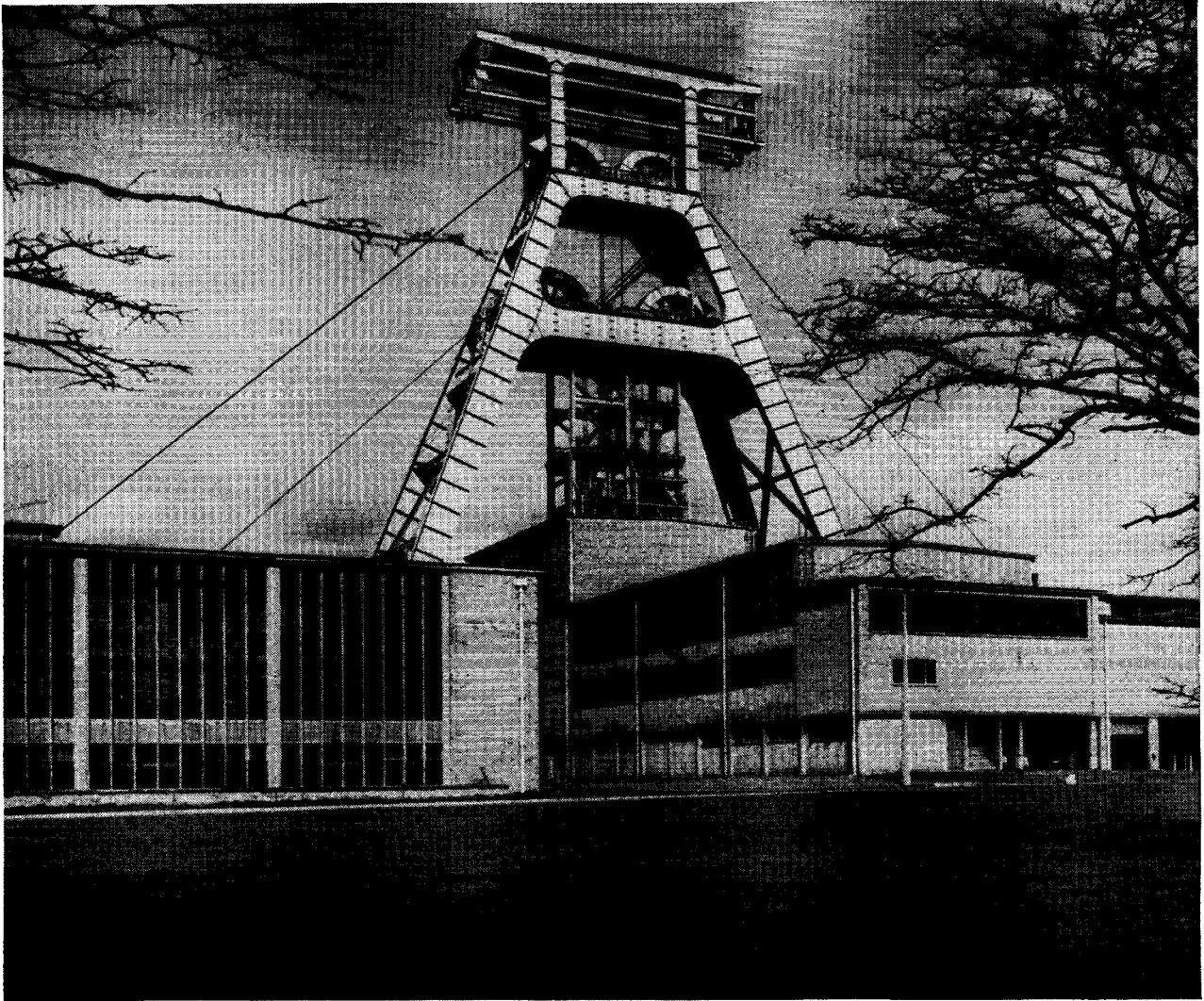


KUVASSA KAIVOKSEN
MALMINKULJETIN
TOIMINNASSA

OSAKEYHTIÖ KEKKONEN

HANKO, PUH 6695 PERUSTETTU 1939

KAIVOSTENNE KÖYSIPULMAT

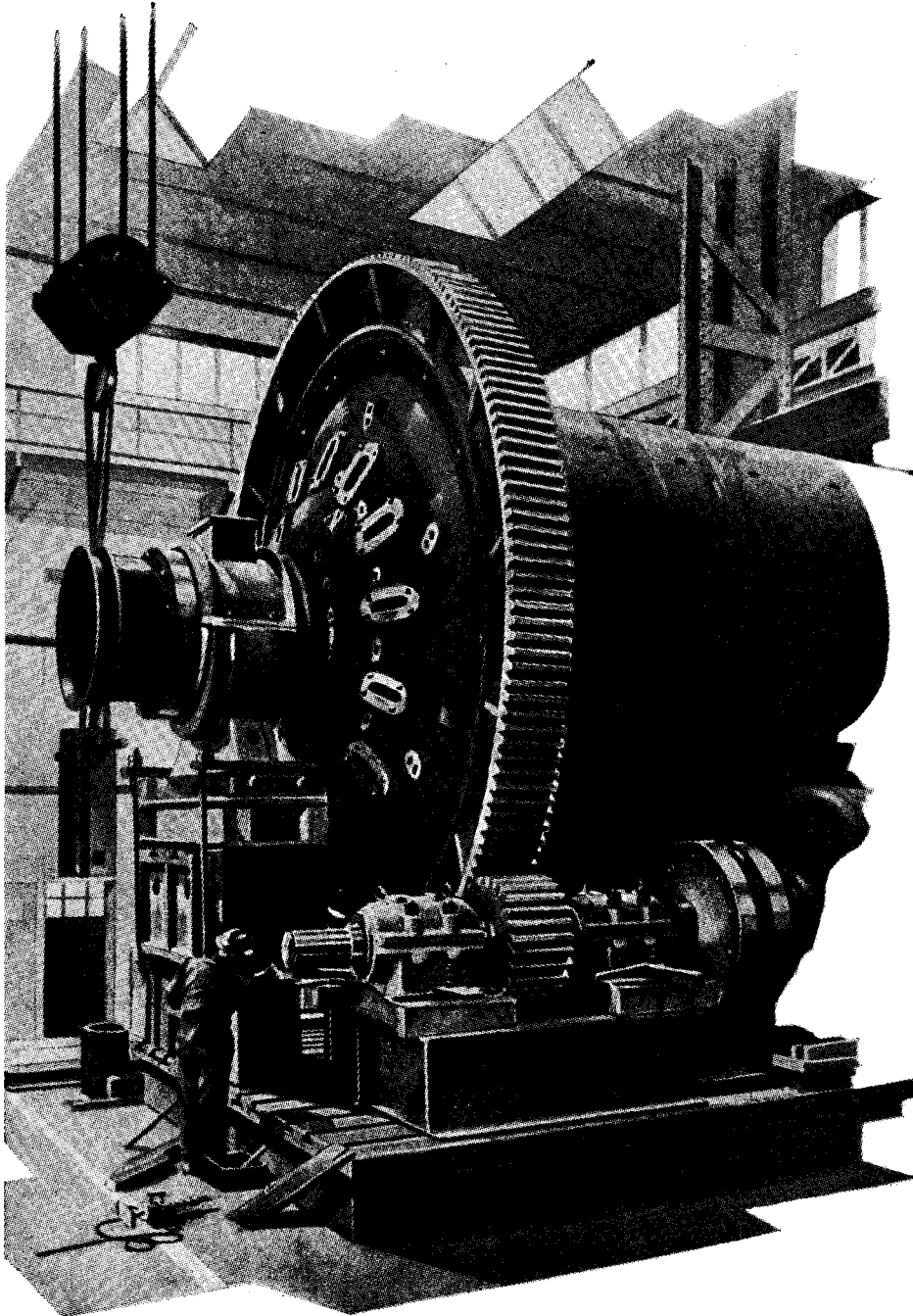


RATKaisee BRITISH ROPES LTD.

Ottamalla yhteyden edustajaamme Helsingissä voitte käyttää hyväksenne maailman eturiviin kuuluvan yhtiön vertaansa vailla olevia mahdollisuuksia varustaa kaivoksenne kaikilla tarvittavilla köysillä.

EDUSTAJA: RAUTAKONTTORI OY, Rautatalo, Keskuskatu 3, Helsinki Puh: 12121

BRITISH ROPES LTD · WARMSWORTH HALL · DONCASTER · ENGLAND



:
 :
**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, jauhatuskuivatusyksiköjä

Vedenpoistajia:

Sakeuttajia, rumpu-imusuotimia, keskipakoisseuloja, keskipakoislinkoja

Raesuuruuden säännöstelijöitä:

Spiraaliluokittelijoita, raappaluokittelijoita, ilmaluokittelijoita, täryseuloja

Kuljetuslaitteita:

Tärykuljettimia, ketjukuljettimia, lietepumppuja

Valmistaja: KLÖCKNER — HUMBOLDT — DEUTZ AG, KÖLN

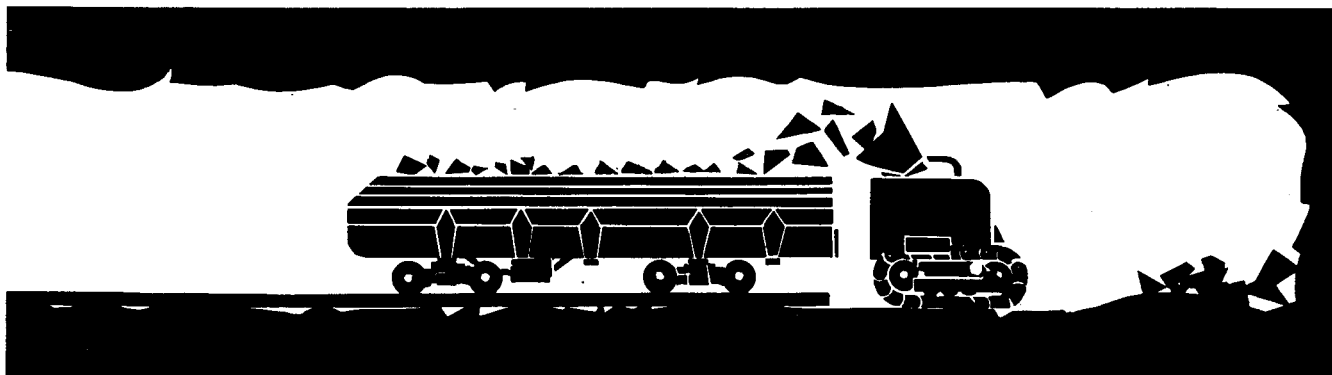
MACHINERY

TEOLLISUUSKATU 29, HELSINKI. PUH. 71 67 11
 POSTIOSOITE: POSTILOKERO 10129, HELSINKI 10

KUKA TULEE OLEMAAN VIIMEINEN HÄGGLUND-KULJETINVAUNUJEN KÄYTTÖN OTTAJA?

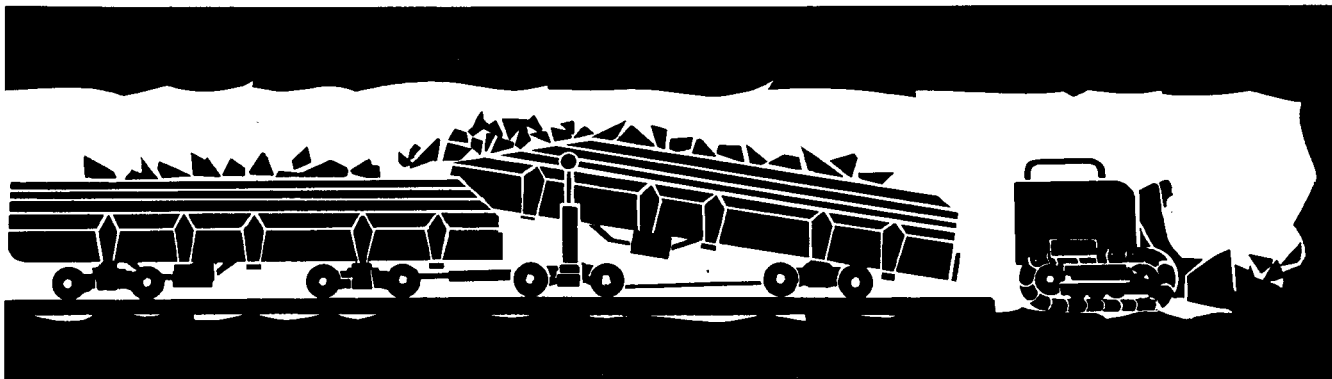
Mikä oikeuttaa meidät asettamaan tämän kysymyksen? — Hägglund-kuljetinvaunu on nyt kokeiltu ja lupauksensa täyttänyt vakioratkaisu. Asiantuntijapiirit ovat huomanneet, että Hägglund-kuljetinvaunu ratkaisee käytännöllisesti katsoen kaikki peräajokuljetukseen liittyvät ongelmat — sillä saavutetaan suuri teho olivat perien pituudet miltei mitkä tahansa. Lisäksi se on helppo ottaa käyttöön ja täy-

den tehon saavuttamiseksi tarvitaan vain yksi mies. Ohitusvaihteita, erikoisjärjestelyitä ei tarvita eikä kiskoilta suistumisia esiinny vaikka käytettäisiin vain kevyttä tilapäiskiskotusta. Ei huoltokustannuksia. Suomen vanhin Hägglund-vaunu on jo tehnyt n. 3000 metriä perää eikä ole tähän asti tarvinnut ainoatakaan varaosaa.



Nämä piirroksot kuvaavat molempia vaunutyyppiä. Tavallista HRS-vaunua on kuutta eri kokoa 5,5—11,5 m³. Kahta suurinta kokoa valmistetaan myös nostettavaa HRST-tyyppiä. Tällainen kahden vaunun yhdistelmä juna voi siis kuljettaa n. 24 m³

kiveä, ja käyttämällä toista vaunua lastauspaikalla »välivarastona» on katkon poiskuljettaminen riippuvainen vain kuormaajan tehosta ja veturin nopeudesta. Useampiakin vaunuja voidaan yhdistää junaksi.



Paitsi näitä jo käsitteiksi muodostuneita vaunuja valmistaa Aktiebolaget Hägglund & Söner myöskin yliheittävää telakuormaajaa (mallia JSL-7H) sekä

akku- ja kontaktivetureita kaivosteollisuudelle. Tiedustelkaa myöskin näitä. Löydätte varmasti tarpeisiinne sopivat yhdistelmät.

Valmistaja

HÄGGLUNDS

Edustaja

OSAKEYHTIÖ

Ekströmin

KONELIIKE

HELSINKI 10 • P.LOK. 10310 • PUH 11 421



Kaksikammiouneja, LFR 83/60 asennettuna nykyaikaiseen painevalimoon.

ASEAn verkkotajuudella toimivat, kouruin varustetut INDUKTIOSULATUSUUNIT

- Tehot 60—1000 kw
- Panostus 500—11000 kg
- Sulatustehot 100—5000 kg/tunnissa

Kun kyseessä on messingin, alumiinin, sinkin, kuparin ja pronssin sulatus ja kuumanapito, peittävät ASEAn vakiovalmisteiset, verkkotajuudella toimivat ja sulatuskouruin varustetut LFR -induktiouunit yllä mainitut alueet.

Uunien kolme päätyyppiä

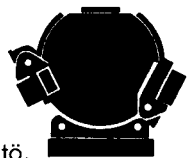
1. Kiinteät kaksikammio-
uunit - sulatus ja
kuumanapito samassa
uunissa



2. Kallistettavat pystyuunit



3. Rumpu-uunit



Vaihdettavien induktoriyksiköiden ansiosta taloudellinen käyttö.

Ottakaa yhteys meihin ja ilmoittakaa toivomuksenne.
Laadimme ehdotuksen uunilaitoksesta juuri
Teidän tuotantoanne silmällä pitäen.

ASEA

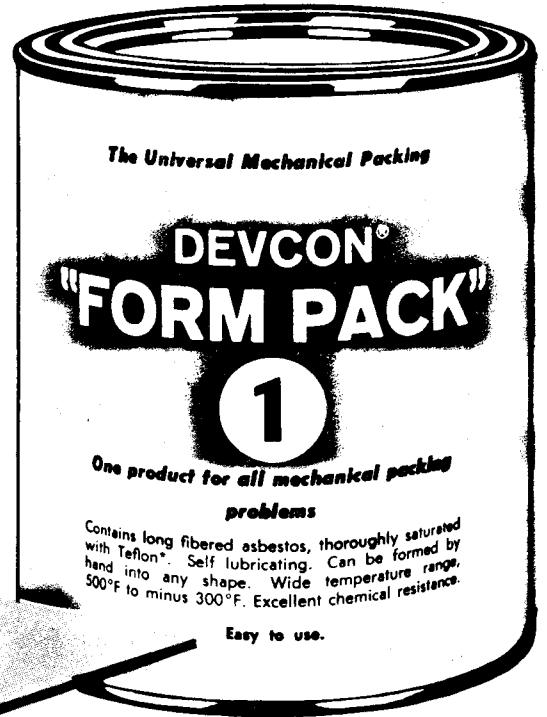
OSAKEYHTIÖ ASE AKTIEBOLAG
 HELSINKI | KUOPIO | ROVANHEMI | TAMPERE | TURKU | VAASA
 Puh. 12501 | Puh. 15071 | Puh. 4876 | Puh. 29020 | Puh. 26020 | Puh. 16150

YLEISTIIVISTE

DEVCON

"FORM PACK"

1

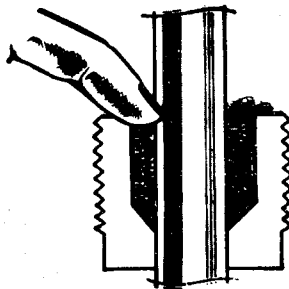


HELPPOKÄYTTÖINEN

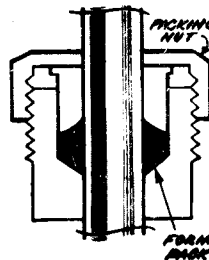
Riippumaton tiivistettävän esineen
koosta ja muodosta

KAKSI YKSINKERTAISTA TYÖVAIHETTA

Paina "Form pack"
tiivistettävään
kohtaan



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



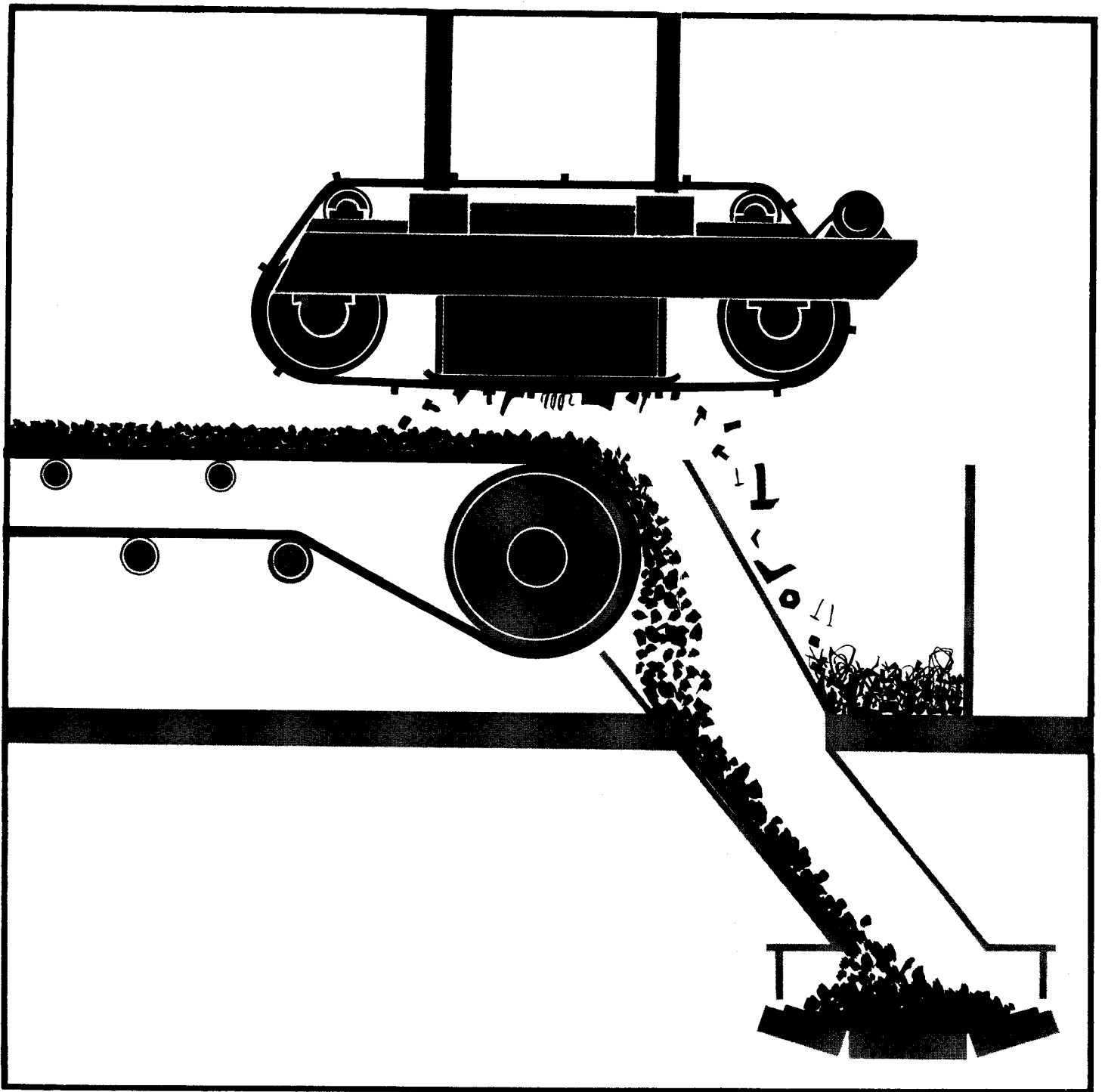
- Sisältää asbestikuitua ja Teflonia.
- Voidaan käsin muovata mihin tahansa muotoon.
- Yksi tuote tiivistää kaikenläpimittaiset akselit ja epä-säännölliset kohdat.
- Itsevoiteleva — sisältää Teflon'ia, jolla on pienempi kitkakerroin kuin millään muulla kiinteällä aineella — 6 kertaa tehokkaampi kuin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

DEVCON "FORM PACK"

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

Maahantuojaja ja pääedustaja:





**Rikkaraudan poistaminen yksinkertaisesti
tehokkaasti automaattimagneetilla**

**Nostaa nopeiltakin hihnoilta ja vahvasta
materiaalivirrasta**

**Voidaan asentaa myös poikittain haluttuun kuljettimen
kohtaan**

Ei vaadi valvontaa

WEDAG

**WESTFALIA DINNENDAHL GRÖPPEL AG · 463 BOCHUM
VUORIKONE OY · KAISANIEMENKATU 3 B · HELSINKI · PUH. 55519**

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.

Hallitus: Professori Kauko Järvinen, puheenjohtaja, dipl.ins. Börje Forsström, varapuheenjohtaja, yli.ins. Erkki Hakapää, tekn.tri Sakari Heiskanen, dipl.ins. Igor Osipow, dipl.ins. Jürgen Schmidt, fil.maist. 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, Fredrikinkatu 47 (Paraisten Kalkkivuori Oy), puh. 64 20 20.

Kaivosjaosto: yli-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, Äminnefors (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. 64 17 53. Toimituksen osoite: Bulevardi 11 A 10, Helsinki, puh. 64 17 53.

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

Lehti ilmestyy kahdesti vuodessa.

N:o 2

1965

23 VUOSIKERTA

Några reflexioner angående bergtrycket och dess geotekniska bakgrund

Professor Adolf A. T. Metzger.

Under de senaste decennierna har bergtrycket och dess betydelse för gruvbrytningen blivit ett centralt forskningsområde. Både geologer och gruvingenjörer ha i de flesta länderna med gruvindustri att tala om varit sýselsatt med detta ämne. Metoderna och fenomenens tolkning variera dock betydligt. Detta sakförhållande medför stora svårigheter, när man söker efter en gemensam nämnare för de olika lokala skildringarna. De senaste åren har dock den av professor Nils Hast från Stockholm introducerade metoden visat sig vara mera tillförlitlig och upplysande än tidigare metoder, vilket även äldre auktoriteter erkänner. Även om Hast's metod (1,2) kommer att undergå ytterligare förbättringar, så har dock hans metod redan nu framkommit till nya och delvist oväntade resultat, vilka tyda på att vi i flere hänseende böra tänka om i fråga om bergtrycket.

Den gängse uppfattningen har varit att bergtrycket i huvudsak uppkommit genom vikten av litosfärens yttersta lager. Detta belastningstryck måste till sin riktning vara vertikalt och stå i proportion till belastningens storlek. På ett visst djup, anser man, skulle detta belastningstryck utjämnas till ett allsidigt hydrostatiskt eller litostatiskt tryck. Denna uppfattning är uttrycket för en rätt starkt förenklad synpunkt på de relevanta geotektoniska och geofysikaliska problemen. Nu har Hast kunnat påvisa förekomsten av en horisontell tryckkomponent, vilken till sin storlek överträffar vertikalltrycket. Denna horisontalspänning har påträffats icke endast på djupet, utan även invid bergytan på ställen, där denna icke blivit

belastad genom överliggande kvartära sediment. Å andra sidan har den horisontella spänningen kunnats spåras ned till djup nära 1 km. Mycket intressant är att den horisontella spänningen i Finland visar en tendens att följa landets huvudsakligaste spricksystem, sådant det är skildrat av Sederholm (3) och Härme (4).

Denna huvudriktning för sprickorna är riktad från SE mot Bottenviken, således mot det område, där den maximala nedbucklingen under trycket av den kvartära landisen ligger. Vi vet att den ännu pågående landhöjningen är resultatet av en avlastning genom iskakans avsmältning (7). Vi vet intet om den ursprungliga depressionens form och djup under landisens maximum. Men på grund av de äldsta isobasernas sträckning och djup kan man antaga att djupet var närmare 600 m än 500 m. Av isobaserna från Voldiahavet kunna vi även sluta att depressionen var ovalformad med en längsaxel i SSW-NNE om ca 2 500 km. Bredden var ungefär 1 400 km. Slutningens gradient över bredden var ca 0.8 m.km⁻¹ och i längsriktningen ca 0.5 m.km⁻¹. Denna gradient är icke särdeles stor och med hänsyn till jordens storlek var den glaciala nedbucklingen rätt anspråkslös. Men spänningen måste den förorsaka. Vid avsänkningen måste det inträda en viss dilatation, men vid återuppstigandet av bergytan måste, då berggrunden genom avlastningen sökte återintaga sitt ursprungliga läge, en kraftig kompressionsspänning i radial riktning förekomma. Denna riktning intagas just av huvudsprickorna och den riktning som man här funnit för den horisontella spänningen. Mekanismen för den

glaciala depressionen och den efterföljande uppåt rörelsen är föga känd och har icke heller tilldragit sig större intresse. Kvartärgeologernas intresse är helt inriktat på landhöjningens geohistoriska förlopp och berggrundsgeologer ha icke haft något intresse för denna kvartära företeelse. Det är dock uppenbart att såväl nedbucklingen som upp bucklingen försiggick som en differentialrörelse längs med den mosaik av sprickor och klyftor, vilken genomsätter vår berggrund. Rörelsen måste leda till horisontella spänningar, vilka i speciella fall kunna utlösas genom jordbävningar. Den relativt ringa nedbucklingen behöver icke ens förutsätta någon reaktion inom den djupare litosfären eller astenosfären, enär den absoluta nivåförändringen ligger inom möjligheterna för den yttersta skorpan kompressibilitet. Det är icke möjligt att inom detta snäva utrymme närmare gå in på dessa problem. Jag har dock förhoppningen att snart i samband med en analys av jordskorpan i Finland få återkomma till desamma (8). Viktigt i detta nu är konstaterandet att det horisontella bergtrycket har en sådan orientering att den kan sättas i relation till landhöjningen. Tillsvärdare ha vi endast ett fåtal observationer, alla inom ett relativt begränsat område. Det är därför kanske för tidigt att draga allt för långt gående slutsatser. Jag tror dock att man i framtiden kommer att finna att den horisontella tryckriktningen kommer även i andra delar av Finland att vara riktad mot den glaciala depressionens centrala delar. Även från andra områden känner man till ett samband mellan den horisontella komponentens riktning och den allmänna tektogenesen. I W-Norge ligger en observation i kaledonisk riktning. I W-Afrika finner man ett samband med de av Alia (5) beskrivna brottlinjesystemen.

Innan jag fortsätter, skall jag uppmärksamma på några omständigheter, som äro beskrivna av Kieslinger (6). Denne beskriver hur den s.k. Bankung uppkommer genom avspänning av ett tidigare belastat område. Han framhåller att alla bergarter äro kollektiv av olika mineral med sinsemellan helt olika fysikaliska egenskaper. Bergarterna innesluta anisotropier i flere riktningar. Utsättes

en bergart för stress, och vilken bergart gör icke detta, så laddas densamma upp med en motsvarande motspänning. Det hela håller ihop så länge ingen förändring sker. Men sker en förändring, det må handla om avlastning genom erosion eller någon annan minskning av belastningstrycket, eller stenbrott och gruvarbeten, så manifesterar sig bergartens inneboende motspänning i en strävan till volymändring. Vid dylika avspänningar kunna provkropparna efter en viss lagringstid visa större brottspänningar än vid uttagningen ur berget. I marmorbrott har man kunnat konstatera att vertikala skårer efter sågningen tryckts igen genom blockens utvidgning. Här har man tydligen att göra med horisontella rörelser.

Här ovan har jag försökt påvisa ett samband mellan bergtrycket och vissa geotektoniska rörelser i den yttre litosfären. Även om inga verkamma isostatiska utjämningsrörelser, såsom vår landhöjning, äro till finnandes, så är jordskorpan dock hela tiden utsatt för mekaniska påfrestningar. De diurna ebb- och flodrörelserna äro ett mätbart fenomen. Den ständiga förändringen i ytbelastningen genom degradation och aggradation, samt de levande förkastningslinjerna (t.ex. San Andreas sprickan i Californien) och de recenta vulkanernas verksamhet giva upphov till spänningar. Även det faktum att litosfären vilar på ett plastiskt simatiskt underlag kan aldrig tillåta ett absolut viloläge inom sialskorpan. Fast även ett sådant skulle inträda så ha vi fortfarande att räkna med restspänningarna i de tektogenetiskt påfrestade områdena såsom de alpida tektogenen. Det vore även frestande att med den av Hast utarbetade metoden undersöka till exempel spänningarna runt ett system av gravsänkor som Döda och Röda haven och de E-afrikanska Rift Valleys, eller Rhen sänkan N om Alperna, och varför icke kring vår gamla gravsänka Bottenviken. Bergtrycksmätningarna ha i allmänhet utförts i gruvor och vid kraftverksbyggen, således rent lokala föremål med en rent lokal målsättning. Det har varit min mening att med dessa korta rader uppmärksamma på att bakgrunden till bergtrycket ligger i de händelser som framkallade den

forts. på sid. 32.



Adolf Metzger

Den 13 november avled prof. Adolf Metzger efter en kort sjukdom. Han var född i Tyskland den 26. 2. 96 men flyttade till Finland efter första världskriget. Här doktorerade han i geologi och anställdes vid Pargas Kalkbergs AB, där han under sin nära 40-åriga verksamhet byggde upp den geologiska avdelningen. Han har dessutom verkat vid Åbo Akademi först som docent och sedan 1952 som professor i allmän och tillämpad geologi. Hans professur har för övrigt varit den enda i tillämpad geologi i Norden. Hans vetenskapliga produktion omfattar c:a 50 avhandlingar och uppsatser som behandlar vitt skilda delar av den geologiska vetenskapen, och närmare hälften av dessa berör ekonomisk geologi, tillämpad mineralogi och tilläm-

pad geofysik. Han har varit en pionjär i Finland för införandet, av de geofysikaliska metoderna i det geologiska arbetet och han har bidragit till att utveckla vissa elektriska metoder.

Genom sin ställning har prof. Metzger utgjort en förbindelselänk mellan den teoretiska och den tillämpade geologin, mellan universiteten och industrin. Genom sina vittförgrenade internationella vänskapsband och sina stora språkkunskaper har han gjort mycket för kontakterna med utländska geologer. Med sitt levande intresse för kontakter har han verksamt bidragit till grundandet av Geologiliitto, och som erkänsla härför blev han vald till Geologiliittos första hedersmedlem. Även Geologiska Sällskapet i Finland hade för avsikt att välja honom till sin hedersmedlem, men tyvärr fick han inte uppleva sin 70-årsdag då han skulle få mottaga detta bevis på kollegernas uppskattning av hans vetenskapliga arbete.

Med professor Metzger förlorar bergsmännen och geologerna i Finland en av sina mest färgstarka och särpräglade förgrundsgestalter.

Professor Metzger var Bergsmannaföreningens medlem sedan 1943.

Kallion jännitystilasta ja sen mittaamisesta

Yli-ins. Caj Holm ja dipl. ins. Raimo Matikainen, Lohjan Kalkkitehdas Oy.

Kaivostoiminnassa joudutaan aina tekemisiin sekä luonnon että louhinnan aiheuttamien jännitysten kanssa. Vasta kun n. 40 vuotta sitten osattiin yhdistää syy ja seuraus, alkoi kehitys, joka on viime aikoina valtavasti kiihtynyt. Kallion jännitystila ei kiinnosta enää vain kaivosmiehiä, vaan myös rakennusuunnittelijoita, geodeetteja, geologeja, seismologeja jne. On syntynyt uusi käsite, kalliomekaniikka, rock mechanics.

Kehitys ei ole suinkaan ollut tasaista eikä vastuksista ole ollut puutetta. Paljon on edelleenkin ratkaisematta. Epäselvyydet heijastuvat jo käsittelemäämme aihetta koskevilla nimityksillä, sillä terminologia on sangen horjuvaa. Kuitenkin ulkomailla on ainakin kerran yritetty suorittaa jonkinlaista luokittelua (1). Nimitys »vuoripaine» on saanut alkunsa näkemyksestä, että kallioperässä vallitsevat voimat ovat peräisin ylläolevien massojen painosta. Koska nykyisin käsitellään myös veto- ja leikkausvoimia, ollaan siirtymässä »jännitys» sanan käyttöön.

Kallion jännitystilän syyt ovat osittain primäärisiä osittain sekundaarisia, joita on varsin vaikea erottaa toisistaan. Primäärinen perussy on maapallon rakenne ja siinä tapahtuvat muutokset. Ilmiönä kallion jännitystila on aina sama maapallon paisumisesta tai kutistumisesta huolimatta. Esim. prof. N. H. Magnusson on osoittanut, että jännitykset ovat vaihdelleet eri geologisina aikoina (2). Aktuaaliperiaate pitää paikkansa myös tässä luonnontieteen haarassa (3), (4), (5).

Sekundaarisiiin syihin lukeutuvat taas ihmisen aiheuttamat muutokset. Niitä ovat esimerkiksi maanalainen louhinta, kallioleikkaukset, irtomaan poisto, kalliolle perustetut suuret rakennelmat jne.

Jännitystilassa tapahtuvat muutokset voidaan jakaa eksogeenisiin ja endogeenisiin. Jälkimmäisiin kuuluvat

yllämainitut muutokset, kun taas edelliset ovat taivaan-kappaleiden aiheuttamia (6).

Jännitystilän aiheuttamien tekijöiden tunteminen on tietysti edullista. Se ei kuitenkaan ole välttämätöntä, eikä se käytännössä olisi mahdollistakaan. Riittää, että saadaan mitattua tekijöiden yhteisvaikutus eli osavoimien resultantti.

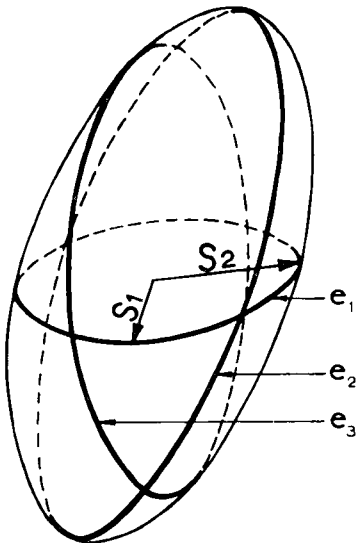
Kolmidimensionaalista jännitystilaa voidaan havainnollistaa joko pallolla tai ellipsoidilla (7), (8), (9). Samaan tulokseen tullaan myös E. R. Leemanin (10) antamalla kaavoilla. Käytännössä on hyvin harvinaista, että jännitystila on pallonmuotoinen, sillä silloin vallitsee hydrostaattinen tilanne. Ellipsoidi on tavallisin. Voimaellipsoidi, voimakenttä, voidaan jakaa tasoilla tasoleikkauksiksi, jotka ovat ellipsejä ja joilla niin muodoin on kaksi pääjännitystä σ_1 ja σ_2 (kuva 1). Poikkeustapauksessa saadaan ympyrä $\sigma_1 = \sigma_2$. Käytännössä saadaan jännitysellipsoidista paras kuva käyttämällä vaaka- ja pystyleikkauksia. Ellipsin suunta määrätään aina suurimman akselin mukaan ja sidotaan tavallisesti ilmansuuntaan.

Jännitysellipsoidin määrittämiseen tarvitaan mittauslaitteet, ja saadut lukemat on kyettävä käsittelemään matemaattisin perustein.

Jo varhain oletettiin, että kivilajit ovat isotrooppisia ja että niihin voidaan soveltaa Hooken lakia. Kuormituksen muutos aiheuttaa siis tietyn dimension muutoksen, joka on riippuvainen kunkin aineen kimmominaisuuksista. Kimmoteorian soveltaminen kiveen ja kallioon herätti alussa vastustusta. Vastustajat perustelivat kantansa viittaamalla kiven epähomogeenisuuteen sekä usein esiintyviin rakoihin ja ruhjoutumiin, jotka heidän mukaansa tekivät kimmoteorian käytön mahdottomaksi. Viimeisimmät tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että em. teoriaa voidaan soveltaa kauttaaltaan rikkoutuneeseen kiveen.

Jos halutaan mitata kallion jännitys, täytyy mitauskohta vapauttaa kentästään poraamalla. Tämä osoitettiin jo v. 1935 (11) ja samaa ideaa on käytetty myöhemmin (10). Irtiporaus, jonka käytännölliseen suoritukseen palataan myöhemmin, antaa samalla näytteen mitattavasta kivistä.

Jännityksen laskemiseksi tarvitaan lujuusopin mukaan mitattavan kiven kimmomoduli E sekä kentän aiheuttama venymä tai puristuma. Näin ollen on tärkeätä, että kimmomoduli otetaan juuri mittauslaitteen kohdalta ja mittaussuunnassa. Edellä mainittu irtiporaus on tällä hetkellä ainoa vapautuskeino, ja lisäksi sillä saadaan mm. kimmomodulin laboratoriomääritykseen tarvittava näyte. Kimmomodulin osuutta on syytä korostaa, sillä äskettäin on usein sekoitettu ehjän kappaleen lujuusopillinen kimmomoduli patorakennuksessa käytettyyn deformaatiomoduliin eli in situ kimmomoduliin. Se tarkoittaa, että suoraan työpaikalla mitataan tunnelin tai pyöreän kuilun (turbiinikuilu) deformaatio, kun sitä kuormitetaan kallion pintaa vastaan kohtisuoralla voimalla (esim. vedellä). »Vattenfallsstyrelsen i Sverige» on suorittanut viime aikoina laajoja kokeita (Kongressen i berg-



Kuva 1. Jännitysellipsoidi on täysin määrätty, kun tunnemme kaksi jännitysellipsiä, e_1 ja e_2 . Usein määrätään vielä varmuuden vuoksi kolmas leikkaus e_3 .

mekanik i Stockholm, nov. 1964) ja todennut, että deformaatiomoduli on normaalisti vain n. $1/6-1/4$ saman alueen kivien kimmomodulista. Tämä johtuu siitä, että kokonaisdeformaatio on sekä elastisen että rakojen ja heikkousvyöhykkeiden aiheuttaman deformaation summa. Tämä on havaittavissa varsinkin räjäytettyjen alueiden, kuten perien seinissä. Rakojen vaikutus on yleensä deformaatiossa ratkaiseva.

Edellä jo korostettiin, että kimmoteoria soveltuu kiveen myös silloin, kun se on kokonaan särkynyttä (12). Samoin on tietysti asianlaita, jos kivessä on »normaali» määrä halkeamia. Toisin sanoen, vaikka kalliassa on rakoja, se käyttäytyy kimmoisesti (13).

Mittauslaitteet

Jatkuvilla rakokartoituksilla ja mikroseismissillä mitauksilla voidaan paikallistaa kuormituksen kannalta kriittisimmät alueet, mutta mitään voima-arvoja ei saada. Valtaosa paineenmittauslaitteista perustuu Hooke'n lain mukaiseen mittausreiän halkaisijan muutokseen (strain), kun mittaria ympäröivä kivisylinteri vapautetaan voimakentästä. Kokemukset ovat laajimmat toisaalta venymämittausliuskojen (strain gauge) ja toisaalta magnetostriktiivisen kennon käytöstä.

Jos halutaan saada mahdollisimman luotettavat tiedot jännityskentästä olosuhteista riippumatta, on mittauslaitteelle asetettava seuraavat perusvaatimukset:

1. Vapautuksessa tapahtuva liike on mitattava oikeassa paikassa. Mittausreiän on oltava mahdollisimman pieni, ja mittaus on suoritettava oikeassa reiän kohdassa eikä esim. reiän päädyssä (14).
2. On mitattava oikea liike, jolloin on eliminointava rakojen, epäpuhtauksien ja itse irroituksen mahdollinen vaikutus. Kaikki on saavutettavissa käytettäessä »riittävää» esijännitystä.
3. Kimmomodulin vaikutus on saatava mahdollisimman vähäiseksi.

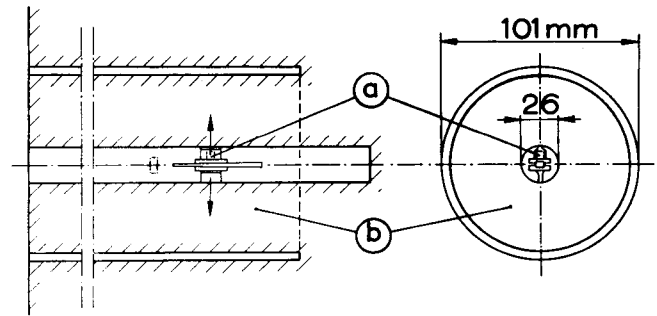
Tiedot eri laitteista ovat olleet varsin hajanaisia. Laboratorioasteella on ollut ja on edelleen monia mielenkiintoisia konstruktioita. Eteläafrikkalainen E. R. Leeman on selostanut useita nykyisin käytössä olevia laitteita sekä vertaillut niiden käyttömahdollisuuksia (15).

Edellä mainitut ehdot täyttäviä menetelmiä ei ole muita kuin ruotsalaisen prof. N. Hastin magnetostriktiiviseen kennoon, esijännitykseen ja irtiporaukseen perustuva menetelmä (16). Tämä on patentoitu Ruotsissa, Englannissa, USA:ssa sekä Etelä-Afrikassa. Kun Lohjan Kalkkitechdas Oy syksyllä 1963 hankki Suomessa yksinoikeuden tähän menetelmään, se oli ainoa käytännössä kokeiltu ja luotettavaksi todettu keino mitata absoluuttisia jännityksiä. Prof. Hast oli suorittanut jo aikaisemmin mittauksia Jussarön, Tytyrin, Sipoon ja Ojamon kaivoksilla, mistä oli saatu varsin tyydyttävät tulokset ja kokemukset. Vaikka kaikkialla on kehitetty uusia menetelmiä, missään ei ole suoritettu niin laajoja kokeiluja käytön varmistamiseksi. Magnetostriktiivisellä menetelmällä saadut kokemukset ovat varmasti laajimmat kaikkiin muihin verrattuna, sillä jo v. 1951 alkaen n. 25 työpisteessä on suoritettu yli 15 000 erillistä mitausta. Huolimatta yhä uusituneista arvosteluista ei tässä menetelmässä ole pystytty osoittamaan teoreettisia eikä käyttöön liittyviä virheitä. Kuluneen kahden vuoden aikana on Lohjan Kalkkitechdas Oy:n toimesta suoritettu jännitysmäärityksiä mm. Ojamon ja Tytyrin kaivoksissa. Tällöin on koulutettu mittaushenkilökunta ja kaikki tarvittavat laitteet on valmistettu itsenäisesti.

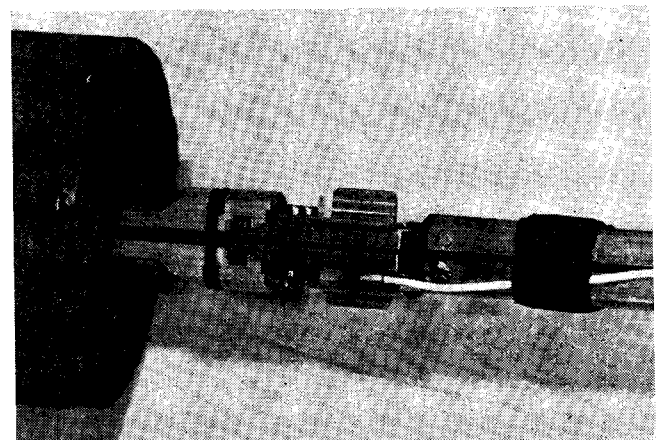
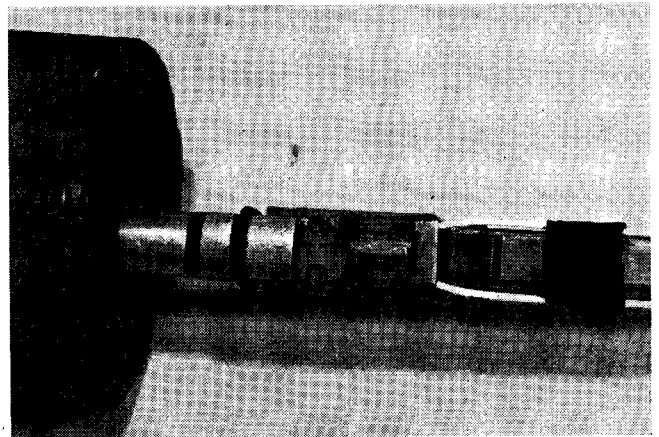
Prof. Hastin mittausmenetelmä

Prof. Hastin kehittämällä menetelmällä saadaan vallitseva jännitys määrättyä voimanmuutoksena. Pieneen, halkaisijaltaan 26 mm:n kairareikään esijännitetään mittauselin, joka sitä ympäröivän kivisylinterin ohella irroitetaan ulkoisesta voimakentästä halkaisijaltaan 101 mm:n timanttikruunulla. (kuva 2).

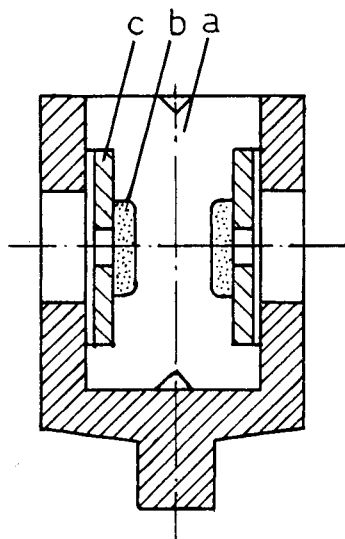
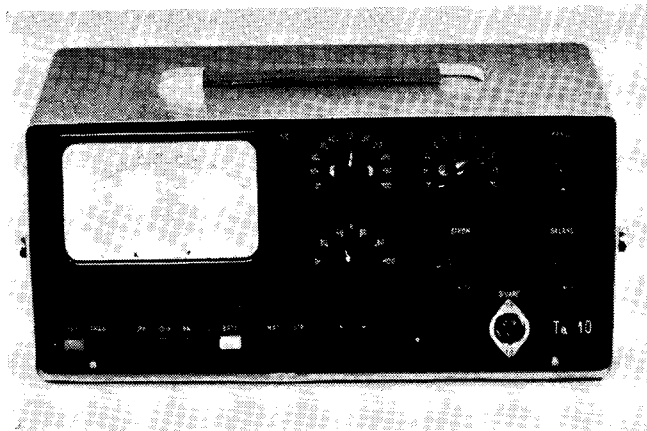
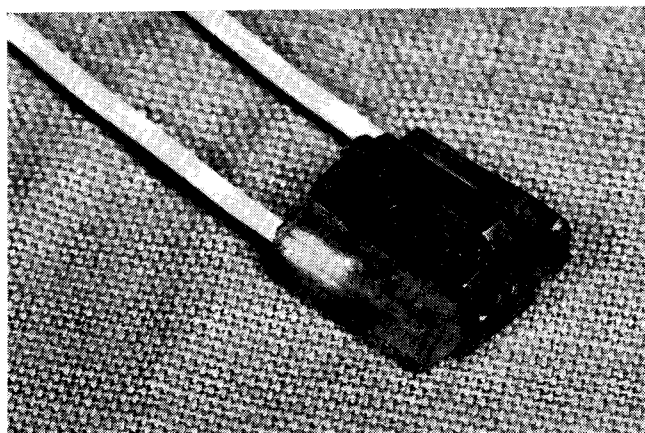
Mittauselimeen kuuluvat anturi ja esijännityslaitteet (kuva 3). Anturissa olevan kennon toimintaperiaate on magnetostriktiivinen, ts. kennossa tapahtuu permeabili-



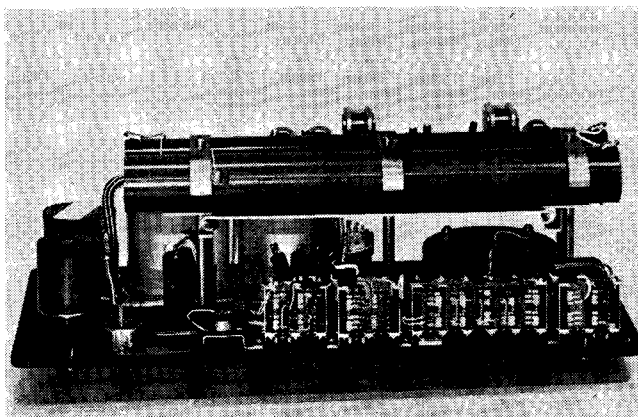
Kuva 2. Prof. N. Hastin magnetostriktiiviseen kennoon (a) ja irtiporaukseen perustuva menetelmä. Mittausreikään, jonka halkaisija on n. 26 mm, esijännitetään mittauselin ja irroitetaan tämän jälkeen ympäröivän kivisylinterin (b) kanssa halkaisijaltaan 101 mm timanttikruunulla ulkoisesta jännityskentästä. Kennoon aksiaalisesi puristavassa voimassa tapahtuu irtiporauksessa muutos, joka mitataan. Yhdellä mittauksella saadaan määrättyä vain yksi arvo mittausreikää vastaan kohtisuorassa kentässä.



Kuva 3 Prof. Hastin laboratoriossa kehitetty mittauslaite kuvattuna päältä (yläkuva) ja sivulta (alakuva).



Kuva 4. Kenno suojuksineen. (ylhäällä) Halkileikkauksessa (vasemmalla) nähdään (a) kennon runko, (b) käämi, (c) magneettisen kentän sulkeva levy. Ulommaisena on messinkinen suojuks, johon kenno on upotettu.



Kuva 6. Ta-mittariin on sijoitettu mittauspiirin virtalähde, tarkka kiertokäämimittari sekä mittaukseen tarvittavat säätö- ja tarkastuslaitteet. Yläkuvassa on mittari toimintavalmiina, alakuvassa avattuna.

teetin muutos, kun aksiaalisesti puristava voima muuttuu (kuva 4). Kenno on Ni-sydämellä varustettu käämi, jolla on ulkoinen virtalähde. Se on vuorostaan sijoitettu messinkiseen suojukseen niin, että esijännityksessä ja mittauksessa tuleva voima kohdistuu siihen aksiaalisesti. Mittauselin esijännitetään mekaanisesti mittausreikään hyvin tarkoin hiotun kiilan avulla (kuva 5). Irtiporauksessa saadaan mitattua voima, joka on reiän suhteen kohtisuorassa asennossa. Anturin antama mittausimpulssi siirretään johtoja pitkin mittariin (kuva 6), jossa sijaitsee koko mittauspiirin virtalähde, herkkä kiertokäämimittari ja tarvittavat tarkistus- ja säätölaitteet.

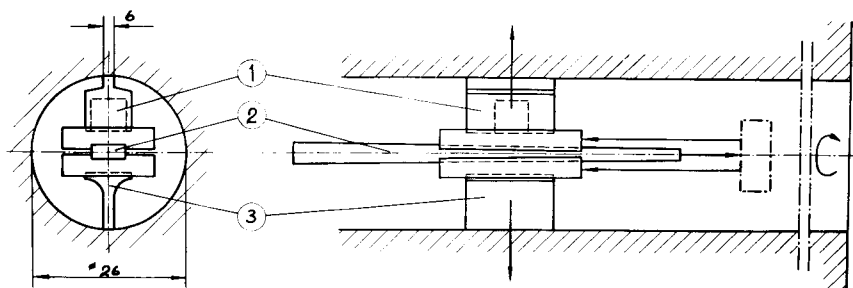
Suorittamalla kolme perättäistä mittausta samassa mittausreiässä kääntäen mittauselintä niin, että suunnat eroavat toisistaan 60° , saadaan laskettua reikää vastaan kohtisuorassa tasossa oleva jännitysellipsi. Ellipsi on täysin määrätty, jos tunnetaan kolme pistettä sen kehältä. Käytännössä nämä arvot määrätään useita kertoja n. 15 cm:n välein koko 10—15 m:n pituisessa mittausreiässä (kuvat 7 ja 8). Näin saadaan selvä käsitys koko

tuolla matkalla olevasta voimakentästä. Raot ja ruuhjevyöhykkeet todetaan tavallisesti jo mittauksen yhteydessä esijännityksen ansiosta, mutta ne tulevat esiin myös mittaustuloksissa. Hyvin usein rakojen läheisyydessä lukemat nousevat kahdessa mittausasennossa ja laskevat yhdessä tai päinvastoin. Heikkousvyöhykkeet eivät näin pääse sotkemaan yleiskäsitystä voimakentästä. Eri mittausasetoja kutsutaan klo 10:n, 12:n ja 2:n asennoiksi.

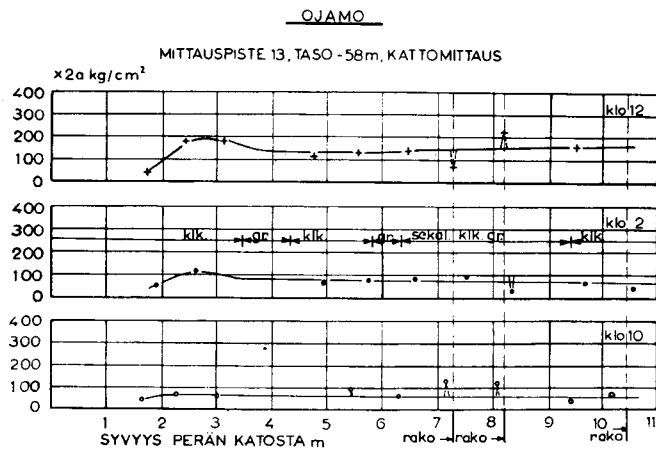
Koko kolmidimensidnaalinen jännitystila, voimaellipsoidi, saadaan määrättyä suorittamalla 1—2 muuta ellipsin määrittystä, mieluummin toisiaan vastaan kohtisuorassa asennossa. Käytännössä ei ole läheskään aina tarpeellista suorittaa täydellistä ellipsoidin määrittystä, vaan selvittää vain yhdellä tarkoituksenmukaisesti suunnatulla leikkauksella.

Mittauselimen kalibrointi ja korjauskerroin

Jotta jännitysellipsin päävoiman suuruus ja suunta saa-

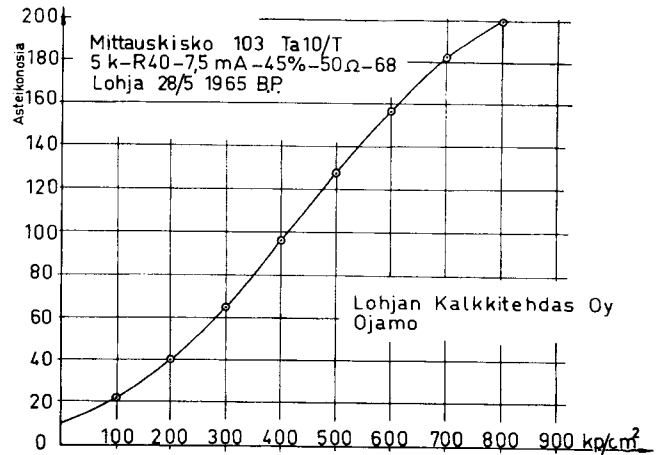


Kuva 5. Esijännityperiaate. Mittausanturin (1) ja puristuskiskon (3) väliin on sijoitettu kolmiosainen kiilajärjestelmä (2). Mittauselimen halkaisijaa ja siis esijännitystä voidaan muuttaa reiän ulkopuolelta erityisen putkiston ja ruuvin avulla. Kiristyskitka ja vääntö eivät vaikuta kennoon eikä reiän seinämiin.



Kuva 7. Mittaustulokset merkitään suoraan mittaustaikalla tällaiseen akselistoon. Käyrässä olevia arvoja ei ole tässä vielä korjattu kimmomodulin aiheuttamalla kertoimella. Jo työpaikalla nähdään häiriintymättömään kenttään tulo. Esimerkin mukaisessa tapauksessa arvot tasaantuvat vasta n. 4 m:n syvyydessä. Rakojen vaikutus huomataan esim. 8 m:n kohdalla: kaksi mittauservoa on kohonnut (klo 12, klo 10) sekä kolmas (klo 2) laskenut. Kun laskentaan käytetyt arvot perustuvat useihin mitaustuloksiin, voidaan välttää virhearvioinnit.

taiisiin laskettua suoraan anturin lukemista, on mittauselin kalibroitava. Tämä tapahtuu puristimeen sijoitetun teräsprisman avulla. Prismaan on porattu halkaisijaltaan 26 mm:n reikä, johon mittauselin sijoitetaan kalibrointia varten. Kalibrointi suoritetaan huomioimalla puristuslukemaa vastaavat mittarilukemat (kuva 9). Kalibrointi-prismalla tulisi olla sama kimmomoduli kuin mitattavalla kivellä, mutta käytännössä tämä ei ole mahdollista. Niinpä saadut lukemat on vielä kerran korjattava laskennan yhteydessä. Tämä korjausermi on matemaattisesti laskettavissa, jos tunnetaan mitattavan kiven kimmomo-



Kuva 9. Kalibrointi suoritetaan puristimessa teräsprisman avulla. Tiettyä puristusarvoa vastaa aina tietty anturin antama mittauservo. Kalibrointikäyrän avulla saadaan mitauksissa muutettua mittarinlukema suoraan jännitykseksi mittaussuunnassa ja paikassa.

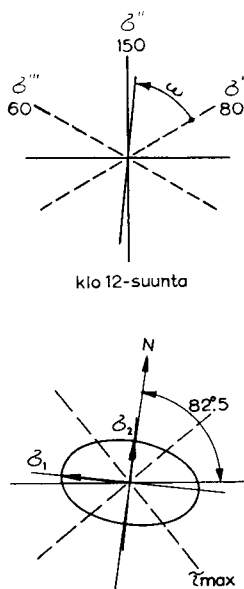
duli. Varsinaisen laskentatyön nopeuttamiseksi on laadittu kuvan 10 mukainen taulu, jonka avulla saadaan korjauserroin. Kivinäytteen kimmomoduli vuorostaan määrätään nopeasti ja suhteellisen halvalla irtiporauksessa saadusta kairausydäimestä. Tämä määrittäminen ehdottomasti tehtävä ehjästä näytteestä.

Irtiporaus

Irtiporaus suoritetaan, kuten jo edellä on mainittu, halkaisijaltaan 10 mm:n timanttikruunulla (kuva 11). Kun irtiporaus on ohittanut kennon 4–5 cm, tasaantuu mittarin lukema ja poraus voidaan lopettaa. Mittausarvo saadaan mittarista alku- ja loppulukemien erona. Suoritetun kokeiden (13) mukaan ei ole syytä käyttää tämän suurempaa irtiporauskruunua. Irtiporaukseen tällöin kuin mittausreiän kairaukseen käytetään tavallista XC-konetta.

Mp 13 Ojamo

Pääjännitysten laskenta



Syvyys 9m
 $\sigma' = 80 \text{ kp/cm}^2$
 $\sigma'' = 150 \text{ ---}$
 $\sigma''' = 60 \text{ ---}$
 290 kp/cm^2

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{\alpha'}{2} \left[290 + \sqrt{\frac{1}{2}(70^2 + 90^2 + 20^2)} \right] \\ \sigma_2 &= \frac{\alpha'}{2} \left[290 - \sqrt{\frac{1}{2}(70^2 + 90^2 + 20^2)} \right] \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{\alpha'}{2} (290 + 82) + C = 186 \alpha' \\ \sigma_2 &= \frac{\alpha'}{2} (290 - 82) + C = 104 \alpha' \end{aligned} \right.$$

$$\alpha' = 1 = 2 \alpha$$

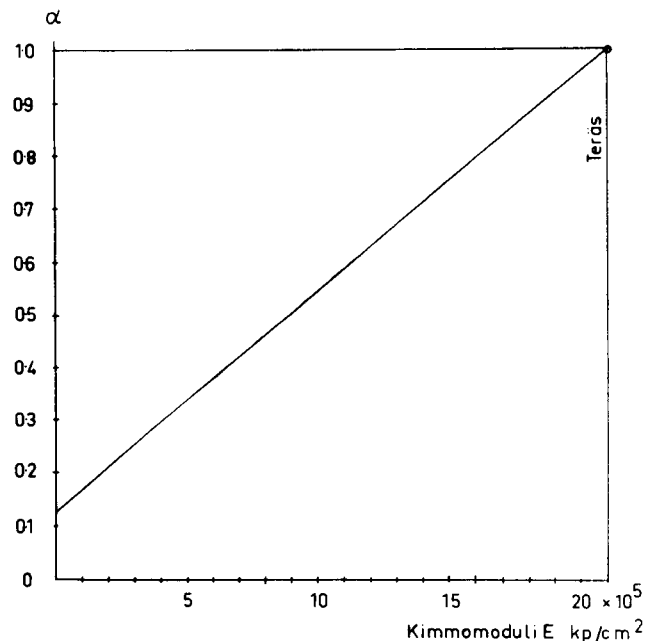
$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_1 &= 186 + 2 \approx 190 \text{ kp/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 104 + 2 \approx 105 \text{ ---} \\ \tau_{\max} &= 43 \text{ kp/cm}^2 \end{aligned} \right.$$

$$\text{tg } 2\omega = \sqrt{3} \frac{90}{160 - 210} = \frac{9}{5} \sqrt{3} = -3.12$$

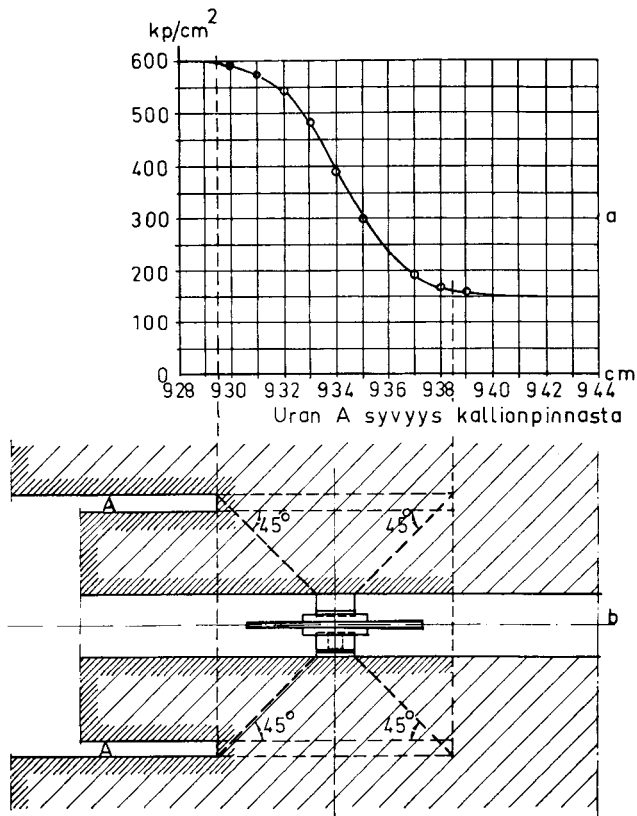
$$180^\circ - 2\omega = 72^\circ \quad 2\omega = 108^\circ$$

$$\omega = 54^\circ \text{ eli } 6^\circ \text{ klo 12-suuntaan}$$

Kuva 8. Mittausarvojen perusteella lasketaan korjaamattomat pääjännitykset eli ellipsin akselit. Korjauserroin saadaan, kun tunnetaan kiven E. Tässä tapauksessa $E = 900\,000 \text{ kp/cm}^2$. Lisäksi on horisontaalikeskittään suoritettava päälläolevan kivikaton painosta johtuva korjaus, jolla ei tässä tapauksessa ole ratkaisevaa merkitystä (2 kp/cm^2).



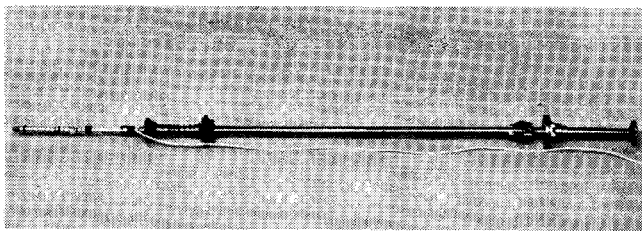
Kuva 10. Kimmomodulista aiheutuva korjauserroin voidaan tämän kuvan avulla määrätä nopeasti, kun tunnetaan mitatun kiven kimmomoduli. Korjauserroin on tarpeellinen, koska mittauselin on kalibroitu teräsprisma.



Kuva 11. Kun mittauselin on esijännitetty halkaisijaltaan 26 mm:n reikään, suoritetaan irroitus 101 mm:n timanttikruunulla. Mittauselin sijoitetaan tavallisesti 5—7 cm:n etäisyydelle edellisen irtiporauksen päätyemisestä, ja poraus voidaan lopettaa, kun mittauslukema on tasaantunut. Kivessä ollut jännitys saadaan alku- ja loppulukemien erona. Loppulukema on puristavassa kentässä esijännitysarvon alapuolella ja vetoapauksessa yläpuolella.

Mittaustyö ja jännitysellipsin laskenta

Koko reiän matkalla suoritetaan siis mittauksia, jotka asennoiltaan eroavat toisistaan 60° :n kulman verran. Mittauselin sijoitetaan reikään erityisen putkiston avulla, johon on järjestetty esijännitysmekanismi kiilan kiristämiseksi sekä suuntauslevy (kuva 12). Mittausreiän pituus on normaalisti 10—12 m, mutta yli 20 m pitkät reiät ovat tarvittaessa täysin mahdollisia. Kaluston kannalta ei mittaussuunnalla ole mitään väliä. Pohjareikiä porattaessa on toimittava erityisen varovaisesti, sillä kairaussydämet ja reiän seinämistä lohkeilleet kappaleet on saatava ylös. Yhtä jännitysellipsiä varten suoritetaan 30—40 erillistä mittausta (kuva 7). Näiden perusteella on helposti pääteltävissä todelliset ellipsin laskentaan tarvittavat arvot (kuva 8). Laskentakaavat perustuvat Kir-



Kuva 12. Mittauselin sijoitetaan reikään erityisen putkiston avulla. Oikealla puolella nähdään suuntauslevy sekä esijännitykseen tarvittava ruuvi.

schin perusyhtälöihin, mutta ne on johdettu tässä erikoistapauksessa suhteellisen yksinkertaisiksi. Horisontaalientä laskettaessa on aina tehtävä saatuihin päävoimiin päälläolevan kiven painosta johtuva lisäys. Tätä yksinkertaista korjaustermiä varten tarvitaan kiven Poissonin luku, joka saadaan samasta kairaussydäimestä, mistä on suoritettu kimmomodulin määrittäminen. Tässä yhteydessä on huomattava, että prof. N. Hastin menetelmällä voidaan määrätä myös vetojännityksiä. Jos kalliossa on odotettavissa veto, on esijännitys asetettava siten, että mittauslukema voi nousta.

Mittaustarkkuus

Esijännityksen avulla on tässä menetelmässä eliminoitu venymämittausliuskosten yhteydessä ilmenevät vaikeudet ja epävarmuuden aiheuttajat. Epäpuhtaudet ja raot havaitaan heti. Irtiporaus timanttikairauksella on niin tasainen, että se ei tavallisesti häiritse mittausta. Mittauskäyrien ja tulosten avulla saadaan laskennasta eliminoitua rakojen vaikutukset.

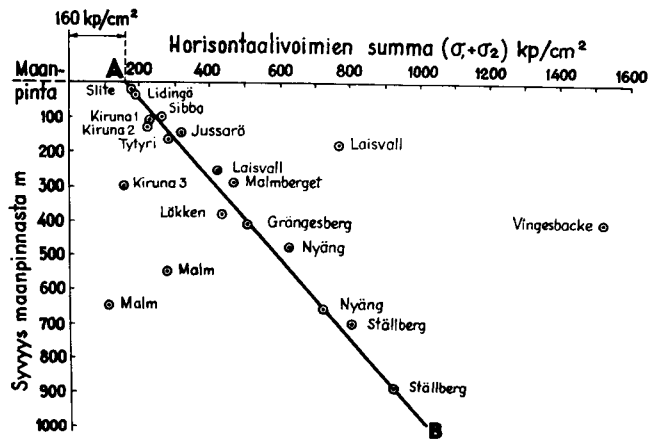
Mittauskennon on mittarin kanssa erittäin herkkä ja mittausalueeltaan laaja yksikkö. Kenno on mittarin avulla herkistettävissä niin, että sillä on todettu jaksolliset maankuoreissa tapahtuvat paineen huojunnat. Suuri herkkyys on tarpeellinen myös seurattaessa louhinnan aiheuttamia jännityskentän muutoksia. Hystereesi-ilmiö vältetään kennon oikealla säädöllä (kuva 9). Laboratoriossa suoritetuissa kokeissa on päästy 1—2 %:n mittaustarkkuuteen ja käytännössä vertailevilla mittauksilla n. 5 %:n maksimipoikkeamaan. Suurempaa tarkkuutta ei juuri voida vaatia, kun huomioidaan kiven epähomogeenisuus. Käytännössä on n. 10 %:n tarkkuus aivan riittävä, sillä joka tapauksessa suunnittelussa on käytettävä varmuuskertoimia (17).

Mitattavan kiven kimmomodulista aiheutuva korjauskerroin α muuttuu suhteellisen vähän, vaikka E vaihtelee (18).

Esimerkiksi, jos E muuttuu 500.000—600.000 kp/cm^2 niin korjauskerroin vastaavasti vain 0.34—0.38. Toisin sanoen pienet kimmomodulin vaihtelut eivät vaikuta merkittävästi tuloksiin.

Jännitysmittausten soveltaminen käytäntöön

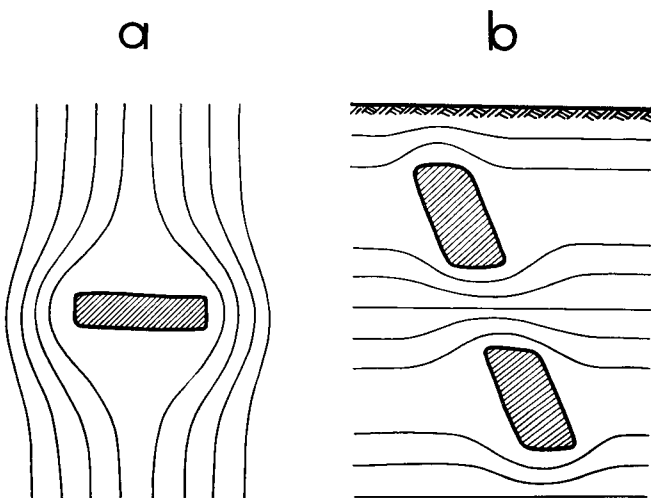
Kallion jännitysmittauksia on suoritettu ainakin Skandinaviassa, Pohjois-Amerikassa, Nubiassa, Kanadassa, Etelä-Afrikassa, Ranskassa, Neuvostoliitossa ja Japanissa. Prof. H. Hast on toimittanut mittauksia ensiksi mainituissa neljässä paikassa vuosina 1951—1965. Lohjan Kalkkitehdas Oy:n kaivoksissa on hänen johdolla tehty n. 1 000 erillistä jännitysmäärittystä. Prof. H. Hast on koontanut edellä mainituissa paikoissa suorittamansa mittaukset kuvassa 13 olevaan diagrammiin. Mittaukset on suoritettu eri syvyyksillä. Varsin selvästi huomataan korkeat horisontaalivoimat jo aivan maanpinnassa. Kuva osoittaa, että jännityskenttä on pinnalla alikompensoitu, sillä horisontaalivoimien summan ajateltu nollapiste on maanpinnan yläpuolella. Jos kiven murtolujuus ylitetään, tapahtuu enemmän tai vähemmän poimuttumista. Maanalainen jännitys hallitaan ylläolevan kiven painolla. Jos yläpuolelta muutetaan kuormitusta, vaikuttaa tämä välittömästi alla olevan osan tasapainoon. Näin tapahtuu esim. kaivoksissa, joissa louhitaan miljoonia tonneja malmia. Jännitystilän määräyksillä pyritään auttamaan kaivosten suunnittelua sekä työn suoritusta.



Kuva 13. Horisontaalivoimien lisääntyminen syvyyden funktiona prof. Hastin Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa suorittamien mittausten mukaan.

- Kulut ja perät voidaan määrätä jännityksen suhteen parhaaseen mahdolliseen paikkaan. Oikealla muodolla vähennetään ennen kaikkea vetojännitysten syntymismahdollisuuksia.
- Louhostilat voidaan louhia muodoltaan, kooltaan ja sijoitukseltaan niin, että lopputulos on työturvallisuuden kannalta paras mahdollinen. Pilarit ja tukirakenteet voidaan mitoittaa siten, että esiintymä on louhitavissa mahdollisimman tarkoin.
- Patojen ja suurten rakennusten kallioperusta varmistetaan.

Lis. Bo Hall on tehnyt yhteenvedon kaivoksissa olevista jännityksistä (18). Myöhemmät huomioidut ja mittaukset tukevat useita hänen käsityksiään, mutta muutamiin täytyy suhtautua varovaisesti. Niinpä ei ole ilman muuta selvää, että louhitun tilan sivustoilla on aina matalajännitteinen vyöhyke. Tällaisissa tapauksissa on otettava huomioon esiintymän muoto, jännityskentän suuruus sekä malmin että sivukiven kimmo-ominaisuudet. Jännitystilasta on syytä varmistaa mittauksin. Jo edellä on todettu, että murskautunut, mutta ei luhistunut kivi voi kantaa kuorman (12). Jännityskenttä voi siis läpäistä tällaisen paikan. Edellisen lisäksi jännityskenttä konsentroituu louhittaessa esiintymän päihin, pilareihin ja kattoon (kuva 14).



Kuva 14. Periaatekuva jännityskentän konsentroitumisesta maanalaisen louhoksen ympärillä. a) Vaakaleikkaus, b) pystyleikkaus. Suuria jännityksiä esiintyy varsinkin louhosten päissä sekä katossa.

Mikäli on tarkoitus suorittaa painemittauksia toiminnassa olevassa kaivoksessa, täytyy aluksi tehdä tarkka rakokartoitus mittausten pohjaksi. Periä ja niiden muotoa käsittelevää kirjallisuutta on olemassa runsaasti (19), (20), (21). Samoin on louhittuja tiloja ja pilareita käsitelty paljon. Erikoisesti on huomattava, että:

- 1) Varsinkin katoissa olevia vetojännityksiä täytyy välttää mahdollisuuksien mukaan.
- 2) Katolle annetaan mielellään esijännitys, mutta puristuslujuutta ei saa kuitenkaan ylittää.
- 3) Pilarissa olevat leikkausjännitykset voivat tuhota muuten kohtuullisesti kuormitetut pilarit. Maksimi leikkausjännitys on $(\sigma_1 - \sigma_2)/2$ ja se on 45° :n kulmassa ellipsin pääjännityksen suhteen.
- 4) Ei ole itsestään selvää, kantaako pilari akselinsa suuntaisen kuorman. Mittauksilla on tarkistettava, että vinokuormitusta ei ole.
- 5) Pilari täytyy mitoittaa huomioimalla suurin jännitys ja sen suunta. Se saattaa olla myös vaakasuora.
- 6) Pilareissa, jotka liittyvät vanhaan louhokseen, voi syntyä vetojännityksiä, kun louhinnan jatkuessa tasapaino muuttuu.

Kun jännitys tunnetaan, on katto mitoitettava käytämällä lujuusopin kaavoja. U.S. Bureau of Mines on määrännyt, että puristuksessa varmuuskertoimen on oltava vähintään 4. Tämä arvo on todennäköisesti liian alhainen kivilajeillemme.

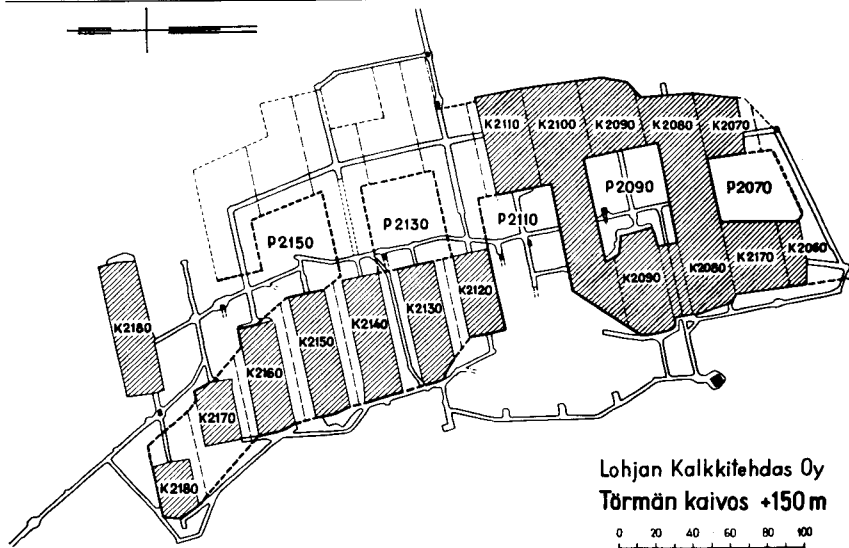
Käytännön sovellutukset Tytyrissä

Kuten viime syksynä Vuoriteollisuus-lehdessä (N:o 2/1964) mainittiin, on Lohjan kauppalassa sijaitsevan Tytyrin kaivoksen Törmän kaivososassa siirretty »suurpilareitten» käyttöön. Prof. Hastin v. 1961 suorittamien mittausten mukaan todettiin, että käytetyt 10 m paksut, 80 m korkeat ja n. 100 m pitkät pilarit eivät enää kannattaneet kattoa, vaan pikemmin riippuivat siitä, Tällöin tuli ajankohtaiseksi koko pilarijärjestelmän uudistaminen. Horisontaalientä todettiin olevan lähes esiintymän suuntainen ja lisäksi niin suuri, että se riitti esijännittämään katot. Suunnitelmissa täytyi lisäksi huomioida ainakin seuraavat tosiasiat:

- kalkkivilinssin paksuus on suuruusluokaltaan 100 m ja kaade n. 45° .
- louhostilojen korkeuden tuli olla n. 60—100 m.
- kalkkiveä oli louhittu myös avolouhoksena.
- maanpinnan vajoamista ei saa tapahtua.
- oli varattava mahdollisuus jatkaa louhintaa myös seuraavilta tasoilta.

Uudessa suunnitelmassa järjestettiin katon tukeminen poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisten ja mahdollisimman samankokoisten pilareitten avulla. Sivun pituus on n. 40 m (kuva 15). Pilareitten välit vuorostaan ovat n. 50 m. Käytettäessä suuria, paksuudeltaan 40—50 m:n pilareita saadaan vähennettyä rikkoutuneen pinnan vaikutusta, sillä ammunnessa syntyvä rakoilu ulottuu usein 3—4 m:n syvyyteen. Tällöin 10 m:n paksuiseen pilariin ei jää varsinaista kantavaa osaa kuin muutama metri. Kantokyky kasvaa jyrkästi pilaria suurennettaessa ja malmi voidaan louhia tarkemmin kuin ennen.

Tytyrin oloissa laskettiin voitavan mennä aina 80—100 m:n pilarikorkeuksiin em. poikkileikkauksella. Pilari-systeemin muuttuminen aiheutti tietysti vanhassa kaivoksessa vaikeuksia. Kuvassa 15 on nähtävissä uusien pilareitten paikat sekä niiden suhtautuminen aikaisemmin louhittuun osaan. Ensimmäinen uuden suunnitelman mukainen pilari P 2090 vapautettiin osittain jo viime syk-

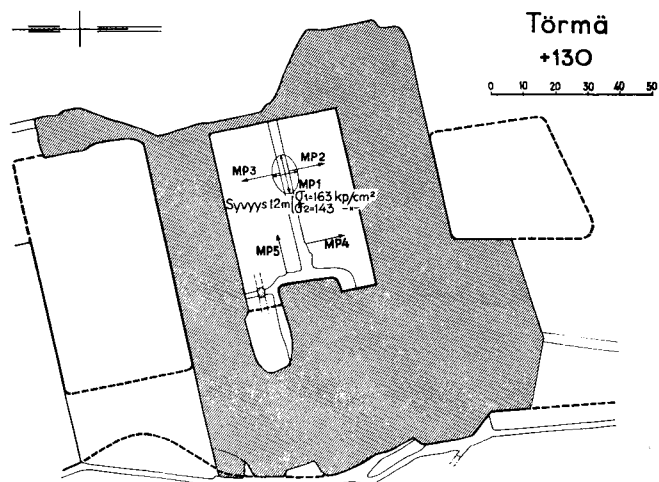


Kuva 15. Vaakaleikkaus Törmän +150 m:n tasolta. Kattoa jäävät kannattamaan suurpilaret, jotka on pyritty saamaan poikkileikkaukseltaan yhtä suuriksi. Tarkistusmittaukset on nyt suoritettu P 2090:ssä.

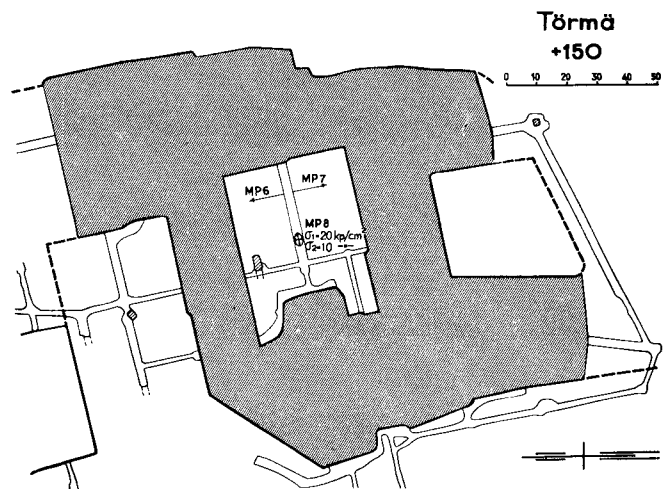
synä ja lopullisesti tänä kesänä. Viime talvena suoritettiin tässä pilarissa ensimmäiset tarkistusmittaukset. Tulokset olivat täysin alkuperäisten laskelmien mukaisia.

Kantokyvyn kontrolloimiseksi oli käytettävissä tasot +130 m, +150 m ja +200 m (kuvat 16 ja 17). Kaiken kaikkiaan porattiin tähän pilariin 9 mittausta ja tehtiin n. 400 erillistä mittausta. Aikaa kului yksivuorotyössä 3 kk.

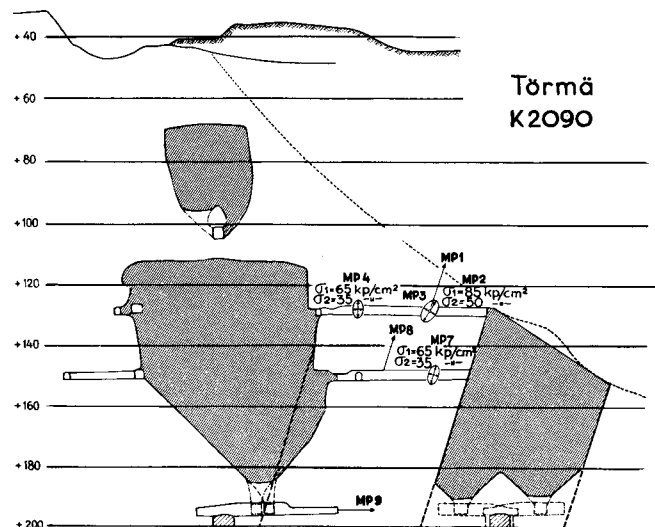
Tasolle +130 m, joka on lähinnä sivukivikattoa, porattiin 5 mittausta. Kattoreiällä MP 1 pyrittiin selvittämään malmin kattopuolen sivukivessä vallitseva jännitystila. Reikä siis porattiin käytännöllisesti katsoen pilarin akselin suunnassa kohtisuoraan kattoa vastaan. Aina n. 8 m:n syvyyteen saakka oli jännitysellipsi sangen pieni, mutta heti, kun saavuttiin sivukiveen, nousivat arvot moninkertaisiksi. Tieto oli erittäin arvokas, sillä tällöin saatiin varmuus kamarin katon esijännitykselle. Pilarin kantokyvyn selvittämiseksi suoritettiin tämän jälkeen seinämittaukset MP2, MP3, MP4 ja MP5 sekä tasolla +150 m MP6 ja MP7 (kuva 18). Yleisesti voidaan sanoa, että saadut tulokset myös tältä osalta tukevat suoritettuja etukäteislaskelmia. MP5:n antama voimakenttä on tosin lähes pystysuora, sillä pilarin muodossa on toivomisen varaa. Kaikki muut mittaukset osoittavat, että voima kohdistuu pilariin pituusakselin suunnassa. Kattoreiällä



Kuva 16. Vaakaleikkaus Törmän +130 m:n tasolta P 2090:n kohdalta. Tältä tasolta on suoritettu kattomittaus (MP 1) ja 4 seinämittausta (MP 2—5). Kattomittauksella saatiin määrättyä sivukivessä oleva esijännitys ja sen suunta.



Kuva 17. Tasoleikkaus Törmän +150 m:n tasolta P 2090:n kohdalta. Tällä tasolla suoritettiin kaksi seinämittausta (MP 6 ja 7) sekä yksi kattomittaus. Katossa oli horisontaalikenttä lähes olematon, kuten keskellä pilaria tuli ollakin.



Kuva 18. Pystyleikkaus P 2090:n kohdalta. Pilari ei ole aivan kohtisuorassa kattoa vastaan. MP 1 yritettiin suunnata kohtisuoraan kattoa vastaan ja MP 8 pilarin akselin suunnassa. Vertikaalikenttä on MP 4:n kohdalla lähes pystysuora, kun taas MP 2:sta saatu kenttä on kallistunut kohtisuoraan malmin kattoa vastaan. Pilarin keskellä on vertikaalikenttä (MP 7) täysin akselin suunnassa.

MP7 saatu tulos osoittaa horisontaalientän olevan sängen pienen. MP7:n antama kenttä on juuri pilarin keskellä, eikä siinä saisikaan olla suuria voimia.

Saatujen tulosten mukaan voitiin siis louhintaa jatkaa suunnitelmien mukaisesti. Pilaria 2090 ei kuitenkaan jätetä valvonnatta, vaan jännitysten muutoksia seurataan pysyvästi asennetuilla mittareilla. Lähiaikoina valmistuu valvontaperä P2090:n kohdalla olevan kamarin kattoon, mistä tullaan seuraamaan katon jännityskenttää jatkuvilla mittauksilla.

Jännitysten seuraaminen on erittäin tärkeää ainakin Tytyrin tapauksessa. Vaikka alueella on huomattava horisontaalientä esijännittämässä louhosten kattoja, on tilanne hankala päälläolevan avolouhoksen tähden. Avolouhos katkaisee horisontaalivoimat. Pilarit joutuvat ikään kuin kannattamaan hyllyä, ja sen tukemiseksi on jouduttu jättämään katto avolouhosta vastaan. Lisäksi esiintymän pohjoispäässä on havaittavissa luonnollista voimien konsentroitumista, (kuva 14).

Tytyrin tapauksessa on siis jännitysmittausten perusteella louhintasuunnitelmia muutettu ratkaisevasti. Kokemusten mukaan kaikki laskelmat ovat ainakin toistaiseksi osoittautuneet oikeiksi. Jännitysmittaukset eivät ole Tytyrissä olleet pelkkää teoreettista hapuilua, vaan saadut tulokset on sovellettu käytäntöön.

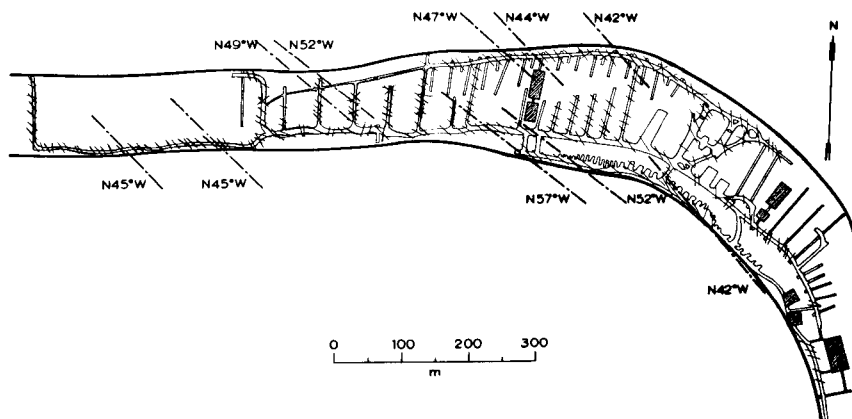
Käytännön sovellutukset Ojamon kaivoksessa

Lohjan kauppalaassa sijaitseva Ojamon kalkkikivilinssi on taipunut paksuimmalta kohdaltaan n. 90° (kuva 19) ja kaade on n. 45°. Esiintymä ohenee

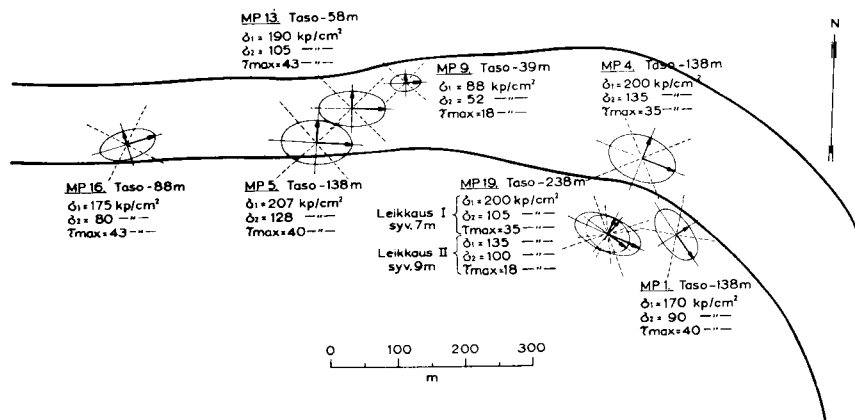
sekä etelä- että länsipäässä. Viimeksi mainittu haara ulottuu Lohjanjärven alle. Kivi- ja henkilökuilut kulkevat kalkin kaateen suuntaisina juuri paksuimmalla kohdalla. Kalkkikiveä on viime aikoina louhittu tasojen —88 m ja —138 m väliltä poikittaisina kamareina, joiden leveys on 16—10 m ja pituus jopa 100 m. Välille on jätetty 8 m paksuiset pilarit tukemaan kattoa. Tukivaikutus on varsin kyseenalainen, varsinkin kun ne ovat särkyneet pahasti tason —88 m yläpuolella. Louhinta on yleensä suoritettu niin, että n. 20 m paksu katto on jäänyt kallionpintaan. Jo 1940-luvulla todettiin, että järven alla olevan kamarin 119 katto oli ohut. Jäältä suoritetuilla tankopliktauksilla ei kallion pintaa saatu varmuudella määrättyksi. Tätä kattoa tuettiin 1950-luvulla kaivostarkastajan vaatimuksesta betonipilarein (kuva 20).

Kun viime vuosina louhinta läheni tätä samaa aluetta tasolta —138 m, haluttiin selvyyden katon kestävydestä. Kallion pinta varmistettiin OD-menetelmällä. Kamarin 119 katon paksuus oli ohuimmalta kohdaltaan n. 6 m, eikä tämä ollut mikään pieni paikallinen syvennys, kuten oli luultu, vaan ulottui myös viereisten kamareitten alueelle.

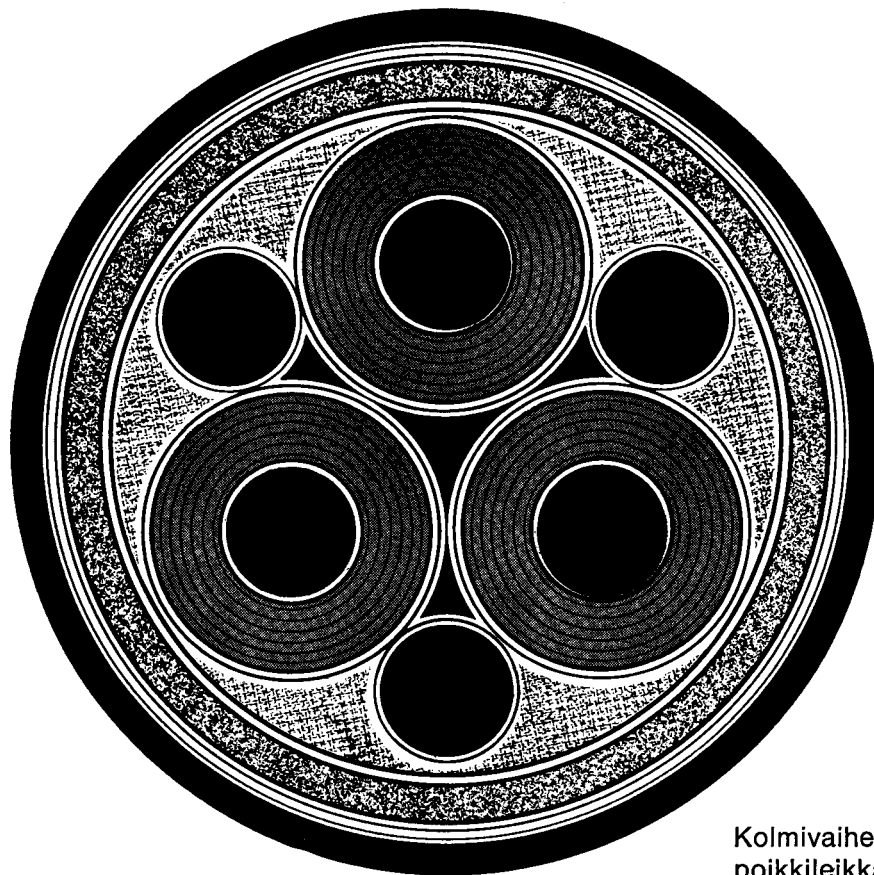
Kun em. pliktiauksia suoritettiin keväällä 1964, samanaikaisesti aloitettiin jännitysmittaukset juuri hankitulla prof. Hastin menetelmällä. Tarkoituksena oli selvittää koko Ojamon jännitystilanne sekä ennen kaikkea tarkastaa järven alaisen katon kestävyys ja siihen liittyvät tekijät. Seuraavassa esitetään pääpiirteissään tästä tutkimuksesta saadut tulokset ja ne perusteet, jotka keväällä 1965 johtivat louhinnan lopettamiseen.



Kuva 19. Ojamon esiintymä on taipunut 90°. Horisontaalientä seuraa täysin kalkkikivilinssiä. Alakuvassa ovat kaikki horisontaalientät projisoituina kohtisuorasti tasolle -88 m. Leikkausvoimien suunnat yhtyvät hyvin päärajoitukseen.



katsokaa kaapelin pintaa syvemmälle



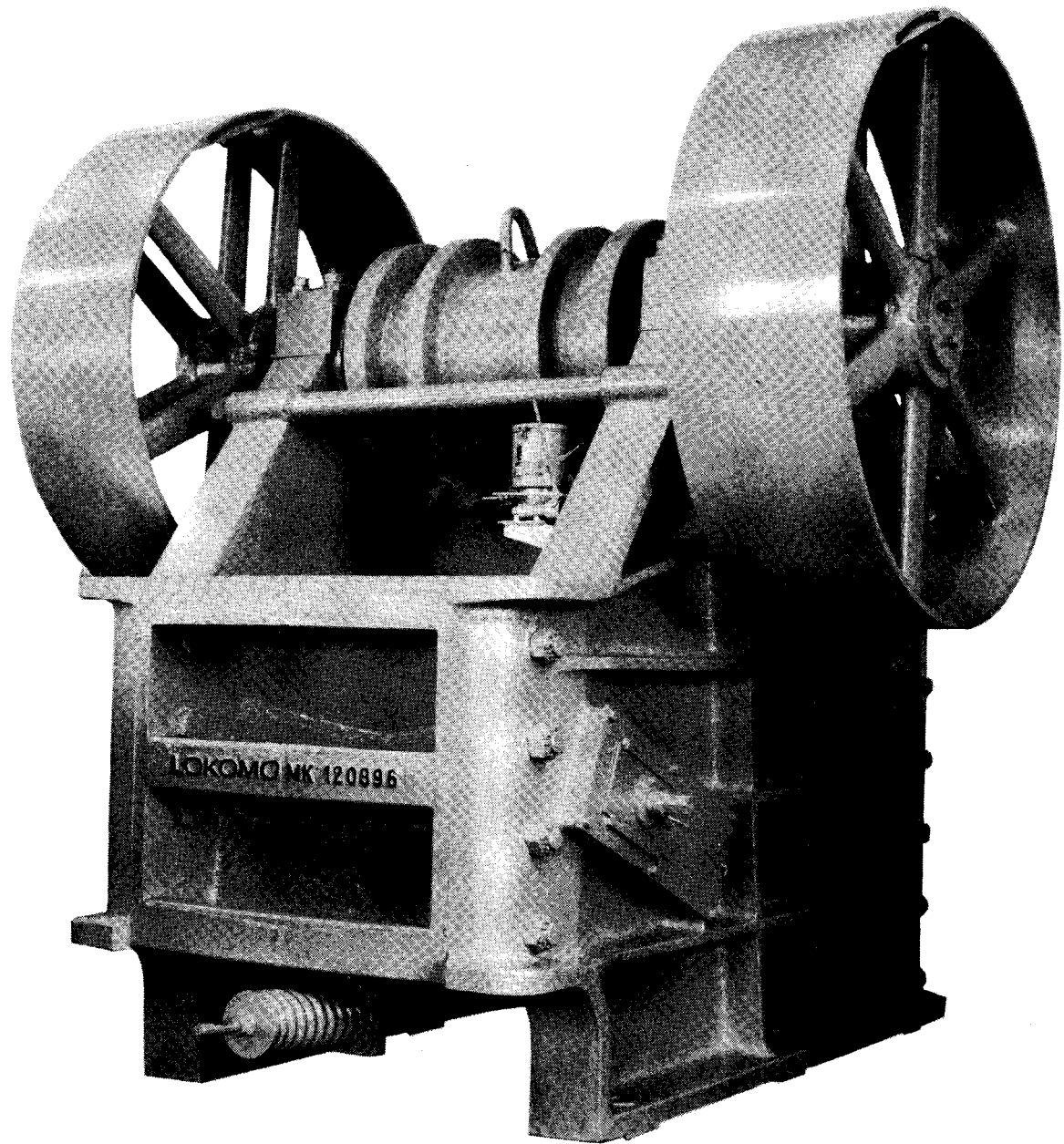
Kolmivaiheisen öljykaapelin poikkileikkaus.

Pinnaltaan kaapelit saattavat olla samannäköisiä. Huolellinen eristys ja kokemukseen perustuvat ratkaisut, teknisen suunnittelun ja valmistuksen valvonta, ovat kaapelin käytön ja luotettavuuden kannalta määräävät tekijät. Mutta kaapelia on katsottava pintaa syvemmälle. Rakenteen yksityiskohdat todistavat kaapelin todellisen laadun. Katsokaa, että kaapelissa on sinivalkea merkkilanka tai tehtaamme nimilyhennys SKT.

Johtavaa laatua



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



Lokomo on valmistanut tähän mennessä yli 1300 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.

Lokomo-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 kuutta kiertomurskainkokoa, kitaukot 300×200 mm, 500×280 mm, 630×400 mm, 900×750 mm, 1200×900 mm, 1300×600 mm. Murskainten lisäksi valmistamme lamelli-, vauhu- ja tärysyöttimiä, tärylajittimia, hinnakuljettimia, silloja sekä kaikkea murskauslaitoksiin kuuluvaa. Toimitamme sekä kiinteitä että helposti kuljetettavia laitoksia.

Ottakaa yhteys ja pyytäkää tarjouksia. Annamme mielihyvin myös suunnitteluapua.

Uutta murskausalalla

MK 160 on tulossa.

Ottakaa yhteys murskausmyyntiimme paljastamme Teille sen salaisuudet.

Murskainmyynti

LOKOMO

Tampere

puh. 28 120

LINKKU-PAYLOADER®



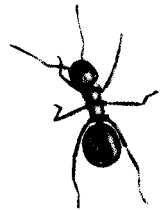
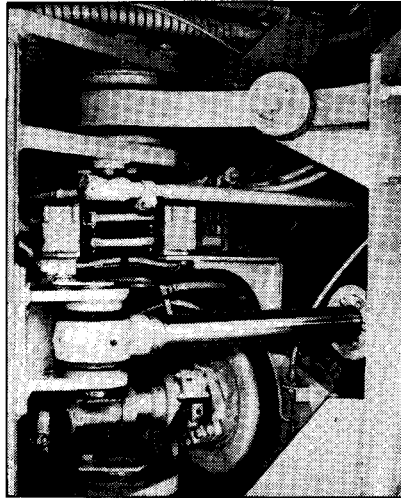
Linkku-Payloader on ylivoimainen

Tulkaa toteamaan se! Te tapaatte Linkkun itse teossa. Siellä missä työskentelee suurempi kone entistä pienemmässä tilassa — sinne on Linkku tuonut töihin voimaa ja nopeutta. Muistakaa, on olemassa vain yksi Linkku — se on Payloader. Ja siinä on Linkku-nivel, jolla on elinikäinen takuu.

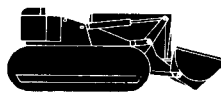
	kauhatilavuus	kääntösäde
H-90 C	2,68 m ³	599 cm
H-100 B	3,10 m ³	645 cm
H-120 C	3,80 m ³	742 cm
H-400 (maailman suurin sarjaval- misteinen pyöräkuormaaja)	7,60 m ³	820 cm

Kuljettaja istuu Linkku-Payloaderin kääntyvässä etuosassa — luonnollisesti. Sehän on kuljettajan ainoa oikea paikka. Hän näkee mitä hän tekee, hän on Linkku-nivelen etupuolella.

Katsokaa eteenne — valitkaa Linkku



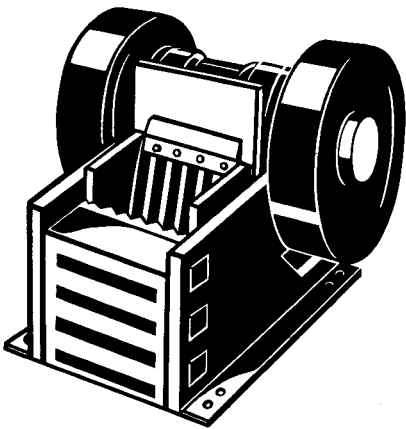
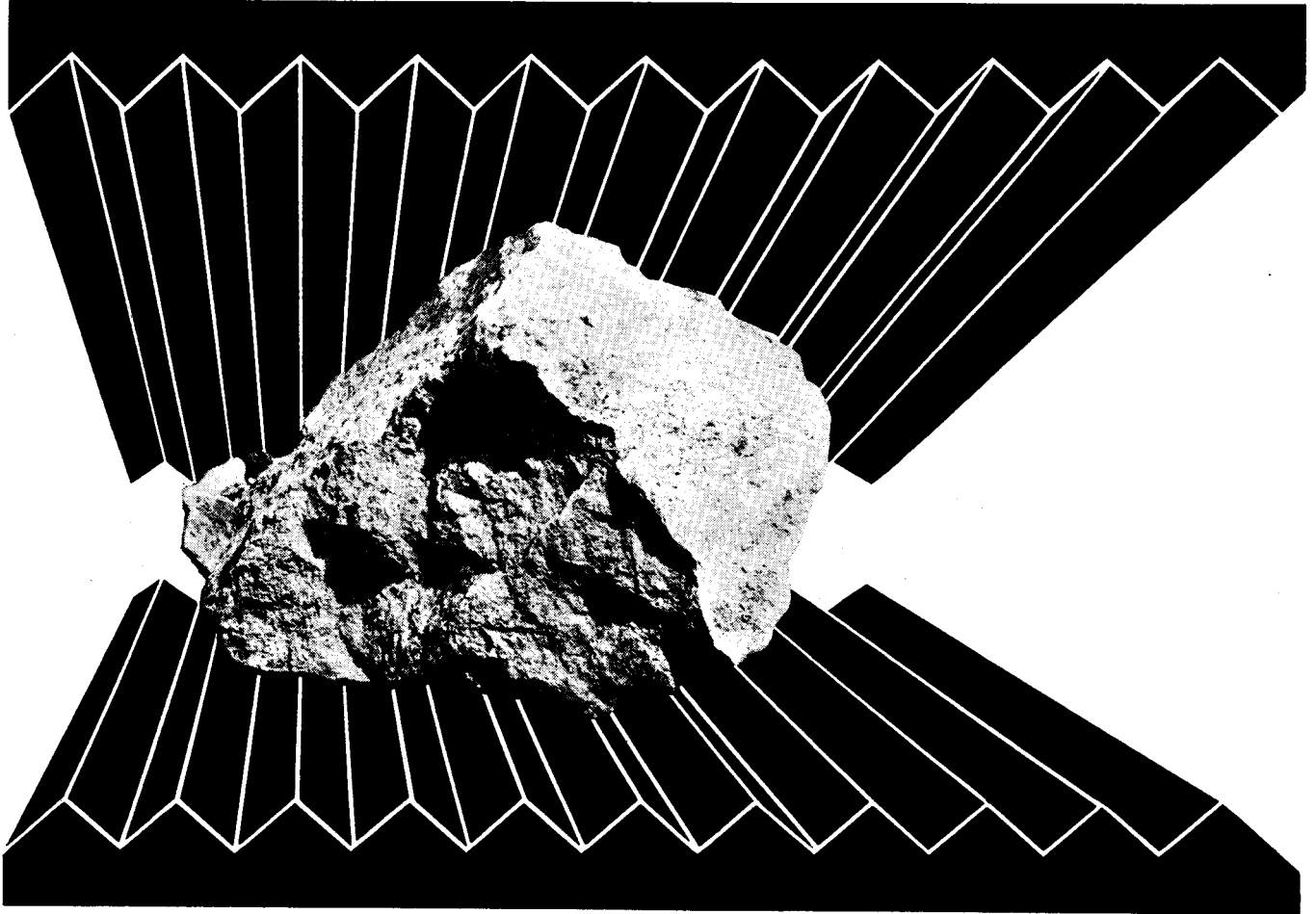
Muurahaiset siirtelevät ja kuljettavat vaivattomasti itseään raskaampia kappaleita rakentaessaan kekojaan ja kaivaessaan maanalaisia tunneleitaan. Ne tekevät työtään tautotta.



ROTATOR

Tampere puh. 27 550

Piiriedustajat:	Helsinki 61 343	Jyväskylä 15 834	Kuopio 15 021	Lappeenranta 12 131	Oulu 33 952	Rovaniemi 2 539	Seinäjoki 22 363	Turku 83 948
-----------------	--------------------	---------------------	------------------	------------------------	----------------	--------------------	---------------------	-----------------

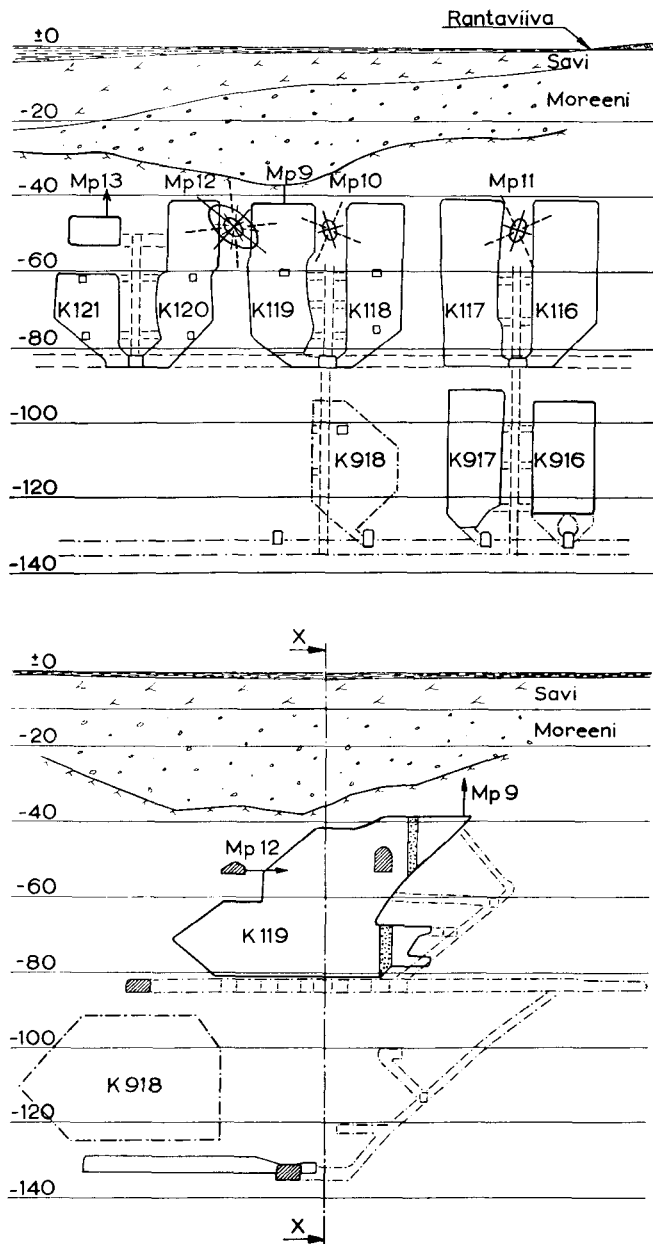


bofors palvelee Teitä kaivos- teollisuuden kulutusosilla

Toimintamme käsittää seuraavat tuotteet: Murskainleukoja, sivukiiloja, murtolevyjä, murtolevylaakereita, määrämuotoisia ritilöitä, kiristysrenkaita, vuorauslevyjä, kohopalkkeja, päätelevyjä, jauhintankoja, jauhinkappaleita. Toimitukset suoraan varastosta Helsinki – Puh. 45 31 66.



SUOMEN BOFORS



Kuva 20. Yläkuvassa nähdään ohut katto juuri kalkin ja sivukiven kontaktissa. Kamarin jalkapuolella näkyvät kaksi betonipilaria rakennettiin v. 1957. Kamarin 918 louhinta lopetettiin 26. 5. 64 ensimmäisten mittausten jälkeen.

Alakuvassa näkyy kaivoksen louhintatapa. MP 12:n kohdalla oleva suurempi ellipsi osoittaa jännityskentän kattosivukivessä, mutta heti pilarin osuudella voimat ovat pieniä, jännityskentän muutoksia seurataan MP 9:ssä ja MP 12:ssa sekä tämän viereen poratussa tarkistusreiässä.

Horisontaalivoimat

Ensimmäiseksi suoritettiin mittausten pohjaksi tarkka rakokartoitus. Voimakkain rakoilusuunta (kuva 19) poikkesi n. 45° esiintymän kulusta ja sen kaade oli verraten pysty, 90°–70°. Toinen selvä rakoilusuunta oli kallion kaadetta vastaan kohtisuorassa suunnassa. Lisäksi voimakkaimmin poimuttuneella kohdalla oli hienoja rakoja kohtisuoraan kalkin kulkua vastaan.

Horisontaalikentän määrittämiseksi suoritettiin eri puolilla kaivosta 7 kattomittausta, joista saadut tulokset, jännitysellipsis on kuvassa 19 projisoitu kohtisuorasti tasolle -88 m. Leikkausvoimien suunnat yhtyvät verraten

hyvin päärajoilusuuntaan. Samasta kuvasta nähdään horisontaalikentän seuraavan kalkin kulkua. Tämä suunta poikkeaa jyrkästi Törmän ja Solheimin suunnista, jotka vuorostaan yhtyvät Etelä-Suomen kenttään.

Mittauspisteen numero	Taso	Pääjännitykset		τ_{\max} kp/cm ²	τ_{\max} suunta	Rakotason suunta (tasolla -88 m)
		σ_1 kp/cm ²	σ_2 kp/cm ²			
Mp 1	-138 m	170	90	40	N10°W	
4	-138 m	200	130	35	N24°W	
5	-138 m	207	128	40	N53°W	N47°W
13	-58 m	190	105	43	N47°W	N52°W
16	-88 m	175	80	43	N64°W	N45°W
19	-238 m	200	105	47	N20°W	
Mp 9	-39 m	70	50	10		

Taulukko 1

Taulukossa 1 on esitetty saadut horisontaalivoimat. Jos jätetään huomioimatta MP 9, koska se on mitattu K 119 kriittisestä katosta, huomataan horisontaalivoimien olevan lähes samat mittaustasosta riippumatta. Varsinkin päävoimien arvot ovat samansuuruisia. Taulukon mukaan myös leikkausvoimat ovat melkein yhtä suuria eli hieman yli 40 kp/cm². Ojamon kalkkikivellä näyttää edellisen mukaan olevan korkea leikkauslujuus. Jännityskenttä on kuitenkin niin voimakas, että tämäkin leikkauslujuus ei riitä, vaan tapahtuu halkeilua ja murtumista. Todennäköisesti juuri leikkausvoimat aiheuttavat horisontaalivoimien tasaisuuden.

Ojamon kalkkikiven kimmomoduli on korkeahko, tavallisesti 800 000–850 000 kp/cm². Sivukiven (pyrokseenigneissi, leptiitti ja pegmatiitti) arvot ovat selvästi alhaisempia ja vaihtelevat 500 000–650 000 kp/cm². Luultavasti tämä kalkkikiven korkeampi kimmoisuus aiheuttaa horisontaalivoimien konsentroitumisen esiintymään.

Kamari 119:n katto

Oli aivan todennäköistä, että todettu ohut kohta ei päästänyt lävitsensä ympäristössä mitattua korkeata horisontaalijännitystä. Käytännöllisistä syistä pahimpaan paikkaan ei päästy suorittamaan mittauksia, vaan oli tyydyttävä saman kamarin toiseen päähän. Sinne porattiin kattoreikä MP 9. Samoin porattiin vaakasuorat reiät K 119:n pilareihin tasolta -58 m. MP 9 oli 10,5 m:n pituinen ja kokonaan kalkkikivessä. Saadut mittausrvot olivat pienet, sekä lisäksi jännitysellipsis suunta vaihteli. Syvyydellä 9,5 m arvot muuttuivat aivan pieniksi. Tämä tulos viittaa siihen, että K 119:n, K 118:n ja K 120:n katot eivät läpäise horisontaalivoimia kokonaisuudessaan eikä niissä ole ns. esijännitystä. Katto on epävarma, varsinkin jos louhintaa jatkettaessa syntyy vetojännityksiä.

K 119:n pilarit ovat verraten rikkoutuneita ja rakojen lävistämiä, eikä niiden poikkileikkausmuoto ole paras mahdollinen. Suoritetut jännitysmittaukset osoittivat pilareitten olevan niin heikkoja, että ne eivät todennäköisesti kannattaneet kattoa.

Mittaukset K 119:n katossa ja pilareissa suoritettiin keväällä 1964. Saman vuoden syksyllä asennettiin mittausräikiin kiinteät mittausselimet jännityskentän muutosten seuraamiseksi. Kun mittausselimet olivat tasaantuneet, voitiin havaita tasolla -138 m suoritettujen amuntojen jälkeen suurehkoja jännityksen muutoksia niin pilareissa kuin katossakin. Tarkastuksen vuoksi suoritettiin pilareissa uudelleen absoluuttinen jännityksen määrittäminen. Jännitys oli vuoden aikana kasvanut n. nelinkertai-

seksi. Johtuipa tämä muutos sitten itse pilarissa, kamarin katossa tai sivukivikatossa tapahtuneista muutoksista, niin se on erittäin vaarallinen.

Koska kamarin täyttämisen tai eristäminen ei Ojamon tapauksessa tullut kysymykseen taloudellisessa eikä teknillisessä mielessä, katsoi Lohjan Kalkkitechdas Oy parhaaksi lopettaa ammunnat. Kattojen heikkousalue oli lisäksi niin laaja, että jäältä suoritettu injektointikaan ei olisi antanut riittävää varmuutta.

Edellä mainituilla jatkuvilla mittauksilla on jännityksiä seurattu ammunnan loputtuakin. Mitään suuria muutoksia ei ole enää havaittu.

Summary

To-day the stresses acting in rock are of interest not only to the mining engineer but to the constructional engineer, the geologist, the seismologist etc. This is not surprising since ocular observations and measurement indicate that the old view that the bedrock is solid and reliable must be revised. Firstly, it is noted that there is in the earth's crust a horizontal stress field which in most cases has loaded the bedrock beyond the limit of its strength. This stress, the one caused by the vertical pressure in e.g. a mine, the balance disturbing human activity and a number of endogene influences are components which in the three-dimensional field form the resultant. Regarding e.g. dam building and mine development it is most important to know the direction and the absolute magnitude of this resultant. The measurement method invented by N. Hast, Sweden, is considered in the article as the only one so far introduced that in every case gives a reliable result. In Finland about one thousand measurements have already been made by this method. The results of these measurements in the mines of Messrs. Lojo Kalkverk Ab have been practically applied and are given in the article.

Kirjallisuushuettelo

1. Obert, L., Duvall, W., Merrill, R. H.: Design of Underground Openings in Competent Rock. Bureau of Mines Bulletin 587, 1960.

forts. från sid. 18.

nuvarande spänningsbilden i hela litosfären. Visserligen kunna lokala förhållanden ha en från fall till fall varierande karaktär, av speciellt intresse för tektonikern, men en djupare förståelse av tryckförhållandena kunna vi endast få, om vi taga hänsyn till den regionala tektogenesen. Förekomsten av den horisontella spänningskomponenten även på större djup, synes mig vara ett moment som allvarligt sätter i fråga, huruvida vår uppfattning om det hydrostatiska trycket är berättigad. Jag tror icke att ett hydrostatiskt tryck i egentlig mening existerar. Även här måste någon riktning vara utmärkt gentemot andra. Det hela verkar dock att vara hydrostatiskt, när ingen avspänningsrörelse i den infrusna ojämvikten är möjlig. Jämvikt kan först uppnås när hindren för avspänningen äro undanröjda. Därför vill jag gärna ersätta uttrycket hydrostatisk med litostatisk, vilket skulle innebära en infrusen jämvikt.

Det har varit omöjligt att på detta begränsade utrymme ytterligare gå in på detaljer. Men jag tror mig ha visat att bergtrycket icke kan vara en lokalföreteelse utan måste ses mot den regionala och globala tektogenetiska bakgrunden. Först då får man den rätta uppfattningen och förståelsen för detta ingalunda enbart bergstekniska problem. Metoden Hast har öppnat nya möjligheter. Den är, som alla sådana, tyvärr förbunden med ansevära investerings- och driftskostnader. Detta kommer kanske att leda till att den ännu i långa tider blir tillgänglig endast

2. Magnusson, N. H.: Geologisk belysning av svaghetsfenomenen i berggrunden. Jernkontorets Annaler. Vol. 141, 1957, nr 10.
3. Hast, N., Nilsson, T.: Recent Rock Pressure Measurements and Their Implications for Dam Building. Transactions of the Eight Congress on Large Dams, Great Britain, 4—8 May, 1964.
4. Okko, V.: Suomen Geologia/Rankama, K., ss. 298—300.
5. Metzger, A.: Gedanken zur Deutung geologischen Geschehens. Suom. Geol. Seuran Julkaisuja, n:o XXXIII, 1961.
6. Goguel, J.: Tidal Gravity Corrections. Geophysical Prospecting, March 1954.
7. Ylinen, A.: Kimmo- ja lujusoppi I. 1948 I, s. 26.
8. Hast, N.: Bergtrycksmätningar i gruvor. Jernkontorets Annaler, Vol. 141, 1957, nr 10.
9. Hiromatsu, Y., Oka, Y.: Stress Measurements in Roofs, Floors and Pillars. Fourth International Conference on Strata Control and Rock Mechanics, May 4—8, 1964, Columbia University, New York.
10. Leeman, E. R.: The Measurement of Stress in Rock. Part 1: The Principles of Rock Stress Measurements. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, March 1965.
11. Slobodov, M. A.: Test Application of the Load-relief Method for Investigating Stress in Deep Rock. Ugal, Vol. 7, 1958, ss. 30—35 (käännös Venäjän kielestä).
12. Cook, N. G. W.: A Note on Rockbursts Considered as a Problem of Stability. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, March 1965.
13. Hast, N.: The Measurement of Rock Pressure in Mines. Sverige Geologiska Undersökning, 1958, N:o 3, s. 57.
14. Ylinen, A.: Em. teos, s. 124.
15. Leeman, E. R.: The Measurement of Stress in Rock. Part 2: Borehole Rock Stress Measuring Instruments. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, March 1965.
16. Hast, N.: Patentit: Ruotsissa 151797, 161813, Englannissa 783270, Etelä-Afrikassa 19559, Kanadassa 573013, USA:ssa 2898761.
17. Ylinen, A.: Em. teos, s. 151.
18. Hast, N.: The Measurement of Rock. . . , s. 47.
19. Hall, B.: Kompendium i bergtrycksfrågor, 1959. Svenska gruvforskningen, serie B, nr 20.
20. Mindlin, R. D.: Stress Distribution around a Tunnel. Proc. A.S.C.E., April 1939.
21. Reed, J. J.: An Analysis of Mine Opening Failure by Means of Models. Min. Eng. Journal, July 1953.

för gruv- och ingenjörstekniska uppgifter. Men kanske jag vågar sia om att man i framtiden nångång kommer att kunna använda sig av dessa mätningar även för rent geologiska uppgifter i stor skala. Här följer sig en viktig kunskapskälla.

Referenser:

1. Hast, Nils: Svenskt patent 168813.
2. Hast, Nils: The Measurement of Rock Pressure in Mines. SGU Ser. C, N:o 560, 1958.
3. Sederholm, J. J. Weitere Mitteilungen über Bruchspalten etc. Bull. Comm. géol. Finl. n:o 37, 1913.
4. Härme, Maunu On the Fault Lines of Finland. Bull. Comm. géol. Finl. n:o 196, p. 437—444, 1963.
5. Alia, Manuel: La Tectonica del Sahara español. Rep. XXI Session Intern. Geol. Congr. part XVIII (editors Kvale & Metzger) p. 193—202, Copenhagen 1960.
6. Kieslinger, Alois: Residual Stress and Relaxation in Rocks. Rep. XXI Session Intern. Geol. Congr. part. XVIII, p. 270—276, Copenhagen 1960.
7. Donner, Joakim: The Quaternary of Finland in the Quaternary ed. by Rankama, 1965.
8. Metzger, A. A. T.: On a Possible Structure of the Earth Crust of Finland and Its Relationship to the Tectonical Pattern of the Outer Sialic Structures. Utkommer våren 1966.

Zusammenfassung

Der Verfasser behandelt die Ergebnisse der Gebirgsdruckuntersuchungen nach der neuen Methode von Hast und versucht eine Erklärung der Ergebnisse. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Bewegungserscheinungen in der Kruste überall sowohl horizontale wie auch vertikale Spannungen verursachen. Die Existenz eines hydrostatischen (litostatischen) Druckmusters wird bezweifelt.

Havainnot Paraisten kalkkikiven louhinnasta ja murskauksesta

Dipl.ins. Urho Valtakari, Paraisten Kalkkivuori Oy, Parainen

Älön ja Kyrklandet'in kalkkikiviesiintymä Turun saaristossa Paraisilla lienee kaikille tunnettu. Prof. A. T. Metzger on eri yhteyksissä kuvannut tätä useiden kilometrien pituista voimakkaasti poimuuntunutta tektonisesti mienkiintoista kiteisten kalkkikivien esiintymäsarjaa, jossa jalka on paikoin ylityöntynyt muodostaen makaavan pönnun. Itse kalsiitti, jota esiintymän malmiosta on keskimäärin 2/3, on puhdasta, 97—99 % CaCO₃.

Tällä hetkellä suoritetaan avolouhintaa itäisessä Limberg'in ja läntisessä Skräbbölen louhoksessa, joiden yhteinen pituus on 2 km, leveys 100—400 m sekä pinta-ala 30 ha ja syvyys 60 m. Louhoksia erottaa toistaiseksi kunnallisteknillisistä syistä louhimatta jätetty tiepankki. Geologisesti louhokset sijaitsevat leveällä ylityöntymäalueella, jossa laajuus on mahdollistanut avolouhinnan, mutta voimakkaat tektoniset liikunnat ovat sekoittaneet malmiota niin paljon, että teknillisessä mielessä ovat selektiivisen louhinnan mahdollisuudet vähäisiä, paitsi strippingiä, katon ja jalan louhintaa, mikä on erikseen suoritettavissa.

Louhinta

Avolouhoksen louhittavan esiintymän osaa peittänyt 0—30 m paksuinen savi- ja moreenikerros on pääosaltaan poistettu, joten maanpoiston osuus on voimakkaasti vähentynyt, v. 1956 126.000 ton ja v. 1964 43.000 ton, mutta sen sijaan sekä katto- että jalkapuolen louhintaa on lisääntymässä. Jalkapuolella ylityöntymän johdosta kaade on muutamissa paikoissa sellainen että seiniä on loivennettava. Kaade on tässä esiintymässä 40°—60° NNW. Stripingin esteenä on tähän saakka ollut ympäristön asumukset ja laitokset. Porauksen tässä louhinnassa tulee suorittamaan vieras urakoitsija samoin lastauksen ja poiskuljetuksen. Me suoritamme itse latauksen ja ammunnan.

Tällä hetkellä louhitaan sivujen louhintaa lukuunottamatta 1.800.000 ton vuodessa, joten syventämisnopeus 30 ha:n louhosalueella on 2,5 m vuodessa. Seinämäkorkeus on nyt 40—60 m paikoista riippuen. Stripping-suhde vaihtelee pitkin esiintymää riippuen jalan vaihtelevasta kaateesta sekä vain kalkkikivessä aikaisemmin suoritettun louhinnan osuudesta. Tämän suhteen selvittämiseksi on käynnissä mm. laaja kairaustutkimus, ja on sillä ratkaiseva merkitys avolouhinnasta maanalaiseen louhintaan siirtymisen ajankohdan määrittämiselle.

Louhintaporaus suoritetaan ns. opporakoneilla $\varnothing 4''$ rei'illä. Porakruunujen keskimääräinen elinikä on ollut 284 parametriä. Tämänkin porauksen hoitaa ulkopuolinen urakoitsija porametrihinnalla. Louhintapenkereen korkeus tasolta —16 m alaspäin on 24 m. Skräbbölen louhoksen eteläinen osa on koemielessä otettu louhittavaksi kahtena 12 m penkereenä vinoilla rei'illä moniriviammuntana. Viimeisissä periferiällä olevissa paikoissa —16 m tason yläpuolella on rinnan korkeus ollut jopa 55 m. Nämä reiät on porattu pystysuoraan. Vinoilla rei'illä pyritään eliminoimaan ikävät pohjareivät ja moni-

riviammunnalla sekä tiheämmällä rei'ityksellä ja suuremmalla räjähdysainemäärällä on rikkoampujen määrä saatu vähenemään. Rikkojen panoksena olemme käyttäneet erikoisia 25 gramman dynamiittipatruunoita. Näin pienellä latauksella on rikkominen muuttunut turvallisiksi halkomiseksi. Tämän johdosta taas on lukumäärä hiukan noussut.

Tämän hetken rei'itys on seuraava:

24 m pengeri	4 × 4 m kaltevuus	3 : 1
12 m »	3,5 × 4 m »	450—3 : 1

Räjähdysaineena käytetään Suomen Forsiitti Oy:n rai-vausmassaa ja pohjalatauksena 45 % Ngl dynamiittia yhteensä noin 350 gr/m³. ANO:n käyttö syvissä rei'issä on lähinnä lataustiheyden alhaisuuden takia vähäistä. Käyttö on rajoittunut vain mataliin reikiin. Tehdasvalmisteista slurria on muutamassa koeammunnassa käytetty hyvällä tuloksella. 24 m ja korkeammassa penkereissä ammutaan yksi reikäriivi kerrallaan ja 12 m korkeissa kolme riviä kerrallaan. 55 m syvät reiät jaetaan pystysuunnassa kahteen intervalliin värähtelyjen vähentämiseksi. Sytytys varmistetaan kahdella nallilla. Suurimmat havaitut värähtelyjen kiihtyvyyssarvot ovat olleet 1,0 g ja frekvenssi on ollut 125 Hz.

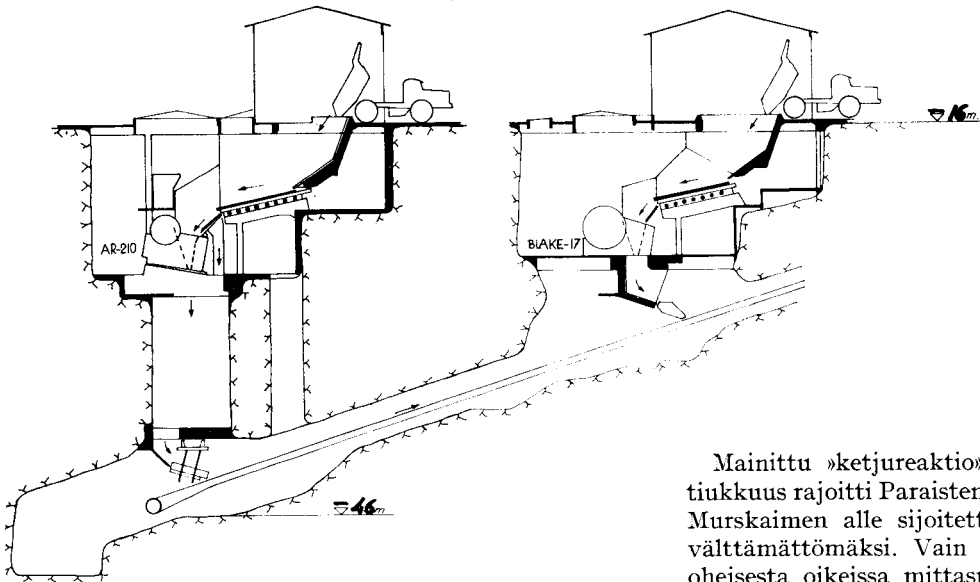
Ammuntaa varten on kaivoksella oma vartiointiorganisationsa valvomassa ennen kaikkea lasten ja nuorten liikkeitä.

Lastaus ja kuljetus

Lastaus tapahtuu kahdessa vuorossa ja kahdella 3 1/2 m³ kaivukoneella kerrallaan 4.000—5.000 ton vuoroteholla. Lastausta varten on louhoksissa 4 kpl näitä 3000 V Ward-Leonard kaivukoneita sekä yksi 3,8 m³ pyöräkuormaaja »yleisluutana» ja liikkuvana lastausreservinä.

Kaivukonelastaus on varmaa, jos koneen siirtoja ei tarvitse suorittaa muuta kuin ampumasuojaan.

Dipl.ins. Raimo Matikainen diplomityössään selvitti mm. kaivukoneiden iäksi meidän ja muiden suomalaisten avolouhosten olosuhteissa saatujen korjauskustannusten perusteella 20.000—34.000 työtuntia. Perustiedot tähän oli kerätty Kemijoki Oy:n toimesta. Kaivukoneen pitkästä iästä seuraa, että tyypit pyrkivät vanhenemaan kuten mesotsoisen ajan hirmuliskot. Niissä on kiinni melkoinen pääoma varsinkin kun toinen puoli seisoo reservissä, eikä siis ole täystehoisessa käytössä. Tämän vuoksi olemme vuoden aikana hävittäneet 3 kpl vanhempia kaivukoneita hankkimatta yhtään tilalle. Toivomme voivamme vähentää kaivukonelukumäärän vielä kolmeen, jolloin kaivukonekannan täydellinen uusiutuminen olisimme vie aikaa 12 vuotta, kun laskemme vuodessa tarvittavan 8.000 kaivukonetuntia. Reservissä ja yleisluutana olevan pyöräkuormaajan on silloin oltava riittävän järeän, että se 8 tunnin ajan pystyy tarvittaessa lastaamaan kaivukonetta vastaavalla teholla. 3,8 m³ pyöräkuormaaja pystyy matalassa moniriviammunnalla louhitussa rinnassa



Kaavio esimurskaamojen sijoituksesta.

hyvin »pesemään» 3,5 m³ kaivukoneen. Sen sijaan 24 m rintoihin emme yleensä pyöräkuormaajalla kurkota.

Voidaan sanoa että kaivukoneen kauha on ensimmäinen seula ennen esimurskainta. Kun esimurskaimenamme on nyt AR-210, jonka kita-aukko on 2134 × 1500 mm voimme suurentaa kaivukoneitamme ja nostaa tehoa kauhojen lukumäärää lisäämättä. Tarkoituksenamme onkin uusinnan yhteydessä päästä 4,5 m³:n kauhakantaan. Tämä, sekä tehon yleinen lisääntyminen on tehnyt tarpeelliseksi myös kuljetusvälineiden suurentamisen.

Tarkoituksenamme on uusinnan yhteydessä siirtyä 20 ton dumper-autoista 35 ton dumper'eihin, jolloin dumper'autojen lukumäärä ei lisääny, vaikka teho nousee.

Lastauksen tulee siis hoitamaan 2 4,5 m³ kaivukonetta ja kuljetuksen 6 35 ton dumperia ja reservissä tulee olemaan 1 kaivukone ja 2 dumperia sekä teiden tasausta, puhdistusta ja tilapäislastausta varten yksi pyöräkuormaaja. Lukumääräisesti konekanta on sama kuin nykyin, mutta uuden esimurskaimen teholle ja koolle sovitettuna.

Karkeamurskaus ja nosto

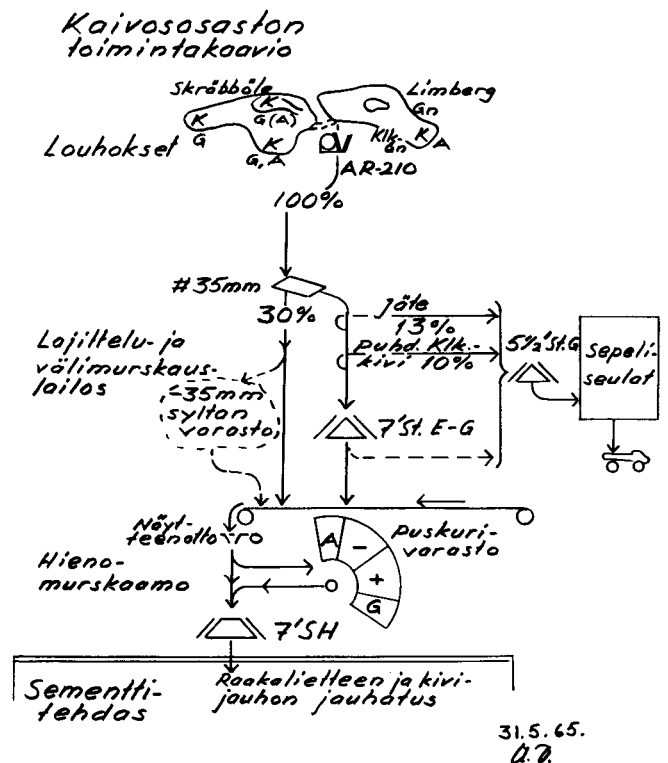
Meillä on ollut ylempällä —16 m penkereellä vuodesta 1954 lähtien Blake 17 leukamurskain esimurskaimena, jonka alta hihnakuuljetin nostaa 900 ton max. tuntiteholla kiven lajittelulaitoksen seulaosastoon. Nostohihnat korvasivat v:ta 1924 peräisin olevan jalkapuolelle rakennetun vinon kuilun kapparadan. Viimeisten 7 vuoden aikana on kiven tarve noussut kaksinkertaiseksi, vastaten nyt 1.800.000 ton vuotuista nostoa. Se on 650.000 k-m³, eli sama tilavuus kuin 3 milj. malmitonnin.

Epävarmuus Blake 17:n kyvystä suoriutua tällaisesta murskaustyöstä, mikä vastaa noin 650 tonnin keskimääräistä tuntitehoa, Kolariin rakennettavan sementtitehtaan kalkkikivilouhoksen esimurskaimen hankinta ja Lappeenrannan juuri rakennetun hienomurskaamon ja lajittelulaitoksen eteen hankittavaksi suunniteltu suurempi esimurskain loivat seuraavanlaisen suotuisan tilanteen kaikkia kolmea hyödyttävälle »ketjureaktiolle»: Paraisille rakennetaan uusi murskaamo uudella murskaimella, joksi valittiin Karhulan valmistama AR-210, Paraisien Blake 17 siirretään sen jälkeen Lappeenrantaan, joka vuorostaan lähettää siellä olevan Blake 15:n Kolariin. Mainittakoon, että kukin näistä murskaimista on aikanaan ollut suurin Suomessa valmistettu murskain ja AR-210 on suurin maailmassa valmistettu yhden murtolevyn murskain.

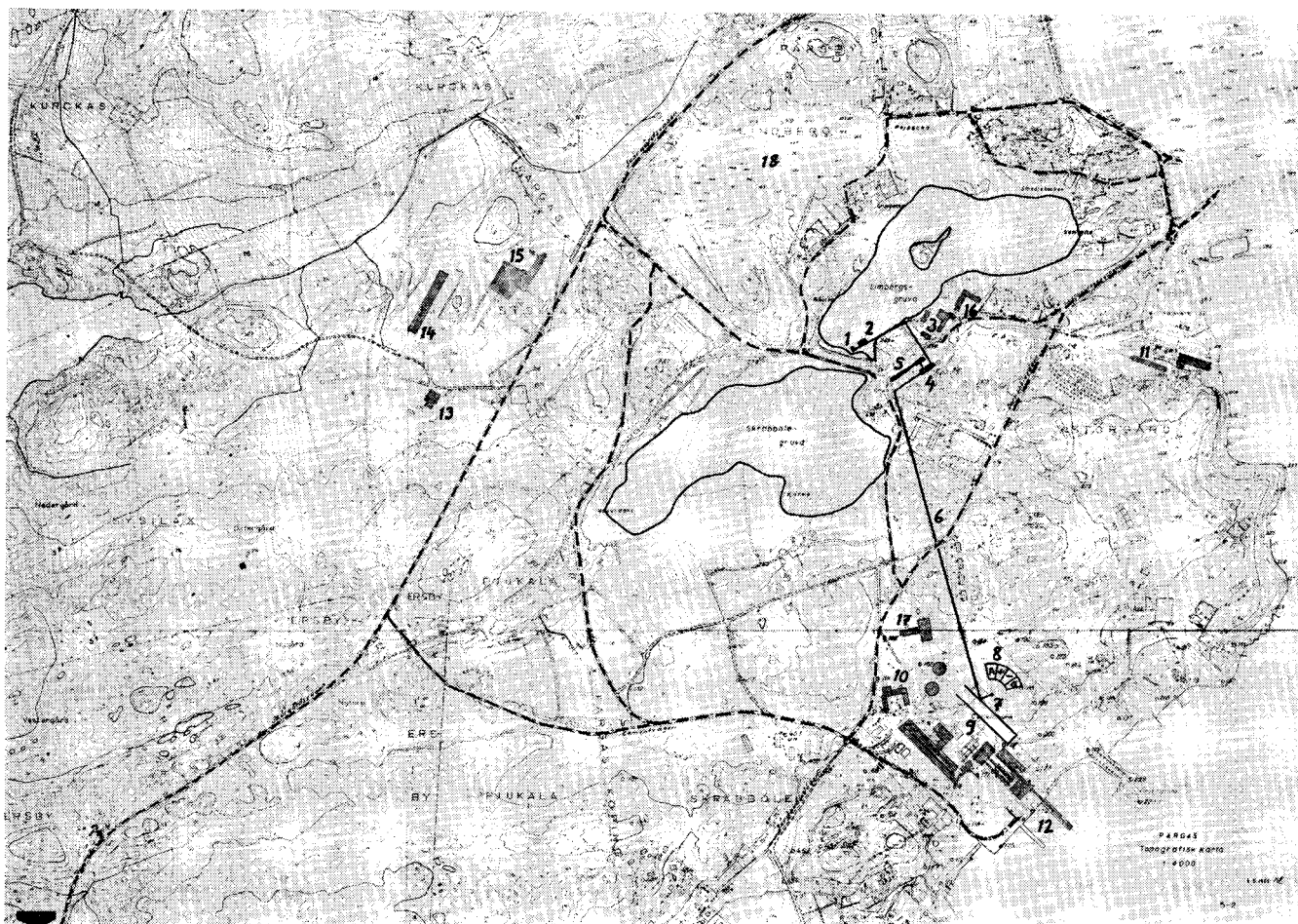
Mainittu »ketjureaktio» määritteli aikataulun ja sen tiukkuus rajoitti Paraisien murskausaseman sijoittamista. Murskaimen alle sijoitettavan tasaussäiliön katsoimme välttämättömäksi. Vain nostohihnaa jatkamalla kuten oheisesta oikeissa mittasuhteissa tehdystä kaaviosta ilmenee, voitiin uusi karkeamurskaamo sijoittaa samalle —16 m penkereelle, ja niin että murskaimen alle tuli noin 400 ton tasaussäiliö kalkkikiveen louhittuna kuten koko asemakin. Esiintymän louhinta ei liioin kärsi tästä, koska murskausasema tässä paikassa ei ole pitkäikäinen.

Murskaamo käsittää transduktor-käyttöisen syöttövaunun, murskaimen AR-210 ja siilon alla transduktor-käyttöisen, hihnavaa'alla kauko-ohjatun syöttövaunun. Valvontahytti on sijoitettu suoraan kidan yläpuolelle ja se on ainoa ilmastoitu tila tässä murskaamossa. Valvontaa varten on tasojen —16 m ja —46 m välillä henkilöhissi.

Murskaimen asennus, joka suoritettiin viime kesällä, tuotti vaikeuksia vain kappaleiden painon johdosta esim. leuka akseleineen painaa 52 ton ja murskaimen kokonais-



Kaavio kiven käsittelystä ja homogenisoinnista. K = kaivukoneen vakinainen sijoituspaikka, G = graniittinen louhintarinta, A = amfiboliittinen louhintarinta, Gn = kintsigiittigneissirinta, Klkn = kalkkigneissirinta.



Kartta Paraisten kaivos- ja tehdasalueista.

1. Uusi esimurskaamo AR-210, 2. Vanha esimurskaamo Blake 17, 3. Nostohihnat 2 kpl sarjassa, 4. Lajittelulaitos ja välimurskaamo 7'St. E-G., 5. Murskaus- ja seulontalaitos 5 1/2'St. G, 6. Kuljetushihna hienomurskaamolle pit. 861 m, 7. Hienomurskaamo 7'SH

medium, 8. Aktivoitu puskurivarasto n. 60.000 ton, 9. Sementtitehdas, 10. Pääkonttori, 11. Kalkkitehdas, 12. Satama, 13. Flo-max-putkitehdas, 14. Himanit-asbestisementtiputkitehdas, 15. Vuorivillatehdas, 16. Korjauspaja, 17. Keskuslaboratorio, 18. Jätekipen ja soran lätjäyspaikka.

paino on 152 ton. Kierrosluku on 160, moottori 200 hv ja asetus tällä hetkellä 240 mm. Sisään ajon yhteydessä ei ole osoittautunut mainittavia vaikeuksia, vaan laitteet ovat osoittautuneet toivottujen mukaiseksi. Kun nostohihna jouduttiin pidentämään, vaihdettiin siihen samalla terylene-vahvisteinen kumihihna leveydeltään 38". AR-210 antaa suurempia lohokareita kuin Blake 17, mutta tasaisemman syötön ansiosta pysyy kivi tällä olosuhteisiin nähden kapealla hinnalla verraten hyvin. Muutamat gneissi-laadut murskautuvat tässä »nielevässäkin» murskaimessa liian leveiksi kappaleiksi, mistä on johtunut vaikeuksia välimurskaamossa, jossa on 7'St. E-G Symonsmurskain.

Jatkomurskaus ja lajittelu

Murskaamo esimurskaamon ja nostohihnan jälkeen on 3-osainen:

- lajittelulaitos ja välimurskaamo
- poimitun kiven murskaamo ja seulontalaitos
- poimimatta läpiajetun kiven hienomurskaamo

Lajittelulaitoksessa tapahtuu ensin lajittelu seuloilla +170 mm, 75—170 mm ja 35—75 mm sekä —35 mm fraktioihin. Kaksi ensimmäistä lajitellaan käsin ja kolmannella on käsinlajittelu valmisteltavana. Laadun sopivuudesta riippuen ajetaan —35 mm syltä joko suoraan

tai välivaraston kautta, lietteen jauhatukseen. Se toimii tavallaan myös hienomurskaimen reservinä.

Kaikki tarvittava puhdas kalkkikivi otetaan poimimalla eroon ja syötetään vuorotellen poimitun jätteen kanssa omaan kartiomurskaimensa ja edelleen autolla kalkkitehtaan syöttöön tai varastoon.

Sementtikivelle, jota on pääosa tuotannosta, on murskauspiiri seuraava:

AR-210 → 7'St. E-G → 7'SH

Poimitulle puhtaalle kalkkikivelle ja jätekipelle on seuraava murskauspiiri:

AR-210 → 5 1/2 St'. G.

Oheisesta kaaviosta ilmenee tavaran kulku eri osastojen läpi. Siinä on merkitty selektiivisen louhinnan tai stripping'in antaman jätteen käsittely sepeliksi, jos tarvetta ilmenee. Se on seuraava:

AR-210 → 7'St. E-G → 5 1/2'St. G.

Oheisesta kartasta ilmenee näiden paikkojen maantieteellinen sijainti. Havaitaan, että kivi kaivukoneen kauhasta lähdettyään kulkee yhtä linjaa pitkin ilman sanottavia välisäiliöitä. Koko tämän noin 2 km matkan tekemiseen osaksi dumper'illa ja pääosin kuljetushihnoilla menee aikaa noin 35 min ja silloin tavara on jo myllytaskussa. Tämä osoittaa, että lastauspaikalla tapahtuva laatuviitelu havaitaan hyvin nopeasti kemistien liemessä. Emme kuitenkaan halunneet ylläpitää niin monta

kaivukonetta kuin olisi tarvittu laadun tasoittamiseksi, koska kaivukoneen kauha on joka tapauksessa liian karka ja kallis apteekkari, vaan olemme ottaneet käyttöön, kuten kaaviosta ilmenee, aktivoituneet välivarastot, joista otetaan tai joihin ajetaan riippuen paikoillaan pysyvien kaivukoneiden lastaaman kiven laadusta. Tietysti on kaivukoneiden kesken olemassa 6 eri kombinaatiomahdollisuutta, kun vain kaksi kerrallaan on lastaamassa. Puskurivarastoilla, joita voidaan verrata lehmän pötsiin, on saatu osalle kivistä välivarastokustannuksia, mutta säästetty kaivukoneiden siirtoja, raaka-ainehallin siirtonosturia ja ennen kaikkea raakaliete on ollut tasaista. Tilanne tasoittuu vielä, kun saamme pitkän hinnan päähän suunnitellun Wedag'in näytteenottolaitoksen paikoilleen asennetuksi. Kaavioista ilmenee myös lastauspaikkojen ylimalkainen laatu.

Aktivoitu puskurivarasto sisältää n.s. + ja — kiveä sekä puhdasta amfiboliittia A ja graniittia G. Jälkimmäiset ovat »lääkeaineita», joilla tarvittaessa korjataan liete-kiven kokoomusta. Laboratorio ohjaa tätä toimintaa.

Kaivoksen tuotteet ovat seuraavat (keskinäiset painosuhteet on merkitty kaavioon):

- Kemialliselta koostumukselta sopiva lietekivi sementti-tehtaalle
- Puhdas murskattu kalkkikivi kalkin polttoon, sulfiittiselluloosatehtaille tai metallurgisille laitoksille
- Sepeliä eri fraktioissa, jotka 4 Binder- ja 2 Lokomoseulan sisältävästä seuralaitoksesta ovat: 0—4, 4—8, 8—12, 12—16, 16—32, 0—6, 6—12, 12—32 ja 32—55 mm.

Energiaa käytetään noin 3,2 kWh/ton ja kaasuoilyä 120 g/ton. Kokonaisvahvuus on 14 toimihenkilöä ja 150 työntekijää, joiden teho on 5,5 ton/työtunti. Kun alueella, kuten saaristossa, yleensä on vähän vettä, voidaan mainita, että sadealue on 2 km² ja valuma on 71 eli kaivos pumppaa kauppalan raakavesialtaaseen keskimäärin vettä 1 200 m³/vrk.

Edellisestä ilmenee, että tällainen suurlouhinta on kokoonpantu erilaisista kuljetusoperatioista, jotka määrättyllä rutiinilla sekä vuoritekniillisillä keinoilla on liimattu yhteen.

Kirjallisuutta:

- 1) Metzger A. T. Zur Geologie der Inseln Ålö und Kyrklandet in Pargas — Parainen, S. W. Finland
- 2) Kochanowsky B. J. Angle Drilling for Surface Mining

Observations of Limestone quarrying and crushing at Pargas — Parainen

The limestone deposit of Pargas is situated in the archipelago of South-West Finland. The deposit is strongly folded. Yearly quarrying without stripping is 1.800.000 tons. There are two quarries, one of these lies in a big overthrust near the horizontal fold. The measures of these two quarries are: The total length 2 km, the breadth 100—100 m, the area 30 ha and the depth 60 m.

The dip is 40—60 degrees NNW, which means a lot of stripping on the hanging wall. Actually examinations are made i. a. by diamond drilling in order to find the right slope angle and the most economical stripping ratio.

The village is in the close neighbourhood of the quarries. In order to decrease secondary blasting the strength of primary blasting has been increased. In order to increase fragmentation degree an angle drilling method has been improved in one of the two quarries, where the height of the face is 12 m. 3 lines of the blast hole will be blasted at the same time.

Two 5 cu yds shovels load in two shifts and two are in the reserve. One front-end wheel loader is used as an all-round machine for quarry floor cleaning or temporarily for rock loading. There are eight 22 shton's rear dumps available for haulage. The primary crusher, ar-210, 1.500 mm by 2.134 mm single toggle crusher is largest in the world in its range. It is made by Karhula-works in Finland. It was placed on the higher -16 m bench last summer. There is a bin for 400 tons between the crusher and the belt conveyer that hoists and hauls the material into the screening sorting and secondary crushing plant. About 75 % of all production is used for cement fabrication. Hand picked waste stone mostly amphibolite and granite is crushed and screened for macadam.

A belt conveyor of a length of 861 m hauls the secondary crushed stone to the fine crushing plant side by side with the cement pulp grinding mills.

Kirjallisuutta

Metallipintojen suojamaalausopas: Kemian Keskusliitto, Helsinki, julkaisusarja 25: 1965. 36 s. + taul. Ohjehinta mk 7,30.

Miksi teräs ruostuu? Tämän kysymyksen vastaus lienee useimmille insinööreille helppo. Mutta miten ruostuminen voidaan estää? Siihen on jo vaikeampi löytää vastausta. Nyt teräksen ruostumiseen ja ruosteenmaalaukseen liittyvien käytännön pulmien käsittely on tullut helpommaksi kuin ennen. Kemian Keskusliitto r.y. on julkaissut pienen kirjasen nimeltään »*Metallipintojen suojamaalausopas*». Sen kaikilla sivuilla on painavaa tekstiä, mitä kuvat (kansissa värikuvat) ja käyrästöt oivallisesti täydentävät. Kirjasessa käsitellään seuraavia asioita:

— Miksi teräs ruostuu — Rakenteiden suunnittelu — Ruosteenestotavan valinta — Rasitusluokat — Maalikalvojen paksuudet — Pinnan puhdistus liasta, rasvoista ja öljystä — Ruosteenpoistovälineet — Ruostumisaste — Ruosteenpoistoaste — Maalausmenetelmät ja -välineet — Maalausolosuhteet — Pohjamaalityypit — Pohjamaalauksen suoritus — Pintamaalityypit — Värisävyjen valinta — Pintamaalauksen suoritus — Teollisuuslaitoksen uudismaalaukset — Teollisuuslaitoksen huoltomaa-

laukset — Maalausarvotaulukko — Ei-rautametallien maalaus — Polttomaaleista ja polttomaalauksista — Maalautöiden valvonta — Kustannusten muodostuminen.

Metallipintojen suojamaalausopas on selvästi ja hyvin kirjoitettu. Siinä esitetään joukko uusia käsitteitä, joita ei juuri lainkaan vielä maassamme käytetä. Tällaisia ovat m.m. suojamaalauksen rasitusluokat, ruostumisaste ja ruosteenpoistoaste. Opas on tehty nimenomaan käytäntöä varten ja siihen liittyy suuri taulukko »Käytännön esimerkkejä erilaisista suojamaaliyhdistelmistä». Taulukko on hyvänä ohjenuorana korroosiosuojamaalaukseen heikostikin perehtyneelle henkilölle, joka siitä voi valita eri tarkoituksiin oikeat käsitteletävät ja maaliyhdistelmät.

Kirjanen on asultaan erittäin hyvä, kooltaan A5 ja painettu erinomaiselle paperille. Tällaisen kirjasen tulisi olla kaikkien insinöörien ja teknikkojen sekä suojamaalauksen kanssa tekemisiin joutuvien henkilöiden käden ulottuvilla.

Suosittellemme!

P. Asanti

Voiko Selkämeren pohjassa olla öljyä?

Ylijohtaja Vladi Marmo, Geologinen tutkimuslaitos, Otaniemi.

Kysymys siitä, voidaanko Selkämeren tai yleensä Pohjanlahden alueelta löytää öljyä vai ei, on täysin ymmärrettävä ja oikeutettukin jo siitäkin yksinkertaisesta syystä, että mainittu merialue jo Selkämerenkin osalta on suunnilleen Etelä-Suomen kokoinen, ja tämän suuren alueen pohjan geologia on jokseenkin tuntematon. On inhimillistä toivoa kaikkea hyvää juuri sieltä, mistä ei vielä paljoa tiedetä.

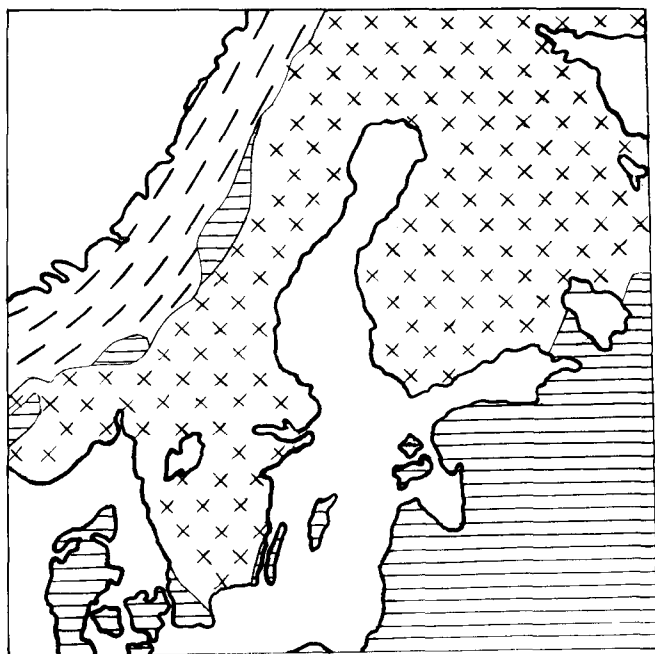
Viimeaikaisten öljytoiveiden lähtökohtana Suomessa on Ruotsin geologisen tutkimuslaitoksen pääjohtajan, K. A. Lindbergssonin eräässä suomalaisessa lehdessä julkaistu tässä mielessä positiivinen haastattelu. Pääjohtaja Lindbergsson on kuitenkin ilmoittanut tämän kirjoittajalle puhelimitse, ettei hän ollut itse asiassa koskaan tuota haastattelua antanut — ainakaan siinä muodossa kuin lehdet ovat sen julkaisseet.

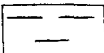
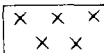
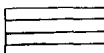
Voiko siis Selkämeren alueella olla maakaasua tai öljyä? Pohjanmereltähän on maakaasuesiintymiä tavattu. Niitä etsitään Gotlannissa ja yleensäkin Itämerellä, miksei siis myös Itämeren lahdilta, varsinkin Selkämereltä? Näin kysytään. Katsotaanpa ensin, ovatko analogiapäätelmät tässä suhteessa lainkaan oikeutettuja, kun kysymyksessä on esim. Selkämeri.

Me tiedämme, että vaikka hiilivetyjä onkin nyt tavattu myös eräistä nuorempaan prekambriumiin liittyvistä sedi-

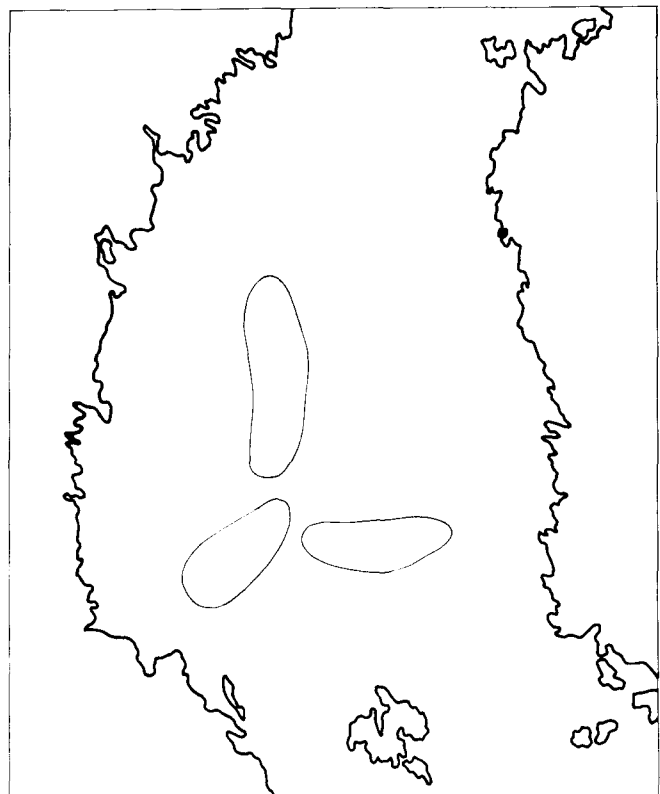
menteistä, niin maapallon tunnetut ekonomiset maakaasu- ja öljyesiintymät liittyvät poikkeuksetta ns. paleotsoisiin kerrostumiin. Kuvassa 1 on esitetty Itämerta ympäröivien maiden geologian yleispiirteet. Merialue on siinä jätetty valkoiseksi, koska sen pohjan geologiasta tiedämme toistaiseksi vain varsin vähän. Tästä karttakeesta näemme, että Suomen maa-alueelta, mukaanluetuna Ahvenanmaa ja rannikkosaaristomme, tällaiset paleotsoiset muodostumat tyystin puuttuvat, samoin kuin suurimmasta osasta Ruotsia. Näiden Selkä- ja Perämerta ympäröivien maiden geologia on tyypillisesti prekambrista.

Suomenlahden eteläranta, Itämeren saaret ja Etelä-Skoone ovat sen sijaan paleotsoisia, ja näin ollen Itämerta ympäröivien maiden geologinen rakenne epäilemättä sisältää sellaisenkin mahdollisuuden, että sen pohjan muodostavista sedimenteistä myös maakaasu- ja öljyesiintymiä voitaisiin löytää. On tosin muistettava, että maapallollamme on hyvin laajoja paleotsoisten muodostumien peittämiä alueita, mutta vain harvoin liittyy niihin edellämainittuja, kovasti himoittuja esiintymiä. Itämeren alueellakin on siis kuva 1:n perusteella siihen merkityn paleotsoisten muodostuminen pohjoisrajan pohjoispuolella nämä mahdollisuudet jokseenkin vähäiset. Olisi tieteellisesti perustelematonta väittää, että nämä mahdollisuudet olisivat olemattomat, sillä teoreettisestihan tarvittavia kerrostumia voi olla myös Selkämeren pohjalla. Itse asiassa merkkejä niistä sieltä onkin tavattu, ja väitöskirjassaan on Veltheim (1962) jopa rajoittanutkin nuorempien kerrostumien mahdolliset esiintymisal-



-  *Kaledonialainen vuorijono*
-  *Prekambri*
-  *Postkambri*

Kuva 1.



Kuva 2.

Teorin för kornförgrovning i en- och tvåfasiga material

Professor Mats Hillert, Institutet för metallografi, Kungliga tekniska högskolan, Stockholm

1. Två fall av kornförgrovning.

Från praktiken är det välkänt att medelkornstorleken i enfasiga material ofta ökar under värmebehandling. Fig. 1 och 2 visar två olika exempel härpå. Denna process kallas kornstillväxt men kan naturligtvis ske endast genom att vissa korn krymper och försvinner. Kornens sammanlagda volym är ju given på förhand och ändras inte under värme-

behandlingen. En liknande process kan ske i ett tvåfasigt material där den ena fasen (β) föreligger som små partiklar inbäddade i den andra fasen (α), se Fig 3. Även här är det välkänt från praktiken att partikelstorleken kan öka under glödning, t.ex. vid »överåldring» eller långt driven »anlöpnig». Denna process kallas ofta för koalescens, vilket dock är något oegentligt, ty den sker

ett pohjasta saatujen irtokivinäytteiden perusteella (kuva 2). Veltheim, jota lienee pidettävä tällä hetkellä Selkämeren pohjan geologiasta, väitöskirjansa perusteella, ehkä eniten tietävänä, katsoo kuitenkin, että Selkämeren pohjassa olevat paleotsoiset kerrostumat ovat hyvin ohuita, ehkä vain paksuudeltaan kymmenien metrien suuruusluokkaa olevina. Jos näin on, kaasu- ja öljyesiintymien todennäköisyys Selkämerellä vielä entisestäänkin pienenee, koska ne esiintyvät — kuten nykyisin kokeuksesta tiedetään — huomattavan paksujen sedimenttipinkkojen yhteydessä ja niissäkin vain geologisesti selvästi määrätävissä olevissa rakenteissa. Näitä rakenteita ei Selkämeren (eikä edes Itämerenkään) alueelta vielä toistaiseksi ole tavattu.

Toisaalta on taas todettava, että Veltheimin antama kuva perustuu pääasiallisesti siihen näyttemateriaaliin, joka on saatu Selkämeren pohjasta ylös merenkulkuhallituksen kelirikkoaluksen Arandan kannelta käsin. Näin ollen nämä nuorten sedimenttien luonnehtimat alueet Selkämeren pohjalla voivat olla selvästi suurempia, kuin karttaan (kuva 2) on merkitty, mutta toisaalta voitathan ne yhtä hyvin olla vieläkin pienempiä.

Edelläsanoista johtuen voidaan siis sanoa, että sen perusteella, mitä tällä hetkellä tiedämme Selkämeren pohjan geologiasta, mahdollisuudet ekonomisten kaasu- tai öljyesiintymien löytämiseksi tuntuvat erittäin vähäisiltä. Tekisipä mieli sanoa, että lähes olemattomilta. Tiedot tämän alueen geologiasta ovat kuitenkin vielä riittämättömät oikeuttaakseen kategoristen johtopäätösten tekoon.

Selkämeren pohjan geologiaa kuitenkin jatkuvasti tutkitaan. Jo kymmenkunta vuotta on tämä tutkimus tapahtunut pohjoismaiseen yhteistyöhön (Itämeren tutkimus) liittyvänä Suomen osuutena. Yhteistoiminnassa merentutkimuslaitoksen kanssa on geologinen tutkimuslaitos selvittänyt Itämeren ja Selkämeren kvartaari-geologiaan liittyviä kysymyksiä, mutta viime aikoina yhä enenevässä määrin on pyritty saamaan tietoja myös Selkämeren pohjan kallioperän rakenteesta. Meitä kiinnostaa mm. kysymys siitä, miten kauaksi Selkämerelle ulottuu prekambriin ns. Satakunnan hiekkakivialue, tai Ahvenanmaan ja Satakunnan rapakivialueet. Myös tiedot Pohjanlahden muodostumisen edellytyksenä olevasta suurtektoniikasta haluamme tietoja, kuin myös siitä, olisiko merialueillamme muitakin rautamalmeja kuin Jussaari ja Nyhamn. On itsestään selvää, että myös nuorempien, paleotsoisten kerrostumien löytyminen ja tutkiminen

kiinnostaa, sillä kaiken tutkimuksen tarkoituksenaan on saada esille mahdollisimman täydellinen kuva tutkitavan alueen geologiasta.

Merialueella suoritettava tutkimus on kuitenkin erittäin hankala ja vaikea. Se on myös alkeellisimmassakin muodossaan kallis. Paksu vesipeite estää näytteiden välittömän oton, meriveden suolapitoisuus estää sähkömagneettiset tutkimukset, meren syvyys tekee kairaukset oloissamme lähes mahdottomiksi jne.

Toisaalta taas tällaisesta tutkimuksesta hyötyvät hyvin monet tieteen ja käytännön haarat. Sivutuotteena saadaan tarkat tiedot syvyysvaihteluista, meren pohjan laadusta jne. Niinpä Selkämeren tutkimusta jatkettaessa on ollut pakko päätyä suurisuuntaiseen yhteistyöhön, johon syksyllä 1965 ovat osallistuneet geologian tutkimuslaitoksen geofysiikan osaston ja maaperäosaston tutkijoiden lisäksi Helsingin Yliopiston seismologian laitos, laivastomme ja armeijan auttaessa tutkimusta meriräjäytysten, viestityksen ja paikanmäärittysten osalta erittäin merkittävällä tavalla.

Tässä yhteydessä on kuitenkin väärin puhua öljytutkimuksista, joihin ryhtyminen ei geologisen tutkimuslaitoksen käsityksen mukaan ole tässä vaiheessa edes reaalista aihetta. Kysymys on mainitun merialueen mahdollisimman monipuolisesta geologisesta tutkimuksesta. Mikäli siinä onnistutaan edes osapuilleen ja saadaan edes kohtalaisen uskottava geologinen kartta alueesta, vasta sitten on aika pohtia alueeseen ehkä liittyviä taloudellisesti geologisia kysymyksiä, jolloin ei suinkaan ole syytä unohtaa uusien geologisten tietojen esimerkiksi malminetsinnälle kenties tarjoamia uusia mahdollisuuksia. Mutta tähän voidaan puuttua vasta sitten kun perustutkimus on edes oleelliselta osaltaan suoritettu.

On the possibilities to find oil in the Gulf of Bothnia.

Sofar, the geology of this marine area is very sparsely known. In Fig. 1 geology around the Baltic Sea is shown, in Fig. 2 the possible occurrences of Postcambrian sediments within the southern parts of the Gulf of Bothnia are indicated. According to these two maps, the oil possibilities within the area concerned are really small. These questions are discussed in the article.

genom att de stora partiklarna växer på de små partiklarnas bekostnad och inte genom sammansmältning av smärre partiklar under bildning av större. Även i detta fall av kornförgrovnig är den sammanlagda volymen av kornen i stort sett konstant under processen. I själva verket är de två beskrivna processerna mycket närbesläktade. I båda fallen är det ytenergin som ger den drivande kraften för kornförgrovnigen. Den sammanlagda ytenergin i materialet minskas allt eftersom strukturen blir grövre. Skillnaden mellan de två fallen är bara den att kornen i det första fallet gränsar till varandra och i det andra fallet är skilda åt av en annan fas, se Fig 4. Kornförgrovnigen i det första fallet sker därför helt enkelt genom en förflyttning av material från ett litet korn II över en korngräns och till det angränsande större kornet I. I det andra fallet beror kornförgrovnigen av en transport av material från en liten partikel II till en större partikel I medelst diffusion över jämförelsevis stora avstånd i grundmassan. Detta är en mycket långsammare process.

2. Dimensionsbetraktelse.

Genom en enkel dimensionsbetraktelse kan man härleda en ekvation för kornförgrovnigen. Förhållandet mellan yta och volym för ett enskilt korn erhålles som

$$4\pi R^2 / \frac{4}{3}\pi R^3 = 3/R \text{ om kornet approximeras med en sfär med}$$

radien R . Ytenergin per volymenhet i ett enfasigt material kan därför skrivas som $3\sigma/2R_m$ om R_m är ett medelvärde av kornstorleken. Ytenergihöjningen minskas alltså under kornstillväxten och går mot noll när R_m växer till stora värden. Man kan därför betrakta $3\sigma/2R_m$ såsom den drivande kraften för processen. Om vi antar att kornstillväxtens hastighet dR/dt är proportionell mot kraften, så finner vi direkt

$$\frac{dR_m}{dt} = \frac{k\sigma}{R_m} \quad (1)$$

och efter integrering

$$R_m^2 - R_{m0}^2 = 2k\sigma t \quad (2)$$

alltså en parabolisk tillväxtlag. (^{1,2,3})

För ett tvåfasigt material blir ytenergin per volymenhet av den finfördelade β -fasen $3\sigma/r_m$. Om vi antar att tillväxthastigheten här är proportionell mot kraften samt omvänt proportionell mot diffusionsavståndet l i grundmassan, så finner vi

$$\frac{dr_m}{dt} = \frac{k_1 \sigma}{r_m \cdot l} = \frac{k\sigma}{r_m \cdot r_m} \quad (3)$$

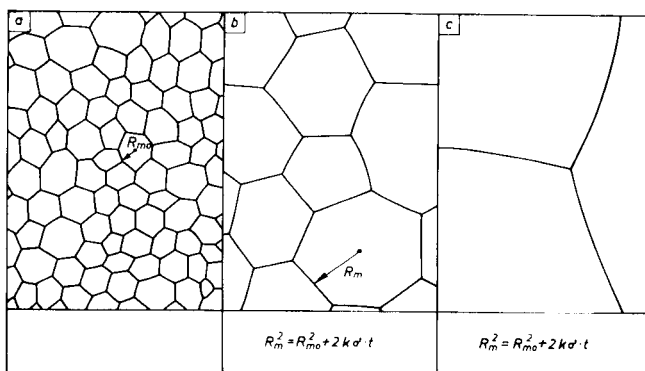
och efter integrering

$$r_m^3 - r_{m0}^3 = 3k\sigma t \quad (4)$$

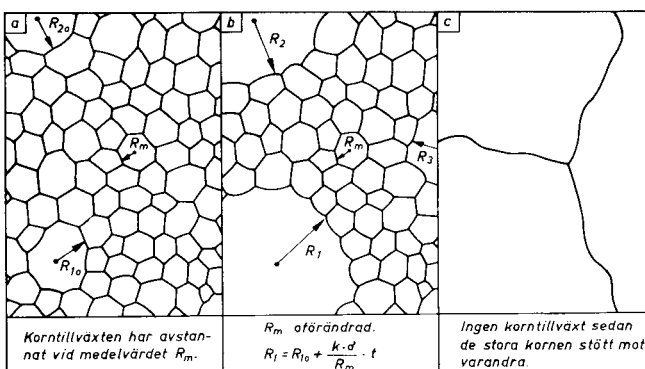
Diffusionsavståndet l ökar nämligen allteftersom kornförgrovnigen fortskrider och är proportionell mot strukturens grovlek, d.v.s. r_m .

Om koalescensens hastighet i ett tvåfasigt material inte är diffusionskontrollerad utan beror av hur långsamma fasgränsreaktionerna är, så får man en formell likhet med kornstillväxten i ett enfasigt material, ekv (1) och (2).

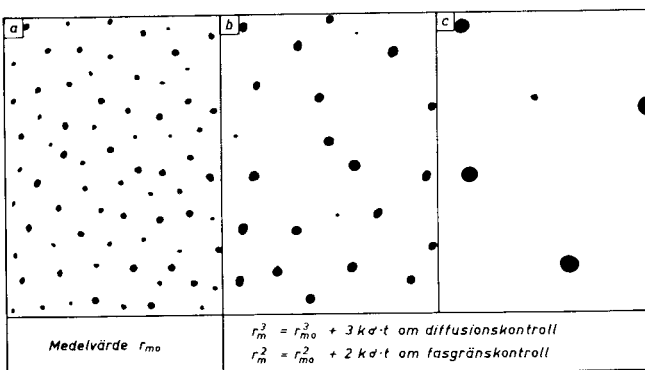
Ovanstående dimensionsbetraktelser ger ingen upplysning om storleken av konstanten k i de olika fallen. En mer detaljerad behandling fordras och det är ganska självklart att denna måste ta hänsyn till olikheterna i storlek mellan de individuella kornen eller partiklarna. Om t.ex. alla partiklarna vore exakt lika stora, så skulle ingen förgrovnig alls ske, ty inga korn skulle krympa, dvs $k = 0$. Vid våra dimensionsbetraktelser har vi be-



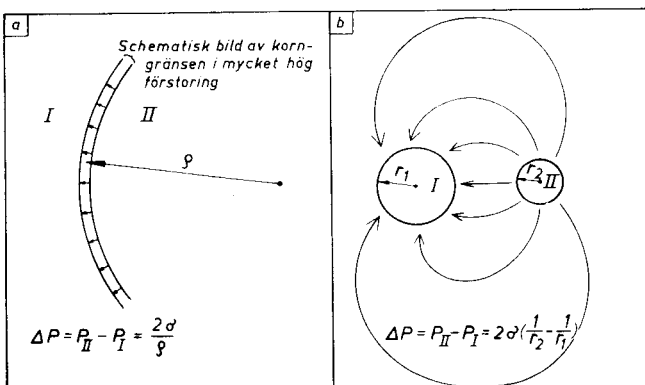
Figur 1. Förloppet vid normal kornstillväxt.



Figur 2. Förloppet vid abnormkorn tillväxt. Observera den oregelbundna formen hos korngränserna sedan de stora kornen stött mot varandra.



Figur 3. Koalescensens förlopp.



Figur 4. De elementära processerna vid kornstillväxt (a) och vid koalescens (b) samt deras drivande kraft.

handlat k som konstant och detta innebär bl.a. att olikheten i kornstorlek antagits vara konstant under kornförgrovningen. Vi har alltså förutsatt att kornstorleksfördelningen bibehålles oförändrad under processen. Detta ser ut att kunna gälla i de fall som illustreras av Figur 1 och 3 medan däremot Figur 2 a och b visar hur kornstorleksfördelningen blir alltmer inhomogen under abnorm kornstillväxt. Om ett fåtal korn växer medan de övriga storlek R_m är oförändrad, så är den drivande kraften konstant, $3\sigma/2R_m$, och ett växande korns tillväxt beskrives av följande ekvation som liknar ekv (1):

$$\frac{dR_1}{dt} = \frac{k\sigma}{R_m} \quad (5)$$

Efter integrering erhålles då en linjär tillväxttekvation

$$R_1 - R_{10} = \frac{k\sigma}{R_m} \cdot t \quad (6)$$

Vi ser härav att en tillfredsställande behandling av kornförgrovningen inte endast bör tala om vilket k -värde man får om man startar med en viss kornstorleksfördelning. Den bör också tala om hur kornstorleksfördelningen, och därigenom k , ändrar sig. Av alldeles särskilt intresse vore att undersöka om det finns någon speciell kornstorleksfördelning som bibehålles oförändrad under kornförgrovningen och alltså ger ett konstant k -värde. Det vore även av stort intresse att kunna förutsäga under vilka förhållanden abnorm kornstillväxt kan inträffa.

3. Tillväxthastigheten vid utskiljning.

Vårt problem är att beskriva hur varje enskilt korn eller partikel påverkas av storleken på alla de övriga. För att belysa detta problem skall vi först betrakta den diffusionskontrollerade tillväxten av en enskild β -partikel ur en övermättad α -lösning.

Diffusionen av material i α -fasen fram till den växande β -partikelns yta beskrives av Ficks lag och för en sfärisk partikel med radien r_1 kan vi skriva

$$\frac{dm}{dt} = -AD \frac{dc}{dr} \approx AD \frac{\Delta c^a}{\Delta r} \quad (7)$$

Δc^a är övermättningen, dvs $c^a(\infty) - c^a(r_1)$ om $c^a(\infty)$ får beteckna α -lösningens halt på stort avstånd från partikeln och $c^a(r_1)$ vid dess yta. Vi skall förutsätta att $c^a(r_1)$ är den halt som erhålles vid jämvikt med β -partikeln. Δr är det »effektiva diffusionsavståndet» och Zener⁽⁴⁾ har visat att detta är ungefär lika med partikelns radie. Genom diffusionen kan ett nytt skikt dr_1 av β -fas bildas utanpå den gamla sfären. Detta skikt innehåller material i en mängd av

$$dm = A \cdot dr_1 \cdot (c^\beta - c^a) \quad (8)$$

Genom att eliminera dm mellan de två ekvationerna finner vi tillväxthastigheten

$$\frac{dr_1}{dt} = \frac{c^a(\infty) - c^a(r_1)}{c^\beta - c^a} \cdot \frac{D}{r_1} \quad (9)$$

Vi kan lätt integrera om de ingående koncentrationsvärdena är konstanta och vi erhåller då en parabolisk tillväxtlag

$$(r_1)^2 - (r_{10})^2 = \frac{c^a(\infty) - c^a(r_1)}{c^\beta - c^a} \cdot 2Dt \quad (10)$$

Denna ekvation gäller om det bara finns en enda partikel som växer i en α -lösning av mycket stora dimensioner ty då ändras inte $c^a(\infty)$ från sitt ursprungliga värde. Om det däremot finns en stor mängd partiklar fördelade över hela lösningen, så kommer dessa så småningom att utarma lösningen, var och en i sitt närmaste grannskap. Varje enskild partikel kommer att märka av detta genom att

lösningens halt på stort avstånd från den, $c^a(\infty)$, sjunker från det ursprungliga värdet. Zener och Wert⁽⁵⁾ visade att det rätta värdet för $c^a(\infty)$ då är medelvärdet av lösningens halt:

$$\frac{dr_1}{dt} = \frac{c^a_{medel} - c^a(r_1)}{c^\beta - c^a} \cdot \frac{D}{r_1} \quad (11)$$

De kunde därför uttrycka den momentana övermättningen Δc^a med $(1-f) \cdot \Delta c^a_0$ där f är reaktionsgraden, vilken stiger från 0 till 1 under reaktionen, och Δc^a_0 är den ursprungliga övermättningen. $(1-f)$ är alltså den korrektionsfaktor som beskriver de gradvisa uppbromsningen på grund av s.k. »soft impingement». Man erhåller

$$\frac{dr_1}{dt} = (1-f) \cdot \frac{\Delta c^a_0}{c^\beta - c^a} \cdot \frac{D}{r_1} \quad (12)$$

4. Tillväxthastigheten vid koalescens.

Tillväxttekvationen (11) visar att utskiljningen är fullbordad när medelhalten c^a_{medel} sjunkit till $c^a(r_1)$. Om man emellertid av någon anledning har fått partiklar av olika storlekar så sjunker c^a_{medel} mot ett värde som bestämmer av medelvärdet r_m på kornstorleken, alltså $c^a(r_m)$. Ekvationen kommer då att innehålla $c^a(r_m) - c^a(r_1)$. Dessa två värden är ej exakt lika stora, ty enligt Thomson-Freundlichs ekvation beror jämviktshalten i en lösning av partiklarnas storlek

$$c^a(r_2) - c^a(r_1) = \frac{c^a \cdot V_m}{RT} \cdot \Delta P = \frac{2\sigma c^a \cdot V_m}{RT} \cdot \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad (13)$$

där c^a betecknar den normala lösligheten, alltså vid jämvikt med mycket stora partiklar. Storheten ΔP kan uppfattas som en skillnad i inre hydrostatiskt tryck hos de två partiklarna, försakad av de krökta ytornas ytspänning, $\Delta P = 2\sigma/r_2 - 2\sigma/r_1$. Se Figur 4b. Genom insättning i tillväxttekvationen (11) får vi

$$\frac{dr_1}{dt} = \frac{2\sigma c^a V_m D}{RT (c^\beta - c^a)} \cdot \frac{1}{r_1} \left(\frac{1}{r_m} - \frac{1}{r_1} \right) \quad (14)$$

Alla partiklarna som är större än medelvärdet r_m kommer därför att fortsätta att växa medan de som är mindre kommer att krympa och försvinna. Därigenom kommer medelvärdet r_m av de kvarvarande partiklarna att växa och partiklar, som nys var större än r_m , börjar att krympa och försvinner i sin tur o.s.v. Om vi visste storleken på alla partiklarna i ett visst ögonblick så skulle vi i princip kunna beräkna dr/dt för var och en och därav beräkna hur r_m ökar med tiden. Ekvation (14) beskriver alltså den process vi kallar för koalescens.

Ekvationen (14) härleddes först av Greenwood⁽⁶⁾ men problemet att därur beräkna hur den kornstorleksfördelning skulle se ut som förmår bibehållas oförändrad under kornförgrovningen samt att beräkna med vilken hastighet r_m skulle växa i ett sådant fall, fick sin matematiska lösning först genom Lifshitz och Slyozov⁽⁷⁾ och genom Wagner⁽⁸⁾. Greenwood löste emellertid problemet med en intuitiv metod som innebär en ren gissning att de största partiklarna skulle vara dubbelt så stora som medelvärdet r_m . Partiklar av just den storleken måste då växa med exakt dubbel hastighet som r_m om kornstorleksfördelningen skall kunna bibehållas oförändrad. Ekv (14) ger därför:

$$\frac{2dr_m}{dt} = \frac{2\sigma c^a V_m D}{RT (c^\beta - c^a)} \cdot \frac{1}{2r_m} \cdot \left(\frac{1}{r_m} - \frac{1}{2r_m} \right) \quad (15)$$

och efter integrering

$$(r_m)^3 - (r_{m0})^3 = \frac{3}{4} \cdot \frac{\sigma V_m D c^a}{RT(c^\beta - c^a)} \cdot t \quad (16)$$

Genom Lifshitz och Slyozov och genom Wagner vet vi nu att de största partiklarna är bara 1.5 gånger så stora som r_m . Ekv. (14) ger därför en faktor 8/9 i stället för 3/4 i ekv (16). Greenwoods gissning var alltså mycket lyckosam.

Fig. 5 visar hela förloppet vid diffusionskontrollerad utskiljning och koalescens och de olika stadierna är markerade. r^* är den kritiska kärnstorleken vid utskiljning ur den ursprungliga övermättade lösningen.

På motsvarande sätt har Wagner härlett en ekvation för koalescensen vid fasgränskontroll och funnit följande ekvation:

$$(\bar{r})^2 - (\bar{r}_0)^2 = \frac{64}{81} \cdot \frac{\sigma V_m k}{RT} \cdot \frac{c^a}{c^\beta - c^a} \cdot t \quad (17)$$

Här är k hastighetskonstanten för fasgränsreaktionerna och \bar{r} är det aritmetiska medelvärdet. Med R_m och r_m har vi tidigare avsett ett icke närmare angivet slag av medelvärde. En närmare undersökning har visat att

$$R_m = \frac{9}{8} \bar{R} \quad (9) \text{ och } r_m = \bar{r} \quad (?).$$

5. Korntillväxt i ett enfasigt material.

Man föreställer sig att en korngräns i ett enfasigt material har en viss rörlighet som kan betecknas med M och definieras av följande ekvation

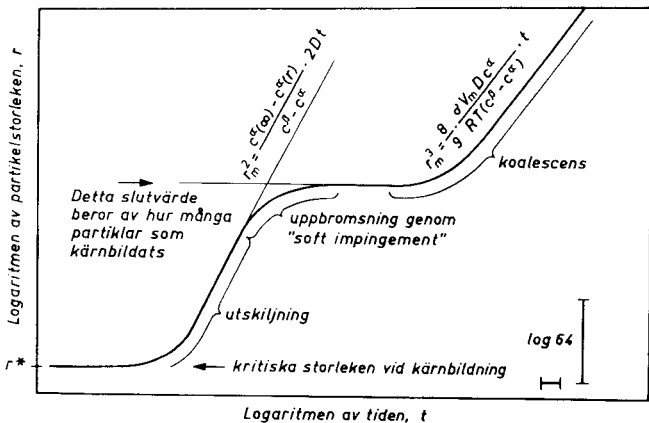
$$v = M \cdot \Delta P \quad (18)$$

där v är fasgränsens hastighet under inverkan av en drivande kraft som per ytenhet av korngränsen är ΔP . Storheten ΔP kan uppfattas som ett hydrostatiskt tryck vars storlek beror på korngränsens krökning. För en sfäriskt formad korngräns får man t.ex. $\Delta P = 2\sigma/\rho$ där ρ är krökningsradien, se Figur 4a.

För att kunna beräkna tillväxthastigheten för ett visst korn måste man integrera runt dess periferi och måste därför känna dess form i detalj. Kornen påverkar emellertid varandras form och vi möter därför ett mycket komplicerat geometriskt problem. Någon exakt lösning på detta problem har inte presenterats men ett uttryck av formen

$$\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{R_m} - \frac{1}{R_1} \right) \quad (19)$$

leder efter vissa approximationer till en tillväxtekvation



Figur 5. Ökningen av partikelstorleken vid utskiljning och koalescens. Tidsskalan är förkortad till 1/4.

som är rimlig för såväl mycket små korn som för mycket stora korn⁽⁹⁾:

$$\frac{dR_1}{dt} = M\sigma \cdot \left(\frac{1}{R_m} - \frac{1}{R_1} \right) \quad (10)$$

Denna ekvation har även föreslagits efter statistiska överväganden⁽¹⁰⁾.

Återigen kan vi utnyttja Greenwoods intuitiva metod för att beräkna hur medelkornstorleken ökar. Antager vi att det största kornet är $2R_m$ och att detta förmår behålla sin storlek i relation till R_m , vilket är nödvändigt om kornstorleksfördelningen skall bibehållas, så får vi för normal korntillväxt:

$$\frac{2dR_m}{dt} = M\sigma \cdot \left(\frac{1}{R_m} - \frac{1}{2R_m} \right) = \frac{M\sigma}{2R_m} \quad (21)$$

Integrering ger

$$(R_m)^2 - (R_{m0})^2 = \frac{1}{2} M\sigma t \quad (22)$$

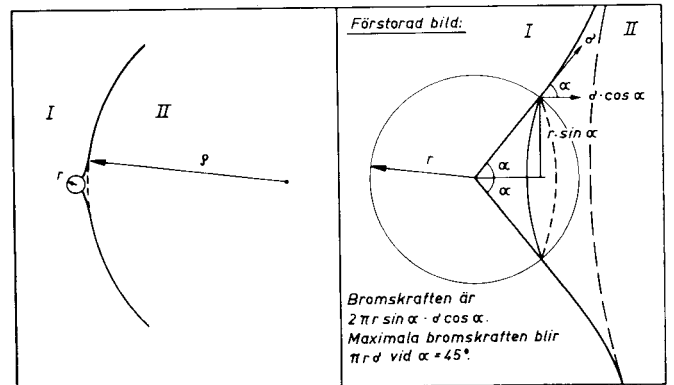
Den exakta matematiska behandlingen⁽⁹⁾ visar att Greenwoods gissning skulle varit alldeles riktig i detta fall. R_m är dock inte det aritmetiska medelvärdet utan man

$$\text{finner } R_m = \frac{9}{8} \bar{R}.$$

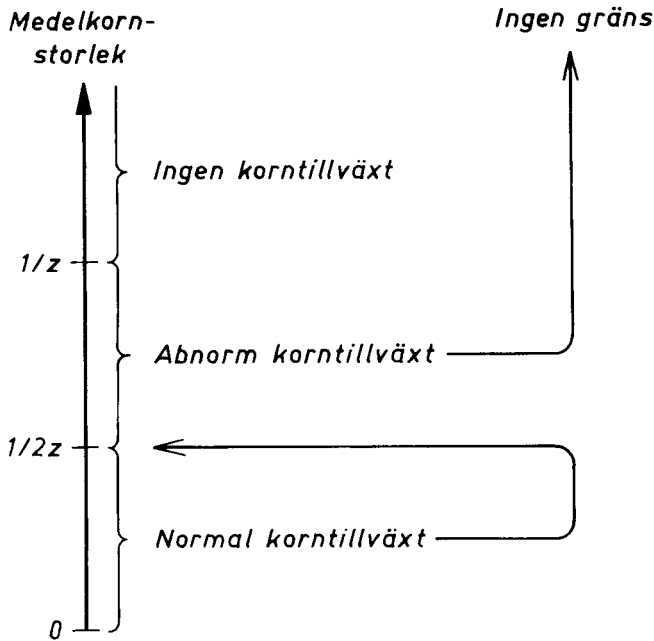
Såsom redan betonats gäller ovanstående beräkning endast för normal korntillväxt. Abnorm korntillväxt kommer att beröras i nästa paragraf.

6. Korntillväxt i grundmassan vid närvaro av främmande partiklar.

Man har måhända länge anat att främmande partiklar verkar hämmande på korntillväxten i grundmassan men det var först genom Zener⁽¹¹⁾ som denna effekt blev beskriven i detalj. Han betraktade upphängningen av en vandrande korngräns på en i grundmassan fast förankrad partikel och beräknade den bromsande kraft som därigenom utövas på korngränsen. Se Figur 6. Han fann att korngränsens behöve använda en kraft av $\pi r \sigma$ för att slita sig loss från en sfärisk partikel av storleken r . Han antog sedan att en bromskraft av denna storlek utövas av alla de partiklar som korngränsen skulle ha skurit igenom någonstans framför deras mittpunkter om den inte deformationerats genom partiklarnas närvaro. Dessa partiklar är de som har sina mittpunkter inom ett volymselement av storleken v , räknat per ytenhet av korngränsen. Antalet partiklar per volymsenhet är $f/\frac{4}{3} \pi v^3$, där f representerar volymfraktionen partiklar. Den sammanlagda broms-



Figur 6. En främmande partikel bromsar rörelsen hos en korngräns.



Figur 7. Effekten av främmande partiklar på korntillväxten.

kraften per ytenhet av korngränsen blir därför i genomsnitt

$$\text{Bromskraften } \sigma \cdot z = \frac{\pi r \sigma \cdot r \cdot f}{4\pi r^3} = \sigma \cdot \frac{3f}{4r} \quad (23)$$

Om det finns flera slags partiklar bör man utvärdera f/r för varje slag och utnyttja summan av dessa värden. Om vi helt allmänt betecknar bromskraften per ytenhet av korngränsen med $\sigma \cdot z$ så kan vi skriva om ekvation (20):

$$\frac{dR_1}{dt} = M \cdot (\Delta P \pm \sigma z) = M\sigma \cdot \left(\frac{1}{R_m} - \frac{1}{R_1} \pm z \right) \quad (24)$$

Tecknet framför z skall väljas så att denna term alltid bromsar rörelsen. För stora korn med $R_1 > R_m$ gäller därför minustecknet.

Om ekvation (24) tillämpas på normal korntillväxt där de största kornen har $R_1 = 2R_m$ så finner man att denna korntillväxt sker helt oförhindrat så länge kornstorleken är liten, $R_m \ll 1/z$. Så småningom bromsas den emellertid ner och avstannar slutligen helt nära $R_m = 1/2z$.

Ett mycket stort korn skulle fortfarande kunna växa så länge inte $R_m > 1/z$. Se Figur 7. För att skydda sig mot abnorm korntillväxt bör man således skaffa sig en större medelkornstorlek än vad man kan uppnå genom normal korntillväxt. Detta kan man åstadkomma genom rekristallisation eller fasomvandling. Å andra sidan är det inte säkert att man får abnorm korntillväxt i ett material där normal korntillväxt inträffat men avstannat vid värdet $R_m = 1/2z$. Det fordras också att materialet innehåller några tillräckligt stora korn. Dessa kan tänkas uppkomma t.ex. genom lokal rekristallisation eller lokala variationer i fördelningen av de främmande partiklarna.

Ekvationen för abnorm tillväxt kan lätt erhållas ur ekvation (24). Antag att den normala korntillväxten avstannat vid $R_m = 1/2z$. För ett mycket stort korn där $1/R_1$ kan försummas erhåller vi

$$\frac{dR_1}{dt} = M\sigma \left(\frac{1}{R_m} - z \right) = M\sigma \left(\frac{1}{R_m} - \frac{1}{2R_m} \right) = \frac{M\sigma}{2R_m} \quad (25)$$

$$R_1 - R_{10} = \frac{M\sigma}{2R_m} \cdot t \quad (26)$$

där R_{10} är kornets storlek när abnorm korntillväxt börjar.

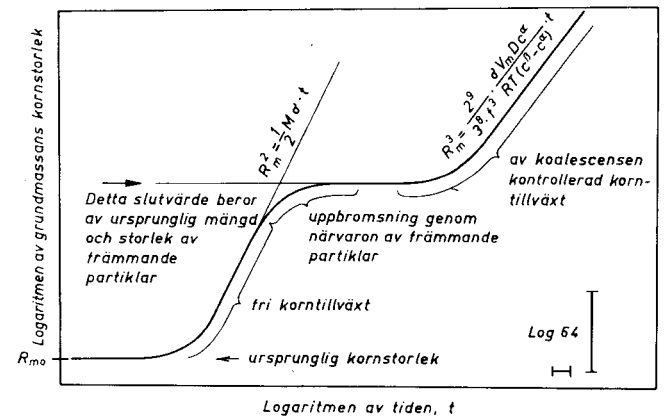
7. Korntillväxt i grundmassan vid förändring av främmande partiklar.

Om de främmande partiklarna är utsatta för koalescens under glödningen så växer deras medelstorlek r_m utan att deras sammanlagda volymfraktion f ändras. Om t.ex. koalescensen följer ekvation (16) så varierar r_m proportionellt mot $t^{1/3}$ efter tillräckligt lång tid och följaktligen växer grundmassans medelkornstorlek enligt följande ekvation:

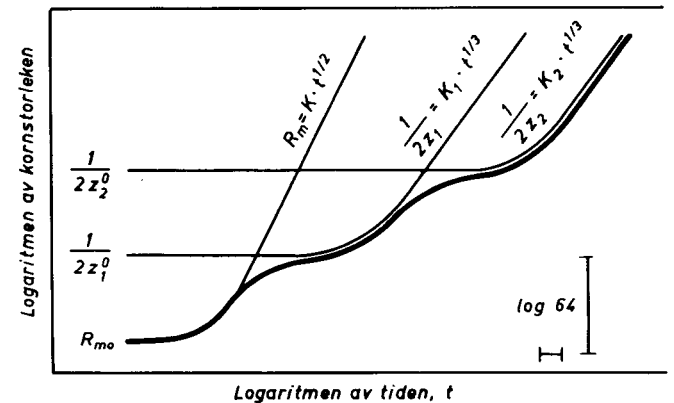
$$R_m = \frac{1}{2z} = \frac{4r}{2 \cdot 3f} = K \cdot t^{1/3} \quad (27)$$

Fig. 8 demonstrerar hela förloppet av kornförgrovnigen i grundmassan från den ursprungliga kornstorleken R_{m0} . Figuren visar en iögonenfallande likhet med Figur 5 som gällde kornförgrovnigen av partiklar vid utskiljning och koalescens.

Om materialet innehåller partiklar av flera olika faser, så samverkar dessa och sätter en viss gräns för korntillväxten i grundmassan. Det är dock troligt att koalescensen sker olika snabbt för de olika faserna på grund av olikheter i löslighet, diffusionsförmåga och ytspänning. Den fas som dominerade i början kan därför tänkas för-



Figur 8. Ökningen av grundmassans kornstorlek vid närvaro av främmande partiklar. Tidsskalan är förkortad till 1/4.



Figur 9. Schematiskt diagram över kornstorleken ökning från ett ursprungligt värde R_{m0} (tjock linje). De tunna linjerna representerar oförhindrad tillväxt ($R_{m0} - R_m$), samt höjningen av den övre gränsen för korntillväxten som förorsakas av två främmande faser, $(1/2 z_1 - 1/2 z_2)$ resp. $(1/2 z_2 - 1/2 z_1)$. Tidsskalan är förkortad till 1/4.

grovas så snabbt att kornstorlekskontrollen övertages av en annan fas som håller sig findispers längre. I ett sådant fall kan tillväxten av grundmassans kornstorlek följa en mycket komplicerad kurva, se t.ex. Fig 9.

Den matematiska behandlingen⁽⁹⁾ av kornstillväxten i grundmassan under koalescens av de främmande partiklarna synes antyda möjligheten av att ett fåtal stora korn kan utvecklas under denna långsamma process. Det är möjligt att dessa korn till slut når sådan storlek att de plötsligt blir tillväxtdugliga utan ytterligare koalescens. I så fall skulle abnorm kornstillväxt inträffa ganska plötsligt. I detta sammanhang är det anmärkningsvärt att ett stort antal av de fall av abnorm kornstillväxt, som är kända från praktiken, just inträffat under sådan värmebehandling att de främmande partiklarnas kornstillväxthämmande effekt minskats gradvis genom koalescens eller upplösning.

8. Koalescens av partiklar vid närvaro av korngränser i grundmassan.

Vi har nu betraktat effekten av främmande partiklar på kornstillväxten i grundmassan. Man har emellertid en ömsesidig påverkan. En partikel som ligger i en korngräns har en tendens att ändra sin form från sfärisk till linsformig. En partikel som ligger vid skärningslinjen mellan tre korn har tendensen att bli utdragen utefter denna linje och få en form liknande en tresidig banan. En partikel som ligger där fyra korn möts har en tendens att bli tetraederformad. I alla dessa fall får partikelns ytor en krökningsradie som är avsevärt större än om partikeln varit sfärisk. Den effekt som beskrives av Thomson-Freundlichs ekvation (13) blir därför mindre och koalescensen går långsammare än vad ekvation (14) beskriver. Parentesen i denna ekvation skall innehålla krökningsradien ρ i stället för radien r som representerar storleken (r är då definierad som radien hos en sfär med samma volym). Vid en viss partikelform är $\rho = r/K$ där proportionalitetskonstantens värde, K , beror av ett intimt samspel mellan värdet på ytspänningen mellan partikel och grundmassa och värdet på korngränsernas ytspänning i grundmassan. Konstantens värde är dock alltid $K < 1$. Vi kan ta hänsyn till denna effekt genom att multiplicera högra sidan av ekvation (14) med K .

Vi måste emellertid betrakta ytterligare ett komplicerande förhållande. Konstanten K har olika värden för de tre olika lägen som beskrevs ovan. Det lägsta värdet gäller för de partiklar som ligger där fyra korn möts. Det finns därför en tendens för dessa partiklar att växa

kraftigt på de övrigas bekostnad. Så länge andra partiklar finns kvar leder därför korngränsernas närvaro till en höjning av koalescensens hastighet i stället för en sänkning. Se Figur 10. Detta fall av koalescens synes ha stora likheter med abnorm kornstillväxt. I båda fallen blir kornstorleksfördelningen alltmer inhomogen under processens gång. Om vi skall använda ekvation (14) för att härleda ett uttryck för koalescensens hastighet, så skall vi först ersätta termen $1/r_1$ med $1/\rho_1 = K/r_1$ när den betraktade partikeln ligger i ett kornhörn. Termen $1/r_m$ skall däremot inte ändras, ty de flesta partiklarna ligger från början inuti kornen. Termen K/r_1 kan sedan försummas i jämförelse med $1/r_m$ eftersom K är mycket mindre än 1. Ekvation (14) ger därför

$$\frac{dr_1}{dt} = \frac{2\sigma V_m D}{RT} \cdot \frac{\alpha^\alpha}{c^\beta - c^\alpha} \cdot \frac{1}{r_1 r_m} \tag{28}$$

Medelstorleken r_m av de partiklar som ligger inuti kornen ändras med tiden på ett komplicerat sätt. I början torde den ökas genom normal koalescens men när materialtransporten till de kraftigt växande partiklarna i kornhörnerna blir märkbar så torde ökningen av r_m bromsas upp. Så småningom börjar r_m att minskas och till slut har partiklarna inuti kornen helt försvunnit. Om vi t.ex. betraktar r_m som konstant under en del av detta komplicerade förlopp, så ger oss ekvation (28) efter integrering

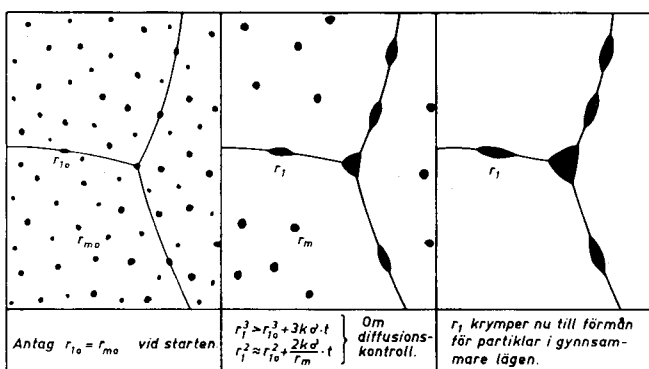
$$(r_1)^2 - (r_{10})^2 = \frac{4\sigma V_m D}{RT r_m} \cdot \frac{c^\alpha}{c^\beta - c^\alpha} \cdot t \tag{29}$$

Om det är möjligt för hela främmande fasen att slutligen ansamlas till partiklar som ligger vid kornhörn, så kommer kornstillväxten att avtaga plötsligt när denna situation inträffat. Det är t.o.m. tänkbart att $K < 0$ för partiklar i kornhörnerna och då avstannar koalescensen helt. En möjlighet för ytterligare kornstillväxt i ett sådant material är att partiklarna långsamt flyttar sig genom den fasta grundmassan. Detta kan tänkas ske under ytspänningens inverkan, men torde i de allra flesta fall vara en mycket långsam process.

Det är troligen volymsfraktionen av den främmande fasen som avgör om den kan ansamlas helt till kornhörnerna. Paradoxalt nog torde detta vara möjligt endast om man har tillräckligt mycket av den främmande fasen. Troligen behövs ungefär 10 %. Vid en lägre volymsfraktion blir grundmassans kornstorlek så stor att antal kornhörn inte räcker till.

9. Slutord.

Under tidernas lopp har man samlat en stor mängd av praktisk erfarenhet beträffande kornförgrovnigen under olika omständigheter. I regel har man sökt förklara eller beskriva dessa observationer från ganska enkla utgångspunkter. Detta kan synas ganska väl motiverat ty teorin för kornstillväxt i en grundmassa vid frånvaro av främmande partiklar samt för koalescens av partiklar vid frånvaro av korngränser i grundmassan är jämförelsevis enkla. I de flesta material som man möter i praktiken torde emellertid en ömsesidig inverkan av grundmassans korn och främmande partiklar spela en stor roll. Teorin för kornförgrovnigen blir därigenom mer komplicerad och leder inte längre till så enkla förutsägelser. Det är



Figur 10. Koalescensens förlopp vid närvaro av korngränser i grundmassan.

Growing Single Crystals from the Melt

V. K. Lindroos, *Dipl. Eng. and Professor H. M. Miekko-oja, Ph. D.*
Laboratory of Physical Metallurgy, Institute of Technology, Otaniemi Finland

General melt methods for growing single crystals are briefly described. Particular emphasis is laid on a modification of the Bridgman method, originally developed for alloys of a large solidification range. The main characteristics affecting the probability of growing a single crystal are discussed both from a theoretical and an experimental standpoint. Orientation control and the ways by which the process can be accelerated are also described.

1. Introduction

The first artificial single crystal was probably made by the Frenchman, Perrot¹, from bismuth just at the end of the last century. During the following period up to the first world war interest was concentrated on growing single crystals from organic compounds and alkali metals. Between the first and second world wars and during part of the post-war period, methods of growing single crystals were developed which are still used at present. A marked stage and the start of the commercial and industrial single crystal production was caused later by the transistor industry. Developments concerning single crystal techniques of different elements and alloys, solidification mechanisms and studies of the solidified structure have recently been carried on extensively in research laboratories of the transistor industry.

Nowadays the use of single crystals in the field of technical sciences is rather common. In particular physicists, chemists and metallurgists are using them to an increasing degree in their studies. In physical metallurgy, research was particularly concentrated on single crystal work in the 1930's, just immediately after the theory of dislocations was first presented with its essential application to plastic deformation. No doubt the main use of single crystals in physical metallurgy has been in connection with the study of work hardening. In the expanding field of physical metallurgy, single crystals are now used in many other studies, e.g. orientation dependent physical and mechanical properties, the mechanism of solidification, the distribution of solute atoms and impurities,

and the perfection of crystals. Concerning the industrial applications of single crystals, semiconductor crystals in transistors and rectifiers, piezoelectric and ferroelectric crystals in electronics, ferrites in radiotechniques, paramagnetic crystals in masers and monochromators in radiation techniques could all be mentioned.

There are nowadays certain commercially produced single crystals available. Due to the specific features of the growing process, they are, however, rather expensive, e.g. in a particular case one aluminium single crystal might cost £ 200. Therefore most research laboratories and institutes, which have a high demand of single crystals, generally acquire equipments needed to grow crystals themselves.

2. Methods for Growing Single Crystals from the Melt

In general, growing methods can be grouped according to the states of media, i.e. growing (1) in the solid state, (2) from the melt and (3) from the vapour phase. For certain academic purposes some single crystals have also been grown from liquid solution by electrolytic or purely chemical means. In the following only growth from the melt is considered.

The melt method was first applied by Andrade², who cooled the molten metal slowly and so produced single crystals for deformation studies. The modern melt methods are, however, based on the steep temperature gradient in the melt, which solidifies under certain conditions to form the single crystal. These melt methods can be regarded as the basis of the single crystal technique and they have preserved their importance in spite of the

därför troligt att man måste göra mycket detaljerade undersökningar av kornförgröningen för att nå en ökad förståelse för detta fenomen.

The theory of coarsening in one- and two-phase materials.

Summary

The theories of grain growth and of coalescens (so-called Ostwald ripening) are reviewed and compared. The growth rate of second-phase particles is discussed for the whole range of precipitation, soft impingement and coalescens. The rate of grain growth is discussed for the whole range of undisturbed grain growth, grain growth affected by second-phase particles and grain growth controlled by the coalescens of the second-phase particles. Finally, the effect of grain boundaries on coalescens is discussed.

Referenser

1. D. Harker och E. Parker, *Trans ASM* 34 (1945) S. 156
2. P. A. Beck, J. C. Kremer, L. J. Demer och M. L. Holzworth, *Trans AIME* 175 (1948) S. 372
3. J. E. Burke, *Trans. AIME* 180 (1949) S. 73
4. C. Zener, *J. Appl. Phys.* 20 (1949) S. 950
5. C. Wert och C. Zener *J. Appl. Phys.* 21 (1950) S. 5
6. G. W. Greenwood, *Acta Met.* 4 (1956) S. 243
7. I. M. Lifshitz and V. V. Slyozov, *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* 35 (1958) S. 479
8. C. Wagner *Z. für Elektrochemie*, 65 (1961) S. 584
9. M. Hillert, *Acta Met* 13 (1965) S. 227
10. H. J. Oel, *Föredrag vid Symp. Sur la mét. des poudres*, Paris 1964
11. C. Zener, *Privatmeddelande till C. S. Smith, Trans AIME* 175 (1949) S. 15.

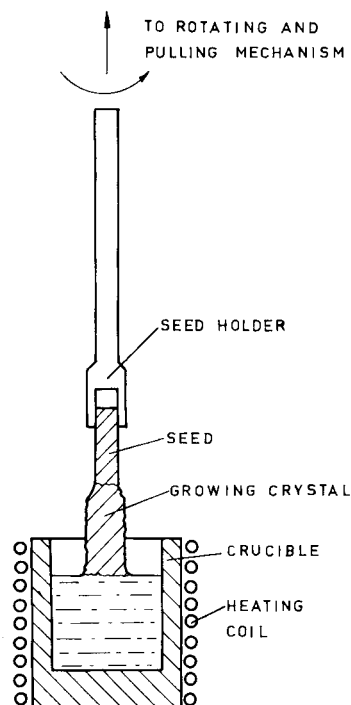


Fig. 1. The Czochralski method for drawing a crystal from the melt.

development of other methods. In principle there are three different ways to grow single crystals from the melt, (1) Czochralski, (2) Chalmers and (3) Bridgman method.

2.1. Czochralski Method

The essential features of this method can be described by reference to Fig. 1. A seed crystal fixed to a rotatable chuck is partially immersed in the melt and then withdrawn vertically. The method has two main advantages caused by the absence of the mould, a) to avoid mould contamination and b) to avoid thermal stresses. Hence it is possible to produce extremely pure single crystals of high perfection, which are necessarily needed, especially in the transistor industry.

The Czochralski method is widely used in the transistor industry for the production of germanium and silicon single crystals. The method and its applications are also used to grow single crystals from the binary intermetallic compounds.

2.2. Chalmers Method

In this technique the mould containing the melt is moved horizontally through the temperature gradient of the furnace (Fig. 2) resulting in the single crystal. For orientation control a seed crystal is generally used.

The Chalmers technique is especially used for solidification studies of the low melting point metals. By a slight modification it can also be used for producing single crystals in the studies of mechanical properties.

2.3. Bridgman Method

Obreimov and Schubnikov made single crystals in a vertical furnace by using an air blast to cool the bottom of the mould followed by the reduction of the furnace temperature. Bridgman, after whom the method is called, brought about the solidification by slowly lowering the mould containing the melt through the temperature gradient of the furnace. Under the proper conditions, when this method is applied (Fig. 3), only one nucleus is formed at the conical tip of the mould, which grows through the

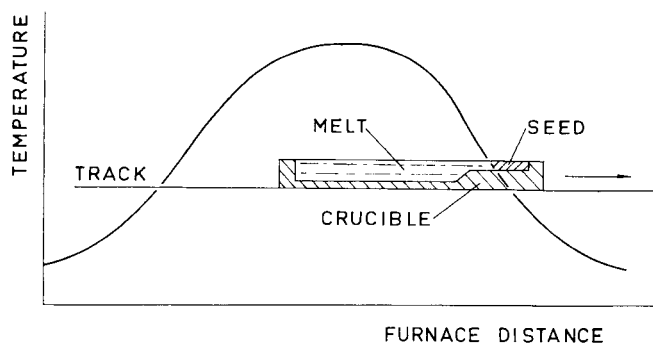


Fig. 2. General arrangement and the temperature distribution of the Chalmers method.

melt while lowering the mould, producing a single crystal. The process can be done either in an air atmosphere or in the case of reactive elements, in a protective atmosphere or vacuum. The downward movement is commonly produced by a synchron motor, although recently some variable speed control devices have been developed.¹⁶

The Bridgman method has been widely used for the single crystal production of low melting point elements and it has been essentially applied to producing pure aluminium single crystals³⁻⁷, but even in that case there are some mentions⁸ in the literature about the experimental difficulties. The method has also been used for producing single crystals of certain alloys, especially those which have a narrow solidification range as e.g. Cu-Al alloys^{6,9}. On the other hand there have been difficulties in producing single crystals of aluminium alloys, where the solidification range is rather wide. The method has also been applied to the following high melting point metals: nickel and its alloys^{10,11}, ferrous alloys^{6,12,13} and cobalt¹². It is worth noting that with the exception of titanium and cobalt, metals and alloys which undergo a solid state transformations cannot be obtained in monocrystalline form¹ from the melt and must be grown by solid state techniques. In all melt methods the distribution of an alloying element is a function of the distance along the crystal. This must be regarded as a certain inherent disadvantage.

2.4. Other Melt Methods

The other melt methods can be regarded in one way or another as modifications of melt methods described above. The most remarkable of these are the soft-mould method (elimination of the thermal stresses), the zone-melting method (high degree of purity) and the Verneuil method (high melting point metals and inorganic compounds). A detailed description of these applications as well as the other specific features of the melt methods (e.g. mould materials) has been given in the literature^{1,3,14,15}.

3. Single Crystal Studies

The work carried out by the authors concerned the aluminium-magnesium system (Fig. 4). The alloys were made of various magnesium contents up to a maximum of 8 per cent. The alloyed single crystals were grown from the melt.

3.1. Alloy Preparation

Due to the great oxygen affinity of magnesium the alloying as well as the single crystal growth was carried out in a protective atmosphere. In the latter case it has been found that the oxide particles act as nucleating

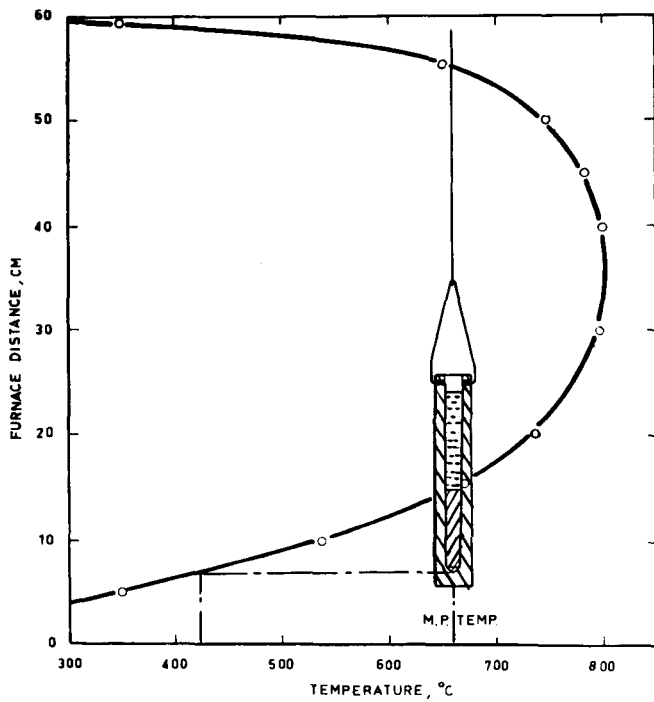


Fig. 3. Temperature distribution prevailing in the ordinary Bridgman method. Both the molten and solidified parts of the specimen have a steep temperature gradient.

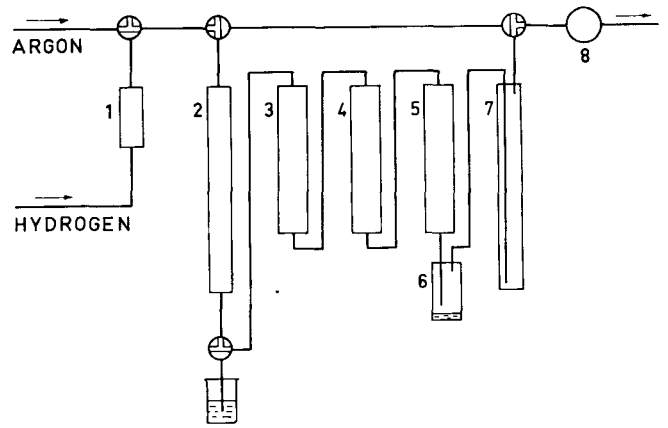


Fig. 5. Flow diagram for the gas purification. (1) platinum catalyst, (2) copper-oxidule (150 degC), (3) silica geel, (4) magnesium perchlorate, (5) phosphor pentoxide, (6) reservoir for phosphoric acid, (7) titanium foils (950 degC), (8) flow meter.

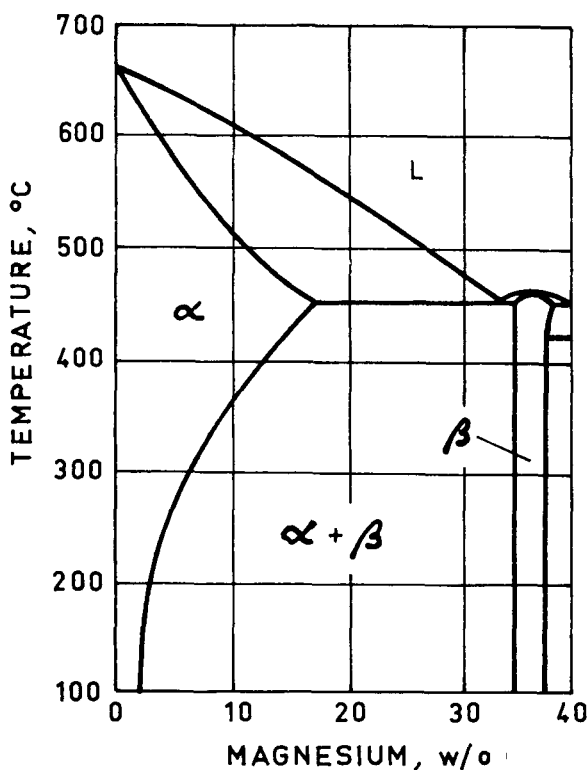


Fig. 4. Part-phase diagram for the aluminium-magnesium system.

agents, which results in polycrystals. The gases used, argon and hydrogen, were therefore thoroughly purified according to the flow diagram in Fig. 5.

The actual melting was done in the vertical furnace by using slightly conical cylindrical graphite crucible. The liquid state of the alloy was maintained for several hours to achieve complete homogeneity of the melt. The solidification of the alloy was carried out by lowering the mould by a synchron motor. Due to this procedure the radial differences of the concentration was avoided.

3.2. Production of Single Crystals

In the production of aluminium-magnesium single crystals many experiments with the standard Bridgman technique were done. They showed as with experiments of others, that the method as such cannot be applied to the growth of alloyed single crystals of a large solidification range. By modifying the method by two distinct ways it proved, however, possible to grow aluminium alloy single crystals of high magnesium content.

The ordinary Bridgman method. The proprietary vertical furnace used was earlier employed in this laboratory for growing single crystals, e.g. from pure copper and aluminium^{6,7}. Experiments with alloys of high magnesium content, where the mould descent was gradually decreased from 20 to 0.5 mm/h — in the latter case the process took five days —, always resulted in producing polycrystalline specimens. Next, the magnesium content was decreased gradually; the last experiment using the standard technique, was for a magnesium content of 0.5 per cent and a downward movement of 0.5 mm/h. These, as well as the earlier ones, still resulted in a polycrystalline specimen.

The modified Bridgman method^{16,17}. In the experiments described above particular attention was paid to the structure of the upper part of the solidified specimen. According to those observations it was obvious that the polycrystalline structure concerned was due to remarkably high growth rate. In spite of the very slow downward movement the real growth rate was no doubt much greater. The difference can be explained by reference to Fig. 3. Because of the steep temperature gradient excessive heat extraction from the melt occurs through the

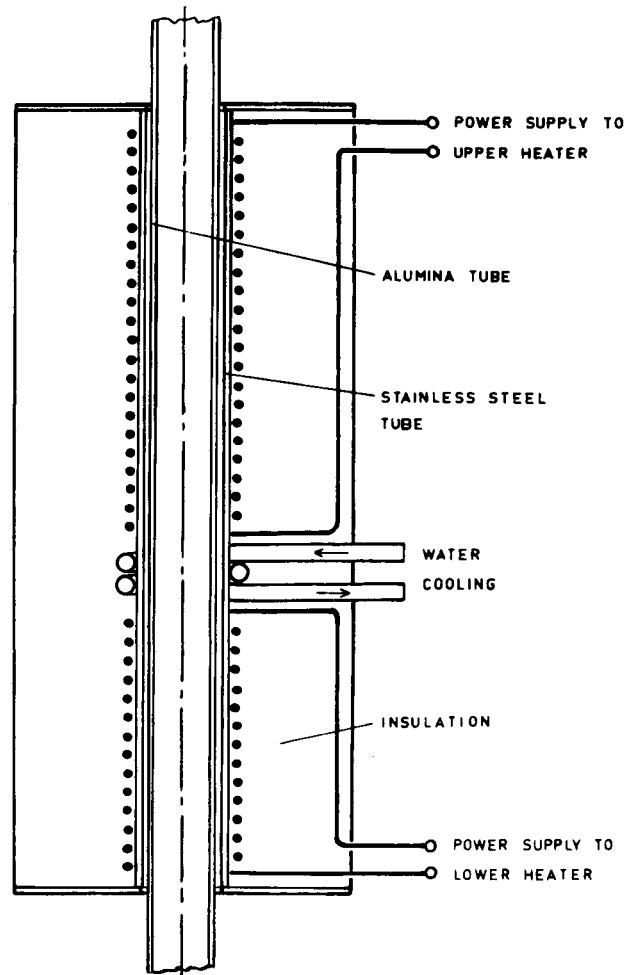
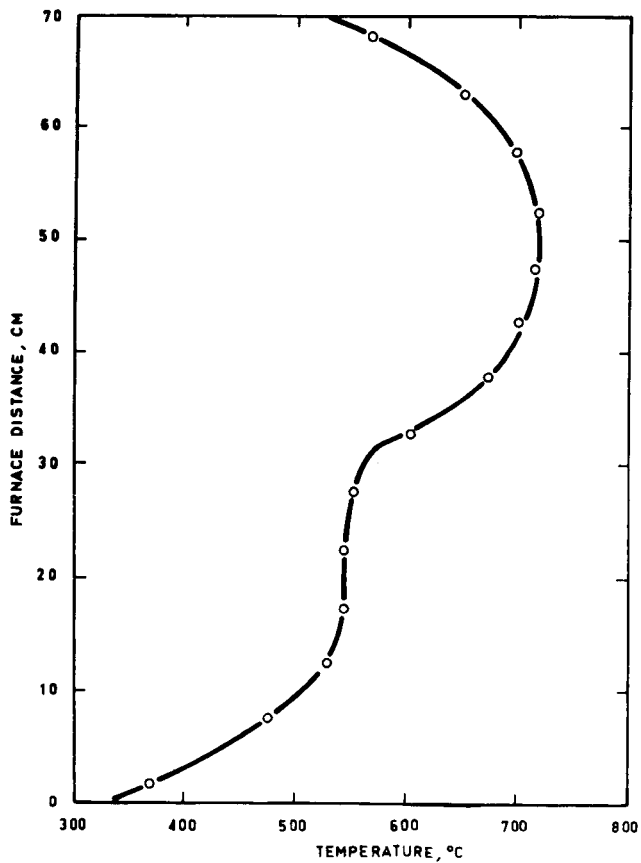


Fig. 6. Two-zone furnace constructed to produce a stepwise temperature distribution. The temperature gradient is steep in the melt, but is greatly reduced in the solidified portion of the specimen.

solidified part of the specimen. Thus the rate of crystal growth will be rapid regardless of the slow downward movement of the mould. Consequently, in alloys with a wide solidification range which are inclined to constitutional supercooling repeated nucleation cannot be prevented.

To eliminate the disadvantage caused by excessive heat extraction from the melt through the solidified specimen, a new furnace with a stepwise temperature distribution was designed. This furnace (Fig. 6) which was constructed in the workshop of the laboratory of physical metallurgy has two heating zones, each with individually controlled heating elements. The zones are separated by a narrow water-cooled junction in order to produce the required steep temperature gradient in the melt. For aluminium-magnesium alloys the temperature of the upper zone was regulated to between 50 and 100 degC above the liquidus, and that of the lower zone to about 50 degC below the solidus. Special attention was paid to the dimensions of the furnace to ensure that the whole content of the mould can be melted simultaneously in the

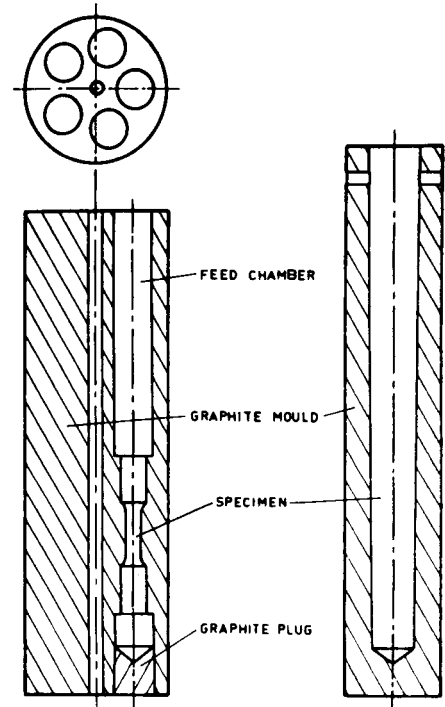


Fig. 7. The mould for pure aluminium crystals is shown on the right. On the left is a mould with reduced cross-sectional area for growing alloy crystals. To remove the alloy crystals, the mould must be carefully sectioned.

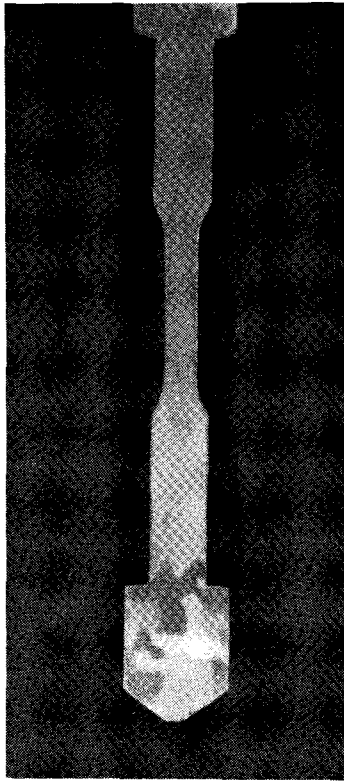


Fig. 8. Macroetched (5 % HF) section of an aluminium-6 % magnesium specimen. It is clearly seen that the reduction in diameter causes a single crystal to grow from the larger polycrystalline section of the specimen.

upper zone, and the lower end of the mould will still be in the lower zone when solidification is completed. The temperature gradient in the solidified specimen can thus be controlled by regulating the temperature in the lower zone.

A number of experiments with the new two-zone furnace proved that it can be successfully used for growing large cylindrical crystals from pure aluminium (99.99 %), and with a wide range of the growth rate (0.5—50 mm/h). But the experiments with aluminium-magnesium alloys, especially with large magnesium content, still resulted in polycrystals. However, large elongated grains were obtained along the axis of the cylindrical specimen. It was therefore decided to change the shape of the mould by strongly reducing its cross-sectional area in the direction of the growing crystal. The mould was prepared in the shape of a tensile test specimen (Fig. 7) or a fatigue test specimen according to the use proposed. It was concluded that the probability of a grain growing as a single crystal in the narrow centre part of the mould, would thus be increased even if solidification had started with more than one nucleus.

The idea described above proved correct. In most cases, one grain grew as a single crystal through the reduced part of the mould. Fig. 8 represents a fairly typical case, where the single crystal grows from the enlarged lower section, which was solidifying in a polycrystalline form. Magnesium alloying had an influence such that a diameter of 5 mm at the reduced section had to be used for alloy content of 2 per cent or less. With greater magnesium contents, i.e. up to 8 per cent, corresponding to

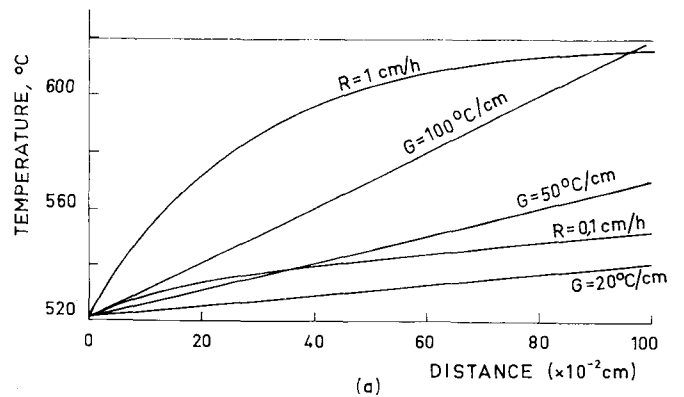
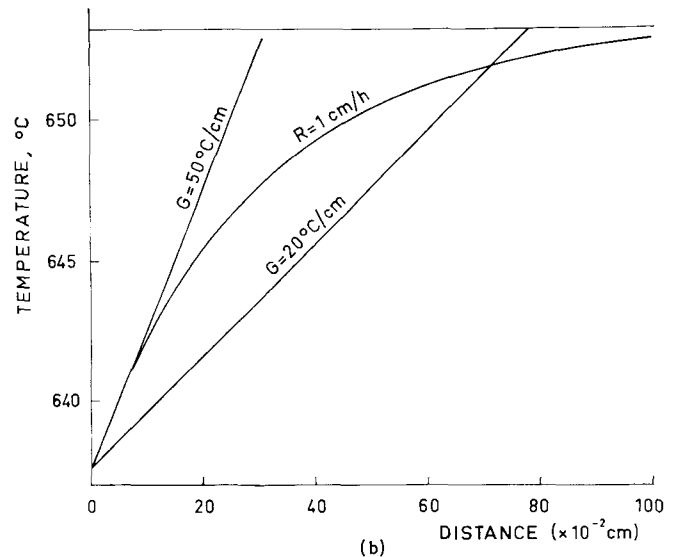


Fig. 9. Constitutional supercooling in the aluminium-magnesium system; a) Al-6 % Mg and b) Al-1 % Mg. R and G are respectively the rate of solidification and the temperature gradient in the liquid. Distribution of the actual temperature (G-lines) and the equilibrium temperature (R-curves) of liquid ahead of an advancing planar interface are calculated according to the equations given in the literature¹⁵.

greater constitutional supercooling, a reduction of the central part of the mould to 3 mm was necessary.

Preliminary experiments with aluminium-copper, aluminium-silver and aluminium-zinc alloys all gave good results, which suggests that the modified Bridgman method described above might also be applied to other alloys where the solidification range is wide.

3.3. Solidification Characteristics

As is well known constitutional supercooling, which causes a liquid zone ahead of an advancing interface to undercool below equilibrium temperature (liquidus), plays an important role in the solidification of alloys and impure metals. The main characteristics of constitutional supercooling are (1) the temperature gradient of the melt and (2) the rate of crystal growth; additionally an effect on the constitutional supercooling can be produced (3) by changing the content of the alloying element. The effects of these main characteristics can be explained by reference to Fig. 9.

The influence of the temperature gradient of the melt can be seen (Fig. 9 a) by comparing a certain equilibrium temperature of the liquid (R-curves) with those of actual temperatures of the liquid corresponding to the different

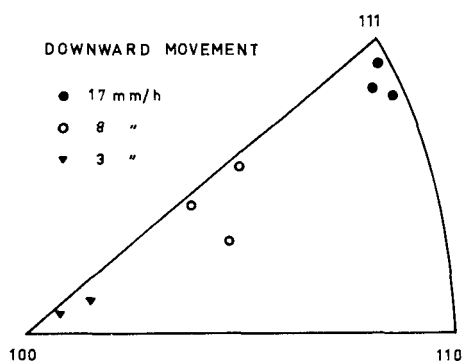


Fig. 10. Orientations of pure aluminium crystals obtained by varying the growth rate. Measurements were based on the single-specimen mould.

temperature gradients (G-lines). It can be immediately seen that the reduction of the gradient strongly increases the constitutionally supercooled zone of liquid ahead of the advancing interface. Similarly, it can be seen (Fig. 9 a) that the increase in rate of the crystal growth proportionally increases the supercooled zone. The influence of alloying can be noticed from Fig. 9 by comparing the upper (Al-6 % Mg) curve with the lower one (Al-1 % Mg). In the case of $R = 1$ cm/h and $G = 20$ degC/cm, the decrease in magnesium content, from 6 to 1 per cent, decreases the depth of the constitutional supercooling from several centimetres down to approximately 7 mm and its amount from 80 degC down to less than 5 degC.

The known experimental requirements of the melt methods, i.e. a steep temperature gradient in the melt, and the slow downward movement of the mould as well as experimental difficulties concerning alloys, can be explained by reference to their influence upon the constitutional supercooling of the liquid ahead of the advancing interface.

It was obvious that even though the constitutional supercooling was considerably decreased by certain procedures, it does not solely dominate the growth of a single crystal. The shape and size of a single crystal proved to be additional factors where alloys are concerned. The shoulders of the mould usually reduced the number of growing grains to one. If a single crystal was still not achieved, it was necessary to further reduce the diameter of the crystal. Due to difference of thermal conductivity of the mould material and the metal concerned, some ideas on the influence of the mould shoulder to the shape of advancing interface have been presented¹⁸. Under ideal conditions the interface is convex in the direction of growth, thus decreasing the probability of forming new nuclei on the mould surface¹⁹.

3.4. Orientation Control

Owing to constitutional supercooling in all the aluminium-magnesium alloys investigated, single crystals could only be grown with a very slow movement (0.5–5 mm/h) of the solidification mould. Consequently without seeding their crystallographic orientations could not be controlled by changing the rate of the mould movements, as was done with pure copper by Kettunen and Forstén⁶. In the present case this was possible, however, in pure aluminium single crystals which could be grown with different rates of mould movement. As shown in Fig. 10, the axis of the aluminium crystal generally adopts an orientation

near [111] and near [100] for large and small rates of growth respectively.

In cases where very slow mould movement was required after a slow start the process could be accelerated by increasing the rate of mould by means of a variable speed control device. This was made in the electronics laboratory of the Institute of Technology and consisted of a stepmotor arrangement with two gear boxes. The desired orientation, according to the initial slow solidification, was then obtained, in spite of subsequent acceleration of growth. The process was further accelerated by using moulds (Fig. 7) where five or in certain cases even more crystals could be grown simultaneously.

4. Summary

In the work carried out the modification of the melt method was developed for the preparation of single crystals from aluminium-magnesium alloys with high magnesium content. Preliminary experiments indicate that the modified Bridgman method described above might also be applied to other alloys where the solidification range is wide. Crystals in the shape of tensile or fatigue test specimens were directly obtained, which is economically advantageous. The production of single crystals of desired orientation was further accelerated by means of a variable speed control device.

Acknowledgments

The authors acknowledge the help given by the staff of the laboratory of Physical Metallurgy. One of us (V.K.L.) is grateful to the Research Center of Defence Forces for the financial support.

REFERENCES

1. The Art and Science of Growing Crystals (edited by J. J. Gilman) 1963, New York (John Wiley & Sons, Inc.)
2. Andrade, E. N. da C., *Phil.Mag.* 1914, 27, 869
3. Noggle, T. S., *Rev. Sci. Instruments*, 1953, 24, 184
4. Julien, C. A. and Cullity, B. D., *Acta Met.* 1953, 1, 588
5. Hordon, M. J. and Averbach, B. I., *ibid.* 1961, 9, 247
6. Kettunen, P. and Forstén, J., *Acta Polytech. Scand. Chem. incl. Metallurgy*, 1964, Ser. No 27, Helsinki
7. Forstén, J., Graduate Thesis, 1963, Institute of Technology, Helsinki
8. Eckstein, J. and Jindra, J., *Growth of Crystals*, 3, (edited by A. V. Schubnikov and N. N. Sheftal) Consultant Bureau Inc. 1962, New York
9. Saarinen, A., Graduate Thesis, 1965, Institute of Technology, Helsinki
10. Pearson, R. F., *Brit. J. Appl. Phys.*, 1953, 4, 342
11. Meissner, J., *Z. Metallk.*, 1959, 50, 207
12. Walker, J. G., Williams, H. J., and Bozorth, R. M., *Rev. Sci. Instr.*, 1949, 20, 947
13. Hall, R.C., *Trans. AIME*, 1957, 209, 1267
14. Honeycombe, R. W. K., *Met.Rev.*, 1959, 4, 29
15. Chalmers, B., *Principles of Solidification*, 1964, New York (John Wiley & Sons, Inc.)
16. Lindroos, V. K., Graduate Thesis, 1965, Institute of Technology, Helsinki
17. Lindroos, V. and Miekko-oja, H. M., *J. Inst. Metals*, 1964–65, 93, 513
18. Forstén, J., 1965, Private Communication
19. Lawson, W. D. and Nielsen, S., *Preparation of Single Crystals*, p. 192, 1958, London, (Butterworths)

Vuorimiesyhdistyksen insinööritarpeen ennustekomitean mietintö

Dipl.ins. Jorma Porkka, Outokumpu Oy, Outokummun kaivos

Vuorimiesyhdistys r.y. — Bergsmannaföreningen r.f. asetti komitean antamaan vastausta Valtioneuvoston asettaman, vuorineuvos Honkajuuren puheenjohtajalla toimivan teknillisen koulutuksen kapasiteetin lisäämiskomitean 4. 1. 1965 päivättyyn, yhdistykselle osoitettuun kyselyyn. Komitean puheenjohtajaksi kutsuttiin yli-insinööri Erkki Hakapää Outokumpu Oy:stä sekä jäseniksi yli-insinööri Caj Holm Lohjan Kalkkitehdas Oy:stä, yli-insinööri Jorma Honkasalo Outokumpu Oy:stä, tekn. tohtori Gunnar Snellman Vuoksenniska Oy:stä, isännöitsijä Jarmo Soininen Otanmäki Oy:stä ja dipl.ins. Urho Valtakari Paraisten Kalkkivuori Oy:stä. Komitean sihteerinä on toiminut dipl.ins. Jorma Porkka Outokumpu Oy:stä.

Tehtävän määrittely

Komitea on pyrkinyt selvittämään teollisuudessa palvelevien vuori-insinöörien määrät vuosina —50, —55, —60 ja —65 sekä teollisuudelta pyydyttävien tietojen perusteella arvioimaan vuori-insinöörien tämänhetkisen mahdollisen vajauksen ja tarvittavat määrät vuosina —70 ja —75. Varsinaisen vuoriteollisuuden kohdalta laajennettiin työ käsittämään kaikki korkeakoulututkinnon suorittaneet insinöörit ja kemistit. Kyselyillä saatavien tietojen käsittelyn selvittämiseksi päätettiin suorittaa myös analyysi Vuorimiesyhdistyksen jäsenluetteloiden perusteella. Käsitteeseen vuori-insinöörit on komitea sisällyttänyt Teknillisen Korkeakoulun Vuoriteollisuusosastolla tai sitä ennen vastaavilla opintosuunnilla loppututkinnon suorittaneet ja Åbo Akademin kemian osastolla loppututkinnon suorittaneet ja metallurgisissa tehtävissä toimivat diplomi-insinöörit.

Tehtävän suoritus

Teollisuuden piirissä suoritettava kysely jakaantui kahden osaan:

1. Vuoriteollisuutta harjoittavat yritykset.
2. Joukko muita yrityksiä, joiden palveluksessa tiedettiin olevan vuori-insinöörejä tai joiden oletettiin tarvitsevan heitä palvelukseensa.

Edellä esitettyjen kyselyjen peittävyuden selvittämi-

seksi ja tulosten tulkinnan avuksi laskettiin Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortiston ja Insinöörimatrikelin avulla yhdistyksen jäsenenä olevien vuori-insinöörien määrät kyselyssä esitettyinä vuosina.

Kyselyyn saadut vastaukset

Lähetettyihin kyselyihin saatiin vastaukset vain paria poikkeusta lukuunottamatta kaikilta yrityksiltä. Kyselyjen tulokset on esitetty taulukossa 1. vuori-insinöörit ja taulukossa 2. muut korkeakoulututkinnon suorittaneet.

Kyselyssä ei oltu erikseen mainittu, sisällytetäänkö ryhmään metallurgit sekä TKK:n että Åbo Akademin metallurgisissa tehtävissä toimivat kemisti-insinöörit. Koska selvityksessä on käynyt ilmi, että osa vastauksista sisältää molemmat ryhmät ja osa vain TKK:n metallurgit, on vastaukset analysoitu Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortiston ja Insinöörimatrikelin v. —56 avulla ja täten saatu taulukossa 1. metallurgien kohdalla esitetyt luvut. Vastaavasti on laskettu taulukossa 2. ryhmän »kemisti-insinöörit» luvut. Täten saadut luvut ovat jonkin verran epätarkkoja, koska käsite metallurgiset tehtävät on vaikeasti rajoitettavissa.

Vuorimiesyhdistyksen jäsenluettelon analyysi

Vuorimiesyhdistyksen jäsenkortiston sisältäessä vain tiedot jäseneksi liittymisestä ja viimeisestä toimipaikasta osoitteineen oli pakko käyttää apuna selvityksessä Insinöörimatrikelia ja haastatteluja. Tästä huolimatta saatavat tulokset sisältää virheitä.

Tulokset on esitetty taulukossa 3. Taulukossa on kaivos- ja rikastusinsinöörit yhdistetty nimikkeeksi kaivosinsinöörit. Metallurgien kohdalla on eriteltyä TKK:n ja Åbo Akademin insinöörit, joista jälkimmäisten kohdalla on edellä esitetty virhemahdollisuus.

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Yhteenveto kyselyistä ja jäsenluetteloanalyysistä on esitetty kuvassa 1 kaivosinsinöörit ja kuvassa 2 metallurgit.

Kaivosinsinöörit

Käyristä voi todeta, että kysely peittää n. 80 % Vuorimiesyhdistyksen jäsenmäärästä. Koska yhdistykseen kuuluvat useimmat niistäkin kaivosinsinöörinkoulutuksen

Taulukko 1. Vuori-insinöörit kyselyn mukaan

	Palveluksessa				Vajaus 1965	Arvioitu tarve	
	1950	1955	1960	1965		1970	1975
Kaivosinsinöörejä	30	43	62	71	9	97	108
Rikastusinsinöörejä	8	10	19	28	4	39	48
Metallurgit TKK + ÅÅ	26 + 10	36 + 15	50 + 20	74 + 30	9 + 5	100 + 40	124 + 44

Taulukko 2. Muiden teknillisluonteisten korkeakoulututkinnon suorittaneiden määrät ja tarve vuoriteollisuudessa kyselyn mukaan.

	Määrä 1960	Määrä 1965	Vajaus 1965	Tarve 1970	Tarve 1975
Kemisti-insinöörit	19	24	3	30	34
Koneinsinöörit	37	51	4	68	74
Rakennusinsinöörit	6	12	3	19	23
Sähköinsinöörit	20	19	5	28	29
Tekn.fys. insinöörit	4	14	6	47	48
Kemisti-maist.	18	18	4	23	25
Fysiikan maist.	2	5	2	18	19

Taulukko 3. Vuori-insinöörit Vuorimiesyhdistyksessä

	1950	1955	1960	1965
Kaivosinsinöörejä	51	67	97	128
Metallurgeja TKK + ÅA	30+14	44+20	69+24	110+ 33

saaneista, jotka ovat siirtyneet kokonaan vieraille aloille, on kysely peittänyt käytännöllisesti katsoen koko kentän. Täten voidaan kyselyn antamaa tämän hetken kaivosinsinöörivajauksista 13 pitää todellisenä tarpeena.

Kyselyyn saaduissa vastauksissa esitetyt arviot vuosille —70 ja —75 ovat ilmeisen varovaisia, 35 miehen lisäys vuoteen —70 mennessä, joka luku sisältää tämän hetken vajauksen 13, ja edelleen 20 miehen lisäys vuoteen —75 mennessä. Arvioitvat vastaajat eivät ole esittäneet perusteluja, mutta ovat ilmeisesti pitäneet lähtökohtana arvioilleen tällä hetkellä varmasti tiedossa olevia tosiasioita, eivätkä ole ryhtyneet ennustamaan kehitystä. Saaduista vastauksista voidaan päätellä mm. seuraavaa:

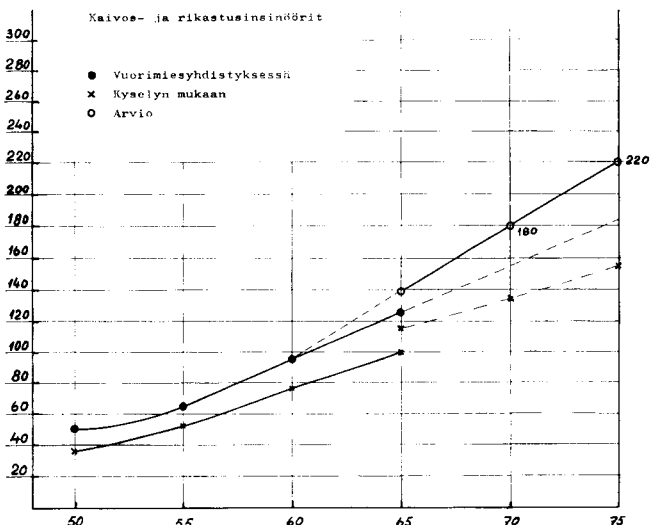
- Varsinaisissa kaivosteollisuusyrityksissä on kaivosinsinöörivajaus tällä hetkellä 8—10 miestä.
- Kaupallinen sektori tarvitsee yhä enemmän spesiaali-työvoimaa myynti- ja neuvontatyöhön.
- Louhintaurakoitsijaliikkeet alkavat käyttää kaivosinsinöörinkoulutuksen saaneita.
- Korkeakouluissa ja VTT:ssä lisääntyy kaivosinsinöörien tarve opetus- ja tutkimustehtävissä.

Laatiessaan ennustetta kaivosinsinöörien tarpeesta vuosiksi 1970 ja —75 komitea katsoo, että kyselyn antama ennuste on liian varovainen, samoin että Vuorimiesyhdistyksen jäsenkuvaajan trendi on vielä liian loiva, koska se ei huomioi tällä hetkellä vallitsevaa, viime vuosien aikana syntyynyttä vajuusta. **Komitean käsityksen mukaan kaivosinsinöörejä tarvitaan vuoteen —70 mennessä n. 50 lisää, eli 10 miestä vuodessa, ja vuoteen —75 mennessä edelleen n. 40 eli 8 miestä vuodessa.** Näitäkin lukuja komitea pitää varovaisena arviona viitaten kyselyn vastauksista vedettyihin johtopäätöksiin ja ottaen huomioon useiden avolouhosten siirtymisen lähivuosina maanalaiseen, enemmän suunnittelua tarvitsevaan louhintaan. Komitea on arviota laatiessaan pitänyt myös mahdollisena, että kaivosinsinöörien tehtäviä voidaan siirtää teknikkoportaaseen, nykyisten nuorten kaivos-tekniikoiden saatua enemmän kokemusta.

Metallurgit

Käsitteseen metallurgit on luettu TKK:n Vuoriteollisuusosaston metallurgian opintosuunnalla ja vastaavassa loppututkinnon suorittaneet sekä ne Åbo Akademin ke-

Kuva 1.



mian osastolla loppututkinnon suorittaneet, jotka toimivat metallurgian alalla.

Kuvan 2 käyristä voimme todeta kyselyn peittävän n. 70 % Vuorimiesyhdistyksen metallurgijäsenten määrästä. Mutta käyrien välinen ero on kasvava, t.s. metallurgeja on sijoittumassa yhä enemmän kyselyn käsittävien yritysten ulkopuolelle.

Samoin kuin kaivosinsinöörien kohdalla ovat kyselyn arviot vv. —70 ja —75 ilmeisen varovaiset. Vaikutelmaa lisää se, etteivät useat vastaajat esittäneet ollenkaan arviota vuodelle —75. Näiden kohdalla on käytetty samaa lukumäärää, jonka vastaajat ilmoittivat vuodelle —70.

Kysely antoi tämän hetken metallurgivajaukseksi 10 ja jos arvioidaan kyselyn ulkopuolella olevan vajuusta suhteessa Vuorimiesyhdistyksen jäsenet, kyselyn metallurgit, saadaan kokonaisvajaukseksi 15 metallurgia.

Laatiessaan ennustetta vv. —70 ja —75 komitea katsoo, että metallurgien määrän on lisääntyttävä vähintään vv. —60—65 trendin mukaisesti. **Näin päädytään lisästarpeeseen 70 metallurgia vuoteen 1970 mennessä ja edelleen 65 vuoteen 1975 mennessä.** Näistä määristä on TKK:n metallurgien osuus 70—75 % ja Åbo Akademin 25—30 % jakautuman säilyessä nykyisellään. Edellä esittämänsä arviot komitea katsoo olevan ehdottoman minimin. Perusteluna komitea toteaa, että tutkimus- ja opetustoiminta korkeakouluissa ja VTT:llä on voimakkaasti lisääntymässä, samoin metalliteollisuus tarvitsee laajentuessaan ja jalostusastettaan nostessaan entistä enemmän kvalifioitua tutkimustyövoimaa.

Yhteenveto

	Määrä 1965	Vajaus 1965	Lisätarve	
			65—70*)	70—75
Kaivosinsinöörit	125	13	50	40
Metallurgit	145	15	70	65

*)Vuoden 1965 vajuus mukaanluettuna.

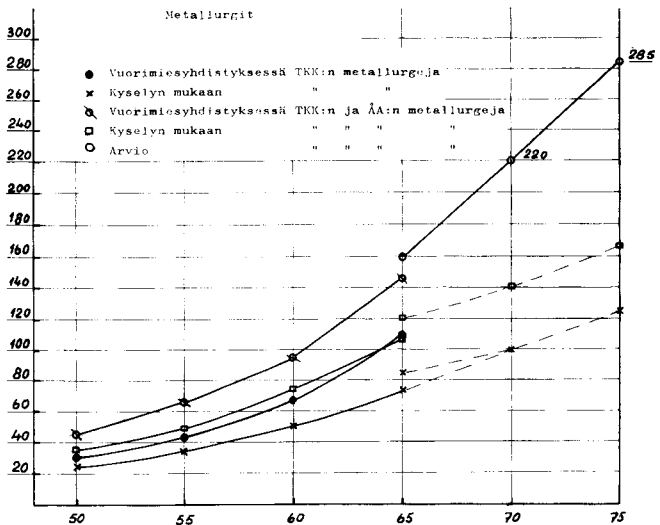
Muut korkeakoulututkinnon suorittaneet vuoriteollisuudessa.

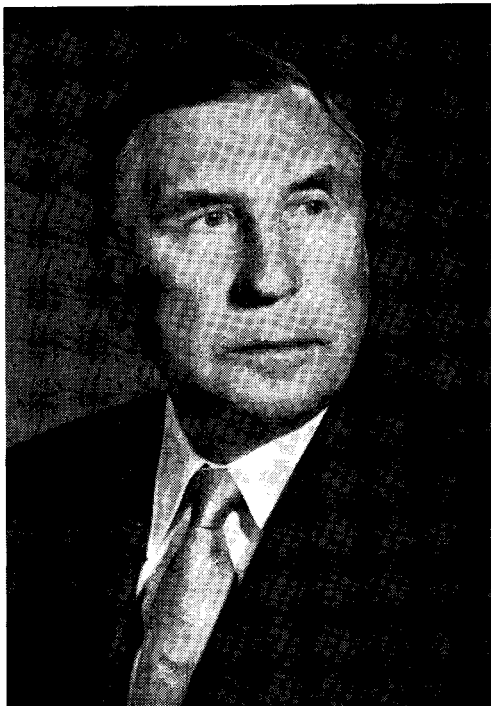
Ryhmän kohdalta komitea viittaa taulukossa 2 esitettyihin kyselyn antamiin tuloksiin ja toteaa, että spesiaali-työvoiman keskitetty käyttö vuoriteollisuudessa on lisääntymässä. Komitea katsoo, ettei se voi esittää k.o. ammattiryhmien kohdalla omaa tarve-ennustettaan kentän laajuuden ja hajanaisuuden takia.

Alan koulutuksen järjestelyt

Honkajuuren komitean pyyntöä esittää ehdotuksia alan koulutuksen järjestelyistä komitea ei katsonut olevansa sopiva tässä kokoonpanossa käsittelemään.

Kuva 2.





Berndt Grönbloom, 80 år

Den 20 december 1965 fyller bergsrådet Berndt Grönbloom 80 år.

Berndt Grönbloom utdimitterades som kemistingenjör från Polytekniska Institutet i Finland år 1908. År 1912 grundade han Finska Oljefabriken E. Grönbloom Ab, och tre år senare det bolag, som under namn av Oy Vuoksenniska Ab kom att intaga ställningen som vårt lands ledande järn- och stålindustri. Bergsrådet Grönblooms 50-åriga verksamhet som ledare av detta företag framstår som en industrimannagärning av sällsporda mått. De elektrometallurgiska anläggningarna i Imatra, järnverken i Imatra och Åbo samt Mätäsvaara, Haveri och Jussarö gruvor ävensom grundandet av Oy Koverhar Ab stå i Finlands bergsindustri historia såsom vittnesbörd om hans mångfrestande företagarganda.

Bergsrådet Grönbloom har vid sidan av sin industriella verksamhet hunnit sköta många statliga och kulturella förtroendeuppdrag av stor bärvidd. I detta sammanhang må erinas om hans insats som chef för finska handelskommissionens handelsbyrå i Berlin 1918—1919, som viceordförande för Finlands delegation vid Conférence des États Baltiques i Riga 1920 samt om hans omhändertagande av försvarets materialleveranser i Italien 1939—1940 och avvecklande av statens förbindelser och beställningar i Belgien 1940. Han verkade även som delegat vid

förhandlingarna om Petsano nickelgruva i Moskva 1940—1941 och förhandlade på uppdrag av regeringen med svenska regeringen i frågor sammanhängande med Finlands utträde ur kriget 1944. I vapenstilleståndsförhandlingarna i Moskva 1944 deltog han som ekonomisk expert. Han har även verkat som styrelsemedlem i Stiftelsen för Åbo Akademi sedan 1932, som medlem i Ab Nordiska Föreningsbankens förvaltningsråd sedan 1941, i Svenska Vetenskapliga Centralrådet sedan 1946 och Finsk-Svenska Handelskammaren sedan 1957. I Svenska Tekniska Vetenskapsakademien i Finland har han varit ledamot sedan 1939 och erhöll dess hederstecken i guld år 1961.

Berndt Grönbloom förlänades bergsrådstitel 1918. År 1948 promoverades han till filosofie doktor h.c. vid Åbo Akademi, och 1954 utsågs han till hedersviceordförande i Iron and Steel Institute i London. Tekniska Föreningen valde honom till hedersmedlem 1941 och Åbo Akademi Studentkår 1965.

Bergsrådet Grönbloom är stiftande medlem i Bergsmannaföreningen och under en 10-års period var han dess första viceordförande. 1953—1954 verkade han som föreningens ordförande. För hans utmärkta förtjänster till fromma för landets bergshantering och Bergsmannaföreningen kallades han till denna förenings hedersmedlem år 1956.

Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna

Dipl.ins. *Markku Arvilommi* on nimitetty Outokumpu Oy:n Kemin kaivoksen rakennustöiden työpäälliköksi.

Dipl.ins. *Jaakko Autio* toimii tutkijana puolustuslaitoksen tutkimuskeskuksen fysiikan laboratoriossa.

Ing. *Alvar Berg* har utnämmts till övering. och chef för valsverken vid Oy Vuoksenniska Ab:s järnverk i Imatra.

Fil.mag. *Tom Bröckl* har avlagt fil.lic. examen.

Fil.maist. *Reijo Gardemeister* toimii nyttemmin Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen laboratoriossa tutkimus-insinöörinä. Osoite: Postipuuntie 3 B 37, Leppävaara.

Ing. *Danilo Granfelt* har övergått i Oy Veho Ab:s tjänst.

Dipl.ins. *Teuvo Grönfors* on siirtynyt Tampella Oy:n palvelukseen.

Dipl.ins. *Matti Hämäläinen* on Outokumpu Oy:n palveluksessa Porin tehtaitten koetehtaalla. Osoite: Pori.

Fil.maist. *Juha Kalla* on Kallio- ja Maaperätutkimus Geotek Oy:n toimitusjohtaja.

Dipl.ins. *Olof Karling* toimii nykyään tutkimusinsinöörinä Oy Vuoksenniska Ab:n Imatran rautatehtaan tutkimuslaboratoriossa. Osoite: Eurantie 47 A 1, Imatra 2.

Dipl.ins. *Jaakko Lehmukselle* on myönnetty vuorineuvoksen arvonimi.

Dipl.ins. *Arto Levanto* on nimitetty Otanmäki Oy:n kunnossapito-osaston päälliköksi.

Dipl.ins. *Veikko Lindroos* toimii tutkijana Teknillisen korkeakoulun metalliopin laboratoriossa. Osoite: Mäkkyläntie 17 as 10, Leppävaara.

Fil. maist. *Mikael Merivuori* on siirtynyt Oy Vuoksenniska Ab:n keskuskonttoriin, jääden Imatran Rautatehtaan organisaatiossa laboratorioitten päälliköksi rinnastettuna yli-insinööriin.

Dipl.ins. *Harri Nevalainen* on Oy Vuoksenniska Ab:n palveluksessa Imatran rautatehtaan fysiikaalisessa laboratoriossa.

Dipl.ins. *Kalervo Nieminen* on, samalla kun hän edelleen toimii Paraisten Kalkkivuori Oy:n Suomen Mineraalihallinnon yli-insinöörinä, saanut hoitaakseen määrättyjä suunnittelu- ja kehittämistehtäviä yhtiön keskushallinnon teknillisessä osastossa.

Fil.lic. *Heikki Niini* toimii Tie- ja vesirakennushallituksen vesistöosastolla. Osoite: Tanhuantie 1 A 12, Helsinki 94.

Dipl.ins. *Asko Palomäki* on nimitetty Oy Vuoksenniska Ab:n myyntipäälliköksi.

Fil.mag. *Fredrik Pipping* har avlagt fil.lic. examen.

Dipl.ins. *Esko Pöyliö* on Otanmäki Oy:n palveluksessa Otanmäen kaivoksen rikastamolla. Osoite: Titaani A 19, Otanmäki.

Dipl.ins. *Arto Riihimäki* on A. Ahlström Oy, Karhulan tehtaan palveluksessa toimien käyttöinsinöörinä valimon sulatusosastolla. Osoite: Kontio 4, Sunila.

Fil.maist. *Olavi Rydman* toimii nyttemmin Wärtsilä-Yhtymän, Arabian tehtaan keraamisessa tutkimuslaboratoriossa. Osoite: Kirkkosalmentie 4 C, Helsinki 84.

Dipl.ins. *Kalervo Räisänen* on nimitetty Outokumpu Oy:n kromituotannon johtajaksi.

Dipl.ins. *Aulis Saarinen* toimii vanhempana assistenttina Teknillisen korkeakoulun metalliopin laboratoriossa. Osoite: Niitykumpu 2 B 28.

Dipl.ing. *Bo Sandberg*, disponent för Pargas Kalkbergs Ab:s Savon Kalkki-förvaltning, har flyttat till Helsingfors, samt idigt som sagda förvaltningsorganisation utvidgats att omfatta även skötsel av asbest-, fältspat-, talk- o.a. brytningsplatser, vilka tidigare hörde till företagens

förvaltning. Finska Mineral. Adress: Skepparegatan 6 A, Helsingfors 15.

Dipl.ins. *Erkki Suhonen* on siirtynyt Rautaruukki Oy:n palvelukseen. Osoite: Satamakangas 3 A 2, Raahensalo.

Fil.maist. *Matti Suila* on nimitetty Suomen Sandvik Oy:n toimitusjohtajaksi.

Fil.maist. *Jouko Takvite* on suorittanut fil.lic. tutkinon.

Dipl.ins. *Juhani Tirkkonen* on siirtynyt Helsingin Laakeri Oy:n palvelukseen myyntipäälliköksi.

Fil.tri. *Heikki Tuominen* on palannut Suomeen ja toimii Valtion teknillistieteellisen toimikunnan vanhempana tutkijana. Osoite: Haukiharju A 4, Matinkylä.

Dipl.ins. *Toivo Tyynelä* on nimitetty Oy Vuoksenniska Ab:n markkinatutkimus- ja tuotantosuunnitteluosaston päälliköksi.

Fil.dr. *Gösta Törnqvist* arbetar numera som chef för Förenta Nationernas Cypern-projekt. Adress: P.O. Box 1835, Nicosia, Cypros.

Dipl.ins. *Raimo Westman* toimii nykyään kaivosinsinöörinä Malmikaivos Oy:n Luikonlahden kaivoksella. Osoite: Luikonlahti.

Fil.tri. *Veikko Vähätalo* on nimitetty Outokumpu Oy:n apulaispäeogeologi.

Dipl.ins. *Pentti Ylijoki* on nimitetty Oy Vuoksenniska Ab:n Imatran rautatehtaan tutkimuslaboratorion päälliköksi.

Bergsingenjör *Waldemar Zeidler* arbetar numera som gruv- och anrikningsteknisk expert vid Saudi Arabiens olje- och mineralministerium. Adress: Chief Mining Engineer Directorate General of Mining Resources, P. O. Box. 345, Jeddah, Saudi Arabia.

Osoitteenmuutoksia — Adressförändringar

Yli-ins. *Ilmari Harki*. Uusi osoite: Kangaspellontie 4 D, Helsinki 30.

Dipl.ins. *Matti Hakanen*. Uusi osoite: Hakarinne 6 K 126, Tapiola.

Dipl.ins. *Seppo Hiilamo*. Uusi osoite: Isokaari 16 B 17, Helsinki 20.

Dipl.ins. *Lauri Holappa*. Uusi osoite: Jalmarintie 1 H 172, Tapiola.

Dipl.ins. *Heikki Jalkanen*. Uusi osoite: Jalmarintie 1 H 172, Tapiola.

Dipl.ins. *Sulo Kalpa*. Uusi osoite: Käenkaari 20, Lappeenranta.

Fil.tri. *Raimo Lauerma*. Uusi osoite: Kauppalantie 8 A7, Kauniainen.

Dipl.ins. *Aarno Leskinen*. Uusi osoite: Olavintie 34 A, Savonlinna.

Dipl.ins. *Häkan Lärka*. Ny adress: Karlavägen 1 B 19, Helsingfors 20.

Dipl.ins. *Martti Maliniemi*. Uusi osoite: Lundbomsvägen 33 C, Kiruna, Ruotsi.

Dipl.ins. *Timo Niitti*. Uusi Osoite: Ruukinlahdentie 3 A 15, Helsinki 20.

Dipl.ins. *Tapio Tuominen* on nyttemmin Outokumpu Oy:n palveluksessa Porin tehtailla. Osoite: Pori.

Vuoriteollisuusosasto Teknillisessä korkeakoulussa

Opiskelijat syksyllä 1965

Kaivostekniikan opintosuunta

I vuosikurssi

Hattula, Aimo Eljas Vihtori
Huju, Kari Mikael
Hämäläinen, Simo Antero
Jalkanen, Erkki
Jokinen, Tarmo Vilho Juhani
Kallioinen, Jouko Olavi
Luukkainen, Pekka Sakari
Nyyssönen, Aune Maria
Parkkinen, Rauno Kalevi
Penttilä, Hannu Pentti Juhani
Pesonen, Lauri Juhani
Pukkila, Arvo Juhani
Sainio, Pentti Olavi
Salminen, Kari Olavi
Stenman, Kari Olavi
Stigzelius, Erik Anders
Särkkä, Pekka Sakari

Poissaolevat

Luukkainen, Pekka Sakari
Murtoaro, Jukka Olavi
Nylund, Roger Vilhelm
Vaarala, Kari Pekka Tapio

II vuosikurssi

Auranen, Erkki Olavi
Heikkinen, Kare Esko Juhani
Hintikka, Ossi Veikko Juhani
Jokinen, Kari Antero
Katajarinne, Veli Tapani
Korhonen, Juha Ville
Leskinen, Seppo Tapio Olavi
Pekkanen, Timo Matti
Pulkinen, Pekka Juhani
Reinikka, Erkki Ilmari
Sariola, Pekka Juhani

Metallurgian opintosuunta

I vuosikurssi

Asteljoki, Jussi Akseli
Blomster, Kari Anders
Fagerholm, Kaj Armas
Falck, Olof Henrik
Hakkaraianen, Reijo Juhani
Heikinheimo, Erkki Juhani
Heikkinen, Veikko Kullervo
Heinonen, Urpo Sakari
Helne, Aarno Kari Antero
Hildén, Jarl Henrik
Hirvonen, Matti
Jokinen, Pertti Veikko
Johannes
Jortikka, Erkki Antero
Järvinen, Paavo Antero
Kaartama, Jorma Juhani
Keskinen, Kari Valtteri

Savolainen, Heikki Juhani
Tamm, Eilif Robert

III vuosikurssi

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

Poissaolevat

Lappalainen, Pekka Juhani

IV vuosikurssi

Huhtinen, Pasi Perttu
Koivistoinen, Pertti Veikko
Lantto, Heikki Aukusti
Mellin, Georg Lennart
Mikkonen, Antti Veikko
Juhani
Paulin, Pertti Juhani
Pöntynen, Tomi Juhani
Sariola, Antti Pekka

N - vuosikurssi

Bärlud, Henrik Gustav
Hintikka, Pentti Juhani
Koskinen, Vesa Raimo
Parviainen, Kari Olavi
Reinivuo, Raimo Lassi Tapio
Riihikallio, Lassi-Peter
Rosqvist, Kurt Henry
Seppänen, Pentti Sakari
Teppo, Pekka Tapani

Rantala, Maija Leena
Reimi, Jorma Seppo Juhani
Ristikartano, Kari Kalervo
Saarinen, Olli Kaarlo
Seppänen, Raimo Ensio
Silvo, Risto Veli
Sipilä, Jussi Veikko Samuli
Sulanto, Jukka Sakari
Tiainen, Markku Tapani
Turunen, Matti Tapio
Tuutti, Paavo Juhani
Uitti, Jarmo Juhani
Vilksa, Eero Kullervo

Poissaolevat

Asikainen, Seppo Juhani
Hannula, Jorma Kalervo
Havola, Pekka Antero
Jussila, Eino Kalervo
Kulmala, Osmo
Laako, Tero Jussi
Lindroos, Risto Ensio
Manner, Kauko Antero
Mikkola, Osmo Kalevi
Myyri, Jorma Rikhard
Närhi, Antti Arvo
Paananen, Heikki Tapio
Pimiä, Erkki Lauri Antero
Poutanen, Kari Juhani
Seppälä, Kari Olavi
Westermarck, Henrik Emil

II vuosikurssi

Erlamo, Seppo Juhani
Houkasalo, Jorma Antero
Hukka, Matti Pekka Heimo
Hultin, Rolf Lennart
Hätönen, Tenho Kullervo
Idman, Nils Aulis Uolevi
Kaislaniemi, Ilpo Göran
Kallio, Jukka Kalevi
Kivistö, Heikki Antti Juhani
Koppinen, Ilpo Ilmari
Kumpula, Mikko Aimo
Lalu, Veikko Antero
Mannerkoski, Lauri Pertti
Mäenpää, Jukka Antero
Nenonen, Pertti Olavi
Niskanen, Matti Aslak
Pellikka, Risto Onni Aukusti
Peltonen, Harri Johannes
Puranen, Pertti Juhani
Ristinmäki, Erkki Johannes
Riuttala, Esa Ilmari
Savola, Eija Kaarina
Therman, Rolf Yrjö Arnold
Tiitola, Tero Tapio
Tähtinen, Kari
Törrönen, Kari Johannes
Wartiovaara, Timo Tapani

III vuosikurssi

Alasvuo, Veikko Olavi
Hannukainen, Taisto Olavi
Heimala, Seppo Olavi
Hyvärinen, Jorma
Härkönen, Seppo

Jaakkola, Antti Juhani
Jokinen, Hannu
Juusela, Jyrki
Kaartama, Kari Olavi
Karvonen, Lauri Tapio
Kempainen, Jorma
Kivinen, Heikki
Korhonen, Matti Antero
Kulmala, Aarno Sakari
Lindholm, Tage Leif
Mäntymäki, Tarmo
Nieminen, Mikko Antero
Pesonen, Herkko Olli-Erkki
Rekola, Jorma
Saarinen, Risto
Salmelin, Klaus Erkki Olavi
Sundberg Sven Victor
Urpo, Sirkka-Liisa Inkeri
Viherma, Pekka
Viitanen, Pekka

Poissaolevat

Hakala, Juho Kalervo
Höglund, Kaj
Kukkonen, Reijo Tapio

IV vuosikurssi

Anjala, Yrjö Ensio
Eerola, Ilkka Antero
Hokkanen, Pentti Olavi
Hyvärinen, Olli Viljo Juhani
Jukka, Lauri Antero
Karvonen, Ilkka Juhani
Koskinen, Lauri Kyösti
Kalervo
Martamo, Tero Aulis
Martikka, Heikki Ilmari
Onnela, Kalevi Juhani
Pyyry, Ilkka Kullervo
Riihelä, Mauno Pellervo
Söderling, Kaj Erik
Vainio-Mattila, Antti Tapani

N - vuosikurssi

Anttilainen, Jaakko Juhani
Hanhiniemi, Matti Tapio
Hertell, Karl Johann
Holopainen, Pentti Olavi
Hopia, Raimo Pentti
Immonen, Reino Jouko Juhani
Jakowleff, Karl Erik René
Johansson, Matti Johannes
Jormalainen, Toivo Niilo Ensio
Juntunen, Hannu Antero
Kleemola, Heikki Johannes
Lindgren, Sten Axel
Ojanen, Asko Einar
Ottooson, Christer Karl
Herbert
Puolamäki, Kalevi Kauko
Ensio
Salinmäki, Matti Juhani
Sipilä, Ville Sakari
Tiitinen, Heikki Aukusti
Toivanen, Pentti Juhani
Vahtola, Ilpo Juhani

Vuoriteollisuusosastolla suoritettuja diplomi-insinöörin tutkintoja:

Autio, Jaakko Pontus, »Rautapulverista sintratut johdorenkfaat»; professori Tikkasen johdolla.

Hämäläinen, Matti Juhani, »Tutkimus ceriumin valmistuksesta fluoridisulatteeseen liuotetun cerium-dioksidin elektrolyysillä»; professori Tikkasen johdolla.

Katila, Reijo Olavi, »Niukkahiilisten seostamattomien terästen lujuus lämpötilavälillä 20—450°C»; professori Miekk'ojan johdolla.

Lindroos, Veikko Kalervo, »Alumiini-magnesium-erilliskiteitä koskevia tutkimuksia»; professori Miekk'ojan johdolla.

Lärka, Håkan Gunnar, »En undersökning av Jussarö granats kemiska och fysikaliska egenskaper» under ledning av professor Mikkola.

Pöyliö, Esko Olavi, »Tutkimus rikkirikasteen sinkkipitoisuuden alentamisesta kokoojan desorptiota hyväksikäyttäen»; professori Hukin johdolla.

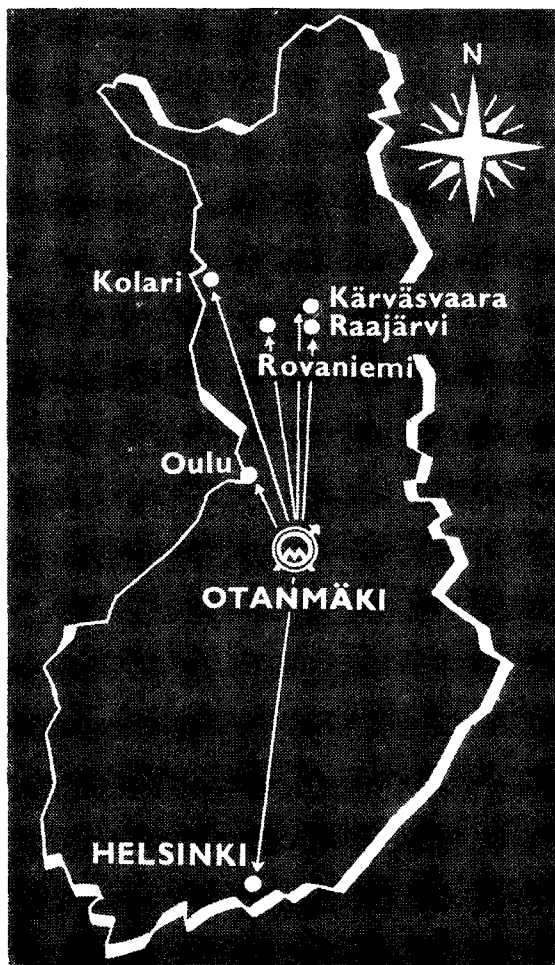
Riihimäki, Arto, »Kuparin aiheuttama repeily kuuma- muokkauksessa»; professori Sulosen johdolla.

Saarinen, Aulis, »Erkautuskarkeneminen koboltilla seostetussa alumiinipronssierilliskiteessä»; professori Miekk'ojan johdolla.



Den 19 september 1965 avled professor emeritus Otto Barth. Professor Barth föddes 1888, avlade ingenjörsexamen 1911 och blev dr.ing. 1912. Efter att ha tjänstgjort vid flere tyska firmor kom han år 1935 till Finland och arbetade för Outokumpu-bolaget till år 1942. Från 1938 till 1944 verkade Barth som t.f. professor i metallurgi vid Tekniska högskolan i Helsingfors. Därefter flyttade professor Barth över till Sverige, och sedan hon en tid arbetat som metallurg vid Boliden och Höganäs-Billesholm utnämndes han till professor i metallhyttekonst vid Kungliga tekniska högskolan i Stockholm, varifrån han år 1954 avgick med pension.

Professor Barth var Bergsmannaföreningens stiftande medlem.



OTANMÄKI OY

PÄÄKONTTORI

Postiosoite: Otanmäki
Sähkeosoite: Otanmäki, Kajaani
Puhelin: nimihuuto Otanmäki Oy,
Otanmäki
Telex: 9-45-11

HELSINGIN KONTTORI

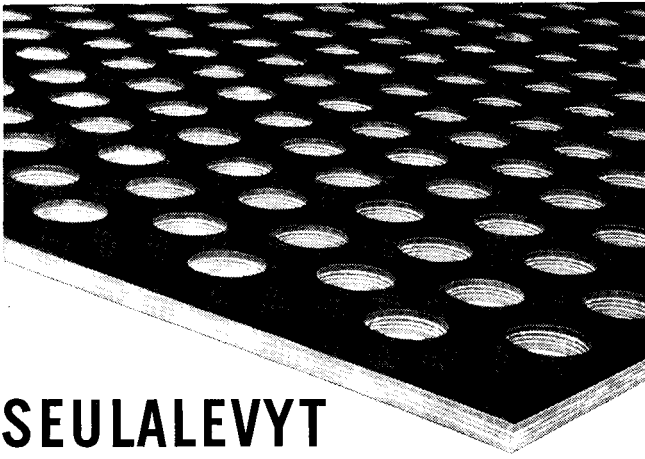
Postiosoite: Ruoholahdenkatu 4 A
Sähkeosoite: Otanmäki, Helsinki
Puhelin: 64 07 04
Telex: 12-590

MISIN ALUE

Kärvasvaaran kaivos
Postiosoite: Kärvasvaara
Telex: 37-230
Raajärven kaivos
Postiosoite: Raajärvi
Telex: 37-230

SATAMA

Postiosoite: Oulu, Malmisatama
Sähkeosoite: Malmisatama, Oulu
Puhelin: 15 347



SEULALEVYT VUORITEOLLISUUDEN VAATIVAAAN KÄYTTÖÖN

NOKIA valmistaa seulalevyt kovaa kulutusta kestävästä erikoiskumista, joka sitkeytensä ansiosta sietää hyvin seulan jatkuvan, kuluttavan tärinän. Valmistamme seulalevyt haluttuihin kokoihin halutuun reijitykseen.



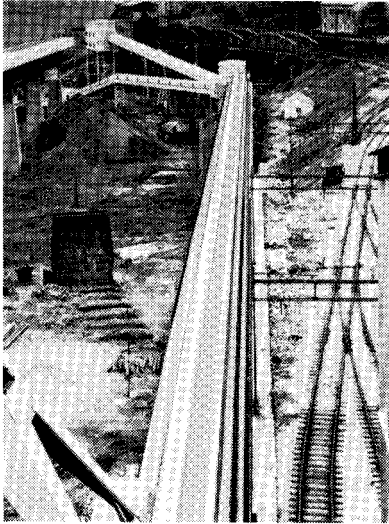
**Kaivostyö
vaatii
Nokian
erikois-
varusteita**

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

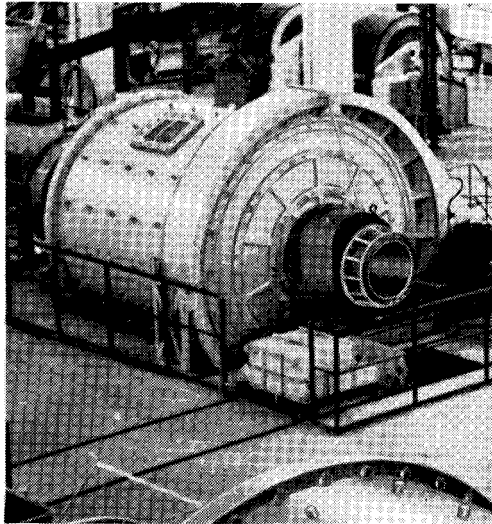


Ilmoittajat — Annonserer

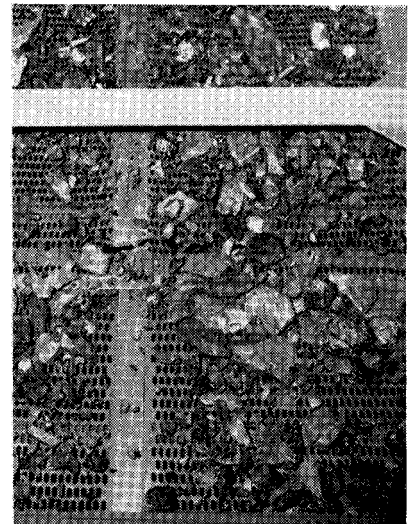
Algol
Asea
Ekströmin Koneliike
Fiskars
Grönblom
Kekkonen
Knorring
Lokomo
Machinery
Otanmäki
Outokumpu
Rautakonttori
Rikastuskone
Rolac
Rotator
Suomen Bofors
Suomen Kaapelitehdas
Suomen Kumi
Sähköliikkeiden Oy
Tallberg
Atlas Copco
Vuoriteknillinen osasto
Tampella
Telko
Tulenkestävät Tiilet
Vuoksenniska
Vuorikone



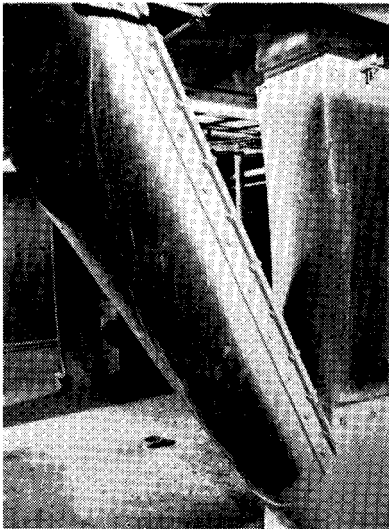
Kuljetushihnat



Myllyvuoraukset



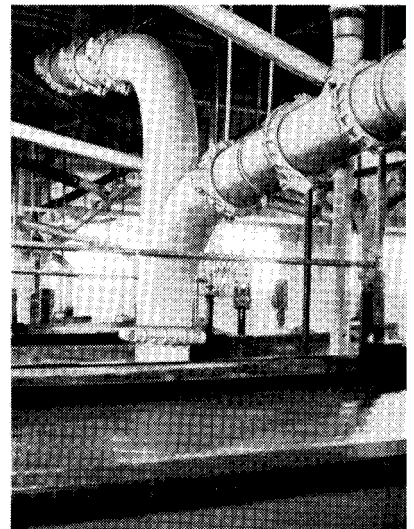
DUENERO-kumiseulakankaat



TRELLEX-kulutuskumi



Kaivoskuilun sulkijat



Kumivuoratut TRELPIPE-teräsputket

Trelleborg kaivosten ja kivilouhosten johtava kumiasiantuntija

TRELLEBORG – EUROOPAN JOHTAVIA KUMIVALMISTAJIA – ON SAAVUTTANUT ERIKOISTUNTIJAN ASEMAN KAIVOSPIIREISSÄ.

Usean vuoden kiinteä yhteistyö muutamien maailman teknillisesti parhaiten varustettujen kaivosten kanssa on mahdollistanut Trelleborg'in kehittämään erinomaisia laatuja kulutuskestävää kumia, joita nykyään käytetään runsaasti kaivoksissa, missä kulutus on varsin huomioonotettava tekijä. Tämä kumi on Trelleborg'in kumiperheen »kova poika»; sitä on käytetty vuorauksiin, seulakankaisiin ja kuljetushihnoihin sekä myös muihin kulutusalttiin kohteisiin.



... for technological achievement in equipment development for the world minerals industry.

TRELLEBORG

– leading rubber specialist for mines and quarries!

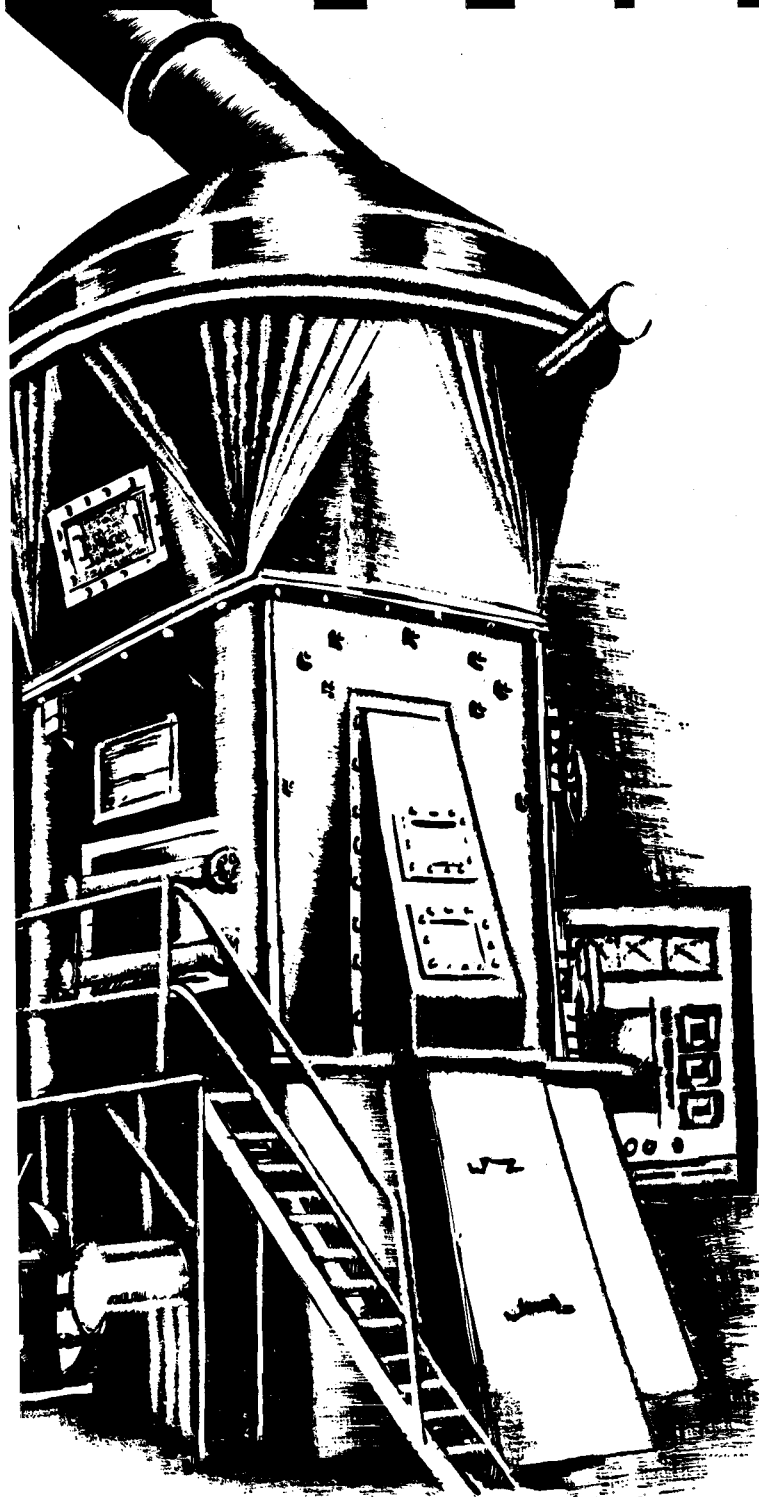


Lisätietoja antaa edustaja Suomessa

JULIUS TALLBERG

VUORITEKN. OS.
Aleksanterink. 21 H.ki, puh. 13611

mpos



Viele überzeugende Vorteile...

... hat die MPS-Mühle schnell zum allseits interessierenden Gesprächsthema in der Fachwelt werden lassen.

Da ist einmal die Kraftersparnis, dann die vollautomatische Regelung, die geringen Fundamentierungskosten, der geräuschlose Gang der MPS-Mühle, schliesslich auch die Ersparnis in den Gebäudekosten, denn die MPS-Mühle braucht wenig Platz und nicht zuletzt: die günstigen Anschaffungskosten.

Wir sind in der Lage, die MPS-Mühle für 100 kg wie auch für 200 t pro Stunde und mehr Durchsatzleistung zu bauen. Dazwischen liegen verschiedene Grössen, die allen Erfordernissen der Steine und Erden verarbeitenden Industrien gerecht werden.

Lassen Sie sich — unverbindlich für Sie — Informationsmaterial über unsere MPS-Mühle zusenden oder machen Sie in unserer Versuchsanstalt mit Ihrem Material einen Mahlversuch. Wir sind überzeugt davon, dass auch Sie bei diesem Versuch die Vorzüge der MPS-Mühle bestätigt finden werden. MPS-Mühlen jetzt schon in 14 Ländern im Einsatz:

Deutschland, England, Österreich, Belgien, Holland, Iran, Neuseeland, Spanien, Indien, Italien, Ägypten, Frankreich, Südafrika, Luxemburg.

**GEBR. PFEIFFER • BARBAROSSA-
WERKE AG • KAISERSLAUTERN**
(Westdeutschland) Gegründet 1864
— Fernsprecher Sammel-Nr. 2261 —
Fernschreiber Nr. 045836

**Edustaa Suomesa Oy RIKASTUS-
KONE Ab • Helsinki • Liisankatu 6**
Puh. 62 82 37

