

VUORITEOLLISUUS

BERGSHANTERINGEN

JULKAISIJA: VUORIMIESYHDISTYS R.Y. — BERGSMANNAFÖRENINGEN R.F.

Sisältö — Innehåll

Pentti Pesola:

Muijalan Mineriittitehdas

*Kalevi Eskola, Heikki Tuominen, Mikko
Palviainen ja Matti Autio:*

Outokumpu Oy, Korsnäsin kaivos.

Kalervo Räisänen:

Atomienergia Oy:n toimesta suoritettut
uraanimalmien louhinta- ja rikastus-
kokeilut vv. 1958—1961.

Heikki Aulanko:

Rännit ja ränninousut Outokummun
kaivoksella.

Osmo Vartiainen:

Factorial Experimentation-tutkimus-
menetelmä rikastusteknillisten ja metal-
lurgisten prosessien tulosten
analysoimiseksi.

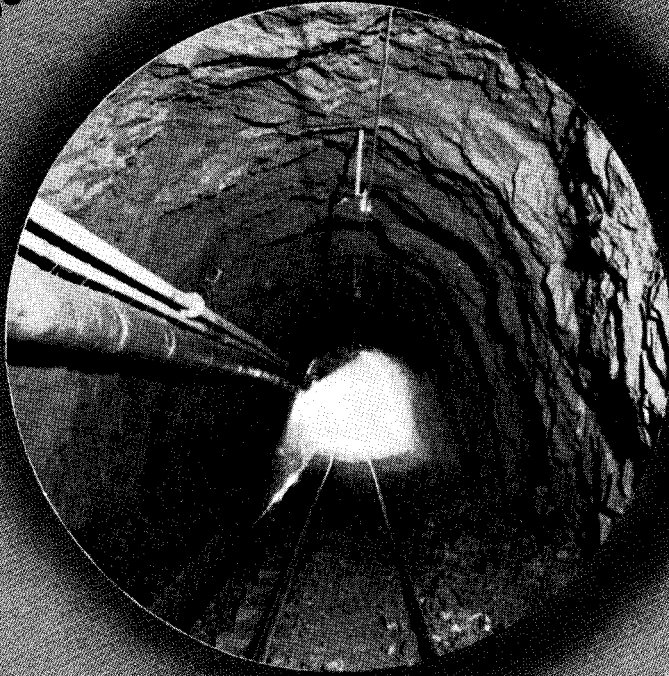
Paavo Maijala:

Kaivosten nostoköysien tarkastuksista.

Aimo Mikkola:

Vuorimieskillan opintomatka USA:han.

Kupari kestää kaivoksessakin



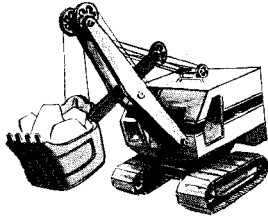
Kupari on oikea aine
kaikkialla, missä vain
tarvitaan kestäviä ja
ruosteesta pilttan-
tomia metallie-
rityksiä. Kupari
on erinomainen
kaivoksessa
ja sillä on myö-
skin syöpymis-
kestävyys.

O OUK K

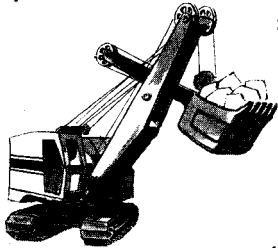
Outokumpu oy

KUPARITALO — TÖÖLÖNKATU 4 — HELSINKI — PUH. 44 05 11

LOKOMO-koneet ovat saavuttaneet alan ammattimiesten luottamuksen. LOKOMO-koneitten

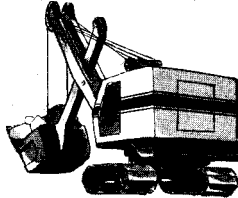


menestys perustuu — jatkuvaan tutkimus- ja suunnittelutyöhön — suureen työkokemusten ja -kokeilujen määrään



sekä kotimaassa että ulkomailla — omiin erikoiskonstruktioihin — oman terästehtaan erikoistehäksi ja — sarjavalmistukseen, jonka edut käytetään Lokomo-koneitten käyttäjien hyödyksi. Lokomon päämääränä on huippuluokan maanrakennuskoneitten valmistaminen.

Niinpä **Teräsmies on siirron edellä maansiirrossa!**



TERÄSMIES

Lokomo Oy

KONEPAJA • TERÄSTEHDAS • TAMPERE



HUMBOLDT

**Kova nimi
kaivos- ja rikastus-
teollisuudessa**

Murskaajia :

Karamurskaajia
Kartiomurskaajia
Leukamurskaajia
Vasaramurskaajia
Iskumurskaajia

Jauhatuslaitteita :

Kuulamyllyjä
Tankomyllyjä
Putkimyllyjä
Jauhatus-kuivatusyksikköjä

Raesuuruuden säännöselijöitä :

Spiraaliluokittelijoita
Raappaluokittelijoita
Ilmaluokittelijoita
Täryseuloja

Rikastuslaitteita :

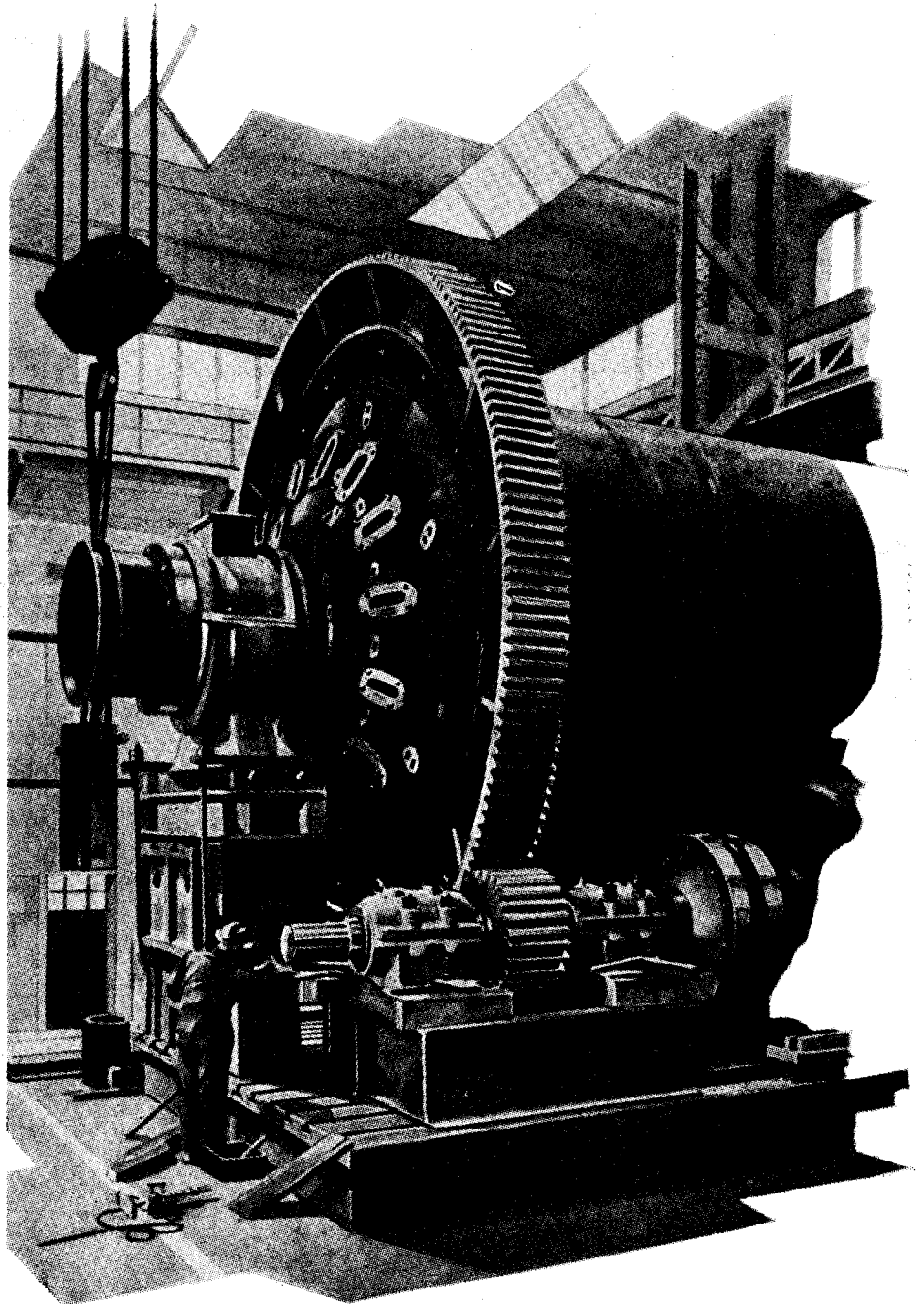
Vaahdotuskennoja
Sink-Schwimm-laitteistoja
Magneettisia erottajia

Vedenpoistajia :

Takeuttajia
Rumpu-imusuotimia
Keskipakoisseuloja
Keskipakoislinkoja

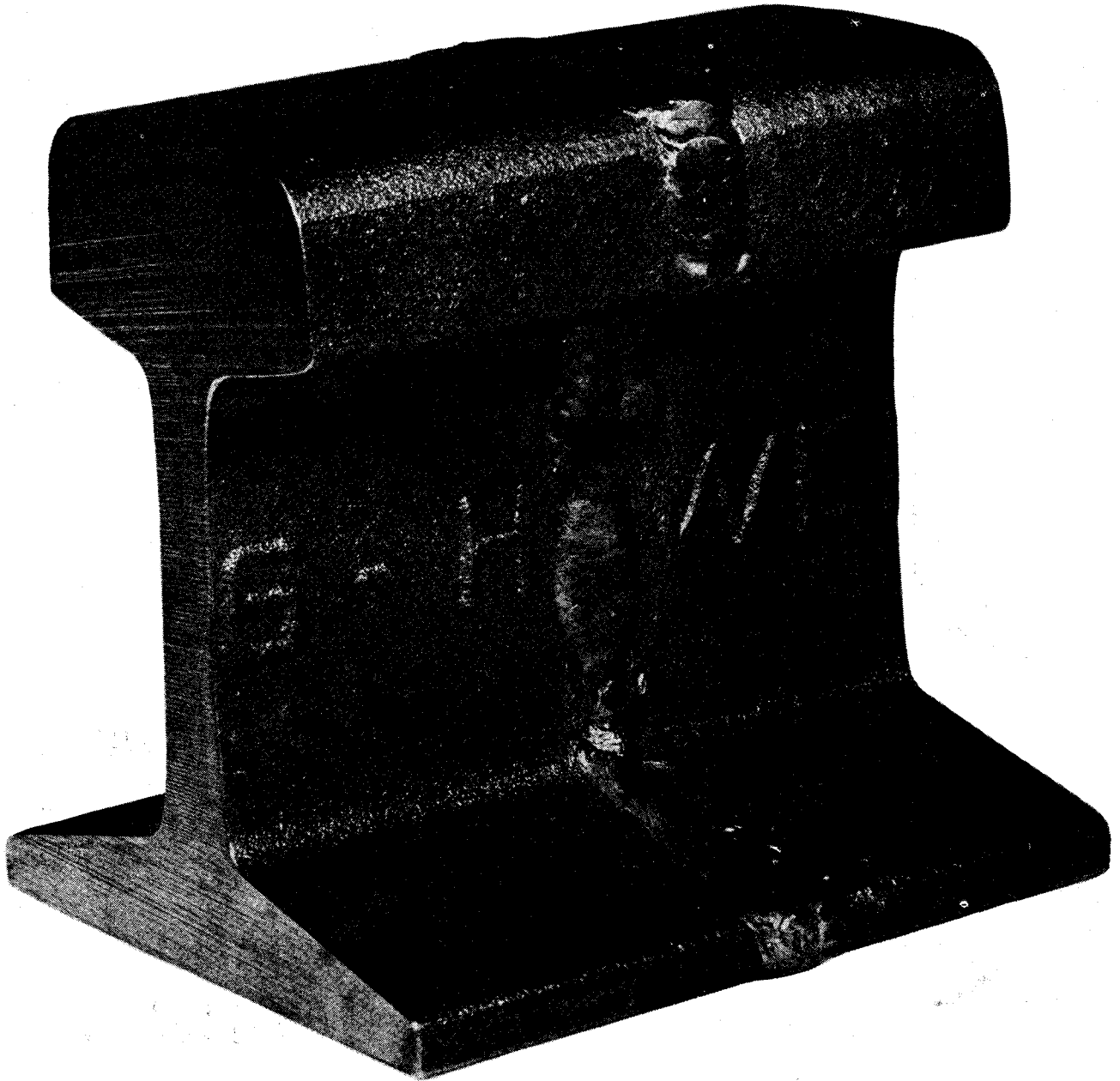
Kuljetuslaitteita :

Tärykuljettimia
Ketjukuljettimia
Lietepumppuja



MACHINERY

VANHA KAUPPAKUJA HELSINKI, PUH. 13 636
KLÖCKNER — HUMBOLDT — DEUTZ AG, KÖLN



PHILIPS - ERIKOISHITSAUSPUIKKOJA

muottihitsaukseen

Suuri valikoima PHILIPS-hitsauspuikkoja kaikkiin vaativiin hitsaustöihin.

Myös automaatteja, muuntajia ja pulttihitsauspistooleja ym. tarvikkeita suoraan tehtaalta.

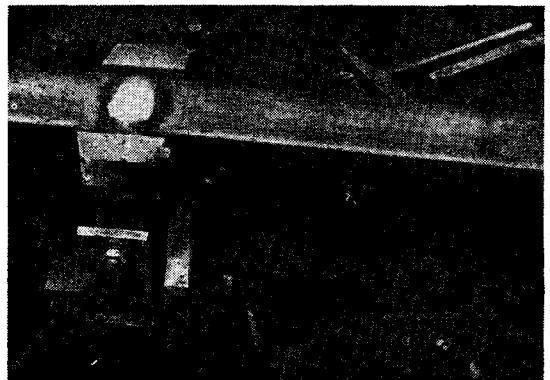
PHILIPS hitsauspuikot

varmoja — taloudellisia — luotettavia — oikea puikko jokaiseen hitsaustyöhön.

Maailmankuuluja PHILIPS-puikkoja valmistaa lisenssillä Suomessa

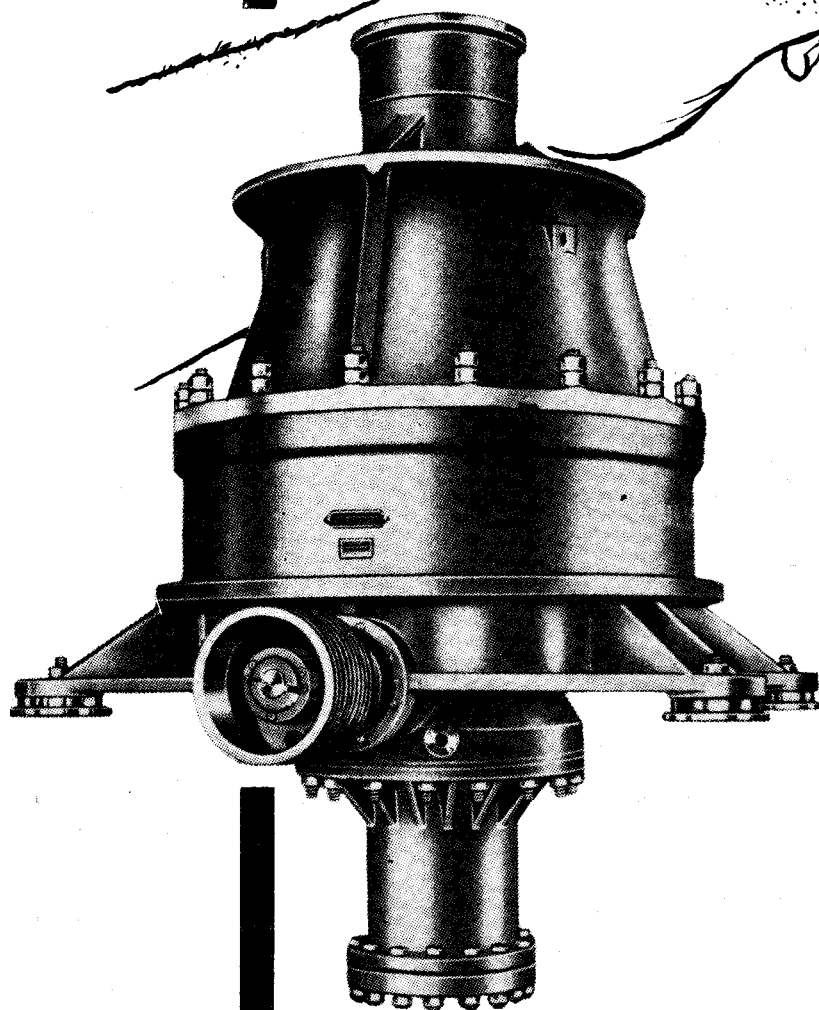
Oy PUIKKO Ab

Pälkäneentie 16 - Helsinki - Puh. 70 291



FISKARS - YHTYMÄ

**Säätäkää jauhatus
yhdellä kädenliikkeellä**



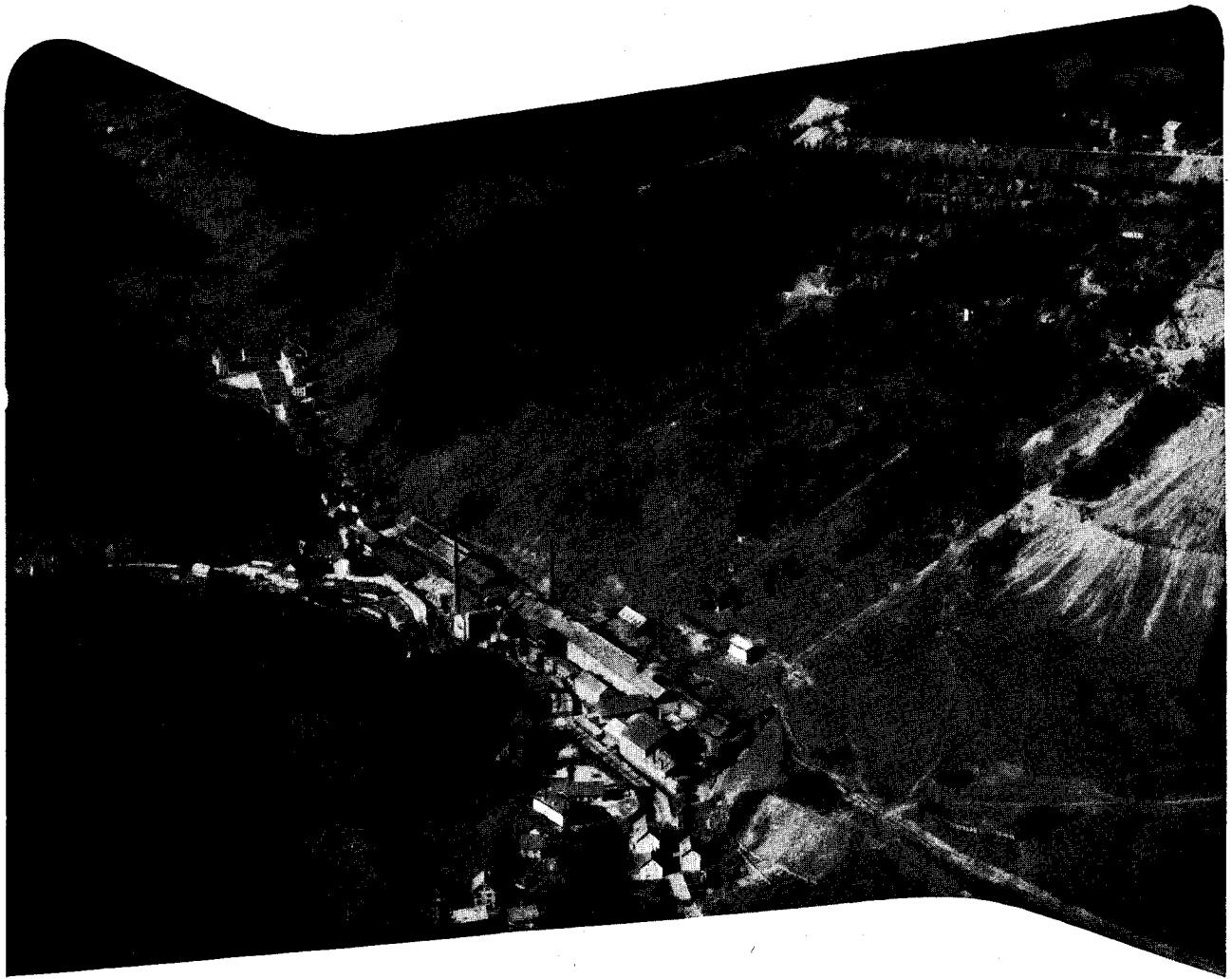
**ALLIS-CHALMERS
HYDROCONE**

**JÄLKI-
JAUHIMIA**

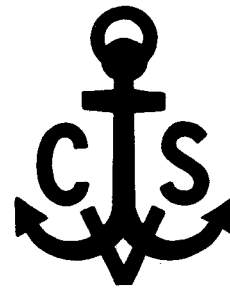


Mercantile
30 731

**KONE- & INS.OSASTO
MANNERHEIMINTIE 12, HELSINKI**



WERK UND BERGBAU VEITSCH



VEITSCHER MAGNESITWERKE-
ACTIEN-GESELLSCHAFT, WIEN-AUSTRIA

GENERALVERKAUFSSTELLE
A. G. für feuerfestes Material
BASEL 6, ST. ALBANVORSTADT 94
TELEGRAMME: SAPREF, TEL. 229619

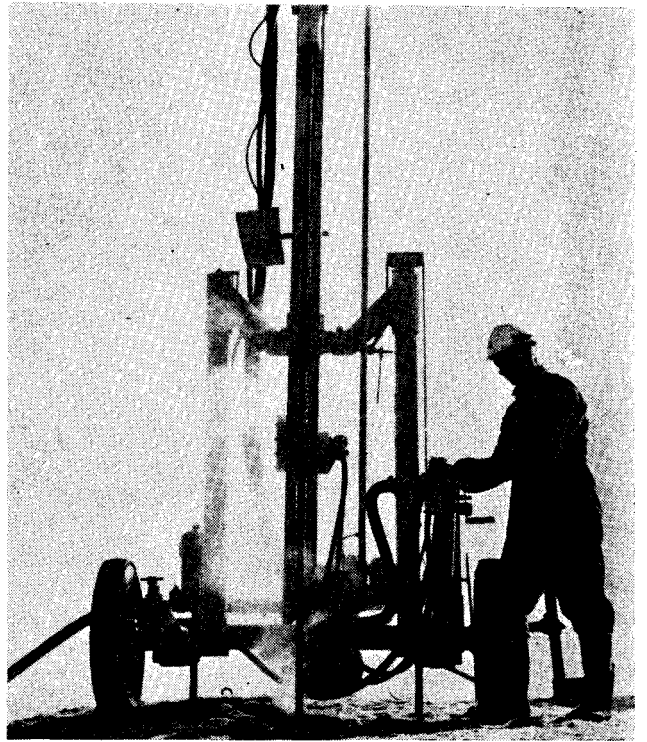
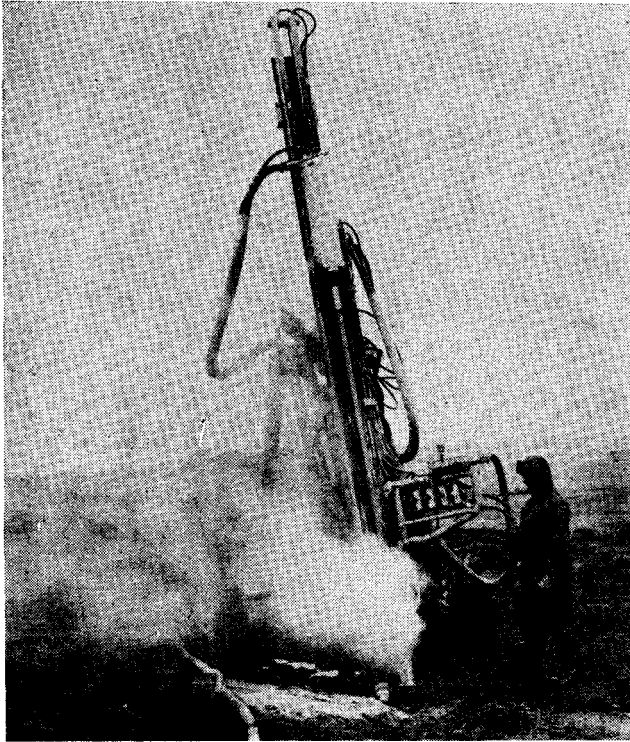
VERTRETEN IN FINNLAND DURCH
AB. Industritegel
HELSINGFORS, BANGATAN 21

Edustaja Suomessa

Oy. Teollisuustiili

HELSINKI, Ratak. 21. Puh. 13344

Vaunuporakone



BVB 14

Kevyt vaunuporakone, sopiva esim. tie ja vesirakennustöihin. Tavallisimmin 2,4 metrin syöttöpituudelle. Edullisin reikäsyvyys 10—15 m

BVB 23

Keskiraskas vaunuporakone avolouhintaan yli 30 metrin reikäsyvyyksille. Syöttöpituus normaalisti 3,2 m
Kummassakin em. vaunuporakoneessa tavallisimmin käytetty kalusto on 1 1/4" jatkotankokalusto, reikäkoot 48—64 mm, yleisimmin 51 mm

BVB 81

Raskas telaketjuilla liikkuva vaunuporakone suuria töitä varten. 1 1/2" tai 2" jatkotankokalustoille

Lähempiä tietoja näistä poravaunuista saatte meiltä

Atlas Copco



JULIUS TALLBERG

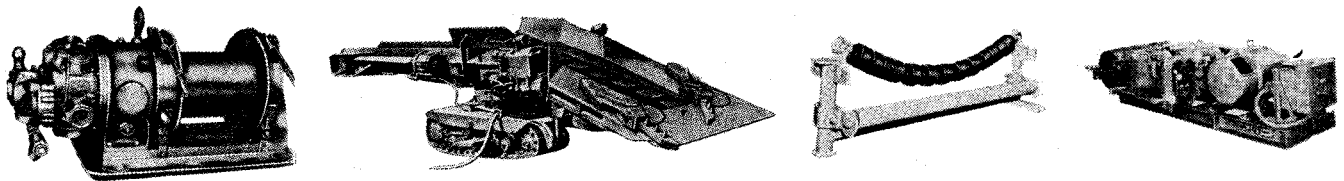
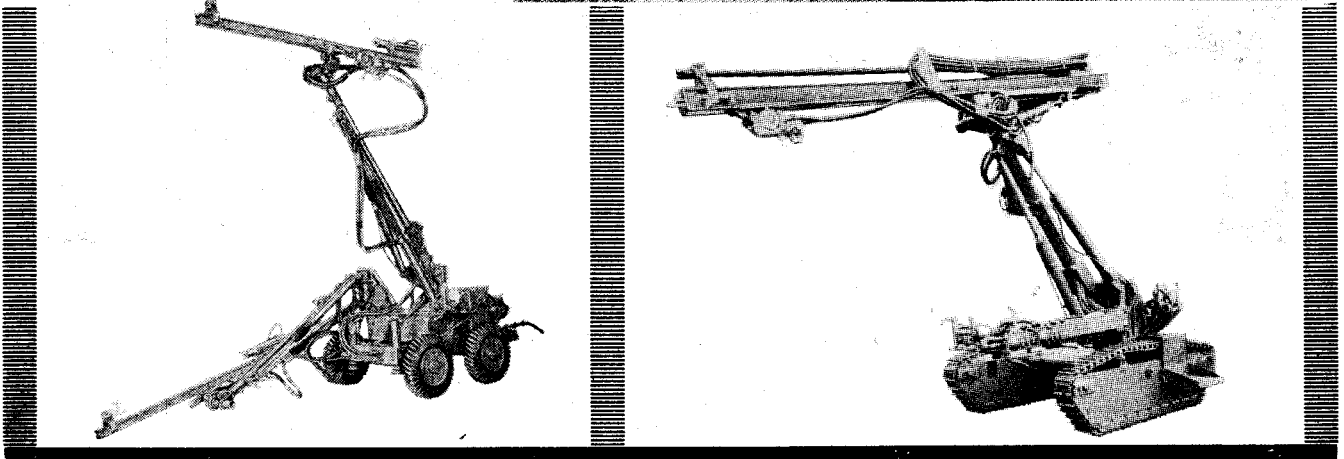
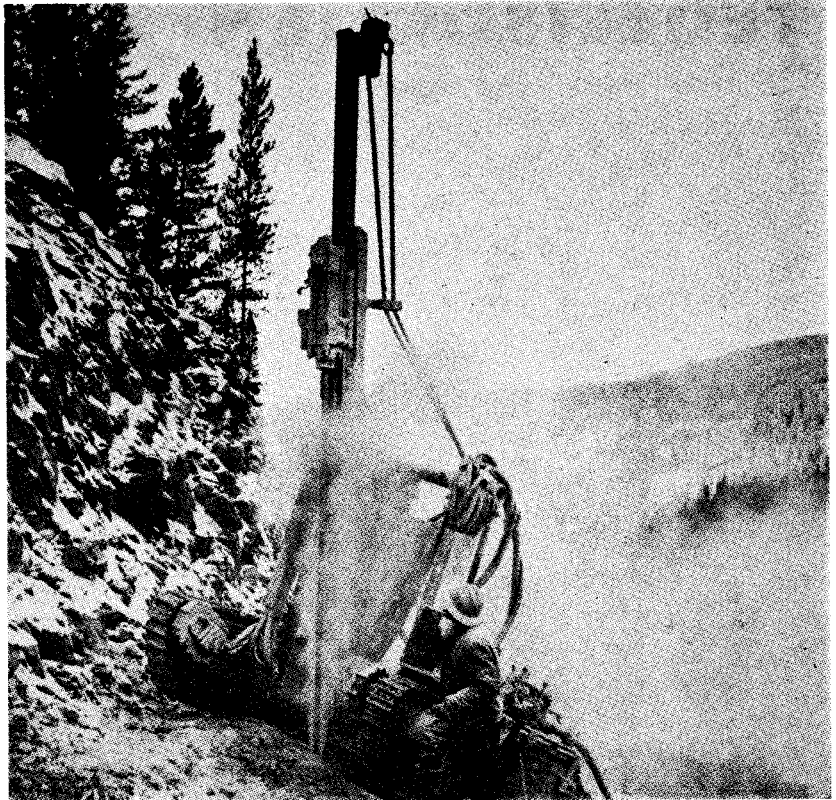
ATLAS COPCO-O.S.

Aleksanterink. 21 H:ki, puh. 13 611

JOY PORAVAUNUJA vaikeissakin olosuhteissa

JOY

JOY kaivos- ym. koneita on kaikkialla maailmassa mitä vaativimmissa töissä. JOYn ohjelmaan kuuluvat myös vintturit, kaivoskuormaajat, rullastot ja kompressorit, sekä mäntä- että rotatiotyyppiä.

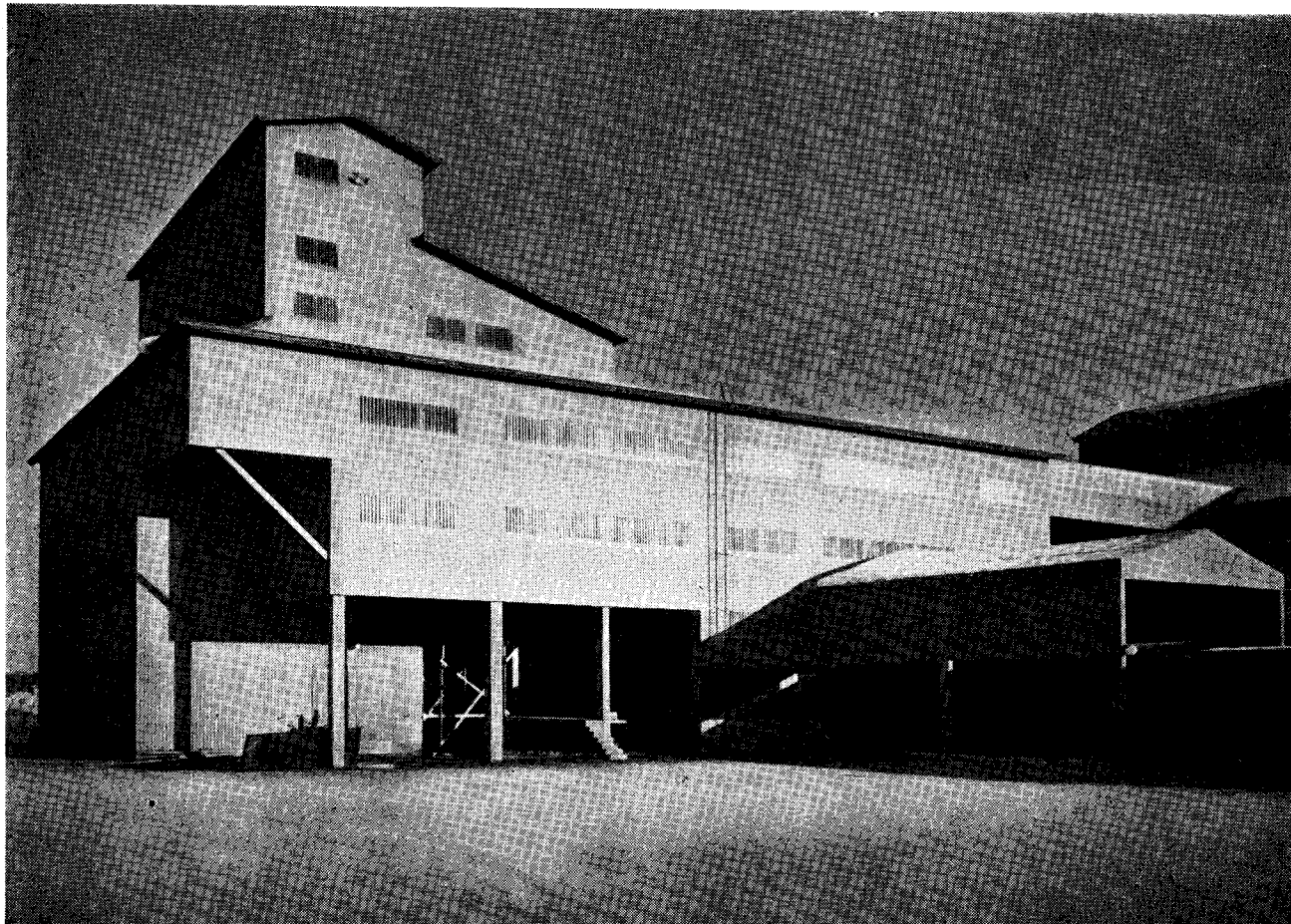


OSAKEYHTIÖ *Ekströmin* KONELIKE

Helsinki Pub. 11 421 Postilokero 310

MINERIT

TEOLLISUUDEN RAKENNUSAINE



Näkymä RIKKIHAPPO OY:n tehdasrakennukselta Kokkolassa. Katot ja seinät harmaata Minerit-aaltolevyä.

Pyytäkää tarkempaa esittelyä

PARAISTEN KALKKIVUORI OSAKEYHTIÖ

**Suomen
Mineraali**

Bulevardi 28 — Helsinki — 11 791

Valettu teräspylväs

DEVCON MUOVITERÄSTÄ

DEVCON muoviteräs sisältää 80% metallia ja 20% erikoismuovia. Se kovettuu lujaksi ja kestäväksi metallimassaksi ja voidaan lastuavasti työstää.

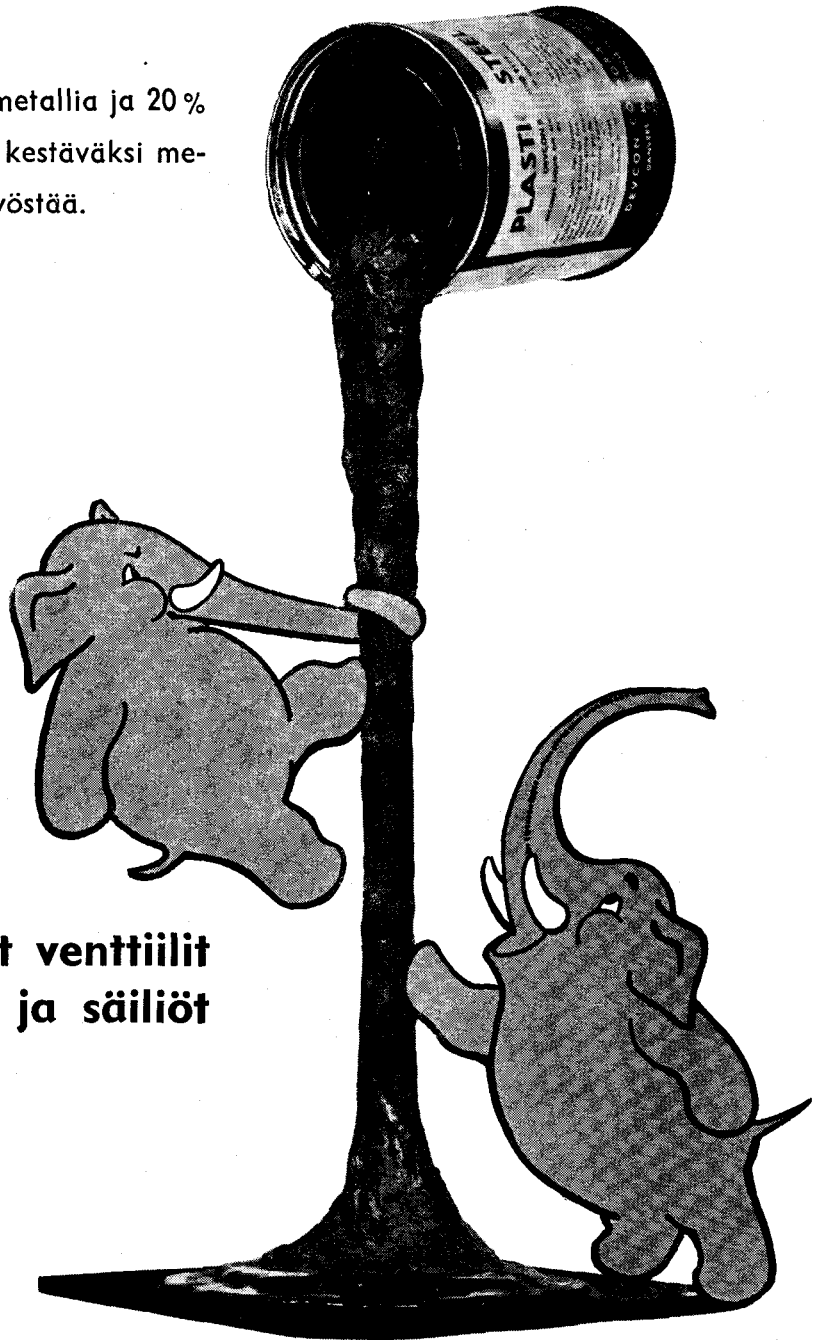
- Luja
- Kutistumaton
- Ei laajene

**Kiireellisiä
hätkörjauksia varten**

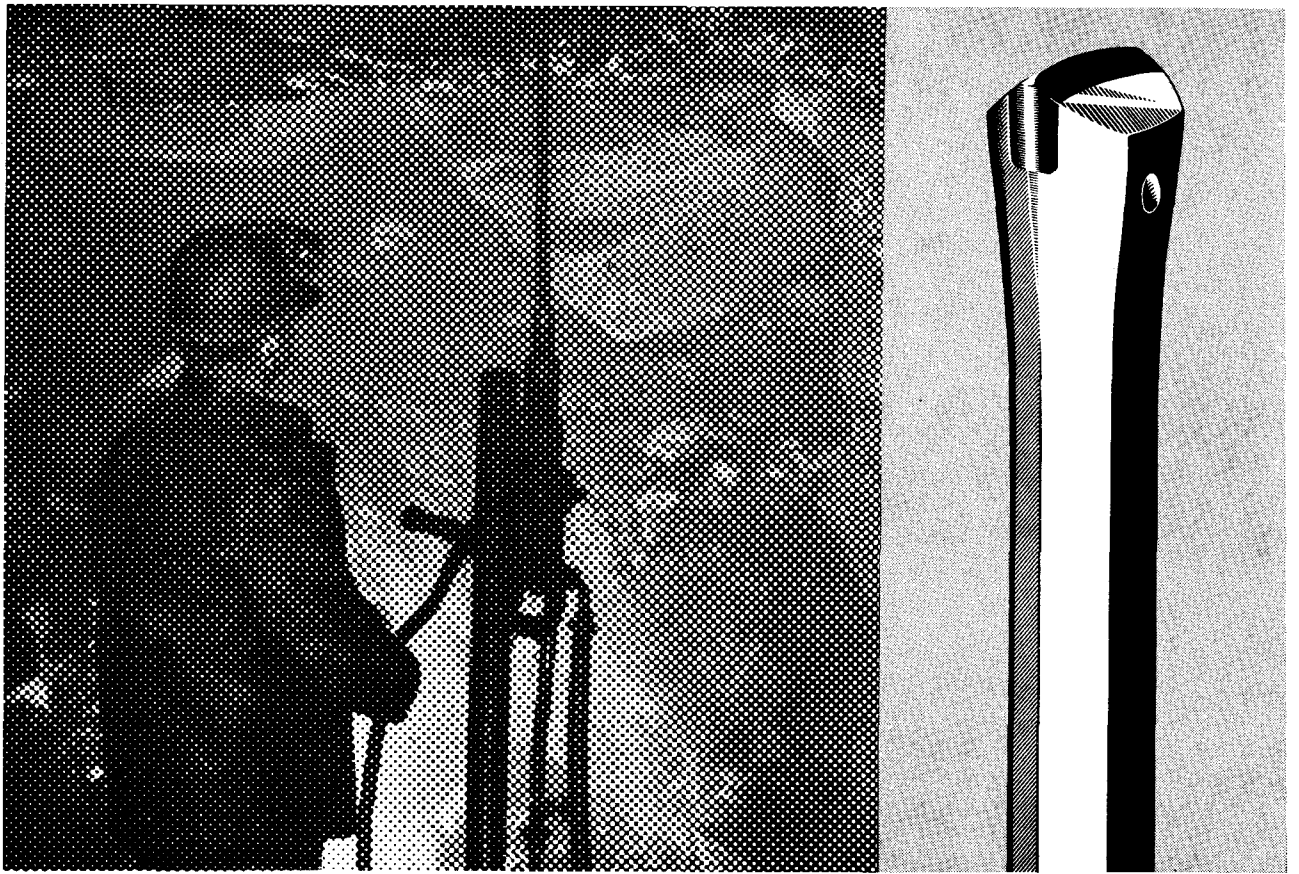
esimerkiksi

- kuluneet ja särkyneet venttiilit
- vuotavat putkijohdot ja säiliöt

DEVCON kovettuu
parissa tunnissa ja
vieläkin nopeammin
varovasti lämmittäen



Fluorising 



HELLEFORS
VULCANUS
kalliopora

**taloudellista
varmuutta**

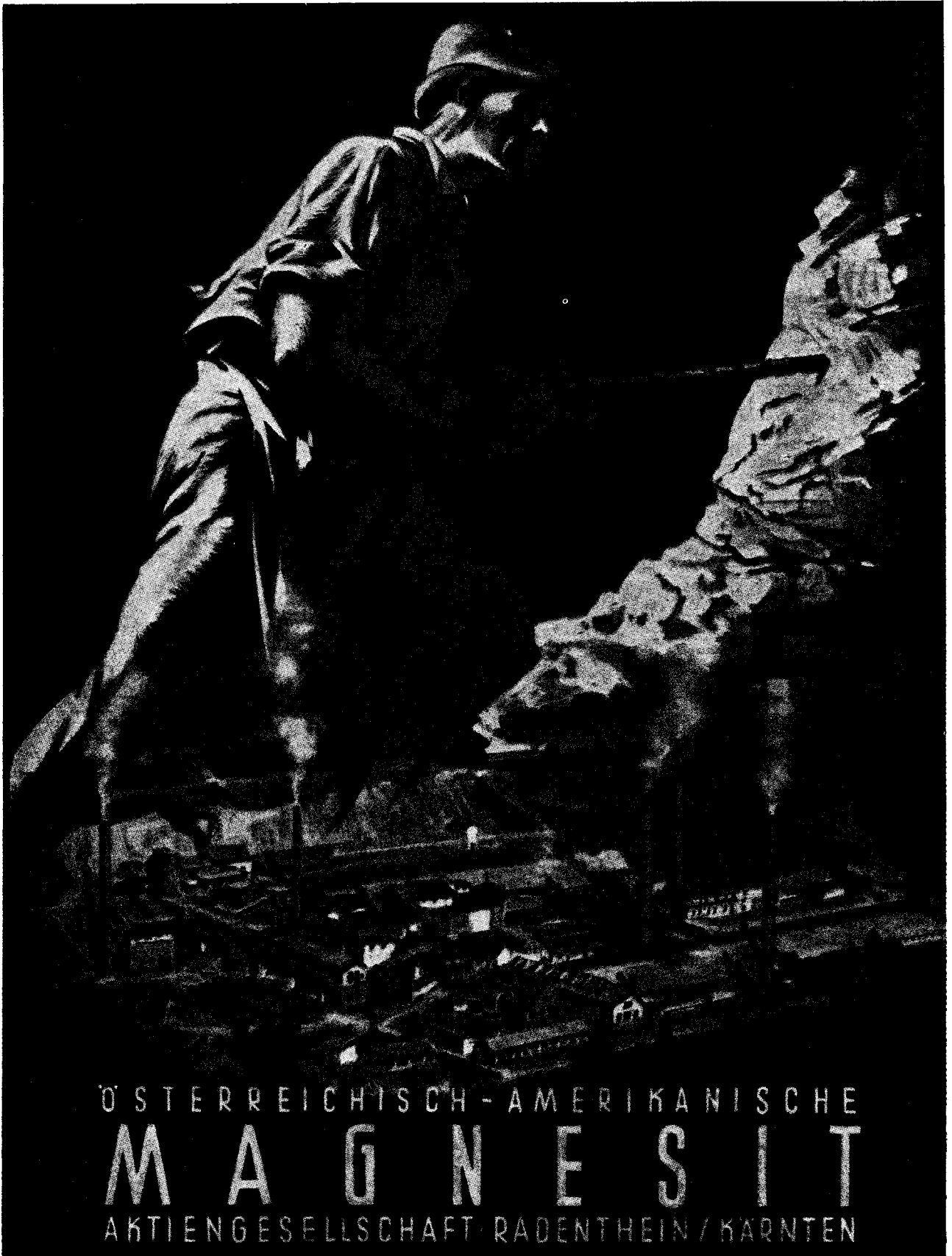
- Hellefors-laatuteräs poravartena
- Hyvä väsymiskestävyys kierukkarullauksen ansiosta
- Kovametallilaatu sovitettu kivilajien mukaan
- Huuhtelureikä varustettu ruostumattomalla vuorauksella

SKF

HELLEFORS JERNVERK

HÄLLEFORS - RUOTSI

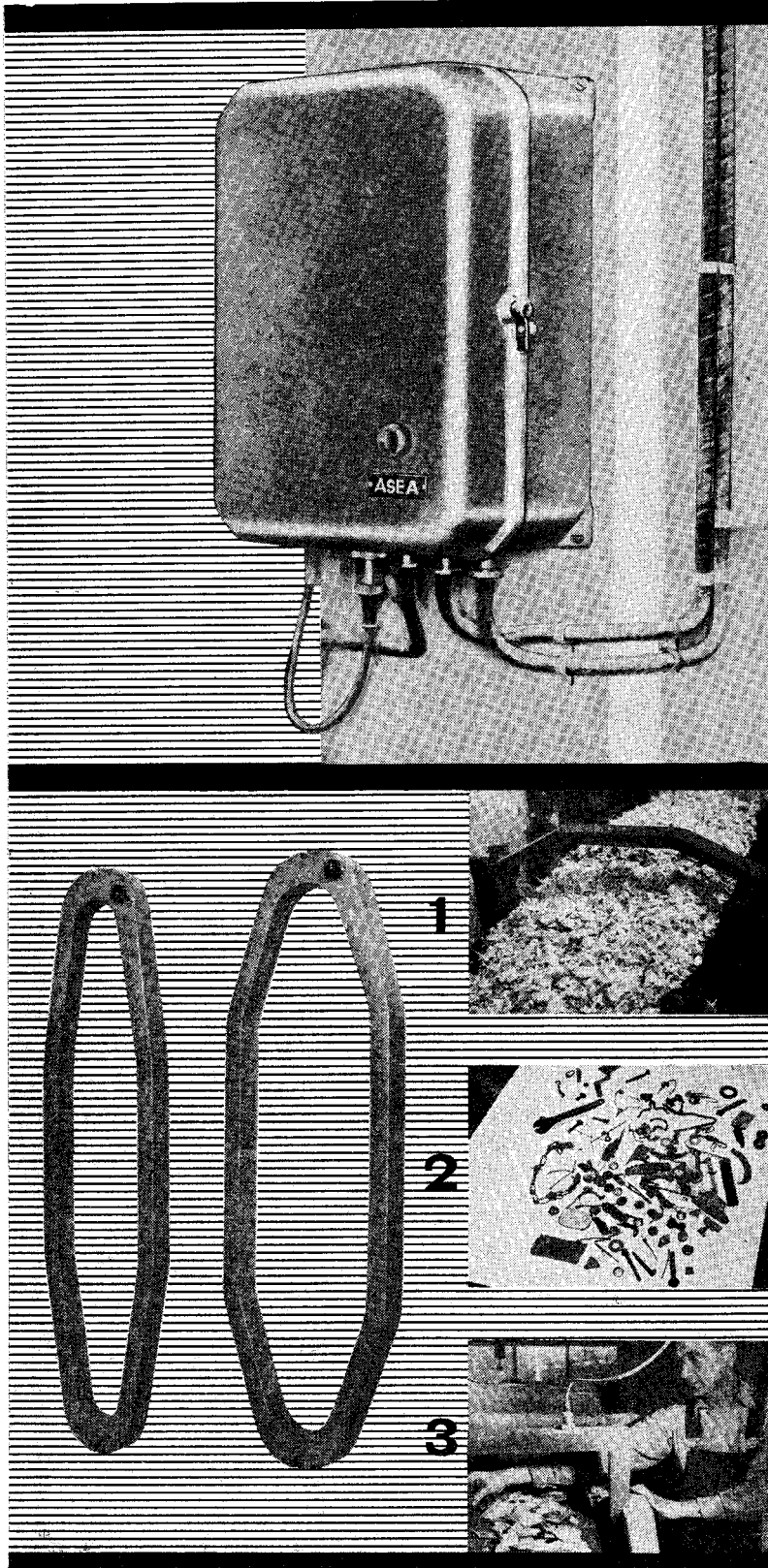
Edustaja: RAUTAKONTTORI OY



ÖSTERREICHISCH-AMERIKANISCHE
MAGNESIT
AKTIENGESELLSCHAFT RADENTHEIN / KÄRNTEN

OY TULENKESTÄVÄT TIILET AB

HELSINKI — HELSINGFORS • PUH. 786098 TEL.



ASEDET-ilmaisinkelat 36" ja 42" kuljetinratoihin.

Tehokkaaseen valvontaan

ASEA_n metallinilmaisain ASDET

ASEDET toteaa kaikki metallit — myös epämagneettiset

ASEDET on taloudellinen, koska se suojaa koneita vahingoilta

ASEDET on käyttövarma ja luotettava

ASEDET on helppo asentaa — yksinkertainen käyttää

ASEDET sietää kosteutta, pölyä, pakasta ja lämpöä

Ilmaisinkaappi paikoilleen asennettuna.

Teknilliset arvot:

Mitat	420 × 280 × 190 mm
Paino	14,3 kg
Verkköjännite	105—140, 190—260 315—425 V
Tehontarve	45 VA cos φ = 0,8
Relekoskettimien korkein kuormitettavuus	380 V ~ 10A 220 V = 1A 110 V = 3A
Havahtumisaika	23—28 ms

Täällä ovat ASDETit jo apuna estämässä vahinkoja ja tehostamassa tuotantoa:

- 1 ASDET-ilmaisinkela asennettuna sulfiittimassan kuljettimeen.
- 2 Metalliromu, minkä ASDET-metallinilmaisain on todennut tiilitehtaan savenkuljettimelta.
- 3 ASDET-ilmaisinkela asennettuna hakenkuljetusrataan.

Teitäkkin varmasti kiinnostaa ASDET — annamme mielellämme yksityiskohtaisia tietoja metallinilmaisimestamme ja neuvottelemme kanssanne kaikista sähköalan ongelmista.

O S A K E Y H T I Ö

ASEA

A K T I E B O L A G

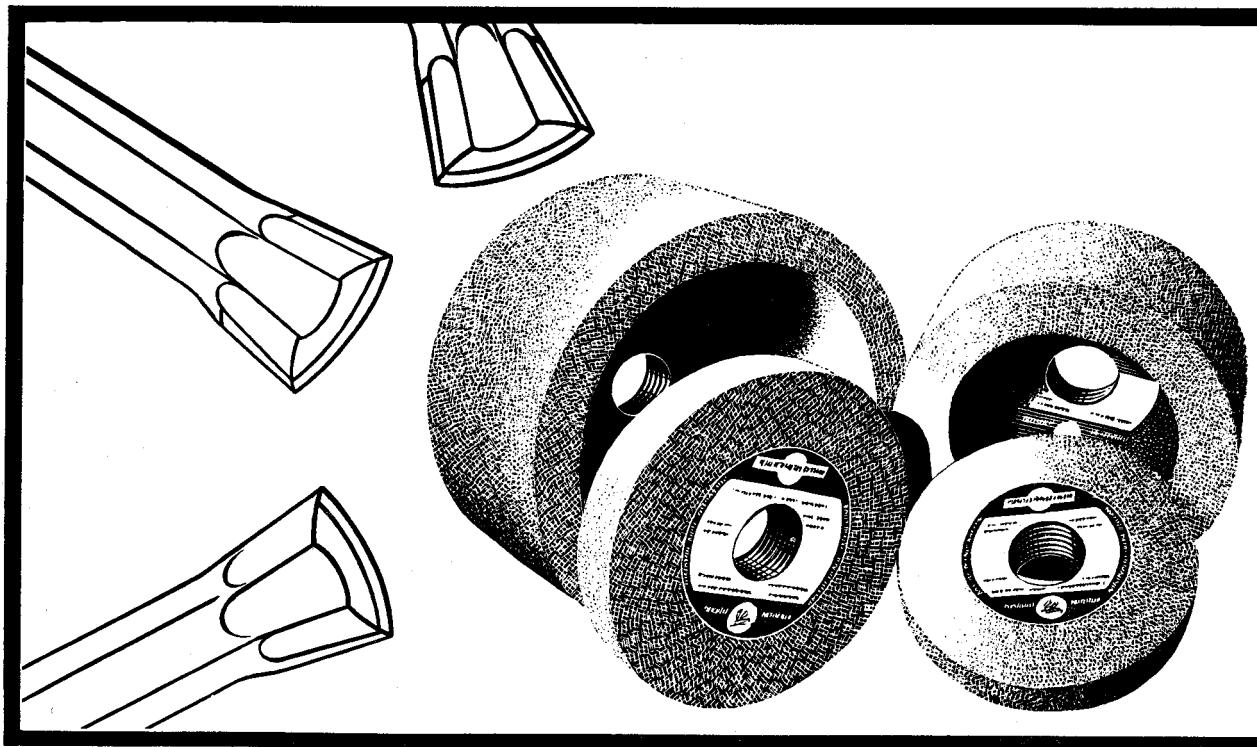
Helsinki
Citykäytävä
Puh. 12 501

Turku
Maariank. 1 B
Puh. 26 020

Kuopio
Puijonk. 19—21
Puh. 15 071

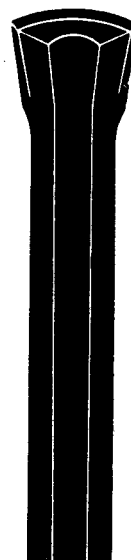
Vaasa
Myllykatu 3
Puh. 16 150

Rovaniemi
Koskikatu 27
Puh. 48 76



Vuoriporien teroituksessa ovat Ab Slipmaterial-Naxos'in laikat parhaat työvälineet

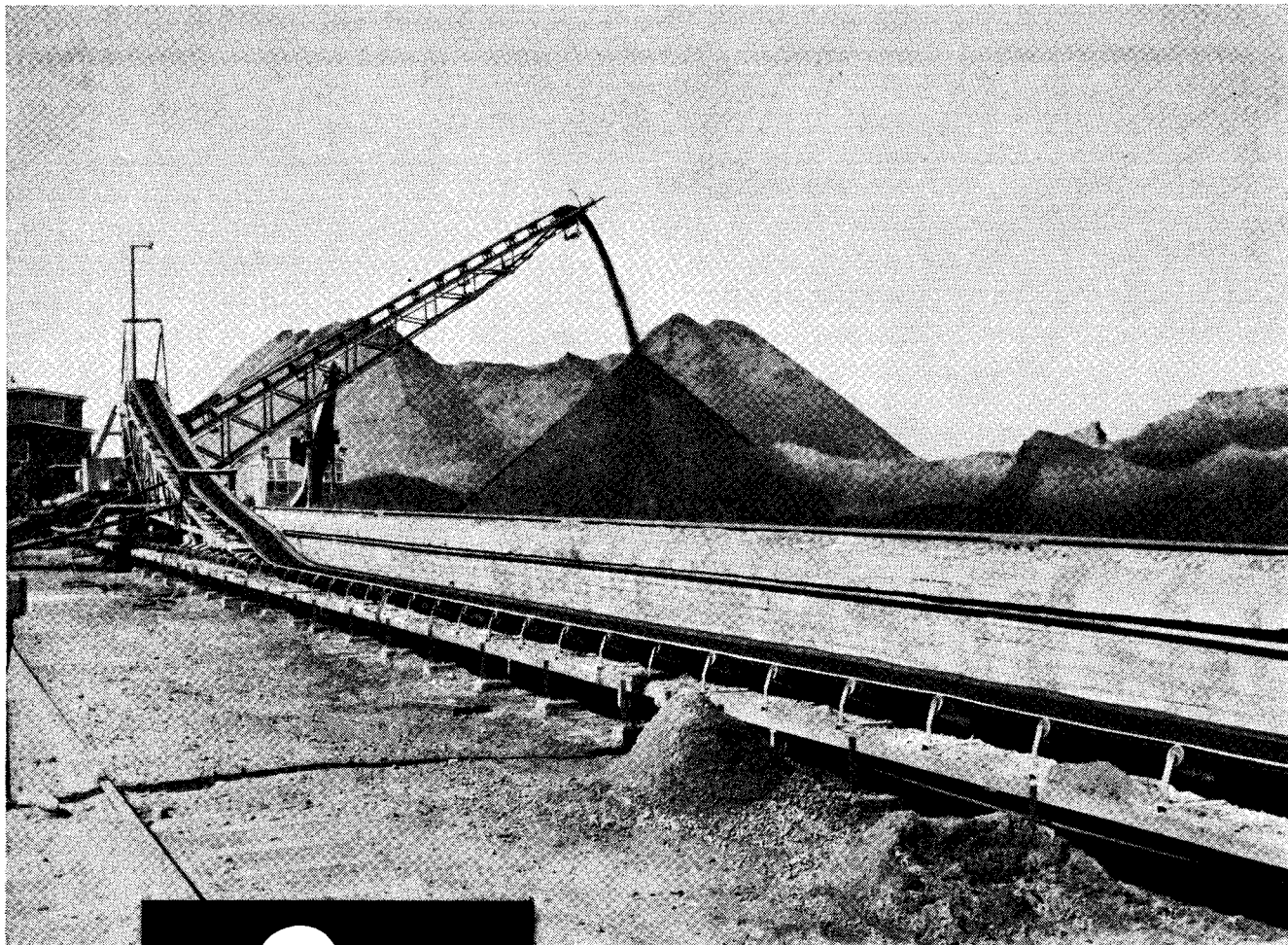
Koneet ja laikkamuodot	Laikan laatu
Suora laikka Atlas Copco LSB 62 tai RS 710 koneet Hiomalaikka esim. 127 × 32 × 32 mm tai 152 × 25 × 32 mm Laikan nopeus 20—28 m/s	SICTO 15C60—J6VT
Suora kuppilaikka Grindex Rockmaster-koneet Hiomalaikka 203 × 102 × 32 mm, SMS-391 Laikan nopeus 30 m/s Pehmeämpi laatu Kovempi »	SICTO 11C46—H8VT » 15C46—J5VT
Suora kuppilaikka Coromant-koneet Hiomalaikka 152 × 83 × 32 mm syv. 102 × 66 mm Laikan nopeus 26 m/s Pehmeämpi laatu Kovempi »	SICTO 11C46—H8VT » 15C46—J5VT
Suora laikka Penkki- ja lattiahiomakoneet Hiomalaikka SMS-394 tai SMS-280 Laikan nopeus 20—28 m/s	SICTO 15C60—J5VT



KONETARVIKEOSASTO

Mercantile
 30 731

HELSINKI • Mannerheimintie 12



Valmistamme:

- hihna- ym. kuljettimia
- nostureita
- raappavinttureita
- kaivosvetureita
- dieselvetureita
- trukkeja



Joustava kuljetus riipeä kuormaus nopea purkaus

luovat edellytykset parempaan tuottavuuteen ja kasvavaan kilpailukykyyn. Suurten koti- ja ulkomaisten yritysten kuljetuspulmia ratkaistaessa VALMET on ollut mukana kuljetinten suunnittelijana ja valmistajana. Teollisuutta päivästä päivään palvelevat VALMET -kuljettimet merkitsevät tehostuvaa tuotantoa.

Taloudellisiin tuloksiin VALMET- kuljetinlaitteilla

Valmet Oy — Lentokonetehtas, Tampere. Puh. 21 460
Pääkonttori, Kaivokatu 10, Helsinki — Puh. 11 441



Outokumpu Oy:n Keretin kaivostorni, johon asennetun KONE-hissin nostokorkeus on suurin Suomessa.

Vuoriteollisuuden apuna

KONE Oy:n täysin kotimaista rakennetta olevat hissit ovat käyttövarmoja ja luotettavia. Suunnittelemme ne Teidän erikoistarpeen mukaan.

KONE tarjoaa nostovoiman ohella vuoriteollisuudelle myöskin vetovoimaa. Missä suuri vetoteho on tiivistettävä pieneen tilaan, siellä tarvitaan KONE-kaivosveturia. Vetovoima on 500 kg vastaten n. 50 t painoista junaa ja nopeus 12 km/t. Vuoriteollisuudessa esiintyviin rautatievaunujen siirtoihin on KONE Oy:n valmistama vetolaite erittäin sopiva.

Helsinki - Haapaniemenkatu 6 - Puh. 70511





Voittaja, poraaja E. Piiparinen

Auto- kummun poraaja- mestari vuonna -61

Outokumpu Oy:n kymmenennet porauskilpailut suoritettiin Outokummussa 6. 8. 61.

Mestaruuden vei nimiinsä Outokummun kaivoksen E. Piiparinen. Toisena oli K. Aspelund ja kolmantena T. Tuovinen, molemmat niinkään Outokumusta, joten joukkuemestaruus meni myös sinne.

Voittajan tulos, 82 cm/min. on aivan huippuluokkaa.

Joukkuekilpailun toinen oli Korsnäsin kaivos, ja huoltomiesten kilpailun voitti Korsnäsin E. Bylund.

Mainittakoon, että kilpailuun osallistumisen eräänä edellytyksenä on ilman tapaturmia suoritettu työskentely kalenterivuoden alusta.

Kilpailussa käytettiin jälleen Tampella T 10 C porakonetta ja Tampella P 64 polvisyöttölaitetta.

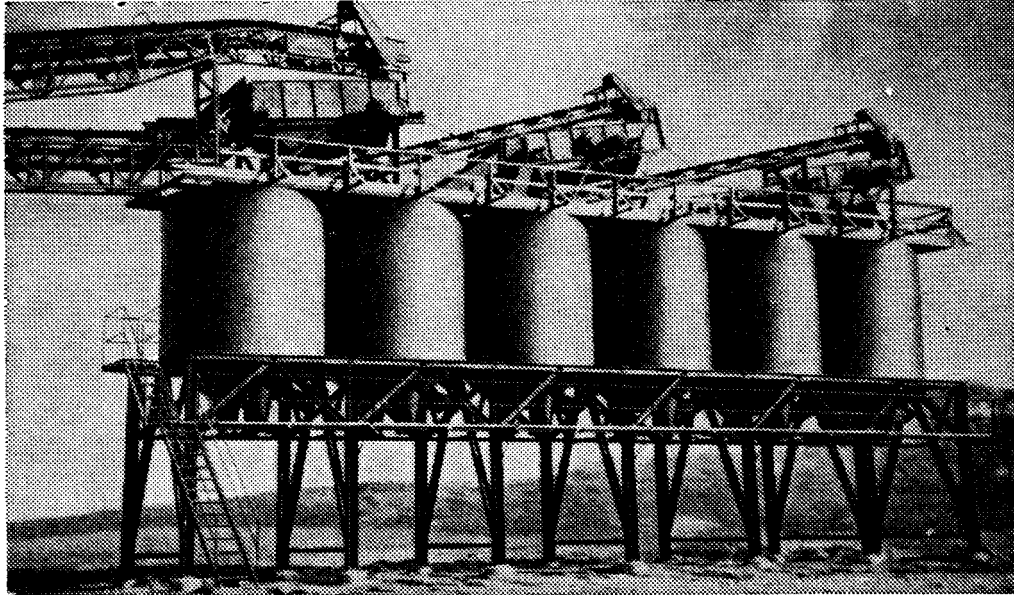
Kivilaji oli kiilleliuske, reikien lukumäärä 6, pituus 2,4 m ja halkaisija 34 mm.



Tampella
Konepaja Tampere

ARBRÄ

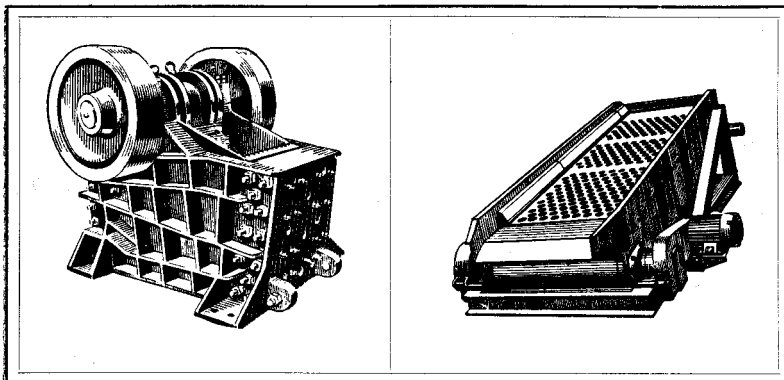
murskaus- ja seulontalaitoksia



Kuva esittää seulonta-aseman, jossa pyöreille teräslevystä tehdyille silloille on sijoitettu epäkeskoseula, tärjyseulat sekä kuljettimet.

Suunnittelemme ja toimitamme täydellisiä murskaus- ja seulontalaitoksia. Useita eri malleja ja kokoja.

Ottakaa yhteys insinööreihimme, jotka antavat kaikkea teknillistä apua murskaus- ja seulonta-asemien suunnittelussa.

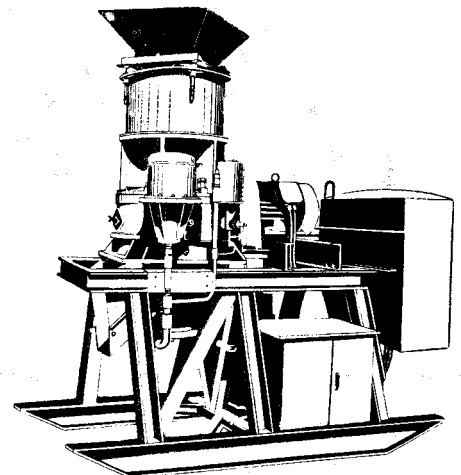


Kierto- ja heilurimurskaimia, kartiomurskaimia, vasara- ja valssimurskaimia.

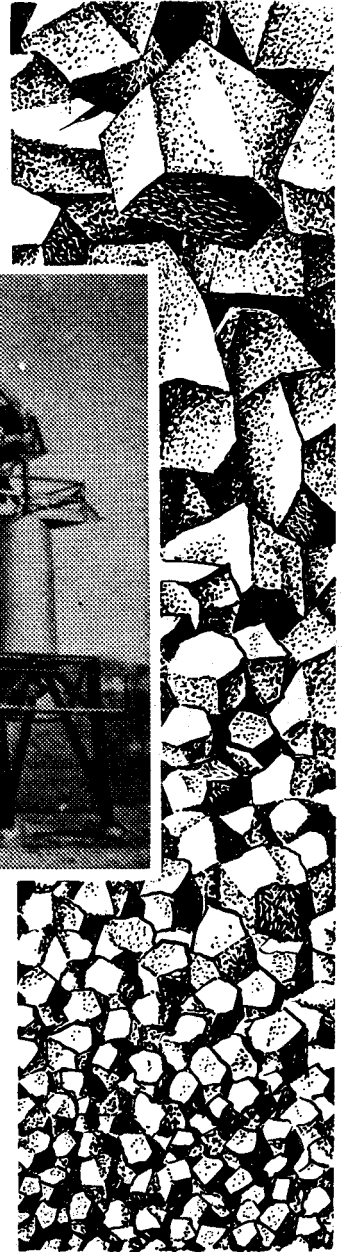
Tärjyseuloja, epäkeskoseuloja, erikoisseuloja kaivosteollisuudelle.

ROLAC
11 321

Vuorikatu 3
Helsinki



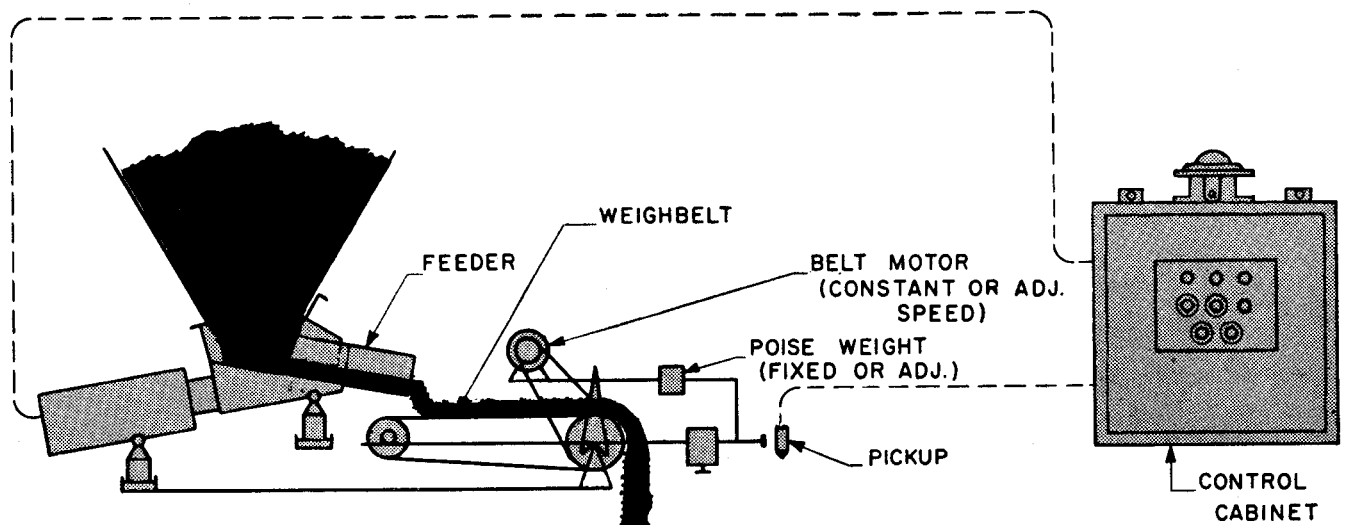
Kartiomurskain mallia KHG, hydraulinen varo- ja säätöjärjestelmä.





Koneita rikastamoon ja murskaamoon

JEFFREY WAYTROL® CONSTANT WEIGHT FEEDERS



WESTFALIA DINNENDAHL GRÖPPEL AG, BOCHUM

OY. LILIUS & Co AB. — HELSINKI

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS r. y. — BERGSMANNAFÖRENINGEN r. f.

Hallitus: Vuorineuvos Petri Bryk, puheenjohtaja, dipl.ins. Fjalar Holmberg, varapuheenjohtaja, dipl.ins. Börje Forsström, fil.maist. Heikki Paarma, dipl.ins. Kalervo Räsänen, tekn.tri. Mats Snellman, teollisuusneuvos Herman Stigzelius ja dipl.ins. Björn Westerlund.

Rahastonhoitaja: dipl.ins. Paavo Maijala, Mäntytie 3, virkapuh. 44 05 11.

Sihteeri: dipl.ins. Sakari Seeste, Näätätie 5, Herttoniemi, virkapuh. 44 05 11.

Kaivosjaosto: professori Kauko Järvinen, puheenjohtaja, dipl.ins. Per Westerlund, sihteeri, Kärväsvaara, Misi

Metallurgijaosto: dipl.ins. Lennart Häkka, puheenjohtaja, dipl.ins. Osmo Tuori, sihteeri, Sofilastorpantie 34, Nybacka, Pitäjänmäki, virkapuh. 11 431.

Geologijaosto: fil.maist. Toivo Mikkola, puheenjohtaja, fil.maist. Veikko Räsänen, siht., Nallenpolku 4 E, Tapiola, virkapuh. 46 10 11.

Toimitus: teollisuusneuvos Herman Stigzelius, päätoimittaja, puh. 62 87 14, tri.ins. Paavo Asanti, apulaistoimittaja, puh. 46 10 71, rouva Karin Stigzelius, toimitussihteeri, puh. 35 546.

Toimituksen osoite: Bulevardi 26 A 10, Helsinki, puh. 35 546. Ilmoitushinnat: kansisivut 25.000: —, muut sivut 20.000: —, puolisivu 15.000: —, neljännessivu 10.000: —.

Lehti ilmestyy kahdesti vuodessa.

N:o 2

1961

19 VUOSIKERTA

Muijalan mineriittitehdas

*Dipl.ins. Pentti Pesola
Paraisten Kalkkivuori Osakeyhtiö,*

Suomen Mineraali, Muijala.

Yleistä

Asbestisementtien rakennuslevyjen valmistusta on Suomessa tapahtunut jo vuodesta 1923 alkaen. Silloin Suomen Mineraali Oy, joka vuonna 1959 liitettiin Paraisten Kalkkivuori Osakeyhtiöön, aloitti Virosta hankitulla koneella kattamistarkoitukseen käytettyjen asbestisementtilevyjen valmistuksen Hietaniemessä Helsingissä. Vuonna 1930 tehdas siirtyi Tapanilaan, jossa toiminta vähitellen laajeni ja tuotevalikoima kasvoi. Tapanilassa oli vuodesta 1941 alkaen kolme koneyksikköä käytössä ja varsinaisten asbestisementtilevyjen ohella valmistettiin sisävuoraustarkoituksiin myöskin asbest-wood-levyjä sekä tulenkestäväksi lämpöeristeeksi asbestipahvia.

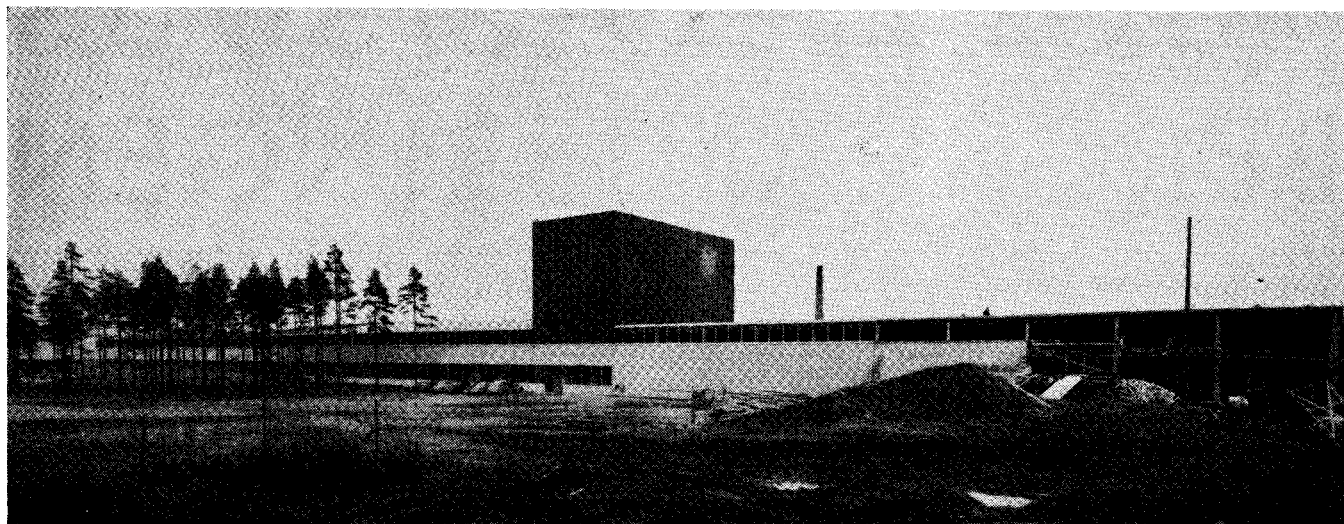
Ennen pitkää osoittautui kuitenkin Tapanilasta hankittu tehdasalue liian ahtaaksi ja kun tuli ajankohtaiseksi myöskin vanhentuneiden koneiden uusiminen päädyttiin yhtiön piirissä siihen ajatukseen, että olisi rakennettava kokonaan uusi tehdas. Tämän uuden tehdasajatuksen edelleen kehittäminen ja toteuttaminen jäikin siten vuonna 1955 yhtiön toimitusjohtajaksi tulleen dipl.ins. C. E. Carlsonin toteutettavaksi.

Asbestisementtiteollisuus on tyypillistä yhdentason teollisuutta. Samoin teollisuus tarvitsee suhteellisen paljon varastotilaa, johtuen tämä tilantarve tuotteiden vaatimasta n. 1 kk:n kovettumisajasta, sekä runsaasta tuote-

valikoimasta. Tilaa vaativa yhden tason teollisuus puolestaan aiheuttaa sen, että rakennusmaaston on oltava suhteellisen tasainen ja rakentamisen kannalta edullinen. Edelleen oli huomioitava hyvä maantie- ja rautatieyhteys, sähkövoiman saanti ja tämänluonteisen teollisuuden kannalta tärkeä riittävä sopivan veden saanti. Myöskin työvoiman riittävyys oli huomioitava. Ja koska tuotteiden rahtikustannukset merkitsevät huomattavaa hinnan lisää oli tehtaan sijaittava lähellä kulutuspainopistettä, ottaen huomioon myöskin sen, että pääraaka-aine sementti voitaisiin kuljettaa edullisesti säiliöautoilla tehtaalle.

Huolellisen etsinnän ja tutkimusten perusteella löytyi Lohjan maalaiskunnasta Muijalan pysäkin välittömästä läheisyydestä paikka, joka parhaiten tuntui vastaavan mainittuja perusteluja. Matkaa tehdasalueelta sementtitehtaalle on 20 km ja Helsinkiin 50 km ja on se Turuntiestä Lohjalle vievän tien varrella, tienhaarasta n. 2 km Lohjalle päin.

Toisena tärkeänä tehtävänä tehdashankkeessa oli sopivan konetyypin löytäminen. Monien eri Euroopan maihin suuntautuneiden tutkimusmatkojen ja perusteellisen harkinnan jälkeen päätyivät dipl.ins. C. E. Carlson ja yhtiön tekn.joht. dipl.ins. Nieminen siihen tulokseen, että olisi hankittava n.s. Hatzeg-menetelmällä toimiva universaalikone. Toisin sanoen kone, jolla voitaisiin valmis-



Muijalan mineriittitehdas.

taa sekä aaltolevyjä, että myöskin erilaisia sileitä levyjä. Sileät levyt olisi pystyttävä myöskin suuremman tiiviuden saavuttamiseksi puristamaan, joten hankintaan tulisi sisältyä riittävän tehokas puristin.

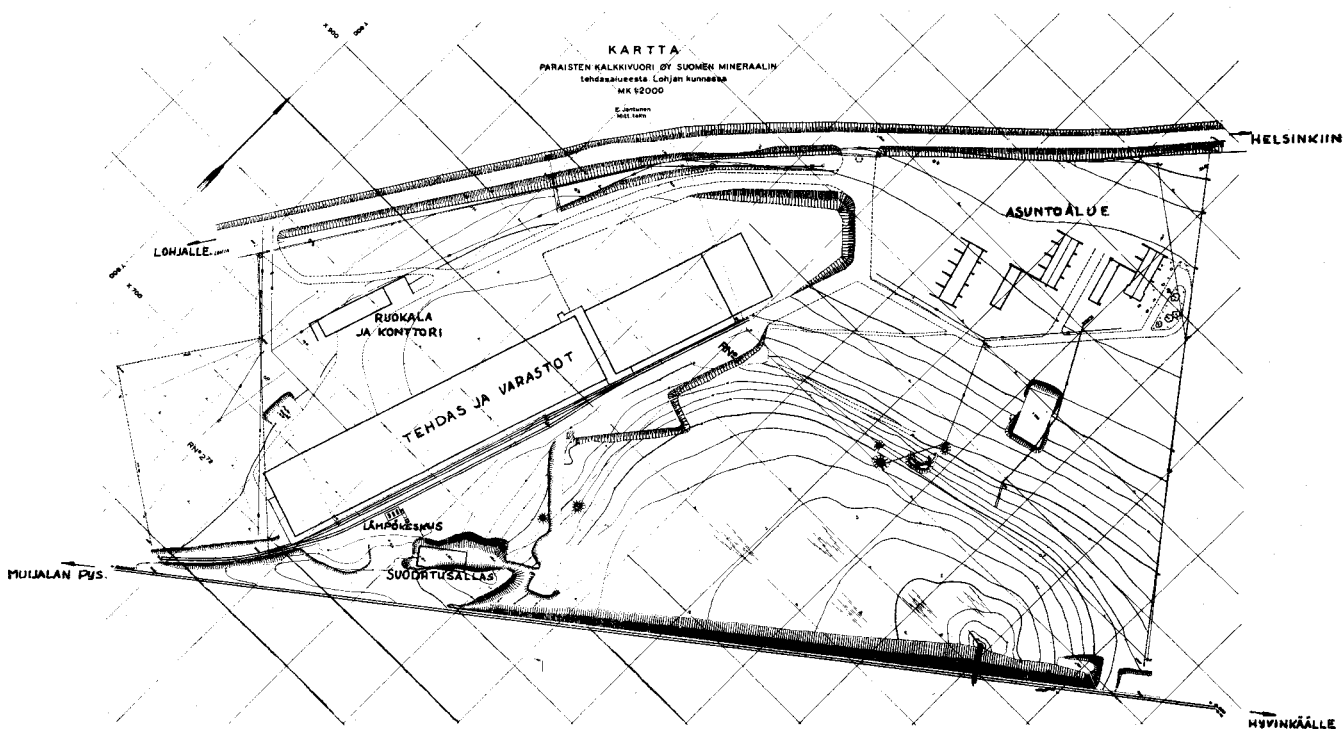
Konehankinnan sai tehtäväkseen sveitsiläinen yhtiö Bell & Cie ja koneen kapasiteetiksi sovittiin 6.000 m² 5 mm paksua levyä vuorokaudessa kolmivuorokäyttöisenä. Puristimen kokonaispuristusvoima oli 7.500 tonnia. Lisäksi sitoutui hankkija antamaan tarvittavaa teknillistä apua tehdassuunnittelussa, koneitten asennuksessa ja tehtaan tuotantokuntoon saattamisessa.

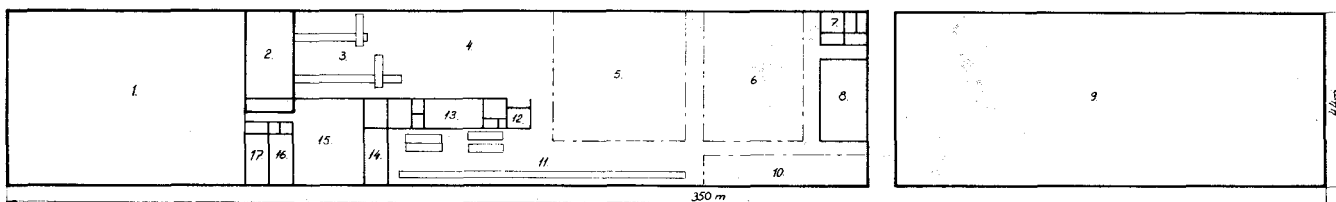
Rakentaminen ja rakennukset

Tehtaan, tehdasalueen ja tarvittavien asuntojen suunnittelu annettiin arkkitehtitoimisto Kurt Simbergin, lujuslaskelmat ins.tsto Hanson & Co:n, saniteettisuunni-

telmat ins.tsto Leander & Co:n sekä sähkösuunnitelmat ins. tsto Risto Mäenpään tehtäväksi.

Maastotyöt päästiin alkamaan syksyllä 1956 ja ensimmäisenä valmistui keväällä 1957 läheisestä lamesta tuleva vesijohto ja pumppuasema. Samana kesänä valmistui myös ensimmäinen asuntoryhmä jossa oli 3 ja 4 perheen rivitalot ja niiden vaatima huoltorakennus. Kesällä 1958 valmistui teräsbetonikaarisen tehdasrakennuksen ensimmäinen vaihe, jolloin päästiin myös aloittamaan koneasennukset. Ensimmäinen kone saatiin käyttökuntoon tammikuussa 1959, mutta jo samana syksynä oltiin pakotettuja tilaamaan samalta toiminimeltä toinen kone, joka oli tarkoitettu yksinomaan aaltolevyjien valmistusta varten. Syksyllä 1959 valmistui HB rakenteinen tuotovarasto. Vuonna 1960 aloitettiin tehtaan varastotilojen laajentaminen ja konttoriruokala-rakennuksen teko, jotka kaikki tulevat loppuunsaoritetuksi tänä vuonna samoin





TEHDASRAKENNUKSEN KÄYTTÖKAAVIO.

- | | |
|---|---|
| 1. Asbestivarasto | 10. Rautatielähetysten valmistelu |
| 2. Asbesti- sementtiliitteen valmistus ja sementtisäiliöt | 11. Pienten seinälevyjen keraaminen värjäyslaitos |
| 3. Levykoneet | 12. Höyrynkehitys |
| 4. Levyjen purkaus ja välipeltien rasvaus | 13. Laboratorio |
| 5. Lämmin kovettumistila tuotteille | 14. Värjäyslaitoksen värin valmistamo |
| 6. Lajittelu ja sahaus | 15. Korjaamo |
| 7. Varastokonttori | 16. Tarveainevarasto |
| 8. Kiinnitystarvikevarasto | 17. Trukkitalli |
| 9. Valmistevarasto | |

kuin uusi 5 perheelle tarkoitettu rivitalokin. Edelleen on valmistusvaiheessa tehtaan jätevesien puhdistuslaitos. Kun kaikki yllämainitut rakennusvaiheet ovat valmiina on tehdasalueella käytettävissä

Tehdastilaa (teräsbetoni)	77.740 m ³
Tuotevarastoa (HB+minerit)	42.775 »
Konttori + ruokala (teräsbet.)	2.950 »
Asunto + talousrak. (puu+minerit)	5.035 »

Tehtas ja varastot on rakennettu yhtenäiseksi kompleksiksi, joka on 350 m pitkä ja 44 metriä leveä. Teräsbetoniossa on kahtena kehänä ja HB-osa yhtenä.

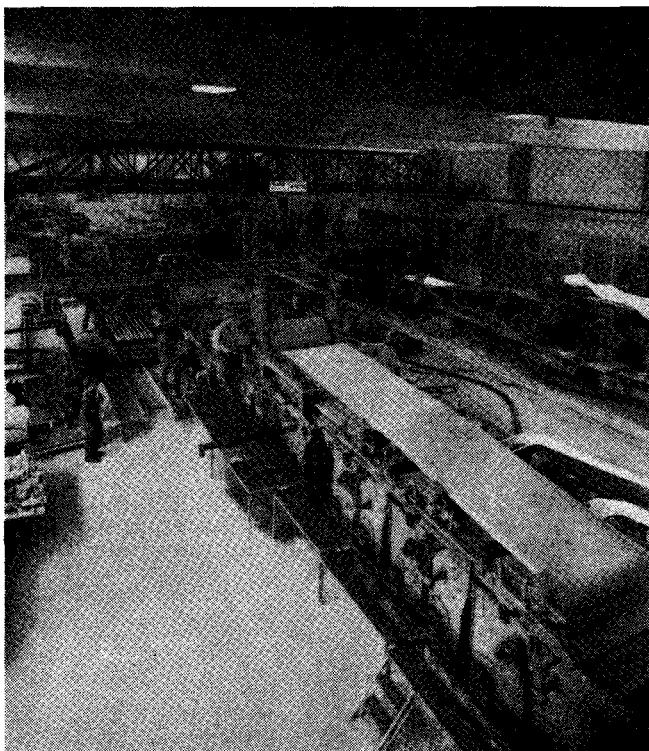
Tuotanto

Tehtaan valmistusohjelma käsittää asbestisementtisiä katto- ja seinälevyjä, suoria ja aaltomaisia. Tuotteiden vaatimat käsinmuovauskappaleet tehdään edelleen vanhalla tehtaalla Tapanilassa. Asbestisementtilevyt sisäl-

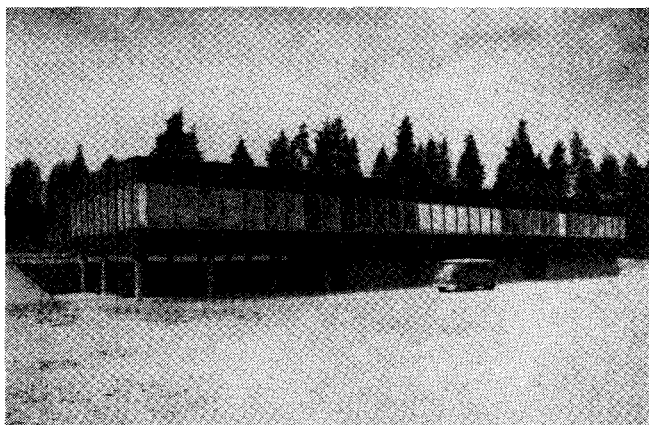
tävät kuivapainoltaan n. 85 % sementtiä ja n. 15 % erilaisia asbestikuituja. Levyjen tilavuuspaino on puristamattomana n. 1,6 ja puristettuna n. 2. Levyjen ominaisuudet on tarkoin määritelty kansainvälisillä standardimääräyksillä joiden mukaisia ovat kotimaiset standardit. Näistä määräyksistä tässä yhteydessä mainittakoon vain, että esimerkiksi tavallisen 100 cm leveän aaltolevyn tulee kestää 110 cm jänneväliä keskeltä rasitetuna murtumatta vähintään 260 kg:n kuormitus.

Noin puolet tehtaan tuotannosta on aaltolevyjä. Niiden suurin pituus on 2,5 m ja leveys 1 m. Paitsi luonnonharmaana voidaan niitä myös valmistaa valkosementistä tehtyinä tai sitten oksidiivärein valmistuksen yhteydessä värjättyinä punaiseksi, ruskeaksi, mustaksi tai vihreäksi. Suorien levyjen suurin koko on 2,5 m x 1,2 m. Tavalliset paksuudet ovat 5, 7 ja 9 mm ja suurin paksuus 20 mm. Näitä valmistetaan sekä valkosementistä että tavallisesta portlandsementistä. Edelleen kuuluu tehtaan valmistusohjelmaan pienet omakotitalojen seinävuorausleikkeitä tarkoitetut levyt, joitten koko on 30 x 60 cm ja paksuus 4 mm. Näihin levyihin liitetään eri vaiheessa tänä kesänä valmistuneessa värjäämössä n.s. keraaminen värripinta. Värjäämön laskettu kapasiteetti on 3.000 m² vuorokaudessa.

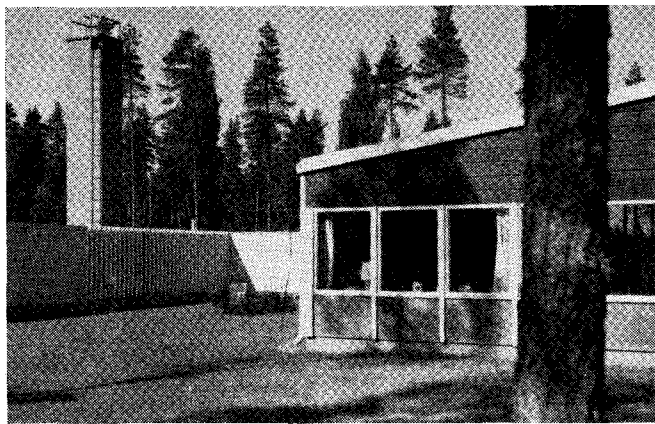
Tehtaan valmistusohjelmaan kuuluu vielä uusi tuote, Luja-levy. Siinä on asbestikuidut korvattu selluloosakuiduilla ja osaksi kotimaisella asbestitomulla. Tämä tuote on tarkoitettu tulta estäväksi sisävuorauslevyksi ja myös ohuempana lämpöeristyksen suojaksi varsinaisten pintamateriaalin alle. Levykoot ovat 250 x 120 ja paksuus 4,5 tai 3 mm.



Tehdashalli.



Konttori- ja ruokalarakennus.

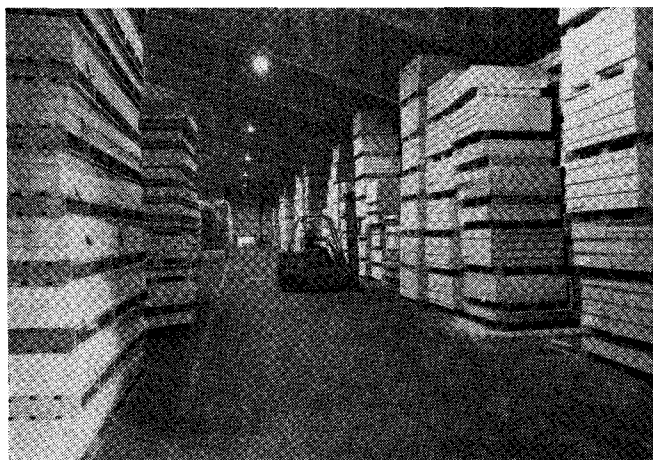


Näkymä asuntoalueelta.

Kaikkien tuotteiden valmistus tapahtuu periaatteessa samalla tavalla. Ensin asbestikuidut hajoitetaan kollerissa ohuiksi kimpuiksi ja senjälkeen lietetään veteen asbestivesilietteenä. Tämän jälkeen lietteeseen sekoitetaan hollantilaisessa sementti ja näin saatu perusliete, kuivapaino n. 10 %, ohjataan kouruja myöten varsinaiseen koneeseen. Levykone muistuttaa nostosilinteri-kartonkikonetta josta se aikoinaan onkin kehitetty. Konevaiheen jälkeen levy menee stanssukseen ja sitten se siirretään imulla koneelinjan sivuun, jossa tuoreiden levyjen väliin ladotaan rasvatut teräspellit, jotka n. 8 tunnin kuluttua puretaan pois. Suorat levyt käyvät vielä valmistuksen jälkeen puristimessa. Koneen toiminta on pitkälle automatisoitu ja sen hoito vaatii vain kaksi henkeä. Vuoron vahvuus on kaikkiaan 12 henkeä. Valmistuksen jälkeen pidetään levyjä kovettumassa varastossa n. 1 kk., jonka jälkeen ne ovat valmiit markkinoitaviksi. Vuorokausituotanto on yhdellä koneella n. 10.000 m² 5 mm:n levyä. Toinen kone tänä syksynä tulee kaksinkertaistamaan tuotannon.

Kuljetukset

Konehallissa valmiin tavaran käsittely tapahtuu kattosturilla niin kauan, kun teräspeltiset välilevyt ovat pin-



Näkymä varastosta.

koissa mukana eikä levy ole vielä kovettunut. Välipeltien purkauksen jälkeen siirretään tuotteet kuormalavoille ja siirto tapahtuu trukeilla. Trukkeja on tällä hetkellä 7 kpl ja päätyyppi on Clark Cy 50, joka triplex-mastolla pystyy varastoimaan tuotteet yli 5 m korkeisiin pinoihin. Trukeilla suoritetaan myös tuotteiden lastaus rautatievaunuihin ja kuorma-autoihin. Tuotteista lähetetään markkinoille n. 40 % junakuljetuksina ja n. 60 % auto-kuljetuksina.

Tuotteiden käytön yleistyminen

Viime aikoina on asbestisementtituotteiden käyttö yleistyntynyt huomattavasti. Muijalassa valmistettujen tuotteiden kauppanimi on »Minerit». Mineritiin käytön kehityksestä antanee selvimmän kuvan muutamalta viime vuodelta oleva tilasto. Luvut ovat m², mutta ei muutettu 5 mm paksuiksi vaan toimitettuja määriä, joten vertailtavuus ei ole aivan tarkka

1958	Tapanila	630.677
1959	Muijala	1.147.503
1960	Muijala	1.795.692
1961	Muijala n.	2.000.000

Henkilöstö

Näihin saakka on työvoiman saanti lähiympäristöstä ollut verraten helppoa, mutta kokonaisväkimäärän nykyisin noustessa n. 200 henkeen alkavat luontaiset mahdollisuudet heikentyä. Yhtiö onkin hankkinut omistukseensa huomattavan lisämaa-alan tarkoituksella tämän turvin helpottaa asuntotilannetta. Paikalliset asukkaat, jotka eivät aikaisemmin ole olleet lainkaan tehdastyössä, ovat verraten nopeasti perehtyneet uuteen työhönsä ja vaihtuvuus on ollut pieni, vaikka huomattava osa työstä joudutaan suorittamaan kolmivuorotyönä. Työvoiman saantia on huomattavasti helpottanut vilkas linja-autoliikenne. Ainoa järjestely, mikä kulkuvuorojen tähden on jouduttu suorittamaan on se, että tehtaan aikaa on täytynyt siirtää 5 minuuttia normaalia aikaisemmaksi.

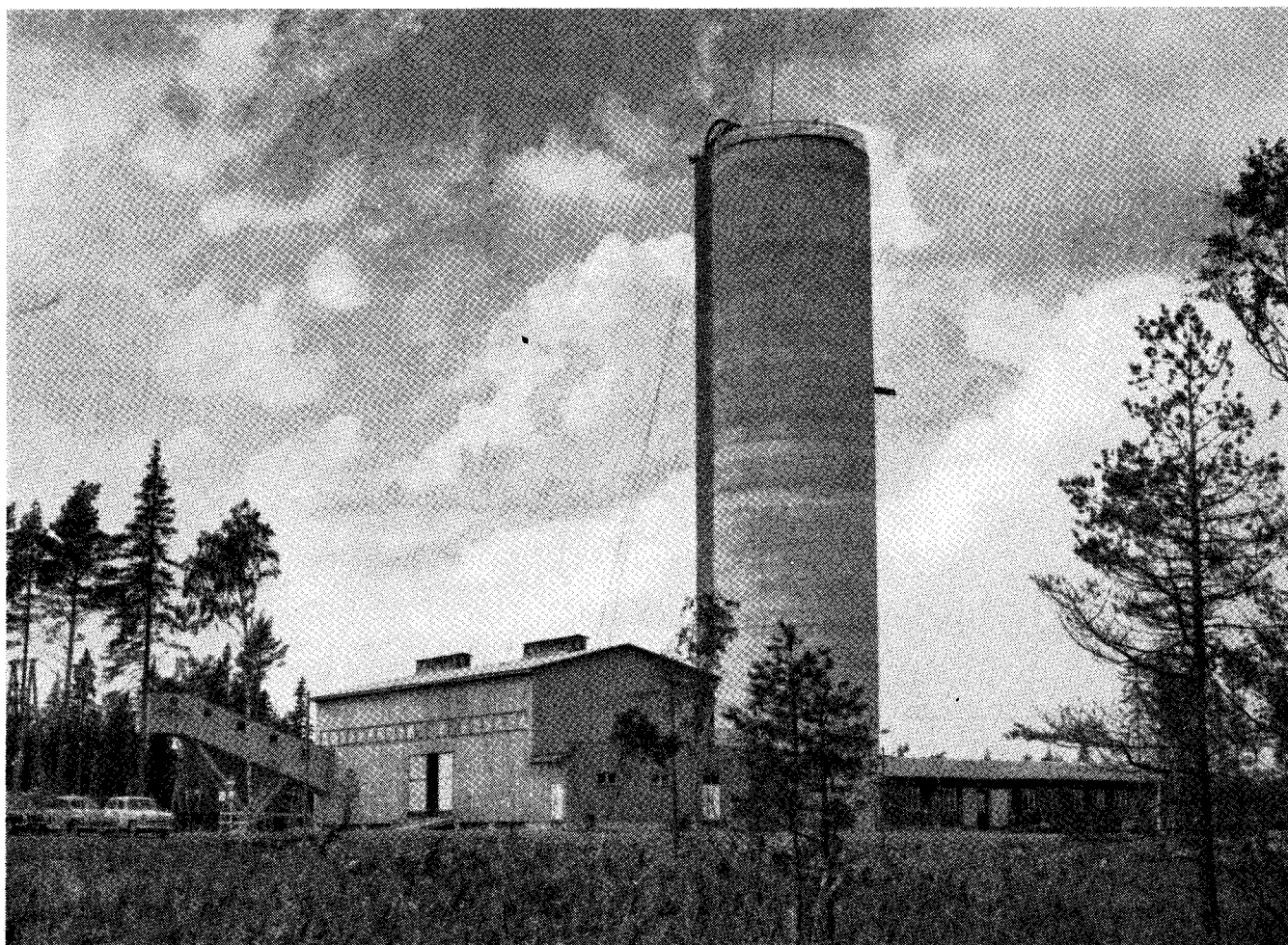
Loppupäätelmä

Yllä on yritetty hahmotella jonkinlainen kuva Muijalan Minerittitehtaasta. Tuntuu siltä, että vanhan laitoksen korvaaminen uudella ja sen rakentaminen kokonaan uudelle paikalle on ollut oikeaan osunut toimenpide. Yleinen teknillinen kehitys on luonut siinä määrin kokonaan uuden tilanteen, että pulman ratkaisu vanhan tehtaan modernisoinnin avulla olisi ollut äärimmäisen vaikea.

S U M M A R Y

The subject treated in the article is the modernization of an old asbestos cement factory in such a way that the factory is altogether built in a new district, equipped with new machinery and a totally new staff.

The article also shows how this is carried out and makes an appraisal of the result.



Kuva 1. Teollisuuslaitoksen yleiskuva. Nostotornin vasemmalla puolella rikastamo ja sen edessä jakokeskus, oikealla puolella huoltorakennus.

OUTOKUMPU OY, KORSNÄSIN KAIVOS

Kaivostoiminnan edellytykset ja kaivoksen perustaminen

*Dipl.ins. Kalevi Eskola
Outokumpu Oy, Korsnäs*

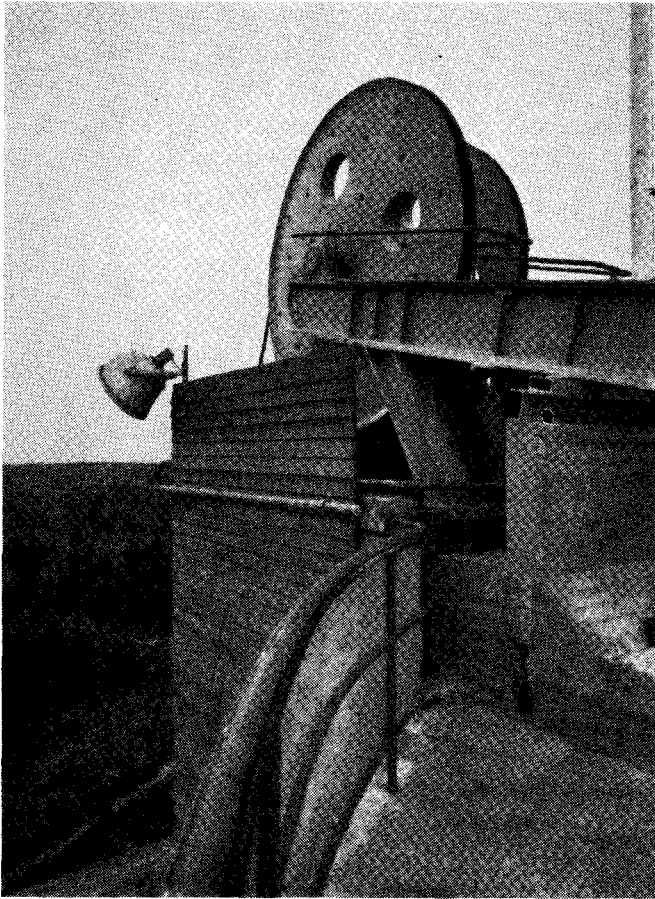
Yleistä

Korsnäs in kaivos sijaitsee Pohjanlahden rannalla Korsnäs in pitäjässä Vaasa—Närpiö tien varrella 50 km Vaasasta lounaaseen. Mainitusta tiestä valmistui väli Vaasa—Korsnäs öljysorapäälysteisenä v. 1960. Korsnäsista tie jatkuu vanhana ja mutkaisena Närpiöön, missä se yhtyy Vaasa—Pori tiehen n:o 8. Uusi tie Närpiöön on vasta viitoitettu.

Korsnäs kuuluu maamme niihin osiin, missä maan koahoaminen on nopeinta, noin metri sadassa vuodessa. V. 1000 olivat Korsnäs in kirkonkylän tienoot vielä meren pinnan alapuolella ja kaivosalue nousi merestä vasta noin

250 vuotta sitten. Maaperä on karua rantamoreenia, eikä rakennuskelpoista soraa esiinny. Huonosti se soveltuu maanviljelykseenkin, vaikka 70 % Korsnäs in 3.200 asukkaasta saakin toimeentulonsa maataloudesta. Vain 3 % väestöstä elää kalastuksesta, minkä päätuotteesta, silakasta, osa jalostetaan edelleen mm. minkeiksi.

Pieniä myllyjä ja sahoja yms. lukuunottamatta ei paikkakunnalla ennen kaivostoiminnan aloittamista ole ollut teollisuustoimintaa, joten ei myöskään ollut saatavissa teollisuustyöhön tottuneita ammattimiehiä muuta kuin muutamia Ruotsin kaivoksissa työskennelleitä.



Kuva 2. Taittopyörät kannatusrakenteineen. Tornin puinen osa ja taittopyörät on varustettu kiinteällä palonsammutusputkistolla.

Tutkimus- ja rakennustyöt

Aiheen malminetsintään antoi v. 1950 ojanperkaustöiden yhteydessä löydetty lyijyhohdetta sisältävä kalkkikivilohkare. Geologinen tutkimuslaitos suoritti vuodesta 1951 lähtien sitkeästi tutkimuksia, joiden tuloksena vuonna 1955 paikallistettiin ns. Svartörenin malmi. Vuodesta 1956 lähtien Outokumpu Oy jatkoi tutkimustöitä. Kaivospiiritoimitus suoritettiin v. 1957.

Rakennustyöt aloitettiin vuoden 1958 lopussa. Ensimmäiseksi rakennettiin 45 m korkea betoninen murskaamo ja siilorakennus, johon liittyy puinen kaivostorniosa. Taittopyörät on asennettu teräspalkeille, kantavana rakenteena rakennuksen betoniosa. Rakennuksen tilavuus on 3.600 m³ ja malmisiilon tehollinen tilavuus lähes 700 tonnia eli rikastamon kahden vuorokauden tarve. Siilosta on erotettu osastot raakkaa ja palamalmia varten. Samanaikaisesti nostotornin kanssa rakennettiin huoltorakennus, mihin on sijoitettu nostokone, paineilma-keskus, kaivostupa, korjaamo sekä teknillisen henkilökunnan toimistotilat ja lämmin varasto. Rakennus on puusta, kokonaistilavuus 3.200 m³.

Rikastamo on niinikään puurakenteinen. Sen runko, joka samalla kantaa nosturipalkit, on teräsrakenteinen. Rikastamon yhteyteen on sijoitettu voimakeskus. Koko rakennuksen tilavuus on 3.500 m³. Varsinaisia lämmityslaitteita ei ole.

Teollisuusalueelle on vielä sijoitettu 1.000 m³:n kylmä varastorakennus, missä on mm. porasydänvarasto.

V. 1960 valmistuivat niinikään puusta rakennettu 1.000 m³:n suuruinen konttori- ja käyttölaboratoriora-

1) Vuoden 1960 lopussa oli 1.287 korsnäsiläistä työssä ulkomailla.

kennus sekä ruokala, jonka tilavuus on 1.300 m³. Viimeksimainitut on sijoitettu tuotantolaitoksista erilleen.

Kaikki teollisuusalueen rakennukset, 13.600 m³, lämmitetään yhdestä öljykäyttöisestä lämpökeskuksesta, joka on huoltorakennuksen yhteydessä.

Asuntoalue sijaitsee 2 km päässä kaivoksesta Pohjanlahden rannalla. Koska paikkakunta on alityöllisyysaluetta, pyrittiin asuntorakennustoiminta pitämään mahdollisimman vähäisenä ja käyttämään paikallista työvoimaa. Osoittautui kuitenkin, ettei sitä ollut riittävästi saatavissa lähinnä Ruotsiin suuntautuvan muuttoliikkeen vuoksi¹⁾. Yhtiön omaa rakennustointia jouduttiin tämän vuoksi laajentamaan alunperin suunnitellusta. Parhaillaan rakenteilla olevat asunnot mukaanluettuna asuntoalue käsittää 4.500 m³ ja 25 huoneistoa. Lisäksi on ostettu tai vuokrattu 3—5 km kaivokselta sijaitsevasta Korsnäsin kirkonkylästä yhteensä 8 asuntoa.

Asuntoalueelle on myös sijoitettu tarpeelliset sauna-, pesutupa- ja kerhohuonetilat sekä yhteinen öljykäyttöinen lämpökeskus.

Voima ja vesi

Rakennusaikainen sähkövoima saatiin Vaasan Sähkö Oy:n paikallisesta 20 kV voimajohdosta. Linja oli riittämätön syöttämään kaivoksen käynnissä ollessa tarvittavaa energiamäärää. Sen vuoksi rakennettiin Vaasasta saman yhtiön Purolan muuntoasemalta uusi 45 kV voimajohto kaivokselle. Tämä linja ja 1.000 kVA:n 45/0,4 kV muuntoasema otettiin käyttöön joulukuussa 1959.

Paineilman tarpeen tyydytti aluksi kaksi siirrettävää 16 m³/min tuottavaa kenttäkompressoria. Parhaillaan asennetaan huoltorakennukseen sijoitettua paineilma-keskusta, mihin tulee kolme kiinteää samankokoista kompressoria.

Teollisuusvesi otetaan merestä. Pumppuasema ja asbestimenttiputkista rakennettu painejohto valmistuivat kesällä 1960. Juomavesi, jota kaivoksen läheltä ei ole saatavissa, tuodaan tankkautolla ja varastoidaan nostotorniin sijoitettuun 5 m³:n säiliöön.

Puhelinyhteydet

Kaivostoiminnan alkaessa olivat paikalliset viestiyhteydet perin rappiolla. Ensimmäinen parannus saatiin aikaan, kun Vaasan Puhelin Oy, jonka jakoalueeseen Korsnäs kuului, rakensi kantoaltoyhteyden Vaasasta Korsnäsiin. Paikallinen puhelinyhdistys luopui maaliskuussa 1961 toimiluvastaan. Sen jälkeen on valtio ryhtynyt rakentamaan puheliverkostoa kokonaan uudelleen. Kaivoksen sisäisten yhteyksien hoitamiseksi on yhtiöllä oma automaattivaihde.

Tuotanto ja tuotteiden markkinointi

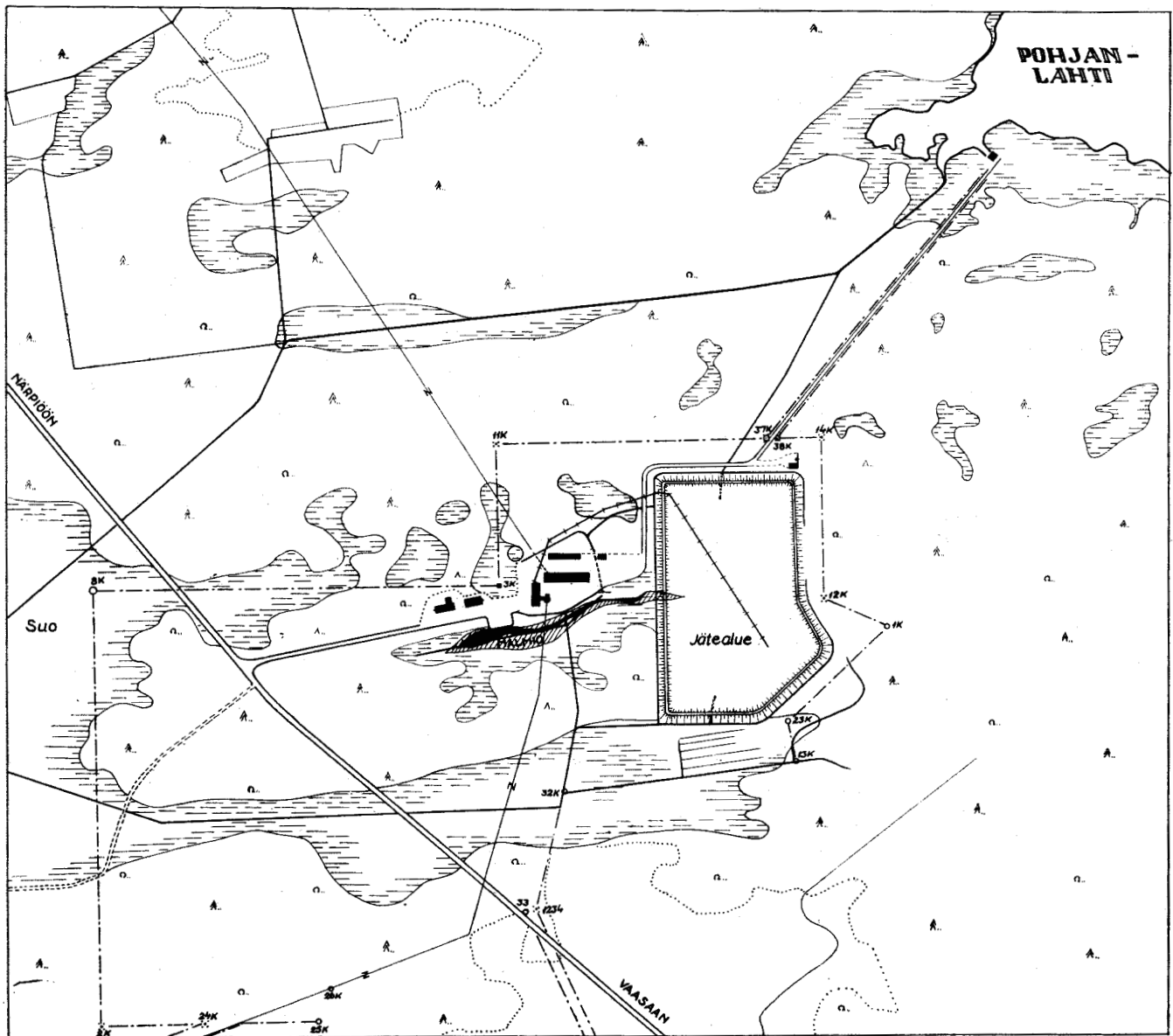
Kohta nostotornin valmistuttua aloitettiin kuilunajo helmikuussa 1959. Kuilu sijoitettiin malmin keskiosaan jalkapuolelle ja on 265 m syvä ulottuen tunnetun malmin alle. Se valmistui saman vuoden joulukuussa. Näytteen saamiseksi malmista ajettiin 110 m pitkä perä kuilunajon lomassa tasolle 65 malmin poikki.

Rinnan maan päällä suoritettujen rakennustöiden kanssa jatkettiin kaivoksessa tutkimusperien ajoa 20 metrin tasovälein pitkin malmin jalkaa pitäen silmällä niiden käyttömahdollisuutta myöhemmin välitasolouhintaperinä. Aluksi malmi varastoitiin maan pinnalle. Rikastamon koneasennusten valmistuttua kesällä 1960 valmistavista töistä saatu vähäinen malmimäärä rikastettiin

MERKINTÖJEN SELITYKSIÄ

- Tehdasrakennuksia
- - - - - Kaivospiirin raja
- Jäteränni
- z - Voimajohto

KORSNÄSIN KAIVOSALUE



Kuva 3. Korsnäsän kaivosalue.

koeluontoisesti aika ajoin. Väliaikoina viimeisteltiin rikastamon asennustöitä.

Tuotanto aloitettiin tammikuun alussa 1961. Vuosiluhinnan suuruudeksi tulee 100.000 t. Koska valmistavat työt ja osin tutkimuksetkin kaivoksessa ovat vielä käynnissä, toimii rikastamo toistaiseksi puolella kapasiteetilla.

Malmi on helposti rikastettavaa. Saanti on koko ajan ollut yli 90 %. Riippuen siitä, miten paljon malmissa on rapautunutta gneissia, joka sisältää helposti vaahdotettavia silikaatteja ja grafiittia, vaihtelee erikasteen lyijypitoisuus 70 ja 80 %:in välillä.

Kaivoksen tuotevarastoon mahtuu parin kuukauden tuotanto. Siitä rikaste ajetaan autolla Vaasan satamaan, mistä se pari kertaa vuodessa tullaan laivaamaan ulkomaille.

Henkilökunta

Kaivoksen koko vahvuus on 100—110. Siitä on toimenhaltijoita 24 ja työntekijöitä 76—86. Kaivoksen ja geologisen osaston työntekijämäärä on 40—50. Rikastamon käytön hoitaa yksi mies vuorossa. Koko osastolla on hienomurskaus ja käyttölaboratorio mukaanluettuna 8 miestä. Millään osastolla ei ole omia korjaus- tai huoltomiehiä, vaan työt suoritetaan korjaamon toimesta. Pora-konekorjaukset suoritetaan korjaamossa maan päällä. Sähkömiehet m.l. on korjaa non vahvuus 22 miestä. Rakennusosasto hoitaa myös teollisuusalueen vartiointin ja siivoustyöt. Sen vahvuus on 6 miestä ja 3 naista.

Henkilökunta tekee työmatkat omilla kulkuneuvoillaan tai yleisiä liikennevälineitä käyttäen.

Korsnäsillä, Ylimarkulla ja Pirttikylällä on yhteinen

kunnanlääkäri Ylimarkussa, missä myös on sairaala. Koska maantieyhteys sinne on hankala, käyttää yhtiö Vaasan keskussairaalaa. Kaivoksen lääkäri asuu Vaasassa. Kunnan palkkaama terveyssisar kirkonkylässä on luonnollisesti myös kaivoksen palveluksessa olevien käytettävissä. Koko henkilökunnalle suoritetaan työhöntulotarkastus ja kaivoksessa työskenteleville lisäksi kerran vuodessa röntgentarkastus.

Korsnäs'n kunta on yksikielisesti ruotsinkielinen. Sen vuoksi yhtiö ylläpitää omaa yksiolettajasta kansakoulua, joka toimii kirkonkylän kansakoulun huoneistossa. Koulun oppilasmäärä on ollut noin 10. Lähin oppikoulu on Petolahdessa toimintansa syksyllä 1961 aloittanut ruotsinkielinen kunnallinen keskikoulu. Suomenkieliset lapset käyvät oppikoulua Vaasassa, missä on yhtiön ylläpitämä oppilaskoti.

Geologia

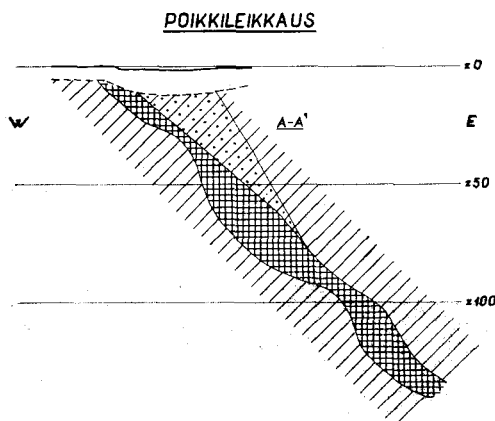
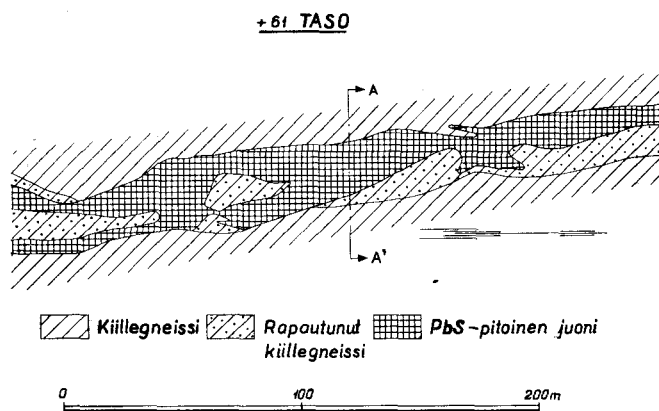
Filtri Heikki V Tuominen

Outokumpu Oy, Korsnäs

Geologinen ympäristö

Korsnäs'n seutu on alavaa vesijättömaata, jossa kallio-
paljastumia on niukasti. Syväkairauksista ja kaivoksesta
saadut havainnot täydentävät jossain määrin geologista
kokonaiskuvaa.

Malmin lähiympäristön kallioperä on pääasiassa mig-
matiittista biotiitti-plagioklaasi-gneissia, jossa on vai-
htelevia määriä granaattia, grafiittia ja magneettikiisua.
Intermediärit ja emäksiset muunnokset ovat yleisiä.
Gneissin liuskeisuus poimuilee, mutta on yleensä loivaa.
Migmatiittirakenteet noudattavat liuskeisuutta ja poimu-
tusta. Alkuperäisen kerroksellisuuden ja liuskeisuuden
suhteita ei tunneta.



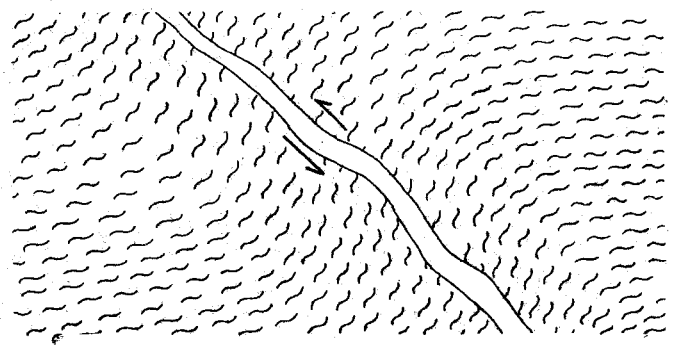
Kuva 4. Geologinen kartta ja poikkileikkaus.

Syväkivityypiset kivilajit muodostavat verrattain vähäisiä esiintymiä. Kokoomukseltaan ne vaihtelevat ultraemäksisistä graniittisiin. Laajalti esiintyvä mikrokläin muodostus ja myöhäisrakenteihin liittyvät mikrokläinigraniitit ja -pegmatiitit edustavat regionaalimetamorfosin viimeisiä tuotteita. Useissa tapauksissa nämä graniitit ja pegmatiitit seuraavat ruhje- ja siirrosvyöhykkeitä, jotka pirstovat alueen kallioperän vaihtelevan kokoisiksi lohkoiksi.

Rakenteellinen sijainti

Korsnäs'n malmi (Kuva 4) käsittää lyijyhohderikkaan osan juonesta tai juonisysteemistä, joka sijaitsee eräässä alueen monista ruhjevyöhykkeistä. Malmin pituus on n. 300 m ja se tunnetaan 170 m syvyydelle. Juonen kuten ruhjevyöhykkeenkin kulku on likimain N-S. Kaade vaihtelee 20—70° E ja on keskimäärin vajaat 45° E. Juonen paksuus vaihtelee 0—20 m. Pääjuonen liepeillä on ohuempia, suunnaltaan erilaisia, samantyyppisiä juonia. Kokonaisuutena nämä juonet muodostavat ruhjevyöhykkeen suuntaisen verkoston, joka sulkee piiriinsä erikokoisia gneissifragmentteja ja -kiiloja. Kaikki tämän verkoston juonet leikkaavat gneissin rakennetta ja breksioivat samaan ruhjevyöhykkeeseen aikaisemmin syntyneitä kvartsi-mikrokläinipeguatiitteja.

Gneissin liuskeisuus ja tätä noudattava migmatiittirakenne, jotka etäämpänä juonesta ovat loivia, taipuvat juonen tuntumassa kuvan 5 osoittamalla tavalla. Taipuman akseli ja juonen kaateenmuutosten akseli ovat suunnilleen yhdensuuntaiset viettäen keskimäärin loi-



Kuva 5. Kaaviollinen poikkileikkaus ruhjevyöhykkeestä. Nuolet osoittavat siirroksen suunnan. Migmatiittigneissin juovaisuus merkitty aaltoviivoin.

vasti pohjoiseen. On ilmeistä, että ruhjevyyöhyke, jossa juoni sijaitsee, on siirros, joka edustaa plastisena alka-
neen deformaation myöhempää ei-plastista vaihetta. Kumpikin vaihe osoittaa horisontaalista kokoonpuristumista lähinnä länsi-itä suunnassa.

Malmi

Juonen päämineraalit ovat ortoklaasi, kalsiitti, diopsidi ja skapoliitti sekä pienemmin määrin lyijyhohde, lantanidipitoinen apatiitti ja bariitti. Eräät muut sulfaatit ja fluorisälpä ovat n.yös yleisiä. Näitten lisäksi tavataan suuri joukko muita mineraaleja, joista monet ovat vesipitoisia muuttumistuloksia aikaisemmista mineraaleista tai myöhäisiä ontelokiteytyymiä.

Edellämainittujen päämineraalien jakaantuminen juonessa on oikullisesti epätasaista. Ne muodostavat kaikkia mahdollisia seossuhteita monomineraalisista tyypeistä alkaen. Tässä suhteessa ei lyijyhohdekaan ole poikkeus. Rajatapauksina se paikoin muodostaa monen metrin läpimittaisia kompakteja »pesiä», paikoin puuttuu kokonaan.

Juoni on pääosiltaan ehyttä ja tällöin pegmatiittisen karkearakeista. Suurimpien ortoklaasikiteitten läpimitta on yli puoli metriä. Kalsiittiin rajoittuessaan ne ovat omamuotoisia. Suurimmat lyijyhohdeyksilöt ovat 1 cm luokkaa, pienimmät muodostavat hienojakoista pigmenttiä, joka paikoin värjää kalsiittikiteet lyijynharmaiksi. Kaikki välikoot ovat yleisiä. Mineraalin hopeapitoisuus on pienempi kuin 100 g/t.

Juonisyteemissä on runsaasti veden täyttämiä onteloita, joitten seinämät ovat erilaisten kiteitten peitossa (kalsiitti, apofylliitti, eräät zeoliitit, kvartsi, apatiitti,

lyijyhohde, rikkikiisu, markasiitti ym.). Suurin tavattu ontelo, tilavuudeltaan satoja kuutiometrejä, sijaitsee 190-tasolla. Kalsiittia, kvartsiä, lyijyhohdetta ym. sisältävät mineraalisikeröt, jotka ilmeisesti edustavat täyttyneitä onteloita, ovat yleisiä. Juonissa on paikoin sisäisiä breksioita ja hiertovyöhykkeitä, jotka ovat yleensä suunnilleen ruhjevyyöhykkeen suuntaisia.

Huomattava osa juonen karsimineraaleista ja maasälvistä on osittain tai kokonaan muuttunut hienojakoiseksi saviksi. Myös lyijyhohdekiteet ovat tällöin hajonneet kiillottomaksi jauheeksi. Paikoin näissä savissa esiintyy parin sentin läpimittaisia säteettäisiä zeoliittiryhmiä. Hajaantuminen vähenee alaspäin ja lienee siis rapautumisilmiö. Myös kattopuolen gneissi on rapautunut savi-
seksi massaksi noin 100 m syvyyteen (Kuva 4).

Malmin alkuperä

Migmatiittigneississä edeltäneen kivilajin plastinen taipuminen, gneissin murtuminen, malmijuonta vanhempien pegmatiittien ja itse malmijuonen paikalleentulo, tämän sisäinen deformatio sekä kivilajien löyhtyminen siten, että pintavedet ovat päässeet niitä rapauttamaan, osoittavat, että nykyinen ruhjevyyöhyke on ollut toimivana liikuntasauvana varhais-prekambrisista ajoista lähtien. On selvää, että malmin syntyhistoria liittyy tämän ruhjevyyöhykkeen historiaan. Kokoomukseltaan malmimuodostuma on vieras nykyisessä ympäristössään. Sen aines-
ten luonnollisena tulokanavana on ilmeisesti ollut itse ruhjevyyöhyke, jonka tensiokohtiin ne ovat asettuneet. Malmi on nuorempi kuin ympäristön alueellinen metamorfoosi.

Kaivos

Dipl.ins. Mikko Palviainen
Outokumpu Oy, Korsnäs

Yleiset valmistavat työt

Kuilunajo alkoi kauluksen ja nostotornin valmistuttua helmikuussa 1959. 265 m syvyinen kuilu valmistui saman vuoden joulukuun lopussa. Se sijaitsee malmin keskikohdalla, jalkapuolella, n. 25 m päässä puhkeamasta ruhjeetomassa kiillegneississä.

Kuilun suorakaiteen muotoinen poikkileikkaus 2,7 m × 4,4 m on jaettu osastoihin seuraavia laitteita varten:

- Kappa ja sen alla oleva hissikori
- Vastapaino
- Putket, kaapelit, portaat
- Ilmanvaihtotorvi

Kappa-hissikoriyhdistelmälle on varattu puolet kuilun poikkipinta-alasta. Kuilun poraus suoritettiin Tampellan T 10 CW porakoneita ja yleissyöttölaitteita käyttäen. Lastaus tapahtui paineilmakäyttöisellä 250 l sormikahmurilla, joka oli ripustettu kauko-ohjattuun työlävan vaunun paineilma-venturiin. Kivet nostettiin 1.500 l kevytmetallikipolla, joka tyhjennettiin tornin raakkusiloon puoliautomaattisen kaatosillan avulla. Nostokoneena oli kaivoksen nykyinen rumpunostokone.

Kuilun kehikot ja hissien johteet ovat 7" × 7" honkaa, vastapainon johteet 5" × 5" ja ripustusputtit 5/8". Kehikköväli on 3 m. Johdeyksikön pituus on 6 m ja johteet

on kiinnitetty toisiinsa muototeräsiitoksien. Liitos sijaitsee kehikon puolivälissä.

Eräitä numerotietoja kuilunajosta.

Ajankäyttö:

— poraus	18,0 %
— lataus ja ammunta	5,2 »
— tuuletus	2,6 »
— lastaus ja nosto	32,0 »
— rusnaus	6,1 »
— kuilun rakentaminen	16,5 »
— muut työt, häiriöt	19,6 »

Yhteensä 100,0 %

Tehoja:

— kiven irroitus	7 m ³ /miesvuoro
— lastaus ja puhdistus	4,2 » / »
— etenemä	1,0 jm/puolikatkko
— keskimääräinen teho, rakennettua kuilua	32 jm/kk
— paras saavutus kalenterikuukaudessa	63 jm

Pääperät ovat tasoilla +65 ja +125, pääkuljetusperä tunnetun malmin alla tasolla +190. Tällä tasolla ovat säleiköllä varustetut kaatopaikat malmia ja raakkua

tavissa töissä, oli 10,6 tonnia nostettua malmia maanalaista työvuoroa kohti.

On osoittautunut, että malmi on muodoiltaan, kokoomukseltaan ja lujuudeltaan sangen epähomogeeninen ja epäyhtenäinen. Paksuus vaihtelee oikullisesti 0—20 metriin ja kaade 20—70°. Lyijyhohde esiintyy paikallisina kasaumina. Malmi on paikoin lujaa, paikoin pehmeää ja runsasvetistä. Kattopuolella on pintaosista +100 tasolle asti paksu kerros savimaiseksi rapautunutta gneissia, joka sortuu avoimiin tiloihin suurina möhkäleinä.

Louhintasuunnitelmat

Varsinainen louhinta aloitetaan tunnetun malmin pohjasta. Alaosissa sovelletaan välitaselouhintaa. 25 metrin pituiset louhokset sijoitetaan malmin pituussuuntaan ja louhosten väliin jätetään 10 metrin pilarit. Ennen pilarien louhintaa jouduttanee suorittamaan jätettäyttyä.

Ainakin +61 tason yläpuoliset osat on kattopuolen rapautuneen gneissin ja malmin päällä olevan n. 10 m paksun moreeni- ja savikerroksen vuoksi louhittava jotakin muuta menetelmää käyttäen. Kysymykseen saattaa tulla levylouhinta, joskin malmin loiva asento on paikoin haittana. Asian selvittämiseksi ajetaan malmin yläosissa perä 6 metrin tasovälein.

Poraus

Louhinnan porauskalustona käytetään yhdistelmää: BBC-44-RFL porakone, BMS-61 ruuvisyöttölaite ja Tampellan porauspukki. Jatkotankokalusto on 1 1/4" köysikierrakalusto 1780 mm tankopituuksin ja terät 48 mm ristipääteriä. Lisäksi tullaan louhinnassa käyttämään T 10 CW porakoneita, 1" jatkotankoja ja 45 mm ristipääteriä tai 42 mm meisseliteriä.

Perän- ja nousunajoissa on käytössä yksinomaan T 10 CW porakoneita, syöttölaitteina P 64 × 1250—1500 ja NS 73 × 1150. Porat ovat kooltaan 34—31 × 800—3200 mm ja varustetut kovametalli-meisseliterillä. Katkojen avauksissa käytetään kahta 57 mm reikää.

Porauskaluston kunnostus suoritetaan maan päällä kaivoksessa tapahtuvaa porien hiontaa lukuunottamatta. Jokaisella päätasolla on hiontapaiikka hiomakoneineen.

Lastaus ja kuljetus

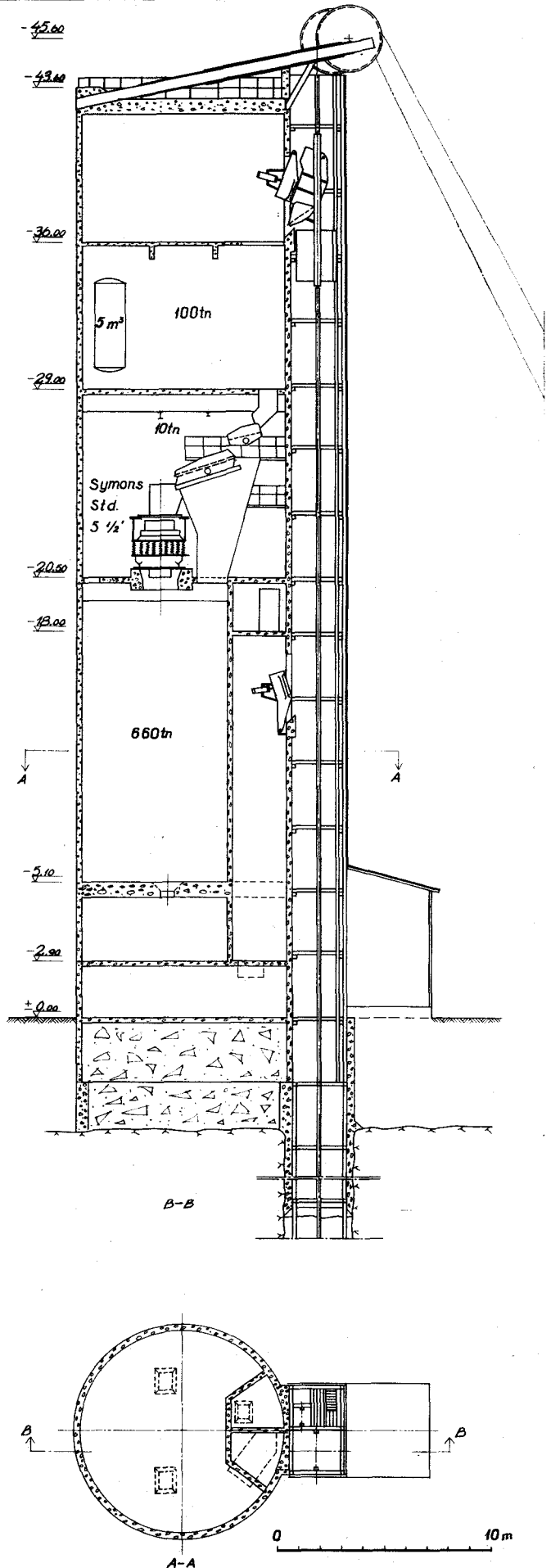
Peränajon lastauksessa käytetään kumipyörillä varustettuja lastauskuljettimia tai 2-rumpuisia raappavinttuureita. Pehmeissä malmiperissä on lastauskuljettimia varten jouduttu rakentamaan lankkuteitä. Kiskotetuilla päätasoilla ja louhosten avausten lastauksessa käytetään LM-100 lastauskoneita ja 2 m³:n paineilmakäyttöisiä keikkavaunuja. Konelastaja suorittaa myös kuljetuksen.

+190 tasolla tapahtuvissa kuljetuksissa käytetään 3,5 m³ Granby-vaunuja, joita vetää Move-412 dieselveuri. Lastauksen, kuljetuksen ja tyhjennyksen hoitaa yksi mies vuorossa.

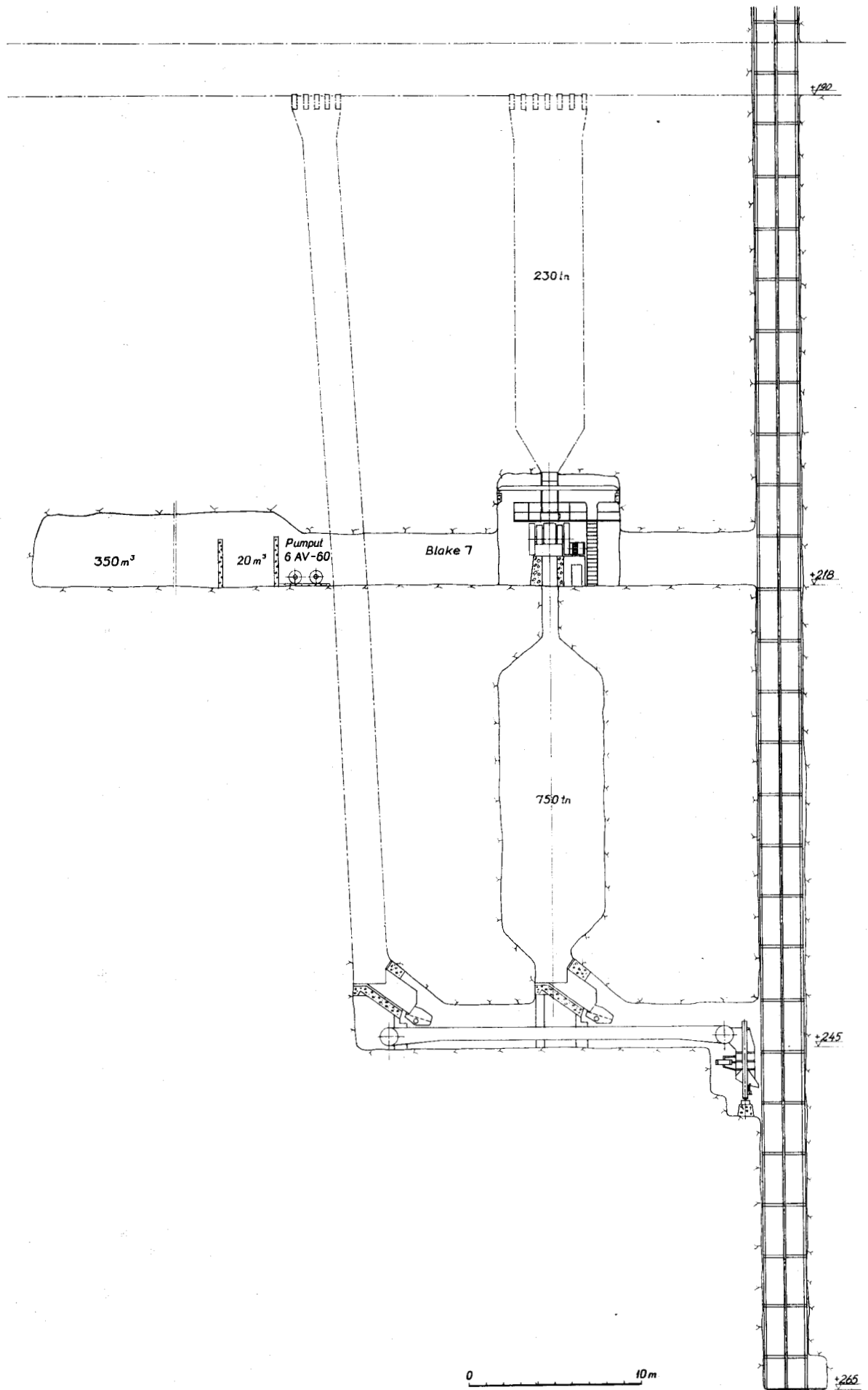
Päätasot ovat yksiraiteisia, nousu 5‰, kiskotus 100/22,3 ja raideväli 750 mm. Kiskot on liitetty toisiinsa pulttiiliitoksin paitsi kaatopaikoilla, joissa liitokset ovat hitsattuja.

Murskaus ja nosto

Jo kaatonousussa melkoisesti murskautunut malmi kaadetaan +190 tasolla 230 tonnin vetoiseen säiliöön. Lohkaremurskainta ei ole. Säiliöstä malmi syötetään 100 × 150 cm² tärysytöllä Blake 7 leukamurskaimeen, jonka



Kuva 7. Nostotorni



Kuva 8. Maanalainen murskaamo, kappalastaustaso ja säiliöt.



Kuva 9. Lastaus lastauskoneella paineilmakäyttöiseen keikka-vaunuun.

iskuluku on 225 iskua/min. ja asetus 80—110 mm. Käyttömoottori on 60 kW. Voimansiirto tapahtuu Siegling-hihnalla. Pölynpoistoa ei toistaiseksi ole tarvinnut järjestää muuten kuin kaivoksen normaalin ilmanvaihdon puitteissa.

Leukamurskaimen läpi mentyään malmi putoaa 750 tonnin suuruiseen alasäiliöön, josta se + 245 tasolla syötetään 100×150 cm² tärysytäjän kautta 1.000 mm levyisellä kumihihnalla mittataskuun. Kuljetusmatka tärysytäjältä mittataskuun on malmin syötössä 7 m ja raakun syötössä 17,5 m. Mittatasku on kooltaan ja rakenteeltaan samanlainen kuin Jeto-mallinen nostokappa. Sen täyttämisen kontrolloi Pressductor-vaaka. Kappa tyhjentyy automaattisesti paineilmasylinterillä toimivan kaatolaitteen avulla.

Nostokoneena on Morgårdshammarin vuonna 1928 valmistama rumpunostokone W-31, joka sijaitsee maan pinnalla. Sen käyttömoottori on 140 kW. Rummun ja taittopyörien halkaisija on 3,1 m. Hissikorissa on tilaa 15 henkilölle. Kapan kuorma on 3 tonnia.

Nostokorin ja vastapainon köysien \varnothing on 44 mm, paino 7,2 kg/m, murtokuorma 110.000 kg. Köysien muodostama kulma on vaakatason kanssa 67° ja rummulla vaeltamisesta johtuva kulma 3,3°. Nostomatka on 288 m ja nostopeus 2,5 m/s.

Ilmanvaihto, valaistus ja vedennosto

Kaivoksen ilmanvaihto on järjestetty niin, että eri työpisteistä imetään pilaantunut ilma putkistoa myöten maan pinnalle, jolloin raitis ilma virtaa tilalle kuilun kautta. Maan päällä sijaitsevana huippumurina on toistaiseksi 17.000 m³/h tehoinen keskipakospuhallin. Paikallistuulettimina on 7.600 m³/h tehoisia kaksoispotkuripuhaltimia sekä paineilmaejektoreita. Erillinen tuuletusnousu on rakenteilla. Se tullaan varustamaan nykyistä suuremmalla tuulettimella.

Päätasot on valaistu loisteputkivalaisimilla ja tärkeimmät työpisteet valonheittimillä.

Veden tulo kaivokseen on tällä hetkellä n. 400 l/min. Vesi ohjataan +218 tasolla sijaitsevaan selkeytymisaltaalla varustettuun 350 m³ suuruiseen säiliöön, josta se öisin pumputaan 500 l/min nostavilla pumpuilla maanpinnalle. Kuilun pohjapumppuina ovat paineilmakäyttöiset Fritz-Gründer-pumput.

Voima

Energian siirto kaivokseen tapahtuu 400 V:n jännitteisenä. Tasojen keskuksia syötetään kahdella kaapelilla, jotka normaalikäytössä ovat suljettuna silmukkana. Jakokeskukset on varustettu 2 pääkytkimellä, jolloin kukin taso voidaan tarvittaessa tehdä jännitteettömäksi sähkön jakelun silti häiriintymättä kaivoksen muissa osissa.

Sähköenergian käyttö on aikana 1. 1.—31. 8. 1961 jakautunut seuraavasti:

Paineilma	14,4 kWh/tn
Vedennosto	4,7 »
Nosto	1,8 »
Murskaus, raappaus	0,9 »
Tuuletus, valaistus, kaivostupa yms.	1,5 »
Yhteensä	23,3 kWh/tn

Valmistavien töiden vähetessä ja varsinaisen louhinnan päästessä alkamaan tulee kWh-kulutus tonnia kohden alenemaan.

Nostokonehuoneen ja kaivostuvan yhteydessä sijaitsevassa paineilmalaitoksessa on kolme AR-3 kompressoria teholtaan yhteensä 49 Nm³/min 7,6 aty:n paineella. Kaivoksen paineilma- ja vesiputket ovat galvanoituja Victaulic-putkia. Päätasojen paineilmaputkisto on 4".

Rikastamo

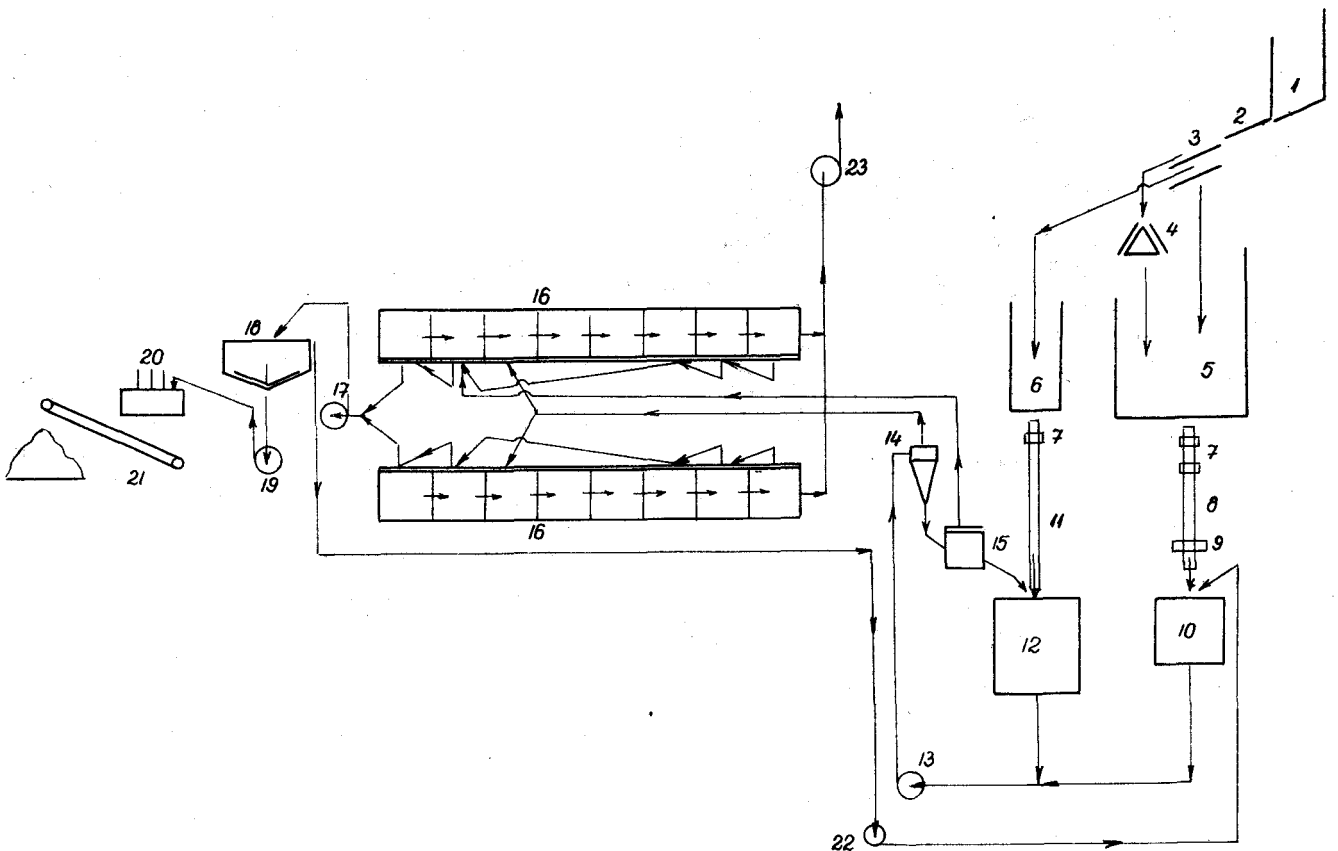
Dipl.ins. Matti Autio
Outokumpu Oy, Kotalahti

Yleistä

Malmin ainoa arvomineraali on lyijyhohde, joten sen rikastaminen on vaahdottamalla helppoa. Vuosilouhinta, 100.000 t, edellyttää tehtaan kapasiteetiksi 12,5 t/h. Käytöstä huolehtii 1 mies vuorossa. Lisäksi ovat päivävuorossa suodinmies ja korjausmies. Kaikki tehdashallin koneet jauhatuksesta suodatukseen ovat käsikäyttöisen 5 t siltanosturin ulottuvilla. Hallissa on elohopeahöyrylamput valaisimina ja kummallakin pitkällä seinällä rivi muovikkunoita. Rikastuskaavio esitetään kuvassa 10, jonka numerointi viittaa koneluetteloon.

Murskaus

Maanalaisen murskauksen läpäissyt malmi nostetaan 100 t vetoiseen tornitaskuun. Murskaus tapahtuu kahdessa vuorossa ja sen hoitaa 1 mies/vr. Malmi johdetaan tärysytötimellä 2-tasoseulalle. +50 mm fraktio murskataan 5 1/2' Symons St murskaimessa, jonka asetus on 20 mm. Soijainen kivi tekee hienomman murskauksen mahdolliseksi. —50 mm +30 mm fraktio erotetaan malmikappaleiksi. Malmisiflon sisällä olevan malmikappalesiilon vetoisuus on 75 t. Seulan läpäissyt malmi ja kartiomurskaimen tuote putkavat 700 ton-



Kuva 10. Rikastamon kytkinkaavio.

nin malmisiiloon. Murskauksen energiankulutus on 1,8 kWh/t.

Jauhatus

Malmi syötetään kahdella rumpusyöttimellä tankomyllyn hihnalle. Määrän punnitsee Adequate Weightometer. Tankomyllynä on vanha 2 200 \varnothing × 2.200 mm kuulamylly, jonka vuoraus on muutettu tankojauhaukseen soveltuvaksi. Vaikka tangot ovat vain myllyn halkaisijan mitaisia, ei niiden ristiinmenemistä ole havaittu. Vuorauksena on 2-osainen Ni-Hard palkkivuoraus (3 korkeata + 9 matalaa). Uudella vuorauksella myllyn nopeus on 76,5 % kriittisestä. Jauhauksen lietetiheys on 50 paino-

% kiintoainetta. Tankojauhauksen energiantarve on ollut 4,7 kWh/t ja tankokulutus 360 g/t.

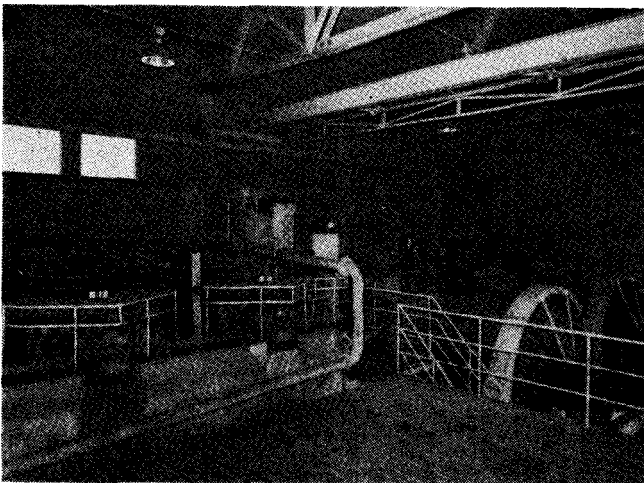
Tankomyllyn tuote pumputaan 400 mm \varnothing syklooniin, jonka ylite menee vaahdotukseen ja hiekka unitkennoon. Kennon jäte johdetaan malmikappalemyllyyn, joka on suljetussa piirissä sykloinin ja kennon kanssa. Mylly on suurennettu 2 200 \varnothing × 2.200 mm kuulamyllystä kokoon 2.750 \varnothing × 3.200 mm. 3-osaisessa vuorauksessa vuorottelevat Ni-Hard palkit ja puulistat. Jauhauksen lietetiheys on 41 % ja energiankulutus 10,2 kWh/t. Malmikappaleiden kulutus on 3 % malmista.

Jauhauksen korkea energiantarve ei johdu kovasta malmista, vaan on seuraus toistaiseksi liian pienestä syötöstä koneiden kapasiteettiin nähden. Suuren energiankulutuksen ja liian hienon jauhatuksen eliminoinemiseksi tullaan kokeilemaan yksivaiheista kuulajauhatausta nykyisessä tankomyllyssä. Tuotteiden seula-analyysit ja liijyn jakautuminen eri raeluokkiin ovat taulukossa 1.

Vaahdotus

Jauhatuspiirissä olevan unitkennon antama rikaste edustaa n. 50% saantia malmin liijystä. Rikaste johdetaan kertaukseen, koska kennon levoton pinta voi aiheuttaa silikaattien läikkymisen rikasteeseen. Unitkennon liete- tiheys on 42 % kiintoainetta. Kennoon syötetään osa KEX:sta ja flotolista.

Sykloinin ylite jaetaan kahteen rinnakkaiseen vaahdotuspiiriin. Piirin muodostaa 4 kpl OKKO 1,5 kenoja etuvaahdotuksessa, 2 kpl kertauksessa ja 2 kpl pelastuvaahdotuksessa. Kerrattu rikaste pumputaan sammiin ja jäte 200 m päähän tehtaalta, 6 ha suuruiseen padottuun jätealtaaseen. Prosessivesi, joka otetaan matalasta merenlahdesta 700 m päästä, menee rikasteen kosteutta lukuunottamatta jätealueelle.



Kuva 11. Rikastamon yleiskuva.

Taulukko 1: Raesuurouden ja lyijyn jakautuminen

Mesh	mm	TMS	TMT		SY		SH		UJ		PMT		J		UR	PbR
		y %	y %	Pb y %	y %	Pb y %	y %	Pb y %	y %	Pb y %	y %	Pb y %	y %	Pb y %	y %	y %
	26,67	89,5														
	13,33	69,9														
3	6,680	54,3														
4	4,699	49,4														
6	3,327	44,4														
8	2,362	40,2	99,6						99,9							
10	1,651	36,3	99,1	99,9					99,1	99,6						
14	1,168	32,9	97,5	99,7			99,1	99,7	96,2	99,1						
20	0,833	29,6	93,2	98,6			96,2	99,2	89,5	94,3						
28	0,589	26,9	85,8	96,2	99,7	99,6	89,7	97,6	79,9	84,6	99,8		99,6			99,8
35	0,417	24,3	76,3	91,6	98,3	98,7	79,9	93,1	69,0	70,5	99,4	99,0	98,5	99,7	99,6	99,0
48	0,295	21,9	65,7	84,3	95,0	97,0	69,3	85,1	58,5	54,6	98,4	99,5	95,7	94,0	95,9	97,6
65	0,208	19,3	54,7	73,8	89,5	94,5	59,1	72,5	50,1	42,1	96,1	98,6	90,5	89,4	83,1	95,3
100	0,147	16,4	43,7	57,1	80,2	90,9	50,5	56,2	43,8	34,6	91,8	95,7	81,7	83,3	62,9	91,0
150	0,104	14,2	35,0	46,0	69,8	77,2	44,3	45,6	39,2	29,9	85,2	91,0	72,0	77,9	49,3	83,7
200	0,074	12,6	29,5	37,3	60,8	71,0	39,8	40,8	35,0	27,1	77,3	83,5	62,9	71,1	41,9	75,1

TMS = Tankomyllyn syöte
 TMT = » tuote
 SY = Syklonin ylite
 SH = » hiekka
 UJ = Unitkennon jäte

PMT = Palamalmimyllyn tuote
 J = Jäte
 UR = Unitkennon rikaste
 PbR = Vaahdotusrikaste

Vaahdotuksen ja suodatuksen tehonkulutus on 12,0 kWh/t. Malmitonnia kohti on käytetty 56 g KEX:a ja 72 g flotolia.

Tehtaaseen on varattu tilaa mahdollista kalkkivaahdotusta varten.

Sakeutus ja suodatus

Suodatus tapahtuu päivävuorossa 3-kiekkoisella suotimella. Ilta- ja yövuoron rikaste varastoidaan nouseva-haraiseen sakeuttimeen. Sammion alite pumpputaan suotimelle ja ylite käytetään tankojauhatuksen lisävetenä. Suodatettu rikaste viedään hinnalla betonipohjaiseen ulkovarastoon, johon voidaan ottaa n. 1.000 t rikastetta.

Koneluettelo

1. Tornitasku 100 t
2. Tärysyötin 1.000 × 1.500 mm, 3 kW
3. 2-tasoseula 1.000 × 2.500 mm, 3 kW
4. 5 1/2' Symons St, 95 kW
5. Malmisiilo 700 t
6. Malmikappalesiilo 75 t
7. Rumpusyötin 612∅ × 350 mm, 1 k/min, 0,5 kW
8. TM-syöttöihna 500 × 15.600 mm, 0,5 m/s, 3 kW
9. Adequate Weightometer
10. Tankomylly 2.200∅ × 2.200 mm, 24,5 k/min, 160 kW
11. PM-syöttöihna 500 × 10.700 mm, 0,5 m/s, 3 kW
12. Palamalmimyllä 2.750 ∅ × 3.200 mm, 24,5 k/min, 160 kW
13. Malmilietepumppu, Hydroseal B-6—5, 11 kW
14. Sykloni, 400 mm∅
15. Unitkenno, 11 kW
16. 2 à 8 kpl OKKO 1,5 kennoja, 11 kW
17. Rikastepumppu, Hydroseal A-6—5, 4 kW
18. Sakeutussammio, 4.000 mm∅
19. Sammion alitepumppu
20. 3 × 6' kiekkosuodin
21. Rikastehihna, 500 mm, 18°, 0,5 m/s, 2,2 kW
22. Välituotepumppu, Hydroseal A-6—5, 11 kW
23. Jätepumppu, Hydroseal B-6—5, 22 kW

S U M M A R Y

The Korsnäs mine is a lead mine owned by the Outokumpu Co. It is situated at the coast of Gulf of Bothnia some 50 km. southwest of the City of Vaasa.

A glacial erratic found in 1950 led to the discovery of the deposit in 1955. The mine was developed and the plants constructed in 1958—1960. Production started in January 1961 and will be 100 000 tons of ore per year.

The deposit is galena-bearing part of an irregular-shaped and compositionally inhomogeneous vein, or net of veins, which mainly consist of orthoclase, calcite, diopside and scapolite. Barite, lanthanide-bearing apatite, and fluorite are minor constituents. Cavities coated by calcite, zeolites etc., as well as former cavities filled up by various minerals, are common. The veins are fracture fillings in a thrust fault zone cutting the structures of the surrounding rocks. These are early Precambrian veined and migmatite gneisses. The ore deposit and the gneiss of the hanging wall are strongly weathered to a depth of 100 m. Following the fault, the vein system strikes approximately north and dips 20°—70° (average 45°) east. The thickness of the veins varies from 0 to 20 meters. The strike length of the orebody is about 300 meters. It is known to 175 meters depth.

The mine is operated underground only. The shaft is vertical, 265 m. deep, and furnished with a concrete headframe. Hoisting engine is of drum type. In the combined cage and skip system the 3 ton skip is above. The skip is loaded and unloaded automatically.

The mining method is mainly sub-level stoping with 20 m. level-intervals.

Hauling on the main haulage level, 190 m., takes place with 3,5 m³ Granby cars pulled by Diesel locomotive. On other levels air-driven equipment is used.

The ore is brittle and requires little crushing. It is first crushed underground in a 900 × 600 mm. jaw crusher and further in a 5 1/2' cone crusher situated in the headframe. The cone crusher is suspended on four short ropes to eliminate vibration.

The concentrator consists of one rod mill and one pebble mill of overflow type. The pebble mill is in closed circuit with cyclone classifiers. Galena is floated with K-ethyl Xanthate in mechanical cells. The mill is operated by one man per shift.

Atomienergia Oy:n toimesta suoritettut uraanimalmien louhinta- ja rikastuskokeilut vv. 1958—1961.

Dipl.ins. Kalervo Räsänen, Helsinki

Tutkimustoiminnan alku.

Sähkövoiman kulutuksen ripeä kasvu maassamme viime sotaa seuranneena vuosikymmenenä antoi aihetta arvella, että vesivoimavaramme saattaisivat ennenpitkää käydä vähiin, omat polttoaineet tuntuivat kalliinpuoleisilta, ja mahdollinen suuri polttoainetuonnin kasvu arveluttavalta. Hyviä neuvoja, jotka usein ovat kalliitakin, harkitessa sieti tutkiskella, olisiko sopivaa lääkettä voimatilanteeseen ydinvoimasta, joka tuolloin oli ulkomailla noussut suureen huutoon. Eräiden yksityisten toiminnassaan voimahuollosta riippuvaisten teollisuuslaitosten toimesta ja kustannuksella perustettiin v. 1955 Atomienergia Oy:n nimeä kantava yhtiö selvittämään käytännössä ydinvoiman käyttömahdollisuuksia ja tähän liittyviä osakysymyksiä.

Ydinvoiman raaka-ainevarojen tutkiminen katsottiin alun pitäen välttämättömäksi perustyöksi, ja perustettu yhtiö ryhtyi muun tutkimustoimintansa ohella haravoimaan radioaktiivisia esiintymiä geologisesti sopiviksi arvelluilta alueilta. Nopeassa tahdissa saatiinkin ilmi koko joukko havaintoja uraani- ja thoriumpitoisista kivennäisistä, ja usko voimametallimalmien löytymismahdollisuuksiin vahvistui.

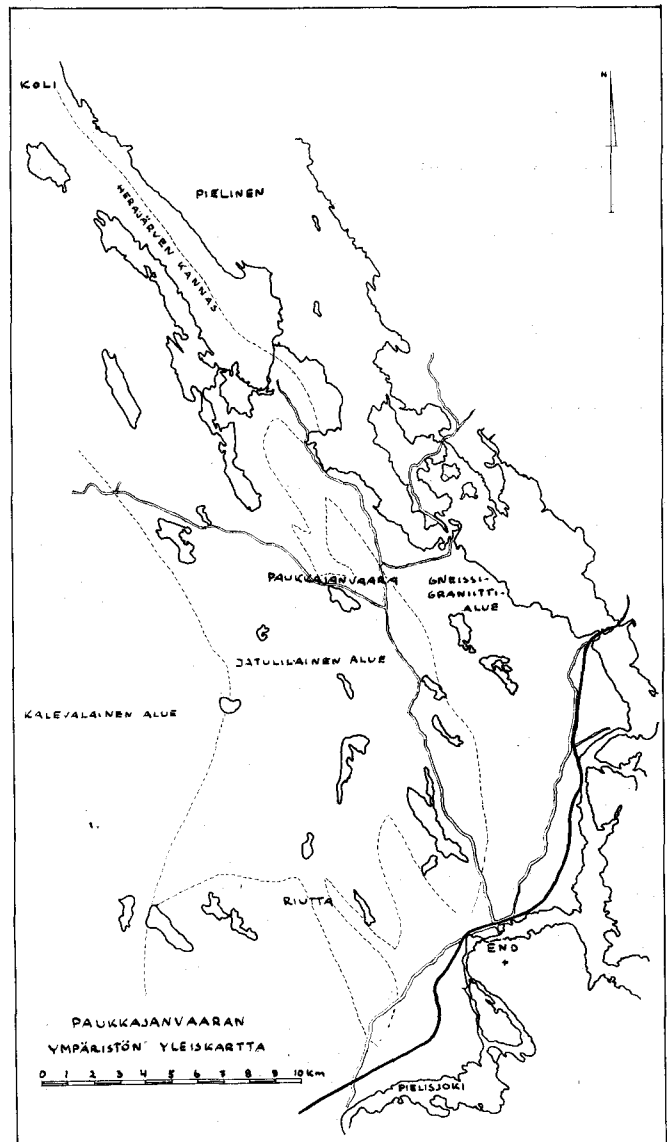
Pohjois-Karjalan uraanilöydökset.

Syksyllä 1957 tuli tietoon, että Enon Hutunvaarassa oli todettu radioaktiivisuutta kallioperässä. Tämä johti tutkimuksiin, joissa muutamien viikkojen kuluessa löytyi havaintopaikan läheisyydestä laaja ja melko hyvälaatuinen uraanimalmin lohkaruviuhka, sekä radioaktiivisuutta usein paikoin peruskalliossa ja maavesissä. Tutkimukset laajenivat v. 1958 aikana alueelle, joka lähes 30 km pitkänä ulottui Koltilta Kaltimoon. Paitsi Hutunvaaran lohkaruviuhkaa löydettiin ns. Herajärven kannaksen ja Riutan lohkaruviuhkat, sekä suuri joukko muita uraanimineralisatioiden merkkejä. Yleensäkin alue alkoi osoittaa uraniprovinssin oireita, ja yhtiön ulkopuolisetkin asiantuntijat julkitoivat tämän ns. Kolin Jakson olevan siihen asti vahvimman uraanimalmehin viittaavan löydöksen ei vain Suomessa vaan koko Skandinaviassa.

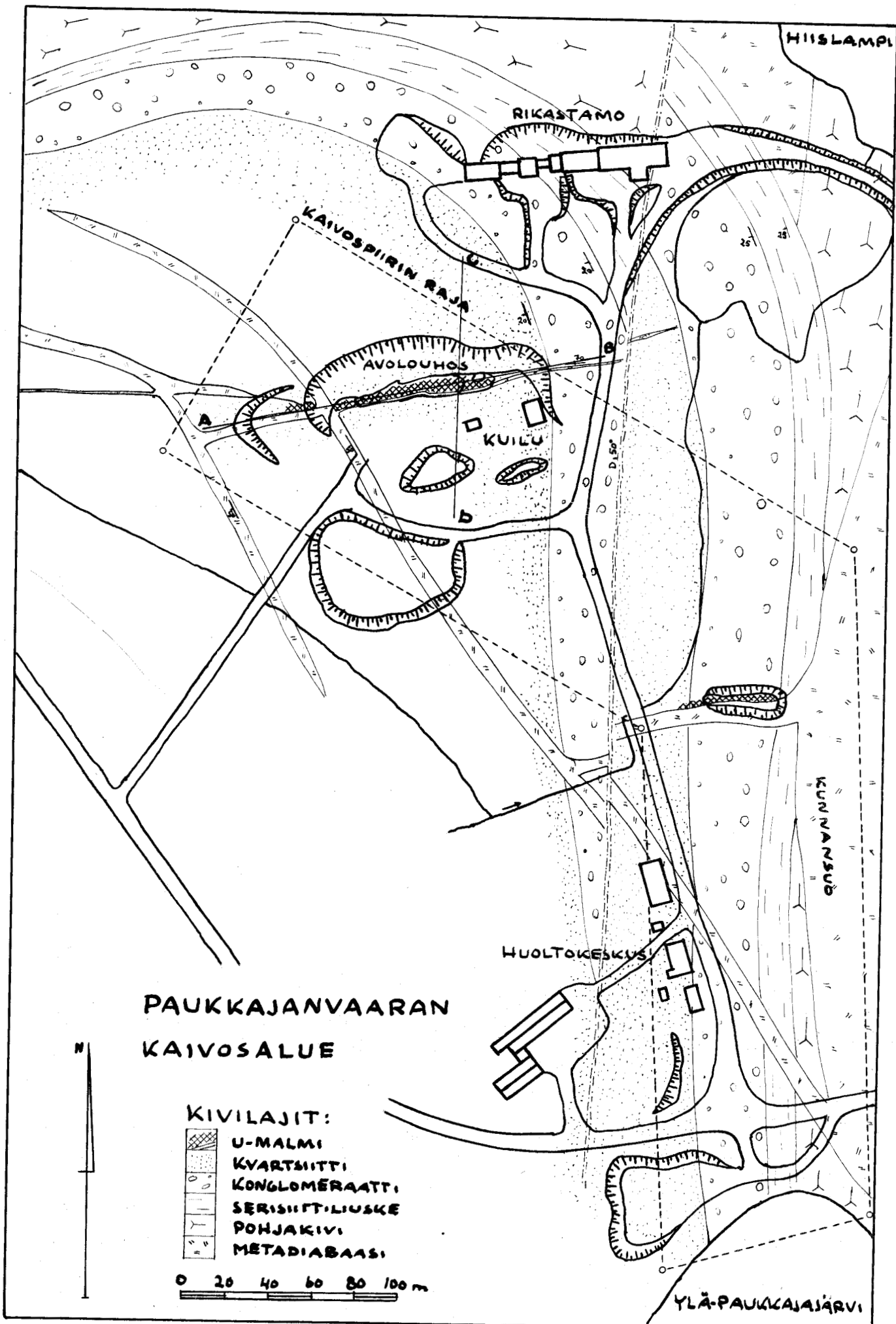
Alueen monimutkainen geologia vaatii ammattimiehen laatimaa asiantuntevaa selostusta. Todettakoon tässä vain, että uraanimineralisatiot sijaitsevat karjalaisen muodostuman kvartsiiteissa ja konglomeraateissa, joskus myös diabasien yhteydessä. Malmityyppenä on useita aina pikivälkejuonista impregnatiotyyppeihin muodostumiin ja sekundääristen uraanimineraalien aiheuttamiin rakotäytteisiin asti. Täten on sekä esiintyvien uraanimineraalien että niiden emäkivien valikoima laaja. Tähän mennessä louhimalla tutkitut malmit ovat olleet melko vapaita seuralaismetalleista, lukuunottamatta pieniä vanadinimääriä. Kvartsiittien rauta- ja kiisupitoisuus on

ollut alhainen. Rikastusteknillisesti ovat malmit siis olleet puhtaita ja liuotuskäsittelyyn hyvin sopivia. Murskaus- ja jauhatusteknilliset ominaisuudet ovat, johtuen kvartsiittien laajasta valikoimasta samassakin malmiossa, olleet vähemmän suotuisia. Rakenteeltaan ovat malmit poikkeuksetta olleet juonimaisia tai silmäkkeellisiä, joten louhintamiehillä on ollut naurussaan pitelemistä, joshan malmintutkijoillakin.







Tutkimusalueen yleiskartta kuvassa 1 ja Hutunvaaran alue kuvassa 2. Kaikki tämän selostuksen kartta- ja projektiopiirroksot on laatinut fil.maist. M. Tyni.



KARTTA 1.



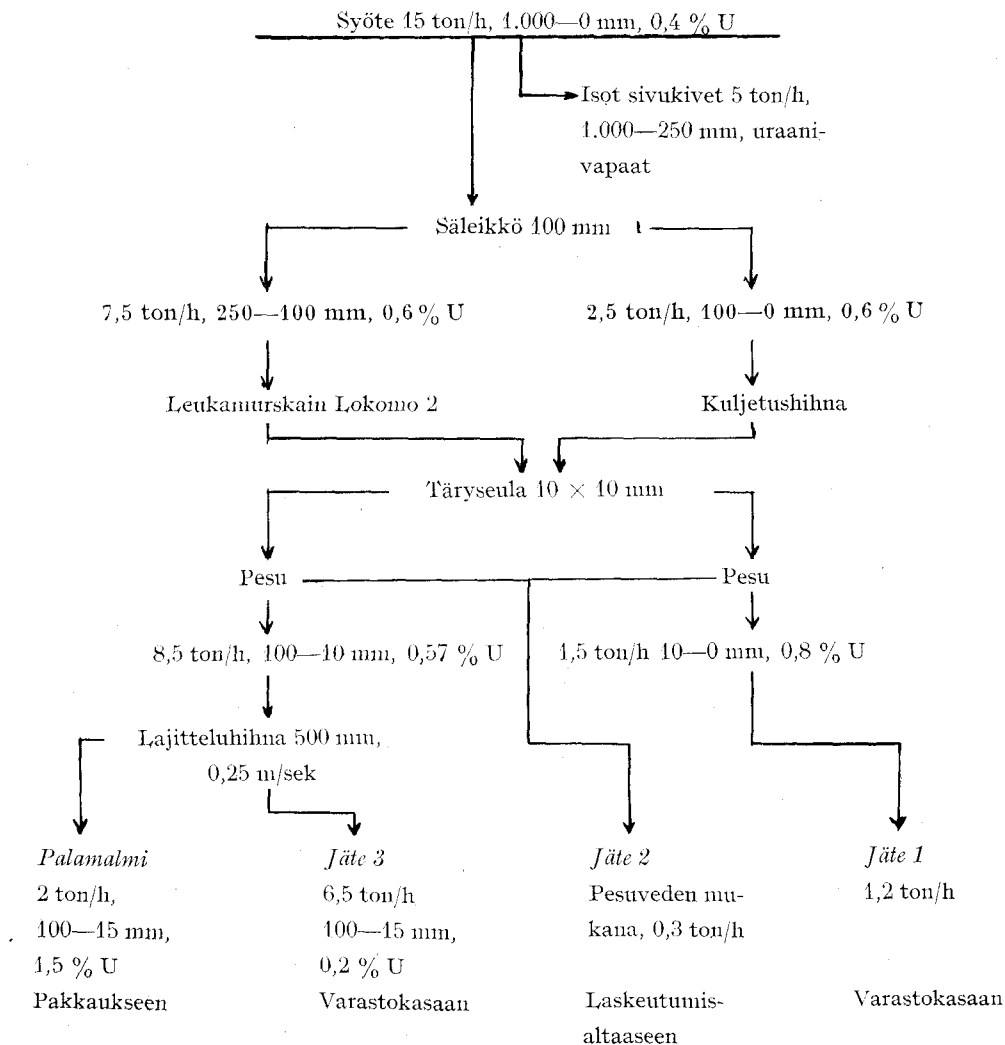
**PAUKKAJANVAARAN
KAIVOSALUE**

- KIVILAJIT:**
-  U-MALMI
 -  KVARTSIITTI
 -  KONGLOMERAATTI
 -  SERISIITTI-LIUSKE
 -  POHJAKIVI
 -  METADIABAASI

0 20 40 60 80 100 m

Hutunvaaran ensimmäisen murskaus- ja lajittelulaitoksen kaavio
v. 1958

(Jakautumisarvot arvioituja)



Kuva 3

Vuoden 1958 aikana löydettiin Hutunvaarassa kaksi pientä rakotäytetyyppistä malmipuhkeamaa sekä joukko pikivälkejuonia. Puhkeamat ristittiin Märtenson- ja Kunnansuo-malmioiksi. Nämä kairattiin vuoden loppuun mennessä 15—20 m:n profiilivälein 50—60 m:n syvyyteen, sekä koelouhittiin. Malmimäärät tuntuivat pieniltä, mutta laatu arvioitiin sangen hyväksi ja malmioiden muoto diabasi-kvartsikontaktissa tyydyttävän säännölliseksi.

Muualla Kolin Jaksolla ei varsinaisia puhkeamia oltu v.1958 tavattu. Oikullisesti vaihtelevat paksut maakerrokset vaikeuttivat tutkimuksia, ja kun karvoja sentään oli löydetty melko kimppu, arveltiin karhunkin aikanaan tulevan kierretyksi, jos eväät vain riittäisivät.

Ensimmäiset murskaus- ja rikastuskokeilut.

Kun laajalla tutkimusalueella oli todettu pistemäisesti hyvinkin rikkaita juonia, jopa paikoin ainakin pieniä malmioitakin, heräsi varhain ajatus lisätä eväitä jo teh-

tyjen löydösten osittaisella hyväksikäytöllä. Samalla haluttiin louhinnan antamaa selvyttä moniin näiden oikullisten malmityyppien ominaisuuksiin.

Markkinoita v. 1958 tutkittaessa ilmeni tyydyttäviä mahdollisuuksia myydä 1,5 % U sisältävää tai rikkaampaa malmia eurooppalaisille ostajille. Hutunvaaran malmioiden kairausanalyysit osoittivat n. 0,3 % U keskipitoisuutta, pikivälkejuonien prosenttiluokkaa olevia arvoja, ja harvinaisen rikkaita näytekappaleita saatettiin ilmeisesti poimia helposti. Vaikutti perustellulta yrittää saada tuotanto alkuun pienessä mittakaavassa valmistuen sopivalla lajittelumenetelmällä korkeaprozenttista palamalmituotetta ja käsitellen lajittelujäte tulevaisuudessa erikseen, varsinkin kun rikas uraanimalmi tuntui harvinaisena tavarana olevan kohtalaisissa hinnoissa.

Suunnitelmia käytiin laatimaan kevättalvella 1958. Apua käytettiin asiantuntijoita maan kaivosteollisuudesta sekä erikoisesti VTT:n Vuorilaboratoriota, joka kesän aikana suoritti murskaus- ja rikastuskokeita toimitetuilla malminäytteillä. Käsinaljittelussa päästiin

0,4—0,6 % U sisältävillä näytteillä 1—2 % U lajittelutuotteisiin saannin ollessa 35—50 %, ja menettelyn onnistuminen kentällä näytti luultavalta. Suoritettiin myös vaahdotus- ja tärypöytäkokeiluja, jotka osittain onnistuivatkin kohtalaisesti, mutta osoittivat suuria vaihteluja eri malmityypeille.

Kokeiden mukaan suunniteltiin murskaus- ja lajittelukaavio n. 10 malmitonnin tuntisyötölle. (Kuva 3). Tarkkoja tietoja enempää uraanin kuin murskeenkaan seulajakautumisesta ei ollut, vaan nämä arvioitiin. Syksyllä 1958 rakennettiin Hutunvaaraan suunnilleen kaavion mukainen murskauslaitos halvoin tilapäisrakentein ja nopeasti saatavissa olevin koneistoin. Samanaikaisesti louhittiin malmipuhkeamista avolouhoksina n. 4.700 k-m³, josta 2.750 k-m³ katsottiin malmiksi. Louhintatyön suoritti ulkopuolinen urakoitsija käyttäen raskasta kalustoa, kuten kaivinkoneita ja pusku-traktoreita.

Murskaus- ja lajittelulaitosta käytettiin syksyllä 1958 eri otteisiin muutamien viikkojen ajan. Ilmeni, että rikkaan palamalmiin tuottaminen lajittelemalla tulisi olemaan vaikeaa. Tiukkaan lajitteluun ja rikkaaseen palamalmiin pyrittäessä syntyi tuotetta merkityksellömän vähän. Todettiin myös, että mekaanisesti heikot uraanimineraalit pyrkivät murskautumaan emäkiviä helpommin ja täten seuraamaan hienoja raeluokkia ohi lajittelun. Lisäksi myöhäissyöksen sääolosuhteet ja mekaaniset häiriöt vaikeuttivat tämän tilapäisrakenteisen laitoksen käyntiä. Sensijaan uraanimineraalien tunteminen ei tuottanut lajittelussa vaikeuksia.

Koeajosta ei raportteja tai päiväkirjoja ole käytettävissä. Näyttää kuitenkin siltä, että lajitellun palamalmiin keskিপitoisuus liikkui 0,7—1,2 % U välillä. Saantia on syötetietojen puuttuessa vaikea päätellä, mutta se lienee ollut alhainen. Oli luultavissa, että VTT:lle toimitettu kokeilumateriaali ei vastannut louhinnassa saatavaa malmia, ja asiaa tutkittaessa todettiinkin tämä johtopäätös paikkansäpitäväksi.

Urakoitsijan suorittamassa louhinnassa olivat selektiivisyyden kontrollimahdollisuudet huonot. Todettiin, ettei malmin ja raakun pitäminen erillään ollut onnistunut, eikä malmin rakenteesta ja laadusta oltu saatu luotettavaa kuvaa. Oli kuitenkin nähtävissä, että malmiot jatkuivat syvyyssuuntaan likipitään kairauksien antamissa rajoissa. Avolouhoksien jatkaminen 3—6 m:n paksuisilla 60—70° kaateisilla malmioilla useamman kymmenen metrin syvyyteen vaikutti hankalalta, erittäinkin kun kattopuolella oli parinkymmenen metrin soraharju ja kivi sangen rikkonaista.

Marraskuun lopussa 1958 keskeytettiin sekä louhintaa että lajittelu, ja ryhdyttiin tämän toiminnan antamien kokemusten perusteella harkitsemaan teknillisesti paremmin soveltuvien hyväksikäyttömenetelmien kokeilua.

Tuotantokokeilujen toinen vaihe.

Toiminnan jatkamista suunniteltaessa ei alkuvuodesta 1959 ollut mitenkään varmasti nähtävissä, minkä naurimaan kautta tie olisi oltava oikeisin. Seuraavat seikat oli kuitenkin otettava huomioon:

- Todettujen uraanimalmityyppien rikastaminen pelkällä lajittelumenettelyllä ei ollut mahdollinen.
- Inventoidut malmiot näyttivät sisältävän yksistään Hutunvaarassa n. 100 ton U-metallia 0,25—0,3 % malmia.
- Valtaosa Kolin Jakson tutkimusaluetta oli käytännöllisesti katsoen selvittämättä, ja tutkimustyö tulisi ilmeisesti muodostumaan pitkäaikaiseksi.

- Yhtiön laajan ja monipuolisen tutkimustyön rahoittaminen oli jo nyt osakkaille tuntuva rasituksena.
- Mahdollinen tuotantotoiminta sisälsi erinäisiä riskejä, joiden katsottiin pääasiassa johtuvan käsittelyprosessista ja uraanimarkkinoista. Pienimittakaavainen kokeilu taas tuskin pystyisi tarvittavia tietoja antamaan.
- Ulkomaisen ostajan kanssa oli saatu v. 1958 lopulla syntymään suurehko palamalmiin toimitus-sopimus.

Liutusrikastuksen selvittelyssä käännyttiin uudelleen VTT:n Vuorilaboratorion puoleen, ja myös eräät ulkomaiset laboratoriot suorittivat detaljikokeita. Kokeiluissa ilmeni, että hapan liuos oli sopiva ja selvästi emäksistä edullisempi, ja että rikkihappo hyvin soveltui liuottimiksi. Useimmiten riitti jo 5—15 kg H₂SO₄ malmitonnille, millimetrituokan jauhatus ja 2—3 tunnin liuotusaika huoneenlämmössä antamaan yli 95 %:n liuotusarvoja. Runsaastikin pikivälkettä sisältäville malmeille 300—500 gr MnO₂-lisäys antoi reduktiopotentialin, jossa liukeneminen kävi helposti. Talteenotossa liuoksista saatiin ioninvaihtajilla moitteeton 85 % U₃O₈ sisältävä keltainen kakku, mutta myös yksinkertaiset neutralointisaostukset antoivat 25—50 % U₃O₈ sisältäviä tuotteita. Viimemainitut sisälsivät tosin runsaasti Fe- ja Al-hydroksideja sekä piihappoa, joten niillä oli limainen ja hankalasti suodettava rakenne, mutta menetelmä oli sangen halpa. Näihin kauttaaltaan tyydyttäviin kokeilutuloksiin oli tietysti syynä kvartsiittipohjaisten malmien puhkaus ja sekundääristen uraanimineraalien helpoliukoisuus.

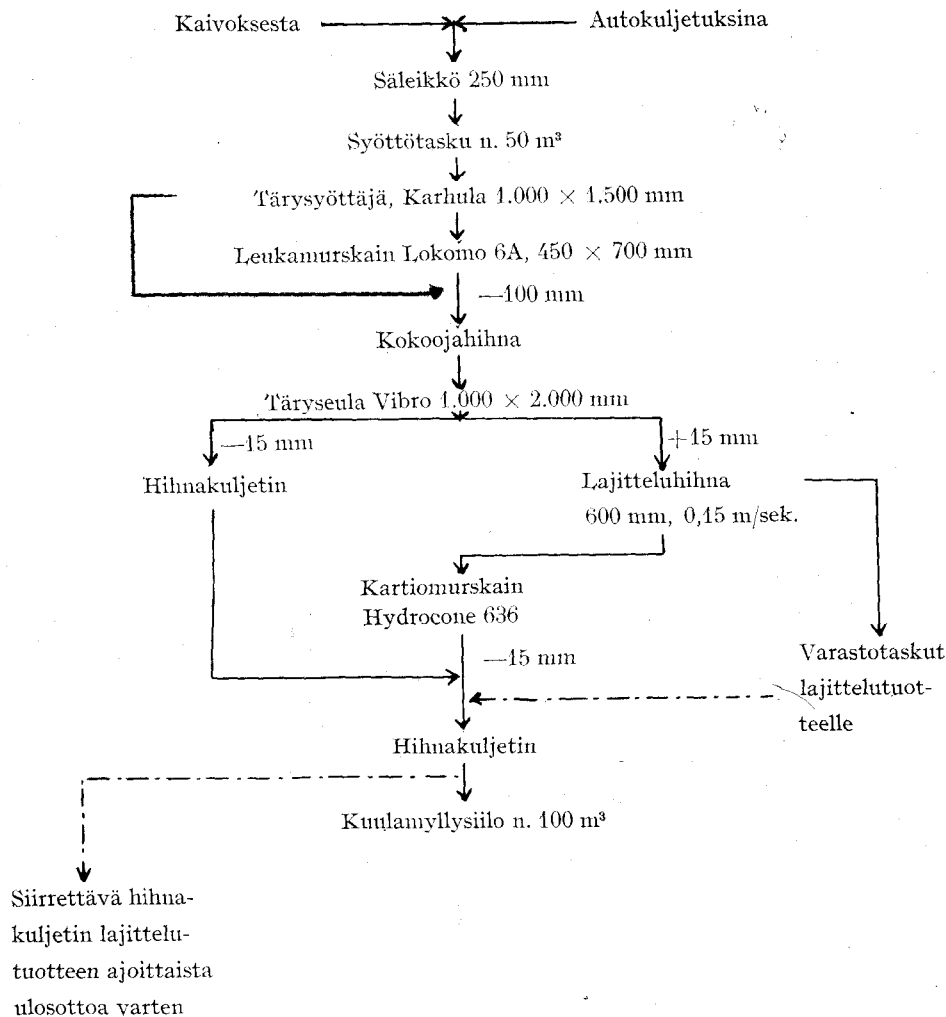
Ilmeni myös, että Euroopassa ennestään olevat uraanin raffinoitilaitokset olivat kiinnostuneita epäpuhtaasta puolirikasteesta. Ne halusivat pitää kalliit ioninvaihtajalaitteensa toiminnassa täydellä kapasiteetilla, ja malmi-tilanne ei useissakaan maissa sallinut tätä omasta takaa.

V. 1959 ryhdyttiin uudelleen syväkairauksiin Hutunvaarassa, tarkoituksena aikaisempien käsitysten tarkistaminen. Syyspuolella katsottiin näiden käsitysten tulleen runsain mitoin vahvistetuksi. Samanaikaisesti tutkittiin sekä pintatutkimuksin että kairauksin Herajärven kannasta ja Riutan aluetta.

Vuoden puolivälissä oli ratkaistava, ryhdyttäisiinkö teollisuusmittakaavaiseen tuotantokokeiluun, vai jatkettaisiinko muita tutkimuksia entiseen tapaan. Ratkaisun tekeminen käytettävissä olevin välin ja ristiriitaisin faktoin oli vaikeaa, ja saatettiin hyvin odottaa tämän olevan niitä diagnooseja, joiden paikkansäpitävyys selviää vasta ruumiinavauksessa. Kun kuitenkin oli nähty, että näistä uraanimalmeista tuskin saataisiin kunnollista selkoa muutoin kuin louhimalla, päätettiin pienen kaivoksen ja rikastamon rakentamiseen ryhtyä.

Vuositehoksi määriteltiin 30.000 tonnia raakamalmia, mikä perustui sekä markkinoihin että sen hetken kriittiliseksi tiedettyyn malmiarvioon. Rikastusmenetelmäksi valittiin rikkihappoliuos ja neutralointisaostus, jotka antaisivat 20—30 % U sisältävän rikasteen. Murskaamolle varattiin käsinlajittelumahdollisuus. Märtensonmalmio suunniteltiin louhittavaksi maanalaisena louhintana +60 ja +90 m:n tasoilta. Huoltolaitokset pyrittiin pitämään niin suppeina kuin mahdollista, ja perhe-asuntoja ei toistaiseksi suunniteltu. Laitos merkittiin kaivosrekisteriin Paukkajanvaaran kaivoksen nimellä ja Hutunvaara-nimestä luovuttiin, koska viimemainittu paikka todellisuudessa sijaitti n. 3 km:n päässä, ja pyrki aiheuttamaan sekaannusta.

Paukkajanvaaran Kaivos. Murskaamon kytkinkaavio v. 1959



Kuva 4

Laitoksen rakennustyöt alkoivat elokuussa 1959. Vuoden loppuun mennessä oli valmistunut murskaamo asennuksineen, siilot, rikastamohallit, sähkö-, vesi- ja viemäriverkko, korjaamo- ja varastorakennukset, kaivostorni nostokone- ja kompressoriasemineen sekä huoltokeskusparakki keittiöineen ja konttori- sekä majoitus-tiloineen. Uusia rakennuksia nousi yhteensä n. 7.000 m³. Murskaamo- ja rikastamohallit rakennettiin piirurunkoisina mineriittiseinin ja vuorivanutäyttein sekä varustettiin puhallinlämmityksellä. Huoltokeskus on levyparakki ylimääräisin insuliittieristein ulkoseinissä.

Malmitutkimuksia ja kairauksia jatkettiin tämän ohessa. Märtonson-malmiota koelouhittiin lisää n. 1.500 ton tarkan kontrollin alaisena. Saadut 0,14—0,17 % U keskiarvot ja silmäkkeellinen rakenne eivät mieltä ylentäneet, mutta näyttivät kuitenkin mahtuvan syväkairauksen rajoihin. Loppuvuodesta koelouhittiin Herajärven kannaksella aluksi rikkaan tuntuista pientä puhkeamaa, josta vain voitiin todeta, että se oli suurta sukua, mutta laihanlainen. Saatiin kuitenkin osittain hyväään materiaalia murskaus- ja käsinlajittelukokeiluihin.

Paukkajanvaaran murskaamo ja rikastamo.

Kytkinkaavat kuvissa 4 ja 5.

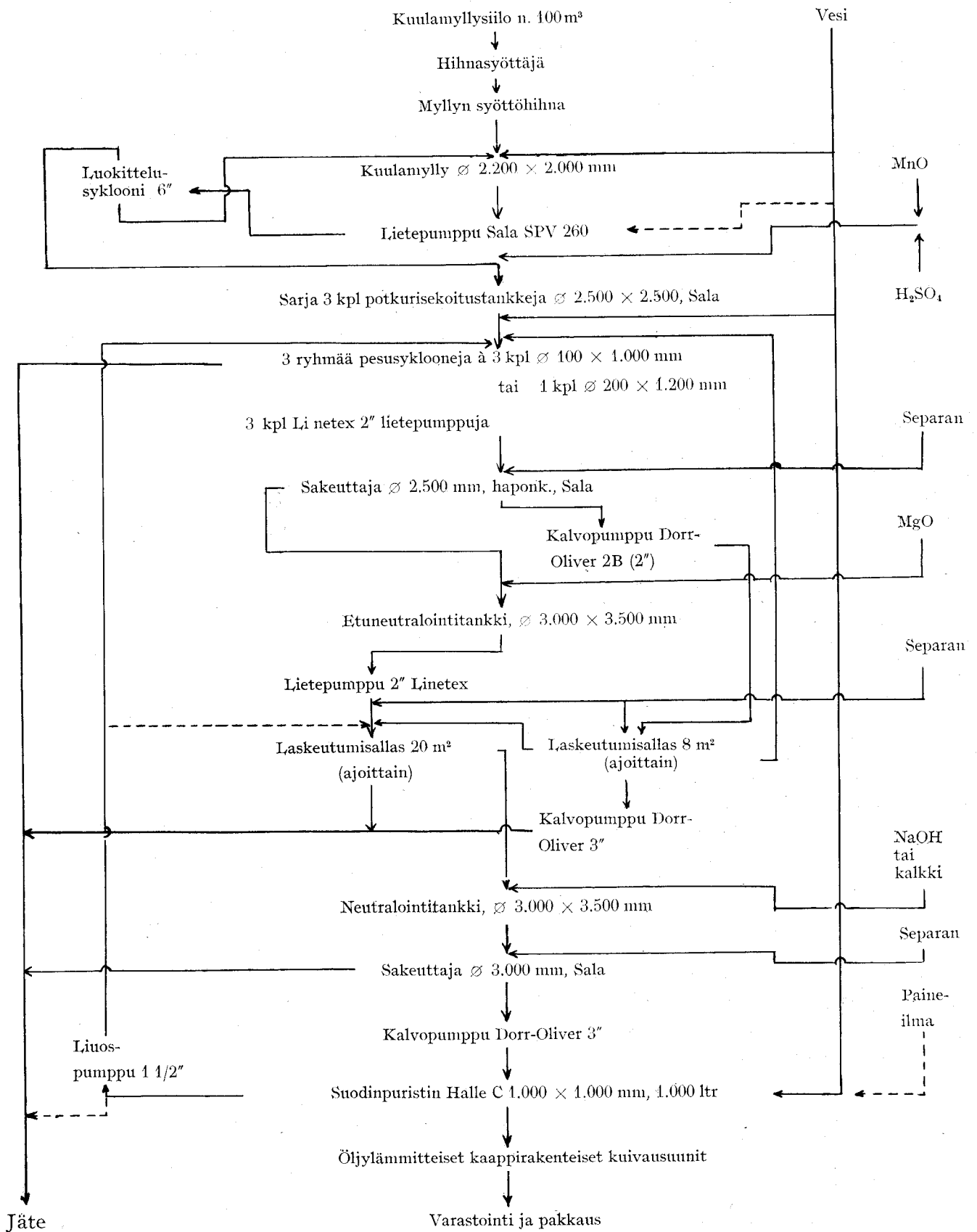
Rikastamon asennuksia odotellessa suoritettiin vuoden vaihteessa 1959—60 murskausta ja käsinlajittelua. Ha-

luttiin varmistua siitä, kävisikö tämä yleensä millekään täällä tavatulle uraanimalmille päinsä, ja piti hän palamalmiakin saada ainakin malliksi. Kaikkiaan käsiteltiin n. 1.200 ton vaihtelevia malmityyppejä sekä malmi- että raakuerottelua ja myös kertaavia erotteluja käyttäen. Parhailla erikseen valiten louhituilla 0,4 % U pitoisilla erillä päästiin 1,2—1,5 % U palamalmiin ja 15—20 % saantiin, mutta tällainen louhimismahdollisuus oli merkityksellömän pieni. »Run of Mine»-erillä, joiden pitoisuus vaihteli 0,1—0,2 % U, putosi tuotteen pitoisuus alle 1 % U ja saanti jäi 2—4 %:ksi. Uraanin tunteminen lajittelussa kävi tyydyttävästi eikä rikastuminen hienoihin raeluokkiin ratkaisevasti haitannut. Syynä tuloksiin oli yksinkertaisesti se, ettei lajitteluhihnan kautta kulkeva murske sisältänyt kylliksi lohkaraita, joiden pitoisuus olisi ollut prosenttiluokkaa. Sanoimme asian niin, että jos aikoo lajitella nauriit erilleen perunoista, on ensiksi oltava nauriita.

Käsinlajittelussa siis sika söi eväät. Lajittelumahdollisuudelle oli kuitenkin rikastuksessa suunniteltu muutaakin käyttöä.

Huhtikuussa 1960 olivat rikastamon asennukset niin pitkällä, että jauhatusta ja liuotusta päästiin kokeilemaan. Kun laitos oli rakennettu lyhyessä ajassa, kireällä talousarviolla ja käyttäen nopeasti saatavissa olevaa kalustoa, arveltiin käytössä ilmenevän erinäisiä hankaluuksia ja koeajo haluttiin aloittaa mahdollisimman aikaisin.

Paukkajavaaran Kaivos. Rikastamon kytkinkaavio v. 1960



Kuva 5

Kvartsimalmien teräskuulajauhatus antoi liiemmalta rautaa liuotusprosessiin, joten odotusten mukaisesti siirryttiin jo alkukokeiluissa autogeenijauhaukseen ja jauhinkappaleet poimittiin lajitteluhihnalta. Parenman tuntitehon saamiseksi varustettiin mylly lisäksi myöhemmin n. 1000 kg:n Ni-Hard kuulakuormalla. Jauhatusa haittasi pahiten kvartsiittien vaihteleva laatu. Ennenkuin kovimmat kivet olivat jauhautuneet riittävästi pyrkivät serisiitit ylijauhautumaan ja aiheuttivat liuotuksessa ja pesusakeutuslaitteissa pahan kiusan. Luokittelusyklooneilla saatiin lopuksi jauhatus toimimaan tyydyttävästi, vaikka luokittelukyky jättikin toivomisen varaa. Pätevämmän sykloonimallin tai muun luokittelulaitteen kokeilutarve on ilmeinen.

Liuotus sujui jotakuinkin laboratoriokokeiden antamia osviittoja myöten. Alussa tuotti vaikeuksia karkeiden rakeiden taipumus latautua potkuritankkeihin, mistä selvittiin jauhatuskarkeutta säätämällä ja Denver-tyyppistä air-lift putkistoa käyttämällä. Hienot silikaattirakeet taas pyrkivät tahmautumaan koneistoihin ja tankkien seiniin kitin tavoin, ja sekoituksen vahvistaminen paineilmalla oli ajoittain tarpeen.

Pesu ja sakeutus pyrkivät väliin nostamaan tukan pysyyn. Nämä olisivat arvatunkin onnistuneet mutkattomasti käyttämällä haponkestäviä suotimia, mutta pääoma- ja myös hankintasyöt eivät alun perin tätä suunnitelmassa sallineet. Kolmivaiheinen sykloonipesu onnistui vielä jotakuinkin kelvollisesti, mutta sen ylivuodon sakeutus tarvittavaan liuoksen saostuskirkkauteen ei lasketulla sakeuttajalla käynyt alkuunkaan. Hienot 400—800 meshin silikaattirakeet leijuivat liuoksessa tuntikaupalla painolaista suuremmasti välittämättä. On todennäköistä, että tarpeeksi suurta haponkestävää sakeuttajaa ei tähän erotukseen kannata hankkia, vaan suodinnestely on taloudellisesti edullisempi, vaikkapa liuotusta voitaisiinkin ajaa melkoisesti karkeammalla jauhatusasteella.

Uraaniliuoksen kirkastaminen jouduttiin suorittamaan järjestämällä sakeuttajan jälkeen betoniset laskeutumistaat, joissa viipymisaika oli 24 h luokkaa. Täten saatiin liuoksen kiintoainemäärä putoamaan muutamaan mg:aan litralta ja liuos saostuskelpoiseksi. Teoriassa oli mahdollista saada nämä laskeutumistaat toimimaan siedettävään liuoshäviöön, mutta käytännössä ei sakeutumista ja varsinkaan pohjaliejun tyhjennyksen kontrollointia yleensä saatu tyydyttäväksi. Pohjalietteitä poistettaessa irvivät pumput vaihtelevia määriä uraaniliuosta, ja valvontakin jäi liiemmalta hoitajien hoksottimien varaan. Tästä syntyi pahin ennakkolta laskematon uraanihäviö koko prosessissa.

Uraanin saostus, jota alunperin oli menetelmän harvinaisuuden vuoksi pidetty kriittisenä, onnistui täysin tyydyttävästi. Aluksi suoritettua etuneutraloinnista MgO:lla luovuttiin, koska se ei tuottanut erikoisia etuja. Varsinaisessa saostuksessa siirryttiin muutaman kuukauden jälkeen NaOH:sta kalkkisaostukseen, pääasiassa siksi, että saatu sakka oli paremmin suodittavaa. Tämä johtui sekä syntyvästä kipsistä että mahdollisesti hydroksidien edullisemmasta muodosta. Saostuksen pahimmat vaikeudet aiheutuivat Fe- ja Al-hydroksidien ja piihappogeelin mukaantulosta, joka alensi tuotteen pitoisuutta. Sopivalla pH-kontrollilla saatiin nämä kuitenkin tyydyttävästi hallituiksi. Tässä oli suurta apua liuotus- ja saostuspiiriin asennetusta automaattisesta Beckman pH-mittarista.

Uraanisakan sakeuttaminen ennen suodintaa ei tuottanut vaikeuksia. Suodinpuristin toimi muutoin tyydyt-

västi, mutta sopivien suodinkankaiden löytämisessä ja jatkuvassa saannissa oli vaikeuksia. Parhaimmillaan sekä Tampereen Verkatehtaan rintaliivikankaat että saksalaiset Diolenkankaat toimivat täysin moitteettomasti. Suotimista tietysti vaikeuttivat inherealistisen limaiset hydroksidit ja piihappogeeli, jotka helposti aiheuttivat tukkeutumia, kankaiden siirtymisiä ja repeämiä tehden täten suodoksen sameaksi. Valvonan oli oltava kovin tarkkaa, ja suodokselle oli tarpeen järjestää nopea palautusmahdollisuus pesu-sakeutuslaitteisiin.

Rikasteseoksen kuivaus oli odotettua hankalampaa. Laboratoriokokeiden perusteella odotettiin 50 % vesipitoisuutta suodinkakussa, mutta käytännössä saatiin 80—85 % vettä, josta suurin osa oli sidottuna sakan molekyyliarakenteessa. Poistettava vesimäärä kasvoi täten huikasti. Kokeiluja suoritettiin mm. tyhjiökuivauksella, korkeapaineella ja erilaisilla täryttimillä. Parhaimmaksi jäi kuitenkin vanha varma lämpöhähdutus. Sitä varten rakennettiin tiilirunkoiset öljylämmitteiset kuivauskaapit, joiden lämpötila voitiin nostaa aina yli 300° C. Täten voitiinkin rikaste kuivata mielivaltaiseen kuivausasteeseen. Käytännössä vietiin kuivaus usein 4—7 %:iin H₂O, mikä aiheutti jo lievää hygroskooppisuutta. Pelättyä uraanisilikaattien muodostusta ei vielä ainakaan 300° C:ssa todettu. Melkoinen leipomohan kuivaamosta kylläkin muodostui.

Eräitä rikastamon käyntiarvoja:

Malmin syöttö 4,0—5,5 ton/h, —15 mm

Jauhatus:

lietetiheys	60 %
jauhatusaste	40—55 % —200 mesh
sykloonin akseptin tiheys	50—55 %
sykloonin rejektin tiheys	65 %
malmikappalekulutus	50 kg/ton
Ni-Hard kuulakulutus	n. 100 gr/ton
Syöttömalmin pitoisuus	0,1—0,2 % U

Liuotus:

lietetiheys	50 %
liuotusaika	3,5—4,5h
lämpötila	10—25° C
rikkihapon tarve	5—10 kg tekn. H ₂ SO ₄ /ton solids
hapettimen tarve	0,5 kg MnO ₂ /ton solids
pH	1,5—2,0
liukenemissaanti	93—96 %
uraaniliuoksen vaihtelu	1—2 gr U/ltr
kiinteän jätteen pitoisuus	0,005—0,010 % U

Pesu, sakeutus ja liuoksen kirkastus:

syklooniryhmän ylivuodon tiheys	2—5 %
syklooniryhmän alivuodon tiheys	50—65 %
sakeuttajan ylivuototiheys	1—5 gr solids/ltr
sakeuttajan alivuototiheys	15—20 %
kirkastusaltaan ylivuodon tiheys	<10 mg solids/ltr
kirkastusaltaan alivuodon tiheys	30—45 %
syklooniryhmän alivuodon pitoisuus	0,03—0,08 gr U/ltr
kirkastusaltaan ylivuodon pitoisuus	0,3—0,4 gr U/ltr

Saostus ja suotiminen:

kalkin tarve	1.000—1.200 gr/m ³ liuosta
tulevan liuoksen pH	3,0—3,5
saostus pH	6,5—6,9
rikastesakeuttajan ylivuoto	0,002—0,003 gr U/ltr
suodos normaalisti	0,002—0,010 gr U/ltr
suodosliuoksen määrä	150 m ³ /24h

Uraanihäviöt syötön sisältämästä metallista:

liuotuksessa	5—7 %
pesusyklooneissa	2—4 %
kirkastusaltaissa	10—16 %
saostuksessa ja suotimessa	1—2 %
yhteensä	18—30 %

Saanti:

paras kuukausi	82 %
huonoin kuukausi	68 %
keskiarvo	73 %

Rikastusmenetelmä osoittautui pääpiirteissään käyttökelpoiseksi, ja siirtyminen ioninvaihtajiin ja puhtaampaan tuotteeseen tapahtuisi luultavasti vaikeuksitta. Tärkein korjausta kaipaava yksityiskohta on pesukirkastusmenetelmä. Asian korjaaminen käynee teknillisesti suuritta vaikeuksitta, mutta pirteästi toimitettu shekkikirja on tarpeen.

Rakennus- ja koekäyttöaikanaan tämä rikastamo oli tiedettävästi ainoa puolirikasteen valmistukseen saostusmenetelmällä tarkoitettu laitos maailmassa. Se herätti tiettyä mielenkiintoa Euroopan harvoissa tuottajissa, koska raffinoinnin keskittäminen yhteisiin keskuslaitoksiin on pienten syrjäisten kaivosten kannalta taloudellisesti houkuttelevaa. Nyttömmen on vastaava menetelmä valittu mm. Gabonan kaivokselle Ranskan Afrikassa.

Kokeilut raakkujen, nimenomaan diabasin, erilleen lajittelusta ennen jauhatusta eivät parantaneet rikasta-

mon käyntiarvoja niin paljoa, että niiden taloudellisuuden olisi luottamusta syntynyt.

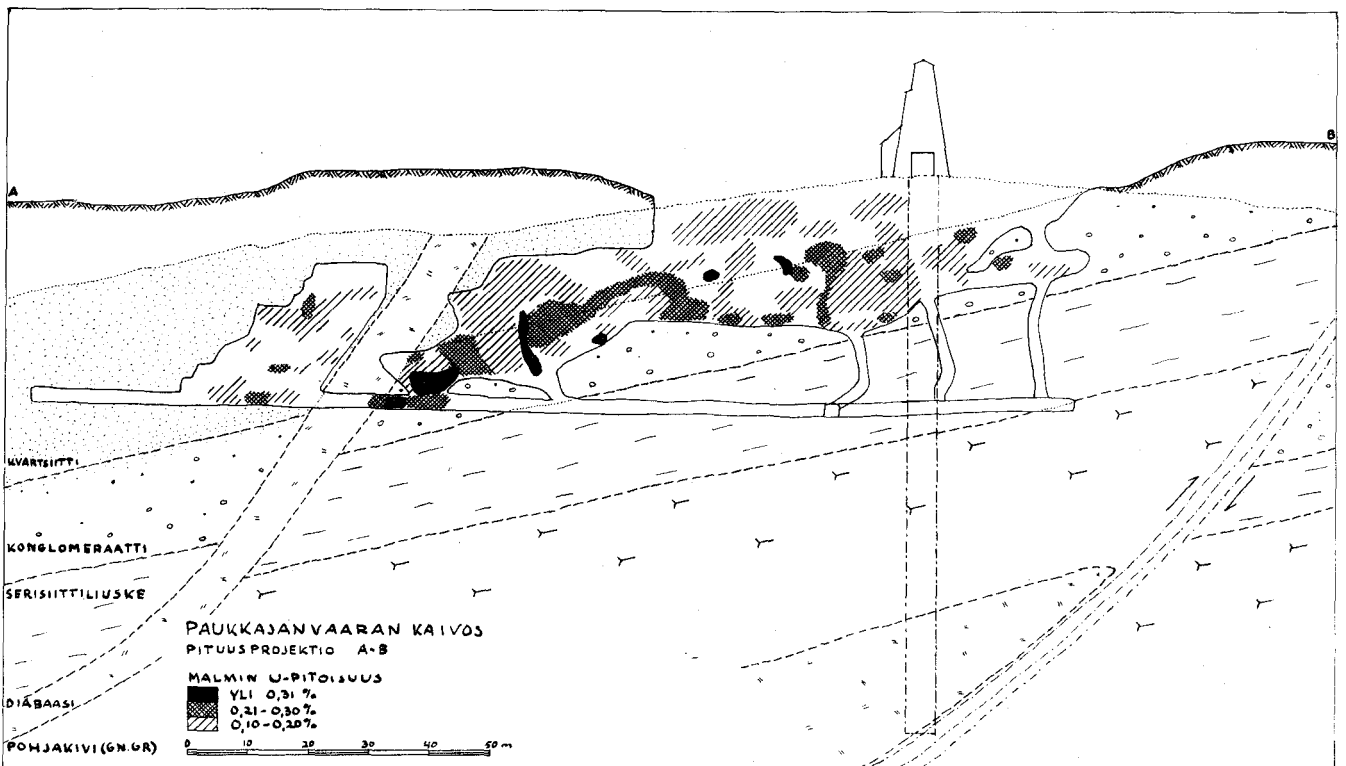
Louhinta Paukkajanvaarassa.

Mårtensson-malmin jalkapuolelle n. 20 m avolouhoksen reunalta ajettiin syksyllä 1959 kuilun alkumetrit. Sijoitus määräytyi toisaalta käytettävissä olevan paikan mukaan, missä ei jouduttu suuriin maanpoistoihin, toisaalta ajatellun 2 tasolla tapahtuvan louhinnan mukaan. Helmi-kuussa 1960 päästiin nostotornin ja nostokone-kompressorihuoneen rakentamiseen sekä koneasennusten jälkeen varsinaiseen kuilunajoon. 3 x 5 m:n nettomitoille ajettu kuilu ajettiin +105 m:n tasolle ja saavutti sen huhtikuun lopussa. Tasoavaukset oli tehty +60 ja +90 m:n kohdalla. Kuilu jakautuu kappa- ja hissitilaan, porrastien ja runsaasti mitoitettuun tuuletusputkitilaan.

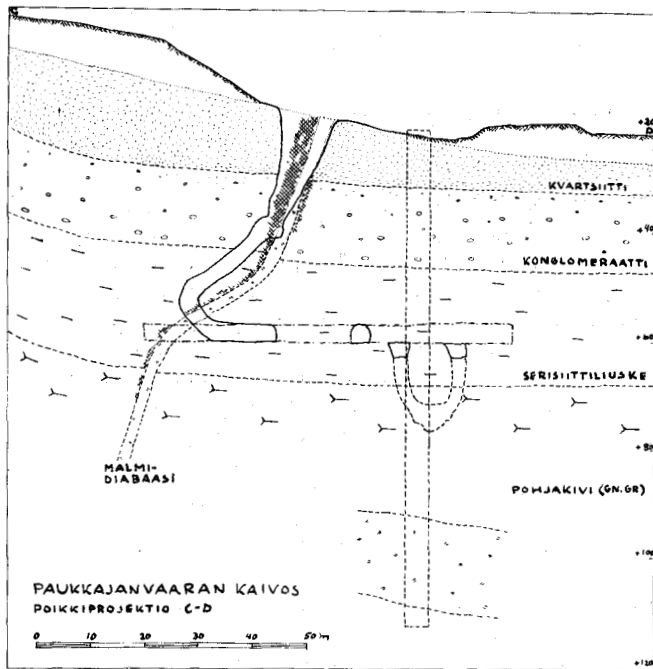
Taloudellisista syistä valittiin myös kaivososaston kalusto yksinkertaiseksi ja helposti hankittavaksi. Nostokone on Salan rumpunosturi Ø 1350 x 2500 mm, 3000 kg net, 2 m/sek, 55 kW, joka hankittiin vähän käytettynä Ruotsista. Paineilma huollettiin aluksi 13,5 m³:n Arpic 500 Dd dieselkompressorilla, jonka lisäksi myöhemmin hankittiin 14,9 m³:n Holman T 60 R sähkökäyttöisenä. Kuilunajo suoritettiin lainatulla Scheidt-kalustolla. Kappa- ja hissikorit, rännit ja muut mekaaniset laitteet rakennettiin omalla pajalla.

Kuilun rakennuksen jälkeen päästiin kesäkuussa 1960 yhdys- ja kenttäperien ajoon. Tässä käytettiin aluksi Atlas T 2G:tä. Kuilun yhteyteen järjestettiin +60 tasolle n. 200 m³:n malmi- ja raakkusilot, jotka vaihtoisesti lastaavat kappaan saman mittataskun kautta. Kaivoksen nostotoho on moninkertainen rikastamon tarpeeseen verraten, koska raakkutöitä odotettiin tutkimuksessa runsaasti. Kuljetus tornin taskusta rikastamolle tai raakkukasalle tapahtui Jussi 23-keikkavaunulla.

Syksyllä 1960 siirryttiin raidekuljetukseen. Lastauskoneeksi valittiin Atlas 100, veturi on käytettynä ostettu



KUVA 6.



KUVA 7.

Ruston 28 hv, vaunut 4 kpl Nyhammarin 2 m³:n EKO Granbyja ja raideväli 750 mm.

Peränajovaiheessa alkoi vähitellen käydä ilmi, ettei Må-malmio vastannut syväkairauksen antamia tietoja. Uraanimuodostuma kyllä tavattiin odotetusti, mutta osoittautui rajoiltaan epäselväksi, oikukkaankin silmäkeeliseksi ja arveluttavan köyhäksi. Kulku, kaade ja kenttäkaade olivat likimain arvioidut. Uraanimuodostumaa tutkittiin perän- ja nousunajolla ja jatkotankokairauksilla peräverkosta käsin. Loppuvuodesta 1960 voitiin tehdä seuraavat johtopäätökset:

- Uraanipitoinen muodostuma sijaitsi odotetusti diabasijuonen kattopuolen kontaktin lähetyvillä. Sen paksuus oli 3—6 m, kulku E-W, kaade keskimäärin 60° N ja kenttäkaade 20—30° W. Se saattoi jatkua lännessä ja ulottua +60 tason alapuolelle.
- Malmiksi kelpasi muodostumasta vain konglomeraattipatjan yläkontaktin lähetyvillä ja sen kahta puolta oleva osa. Malmimäärät oli pudotettava alle 20.000 tonnin, eli puoleen tai mieluummin kolmasosaan arvioista. Tällöin oli myös pitoisuusraja pudotettava 0,15 %:in U tai allekin.
- Muodostuma koostui oikullisesti vaihtelevista uraanisilmäkkeistä, jotka taas syntyivät rakotäytteistä.
- Ennakoarvioiden tekemiseen tarvittiin radiometrinen luotaus, jonka tiheys oli oltava louhintaporausten luokkaa.
- Malmiksi kelpaava osa oli louhittavissa eräänlaista välitasolouhintaa, kuprikointia ja konelastausta käyttäen, vaikka valmistavat työt tulisivat yksikköä kohden normaalia kalliimmaksi.

Käyttäen apuna yhtiön ulkopuolisia asiantuntijoita todettiin, että harhauttavat tutkimustulokset ja ennakoarviot aiheutuivat uudesta ja ennen tuntemattomasta malmityypistä. Tuloksia ei tiheälläkään syväkairausverkolla saatu luotettaviksi ja tavanmukaisia interpolointi- ja ekstrapolointikeinoja ei sopinut käyttää. Eräänä suurena syynä tähän oli silmäkerakenne. Oppihan se oli tämäkin ja lisätutkimuksille tuiki tarpeellinen.

Kunnansuo-malmioon nähden tilanne osoittautui samaksi. Se arvioitiinkin uusien tutkimustulosten mukaan

siksi pieneksi, ettei sen louhinnan valmistaviin töihin ollut otsaa ryhtyä.

Mårtenson-malmio louhittiin v. 1961 puoliväliin mennessä loppuun. Louhinnassa jouduttiin malmin oikullisuuden vuoksi improvisoimaan, joten louhintakuviot oli välillä ällistyttävän näköinen, mutta taloudellisia rajoja saatiin tyydyttävästi seuratuksi. Lopuksi pudotettiin avolouhoksen pohja ja sidepilarit +60 tason kuprikoihin, joten malmi tuli tarkasti otetuksi. (Kuvat 6 ja 7)

Malmin mahdollista jatkuvaisuutta sekä itä- että varsinkin länsisuuntaan tutkittiin louhinnan kestäessä melkoisin peränajoin ja timanttireikä- sekä jatkotankoporauksin. Uraanimuodostuma kyllä jatkui, tosin katkonaisena, mutta malmiksi kelpaavia osia ei tavattu. Vaikutti siltä, kuin lännessä n. 100 m kuilulta tavattu malmidiabasiin nähden poikittainen vahva diabasijuoni olisi padon tavoin katkaissut malmiaineksen kulun. Tosin vielä poikkidiabasin länsipuolellakin esiintyi malmia, mutta vähin määrin. Malmin jatkuminen +60 tason alapuolelle todettiin niin vähäiseksi, ettei +90 tasoa kannattanut ottaa käyttöön.

Eräitä numerotietoja louhinnan heinäkuussa 1961 päättyessä.

— peränajoa oli suoritettu	550 m
— nousunajoa oli suoritettu	190 m
— malmia louhittu avolouhoksista	9.400 ton,
	keskipitoisuus 0,075 % U
— malmia louhittu kaivoksesta	21.300 ton,
	keskipitoisuus 0,143 % U
— malmia louhittu yhteensä	30.700 ton,
	keskipitoisuus 0,122 % U
— raakkaa nostettu kaivoksesta	24.000 ton
— kaivoksen malmin keskipitoisuus parhaana kuukautena	0,177 % U
— kaivoksen malmin keskipitoisuus huonoimpana kuukautena	0,109 % U

Louhintaa ohjattiin työn kuluessa siten, että jokainen louhintaporaikä luodattiin radiometrisesti, tulokset merkittiin työkaavioon ja tämän mukaan työtä valvova geologi tai myös kaivosesimies määräsi, miten lataus ja ammunta suoritettiin. Työkaavioista taas tulokset siirrettiin sopivan mittakaavaiseen työkarttaan, ja täten syntyi käsitys louhittujen tilojen laadusta ja malmin rakenteesta. Kaikkiaan suoritettiin maanalaisessa louhinnassa 41.200 radiometristä analyysia, ja luotauksen säteellinen ulottuvaisuus huomioituna tuli n.1/10 louhitusta kuutiolasta analysoiduksi. Luotauskeskiarvo poikkesikin sitten rikastamon antamasta pitoisuuskeskiarvosta vain 3 %. Vaivalloistahan tämän mittakaavan luotausanalysointi oli ja nousi hintoihinsa, mutta saatiinpa sitten myös malmista luotettava malli, ja taloudellisten rajojen noudattaminen kävi mahdolliseksi.

Lastauksessa oli ajoittain välttämätöntä tarkistaa vaunukuormien laatu radiometrisesti. Tätä varten rakennettiin pajallamme viiden geigerlaskijan yhdistelmä, joka sai osuvan sputnik-nimen. Kukin vaunu ajettiin tämän anturiputkiyhdistelmän alitse, ja yhteislukema määräsi, tyhjennettiinkö kuorma malmi- vai raakku-siiloon.

Hyvät ilmanvaihtolaitteet osoittautuivat tarpeelliseksi sekä kvartsiipölyn mutta varsinkin radon kaasun vuoksi. Radon-mittauksia suoritettiin viikoittain sekä vakiomittauksina kiinteissä pisteissä että tutkimusperien ja nousujen päissä. Tulokset verrattiin Ranskasta saattuihin turvallisuusmääräyksiin, ja voimakkaalla tuuletuksella voitiin pysyttää arvot turvallisuusrajojen sisällä. Tuuletussysteemin muodosti kuilulla oleva LHB 60

15.000 m³/h keskipakoistuuletin, PMK 40 RL. 5.400 m³/h siirrettävä aksiaalipuhallin ja erillinen tuuletusnousu. Radon-kysymys osoittautui vaikeammaksi kuin malmin laatu edellytti, mahdollisesti siksi, että sekundäärisillä ja paljon vapaata pintaa omaavilla uraanimineraaleilla on voimakas radonin muodostumistaipumus. Tämä on ehkä syytä ottaa huomioon myös malminetsinnän radonmittauksia arvostellessa.

Apuosastot ja henkilöstö.

Pohjois-Karjalan Sähkö Oy:n 20 KV:n verkosta tuleva virta muunnettiin kaivoksen 600 KV:n keskusmuuntajalla 400 V:n käyttöjännitteelle. Lisäksi oli korjauspajan ja pumppuaseman tarpeisiin erillinen 100 KV:n pylväs- muuntaja. Tärkeimmät välijohtodot oli kaapeloitu.

Vesihuoltoa varten rakennettiin Ylä-Paukkajanjärven pohjoispäähän imukaivoilla toimiva pumppuasema, josta 500 ltr/min ja varakoneena toimiva 300 ltr/min pumppu syöttivät kaivosta ja rikastamo, sekä 100 ltr/min pumppu huoltokeskuksen talousvettä. Hiekkaperäisessä maassa kahden Ø 2 m imukaivon systeemi toimi hyvin ja vesi oli laadultaan erinomaista.

Korjauspajan koneisto käsitti tärkeimmät perustyökoneet, kuten sorvin, pienen pylväsporakoneen, hiomakoneita, kaasuhitsauslaitteita, hitsausmuuttajan ja -muuntajan jne. Pieni takopaja ja sähköpaja osoittautuivat myös tarpeellisiksi.

Käyttötarvike- ja raaka-ainevarastot pyrittiin pitämään mahdollisimman pienenä, jopa niin, että väliin nuukuus löi viisautta korvalle. Kaikki muut varastot oli sijoitettu Paukkajanvaaraan, paitsi 20 m³:n rikkihapposäiliöt, johon säiliövaunut tyhjennettiin Kaltimon asemalle, ja välikuljetukset hoidettiin auton lavoille sopivin 200 ltr säiliöin.

Rikastamon yhteyteen sijoitettu kemiallinen laboratorio hoiti kaikki käyttöanalyysit, ennakoivat myyntianalyysit ja vv. 1960—61 myös pääosan tutkimusanalyysista. Erillinen radiometrinen laboratorio hoiti säteilymittaukset.

Huoltoparakki, yht. 550 m², käsitti keittiön, ruokalan, työmaakonttorin ja majoitustilat terävässä päässä 7—8 henkilölle ja miehistösiivessä 30 työntekijälle. Pääosa työntekijöistä kävi työssä kotoaan käsin. Yhtiön toimesta järjestettiin maksullinen linja-autokuljetus Kaltimo-Paukkajanvaara.

Henkilöstövahvuus normaalisenä käyntiaikana:

	<i>Työnjohto</i>	<i>Työntekijät</i>
Kaivososasto	1	25
Murskaamo, rikastamo ja kuivaamo	2	25
Korjauspaja	1	8
Ulkotyöt	1	7
Malmitutkimus ja syväkai- raus	1	22
Laboratoriot	1	2
Konttori	2	1
Yhteensä	9	90

Työmaakonttorin lisäksi oli Kaltimossa pankki- ja postisyyistä erillinen tilikonttori, jota hoiti paikallinen kassanhoitaja.

Tuotantokokellujen keskeyttäminen.

V. 1960 syksyllä oli nähtävissä, että Kolin jaksolla oli tarpeen kenties hyvinkin laaja tutkimusohjelma, joka vaati pätevää organisaatiota ja tutkimuskalustoa. Atomienergia Oy ei enää katsonut voivansa laajentaa malmitutkimuksiaan pitkälle tulevaisuuteen, jonkavuoksi tutkimusalueet ja työn jatkaminen keskinäisellä sopimuksella siirrettiin Outokumpu Oy:n haltuun.

Louhinta- ja rikastustekniikasta oli ilmeisesti saatu ainakin suurin osa käytetyillä menetelmillä otettavissa olevista tiedoista. Tutkimusmielessä ei tuotannon jatkaminen kenties köyhiin syöttömalmein ollut tarpeen. Sensijaan harkittiin, olisiko louhinnan jatkaminen porauksien indikoimien uusien uraanimuodostumien lähemmäksi tutkimiseksi ollut puolustettavissa, mutta kertyneet tiedot arvioitiin toistaiseksi liian heiveröisiksi oikeuttaakseen kalliiseen louhintakokeiluun.

Niinpä katsottiin parhaaksi keskeyttää tuotantokokeilut Paukkajanvaarassa toistaiseksi, ja jäädä odottamaan, millaisia uusia malminhavaintoja tutkimus kenties toisi esiin, ja miten kotimaan uraanin tarve ottaisi kehittyäkseen. Ulkomainen markkinointitilanne oli kylläkin vielä tuotannon keskeytyessä kutakuinkin tyydyttävä ja Paukkajanvaaran kapasiteetin mukaisten pikkuerien sijoittaminen Euroopan vapaille markkinoille olisi ilmeisesti onnistunut edelleenkin.

Keskeytyksen jälkeen on Paukkajanvaaran laitoksen runkokoneisto tarkastettu ja kunnostettu, sekä pyrittä säilömään koipussiin siten, että toiminnan uudelleen alkaminen olisi tarvittaessa mahdollisimman nopeasti ja helposti suoritettavissa.

SUMMARY

The article gives an outline of the technical side and development of uranium mining and ore dressing experiments, carried by Atomienergia Oy (Atomic Energy Ltd) in Northern Carelia during the years 1958—1961. The review is chiefly based on the archives of said company and the personal views of the author and his staff. In chronological order are described the earliest experiments with open pit mining and hand sorting pilot plant in 1958, the underground mining and operation of acid leaching — neutralizing precipitation plant from 1959 to 1961, and the grounds for suspension of production experiments. References to prospecting results are given in connection with each phase of activity, but the geological features are not otherwise accounted.

Rännit ja ränninousut Outokummun kaivoksella

Dipl. ins. Heikki Aulanko, Outokumpu Oy

Outokummun kaivoksen loivan kaltevan malmin louhinnassa käytetään rännilastausta varsinaisena vaunuunlastausmenetelmänä. Irtilouhittu ja riittävän pieneksi rikkoammuttu malmi siirretään laahauskauhoilla erikoisten raappavinttureiden avulla raappausväylille ja niitä myöten ränninousuihin. Aniharvoissa tapauksissa voidaan malmi raapata suoraan ränniin.

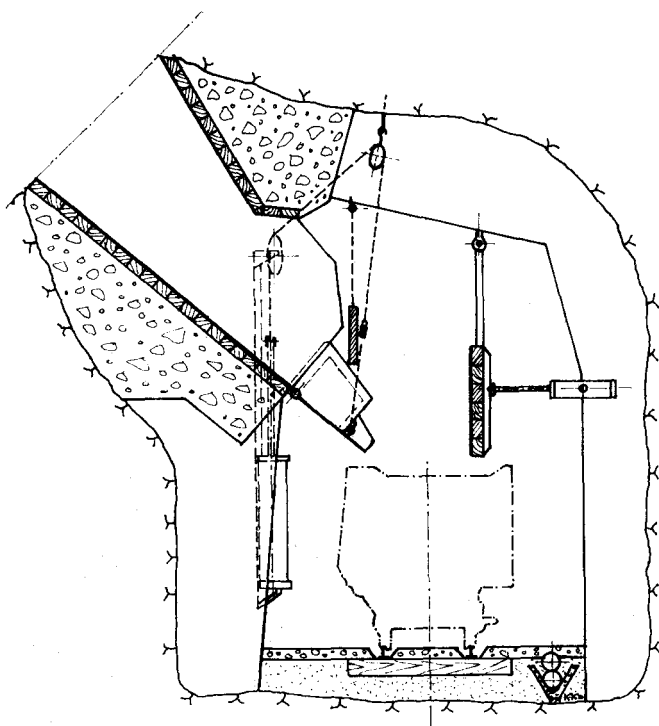
Ränninousut ovat pystysuoria tai 56° – 58° kaltevuudessa olevia $1,5 \times 1,5$ – 2×2 m nousuja. Nousun pohja rännin leuan saranasta 4–5 m ylöspäin on 40° kaltevuudessa. Varsinaisen nousun kaltevuuden määrää päätason ja raappausväylän keskenäinen asema. Viime aikoina on ränninousut pyritty louhimaan pystysuoriksi, koska silloin on malmin holvautumisvaara pienempi ja nousun seinämien kestävyys suurin. Pystynousut on nykyisin ajettu pyöreinä läpimitta 1,8–2,2 m.

Rännikonstruktio on ollut jatkuvan kehittelyn alaisena. Ensimmäiset paineilmasylinterillä toimivat mekaniset rännit olivat pieniä, vapaa aukko noin 1×1 m. Liikkuvan leuan nostosylinterin läpimitta oli 260 mm ja nostovoima 3.500 kp. Seuraavassa rännityypissä oli aukko suurennettu jo 1.250×1.200 mm:ksi sylinterin läpimitan ollessa 277 mm ja nostovoiman 4.100 kp (kuva 1). Rännin leuan liikuttelu tapahtui pystysuoraan sijoitetulla paineilmasylinterillä, jonka männän liike johdettiin lokipyörien kautta vajjerin avulla lastausleukaan.

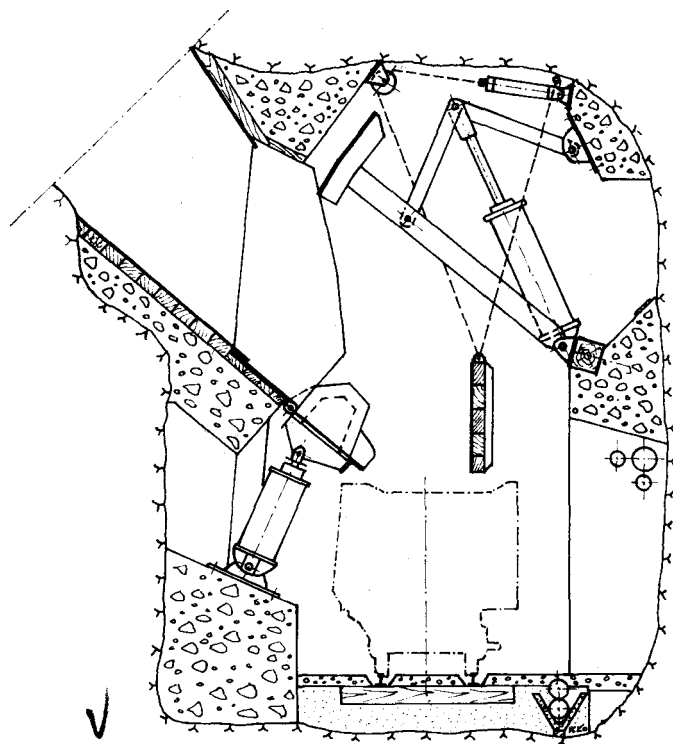
Suuremman rännityypin kehittelyyn ryhdyttiin silloin, kun Keretin kaivoksen maanalaiseen murskausjärjestel-

mään tuli v. 1954 ensimmäiseksi murskaimeksi AR-150 lohkaremurskain, jonka kita-aukko on 1.200×1.500 mm. Rännistä oli voitava lastata niin suuria malmilohkareita, mitä $3,5 \text{ m}^3$ Granby-vaunut ja lohkaremurskain pystyivät ottamaan vastaan. Aikaisemmin olivat säleiköt olleet tuotannon pullonkaulana ja lohkareroon rajoittajana. Malmi oli ennen ränniin raappausta rikkoammuttava mahdollisimman pieneksi, jotta pienissä ränneissä ja kaatosäleiköllä tapahtuva rikkoammunta olisi jäänyt vähäiseksi. Suurempien Ingersoll-Rand raappavinttureiden, teho 50 hv, käyttöönotto v. 1949–1952 oli lisännyt ränneissä, kaatopaikoilla ja murskaamoissa käytettävien räjähdysaineiden määriä. Rännilastauksen räjähdysainekulutus nousi kuukausittain noin 300–500 kiloon. Säleiköillä käytettiin kuukausittain 700–1.000 kg räjähdysaineita, maksimikulutuksen ollessa v. 1952 1241 kg/kk koko vuoden keskiarvona. Sen lisäksi käytettiin maanalaisissa leukamurskaamoissa, joissa murskaimina olivat Blake 7 murskaimet, kita-aukko 600×900 mm, kuukausittain noin 100–150 kg räjähdysaineita etupäässä murskaimen syöttö-ränneissä, osittain myös itse murskaimessakin. Keskimääräinen maksimikulutus oli v. 1954 190 kg/kk.

Uuden rännikonstruktion lähtökohtana oli Bolidenin ja Otanmäen käyttämä ränni, jota edelleen kehitettiin Outokummun kokemusten mukaisesti. Lähinnä vahvistettiin saranointia ja vuorauslevyjä sekä muutettiin ylä- ja alaleuka erillisillä sylintereillä toimiviksi pakko-ohja-



Kuva 1. Vanha rännityyppi, aukko 1.250×1.200 mm.



Kuva 2. Uusi rännityyppi, aukko 1.500×1.500 mm.

tun toiminnan asemasta. Ränniaukon vapaaksi suuruudeksi tuli 1.500×1.500 mm. Sylinterin läpimitta on 350 mm ja nostovoima 6.700 kp.

Ensimmäinen uuden konstruktion mukainen ränni (kuva 2) valmistui v. 1955. Sen jälkeen on suuria rännejä rakennettu lisää 11 kpl. Dynamiitin kulutus on laskenut pieneksi. V. 1959 oli isoissa ränneissä dynamiittikulutus 4,1 kg/1.000 t, kun samaan aikaan vielä viimeisissä vanhempimallisissa ränneissä se oli 11,8 kg/1.000 t eli lähes kolminkertainen. Samanaikaisesti on raappauksessa lohkokarekoko suurentunut, joka merkitsee vähäisempää rikkoporausta louhoksissa. Pienentyneen ränniammunnan takia ovat rännit myös kestäneet paremmin. Aikaisemmin sattui usein, että miinauksen yhteydessä ränni vaurioitui tai särkyi kokonaan. Rännikorjaukset olivat suuri töisiä ja kustannukset korkeita. Tärkeän rännin 2—3 viikkoa kestävä korjaustyö aiheutti vakavia tuotantohäiriöitä louhinta-alueella.

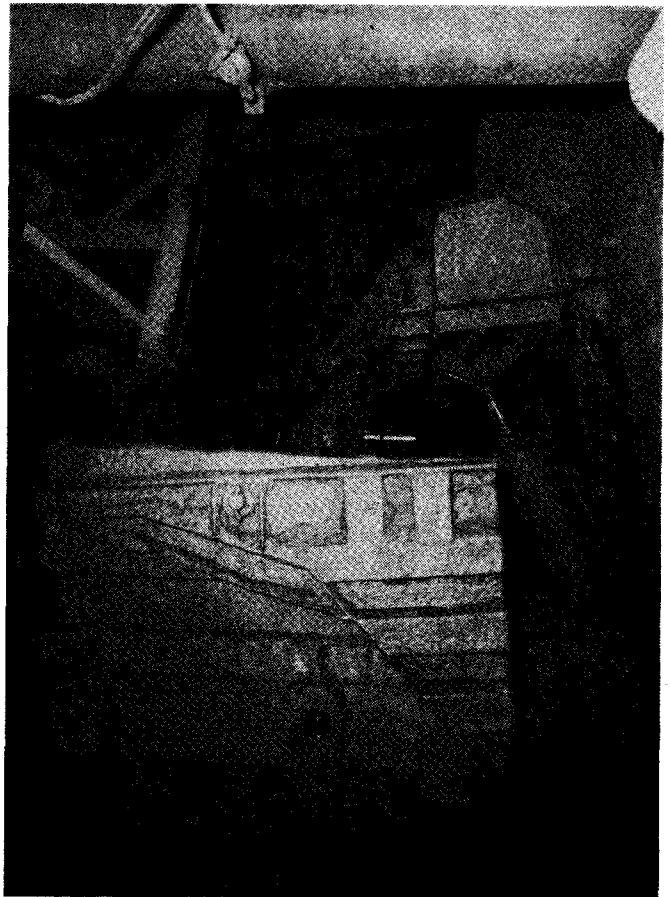
Nykyisen ison rännin rakennuskustannukset nousevat 1,5—2,5 milj. markkaan. Rännin rautarakenneseosat maksavat noin 670.000: — painon ollessa 3.540 kg. Tämän lisäksi tulevat kaikki kiinnityspultit, putkistot sekä rännin vuorauslevyt, jotka ovat 25—30 ja 60 mm:n teräslevyä ja joita ränniin menee 6.000—7.000 kg riippuen alaosan louhintamuodosta. Huomattavimman eron eri rännien rakennuskustannuksissa muodostavat rännikuprikan louhinnan yhteydessä tarvittavat tukemistoimenpiteet mm. kalliopulttaus ja verkkorappaus. Kiven ollessa heikkoa joudutaan pilarit ja palkit mitoittamaan suuremmiksi, jolloin työ-, harjateräs- ja betonimenekki on suurempi. Normaaliin ränniin kuluu harjaterästä noin 1.000 kg ja betonia noin 40 m³. Kiviainekset ja sementti 350 kg/m³ sekoitetaan nykyisin kuivana Mökkivaaran keskusbetoniasemalla. Betoni kuljetetaan 1 m³ vaunuissa kuorma-auton lavalla kaivoshalliin, josta se henkilöhisillä lasketaan käyttötasolle. Veden lisäys ja sekoitus tapahtuu 120 l:n betonisekoittajassa, josta muottiinvalu tapahtuu paineilmapuhallussäiliön avulla. Betonimassan täryttäminen suoritetaan paineilmakäyttöisillä sauvatäryttimillä. Kuva 3 esittää rännilastausta G-vaunuun uudesta rännistä. Rännirakennuksissa on käytetty 210—270 miestyövuoroa.

Ränninousujen kulumisilmiöt ovat aiheuttaneet huomattavia vaikeuksia silloin, kun nousut ovat kulkeneet pehmeitten serpentiniittikerrosten läpi. Parissa vuodessa ovat jotkut $1,5 \times 1,5$ m nousut laajentuneet avariksi, epämuotoisiksi onkaloiksi leveyden vaihdellessa 6—10 m ja sortumisvaaran ollessa ilmeisen. Laajentuneita ränninousuja on jouduttu jälkeinpäin erikoistoimenpitein rakentamaan. C II ränninousun (kaltevuus 58°) uudelleenrakentamisessa käytettiin menettelytapaa, jossa sortumavaiheessa oleva ränninousu täytettiin 6"n iskupora-reiän kautta maanpinnalta valetulla täyttöbetonilla, jossa oli sementtiä 250 kg/m³. Valu epäonnistui osittain, koska nousuun valun aikana sortuneet kivet rikkoivat suodatustorvet. Valun loppuosa jouduttiin suorittamaan ränniin kertyneeseen veteen, jolloin kiviainekset erottuivat. Heikon täyttöbetonin sisään saatiin kuitenkin louhittua ja rakennettua $2,2 \times 2,2$ m kokoinen uusi nousu. Tämän sisälle valettiin varsinainen 1,5 m läpimittainen pyöreä nousu. Muotin runkona käytettiin lankuista nauhattuja ympyräkaaria, joita vastaan taivutettiin kovalevyt. Kun nousu oli kalteva, sijoitettiin nousun pohjalle betonivaluun kymmenen ratakiskoa kulutusta kestäväksi pohjaksi. Ränninousun korjauksen jälkeen lastattiin rännistä 345.000 t malmia. Noin vuoden kuluttua oli betoni kulunut pohjalta pois, jolloin ratakiskot paljastuivat ja

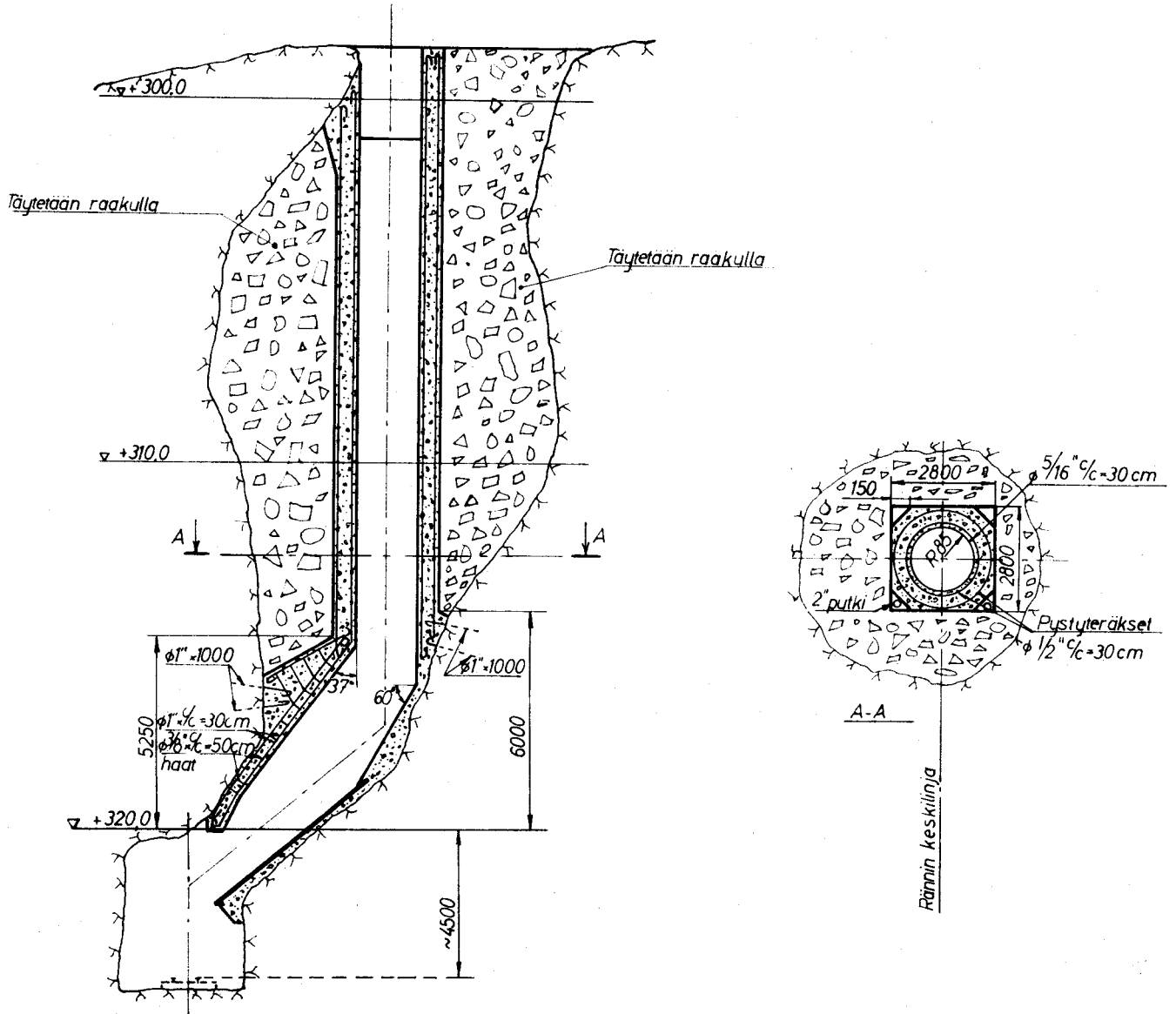
alkoivat irrota. Parin vuoden kuluttua, kun malmia oli lastattu 200.000 t, oli pääosa betonista kulunut pois, mutta sortuminen ei päässyt jatkumaan.

J-ränni, kaltevuus n. 80°, oli lyhyen käytön jälkeen suurentunut vaakapinta-alalleen 60—70 m² suuriseksi, tilavuuden ollessa noin 1.000 m³. Kun täyttöbetonimäärä olisi ollut suuri ja ränninousu kulumisesta johtuen oli melkein pysty, päätettiin nousun sisään rakentaa betonitorvi ja ulkopuoli täyttää raakulla. Rakentamisen varmistamiseksi täytettiin nousu ensin malvilla, jota lastattiin vähitellen pois ja paljastuvat seinät varmistettiin kalliopultteilla. Rännin alaosaan valettiin aluksi 6 m pituinen betonikaulus. Sen yläpuolelle rakennettiin 16 m korkea betonitorvi (kuva 4). Nousun ulkomuotti oli neliömäinen, sivun pituus 2,8 m. Sisäkulmat leikattiin 75 cm laudoituksella ulkokehän muodostuessa siten 8-kulmioksi. Sisämuotiksi rakennettiin 1,7 m läpimittainen lautalieriö. Betoniseinän vahvuudeksi tuli n. 55 cm. Betonilieriön ulko- ja sisäpinnassa oli 30 cm:n silmäsuuruinen betoniteräsverkko, jonka pystyraudat olivat 1/2" ø ja vaakaraudat 5/16" ø. Kustannukset olivat korkeat. Rännin suun korjaus ja seinien pulttaus maksoivat n. 2,2 milj. mk. varsinainen ränninousu n. 2,0 milj. mk ja betonitorven ympäristön raakulla täyttö ja jälkityöt noin 1,1 milj. mk. Rakennusaika oli kaikkiaan 7 kuukautta. Kun rännistä oli lastattu n. 50.000 tonnia, mitattiin betonin kuluminen. Se oli 10 cm suuruusluokkaa eli n. 2 cm/10.000 tonnia.

Kun geologisten tutkimusten perusteella tiedettiin, että malmion länsiosissa yhä useammat ränninousut oli ajettava heikkojen serpentiniittien läpi, joissa nousujen



Kuva 3. Rännilastausta 3,5 m³ Granby-vaunuun uudesta suuresta rännistä.



Kuva 4. J-rännin korjaussuunnitelma. Betoninousun sisäläpimitta 1,7 m. Piirustuksesta ilmenee nousun laudoitus- ja raudoitustapa.

laajentumisvaara oli suuri, ryhdyttiin suunnittelemaan nousujen seinien tukemista ennenkuin suurentuminen pääsee alkuunsa. Pelkkä kalliopulttaus injektoiduilla pulteilla ei olisi ollut riittävä, koska kivi murenee pulttien välistä. Seinämät oli kokonaisuudessaan vuorattava joko teräslieriöllä tai muulla kulutusta kestäväällä materiaalilla. Koska nousut tulevat 30—60 m korkeiksi, oli betonivalua käytettäessä lähinnä ajateltavissa liukuvalumenetelmä. Maanpäällisissä liukuvaluissa kiipeää muotti nestetunkkien avulla nousuteräksiä myöten ylös. Kaivoksessa on saatavissa valupaikan yläpuolelle kiinteä kattopiste, jota kohti muottia voidaan nostaa.

Betonivalu sai Outokummussa seuraavan muodon. Nostoteräksenä käytettiin köysiradan suljettua rakennetta olevaa kannatusköyttä, jonka läpimitta oli 26 mm ja vetomurtolujuus n. 45.000 kp. Se ankkuroitiin nousun kattoon. Itse liukumuotti oli 1.200 mm korkea, 12 mm teräslevystä tehty lieriö, jonka yläläpimitta oli 1612 mm ja alamitta 1.600 mm. Lieriön kantana oli luukulla varustettu hoitolava ja alla kiinnitys- ja ohjausosa. Rakenne ilmenee kuvasta 5, joka on otettu Keretin kaivoshallissa. Nostolaitteena oli 4 1/2 tonnin kitkatalja. Kitkataljan yläpää kiinnitettiin epäkeskopuristimen avulla nousuköyteen ja alapää muotin runkorakenteeseen. Kitkatal-

jan avulla saatiin nosto tapahtumaan hyvin tasaisesti, eikä ennakoepäilyä esitettyä köyden joustavuudesta johtuvaa muotin »hyllymistä» tai nykäyksellistä nousemista esiintynyt.

Nousuköysi toimi samalla betoninlaskukapän ohjausköytenä. Laskukappa oli pohjasta aukaistava, vetoisuudelleen 0,2 m³. Se pysähtyi laskettaessa ohjausrännin varaan, joka oli pyörivä ja jota myöten betoni ohjattiin muotin ulkopuolelle. Muotin kokonaispainoksi tuli laskukappoineen ja ohjausränneineen n. 1650 kg ja hinnaksi 200.000:—, josta 107.000:— oli tarvikkeiden osuus. Teräslevyä kului 1.200 kg ja muototeräksiä 330 kg. Muottiin kulkeminen oli järjestetty alhaalta päin valmiin valun sisälle rakennettuja tikapuita myöten, valun yläosassa ylhäältä päin tikapuilla.

Liukuvalubetonoinnilla on rakennettu kahden pystysuoran rännin nousun alapää. V I nousun valukorkeus oli 18 metriä ja V II:n 27,5 m. Nousut ajettiin pyöreinä, läpimitta 2,5—2,7 metriä. V I nousu oli ajettu tavallisella nousunajomenetelmällä erittäin heikossa kivessä, jolloin se oli lohkeillut epämääräisen muotoiseksi ja pultattu hyvin vahvasti. V II ajettiin Alimak-nousunajohissillä hieman paremmassa kivessä ja oli muodolleen säännöllisempi. Ennen valua vaihdettiin V I nousun pai-

suntakuoripultit injektoiduiksi 18 mm:n harjateräspulteiksi.

Betonimassa valmistettiin maan päällä B-betoninormien mukaisesti käyttäen seulottuja kiviaineksia. Annos suoritettiin mitta-astioilla. Valuja varten rakennettiin tilapäinen betoniasema Keretin kaivoshallin ovelle. Sekoittajana oli 160 l betonisekoittaja, jolloin annoksen sementtimäärä oli 50 kg säkki. Kokonaissementtimäärä oli korkea, 420—450 kg/m³. Vesisementtisuhde 0,45—0,50. Betoni kuljetettiin 1 m³ vaunuissa ensin Keretin hississä 285-tasolle ja junakuljetuksena n. 500 metrin päähän louhinta-alueelle. V I nousun valussa jouduttiin vaunu vielä laskemaan vinorataa myöten vintturilla valupaikalle. Kuljetus oli hankala ja muodosti huomattavan kustannustekijän.

V I nousun valussa käytettiin Paraisten Rapid-sementtiä. Nopean alkusidonnan takia kehittyi huomattavasti lämpöä. Betonimassan lämpötila nousi aina +70°—+80° C, jolloin muotin alle oli järjestettävä voimakas jälkikas-telusumutus ja jäähditys. Sen jälkeen oli lämpötila noin +40° C. Kaivoksen lämpötila on +9° C. V II valussa oli sementtinä tavallinen Portland-sementti. Tällöin haittasi sitomista ja betonin vesisementtisuhteen säilymistä kallion läpi tihkuva vesi. Muotin nostoa jouduttiin jarrutamaan, kunnes nousun alle sijoitettiin 35 kW sähkölämpöpuhallin »sähkötykki», jolloin työ pääsi jatkumaan normaalisena.

V II ränninousun liukuvalussa olivat olosuhteet helpommat kuin ensin suoritettussa V I valussa, joten siitä voidaan esittää työaikalaskelmia. Valun valmistelutyöt kuten nousun runsaus, pesu, lähtökohdan pohjalaudoitus, kannatusköyden tukipalkiston asennus nousun yläpuo-

lulle, liukuvalukipan nostolaitteiden asennus ja betonin käsittelylaitteiden järjestely ottivat 101 miestyövuoroa. Varsinaisen betonointiin kuului 25 vuoroa työryhmän vahvuuden ollessa etumies ja 10 miestä. Miesvuoroja 275. Työryhmästä oli 4 miestä maanpäällä betoniasemalla kuljettaen samalla vaunut hissiin, 2 miestä 285-tasolla välikuljetuksessa veturin avulla ja 4 miestä valutyössä. Kaksi miestä työskenteli muotissa vastaanottaen ja sulloen betonia, jota toiset kaksi syöttivät laskukappaan.

Betonia valettiin 110 m³. Kun valettava osuus oli 27,5 m, kului nousumetrille noin 4 m³ betonia ja seinämävahvuudeksi tuli keskim. 60 cm. Muotin nostonopeus oli V II valussa 1,14 m/vuoro. V I valussa se oli 1,06 m/vuoro, mutta epäsäännöllisemmän muodon vuoksi oli betonin määrä siinä 5 m³/metri. V II nousussa olisi Rapid-sementtiä käytettäessä ilmeisesti päästy 1,5—1,7 m nostonopeuteen/vuoro. Nyt jouduttiin nostoa rajoittamaan. Betonivalun suoranaiset työ-kustannukset olivat 5.700:—/m³. Kun alkuvuorokustannukset maksoivat n. 2.500:—/m³ ja sementti ym. tarveaineet n. 6.000:—/m³, nousivat kokonaiskustannukset 14.500:—/betoni-m³. Osaston yhteiskustannuksia ja apulaskentapaikkakustannuksia ei tällöin ole huomioitu.

Teknillisesti liukuvalu onnistui hyvin. Sen työ-kustannukset olivat huomattavasti halvemmat kuin miksi ne olisivat muodostuneet kiinteää muottia käyttäen. Itse valumuotin hinta oli vain puolet siitä, mitä näissä kahdessa nousussa olisi paikalla rakennettu muottilaudoitus maksanut. 160 cm:n läpimittaisessa, tukirakenteita täynnä olevassa lautatorvessa olisi betonin lasku, syöttö, sullonta ja jälkihuolto ollut erittäin hankala tehtävä. Liukuvalubetonoinnissa oli koko muotin pinta työ-lavana ja betonoitava nousupinta-ala työskentelyalueena. Työskentelytila oli hyvä ja sullonta voitiin suorittaa tehokkaasti.

Betonointi suoritettiin kokonaan ilman raudoitusta. Sen pinta tuntuu hyvin kovalle. Ajatuksena on ollut, että kun betonointi aikoinaan kuluu siten, että kivipinta paljastuu, suoritetaan samalla muotilla uusi kulutuskerroksen liukuvalu. Nyt on V I nousun läpi lastattu 30.000 tonnia malmia. Nousun seinämien kulumisen määrätettiin mittaamalla vapaa läpimitta. Suurin läpimitta oli yhdessä kohdassa 1,74 m, joten maksimi kulumisen on ollut 14 cm eli säteen suunnassa n. 2,5 cm/10.000 tonnia. Pääosassa nousua oli läpimitan suurentuminen vain 5—7 cm kaikkiaan eli n. 1 cm/10.000 tonnia.

V II liukuvalu suoritettiin vain nousun serpentiniittisuudelle. Serpentiniitin päällä oli 12 m kvartsiittia, jossa nousu ajettiin pienemmällä läpimitalla. Rajakohtaan jäi olkain, johon kivet ovat useasti tarttuneet kiinni. Niitä on ammuttu alas vinoon ylhäältä porattujen porareikien kautta miinaamalla. Raapattaessa syöksyvät kivet nousun toiselle reunalle. Ne ovat 20.000 tonnin lastauksen aikana kuluttaneet betonia 7 metrin matkalta siten, että serpentiniitti on paljastunut kapealta vyöhykkeeltä. Alempana on seinämien kulumisen kuitenkin vain samaa suuruusluokkaa kuin V I nousussa. Kulunut vyöhyke valetaan uudelleen liukuvalulla rinntaamalla seinään tartunnat. Samalla jatketaan valu myös nousun kvartsiitti-suudelle aina 285-tasolle asti, jolloin valu on yhtenäinen 285-tasolta 320-tasolla sijaitsevaan ränniin asti.

Mikäli kaivoksen sivukivet ovat niin heikkoja, etteivät ne kestä ränninousujen seinämissä malmilastauksen aiheuttamaa kulutusta ilman tukemista, muodostaa liukuvalubetonointi hyvän tukemisenetelmän. Suuret rännit ovat tehneet mahdolliseksi raapattavan malmilohkarekoon suurentamisen, jolloin rikkoammunnan määrää on voitu



Kuva 5. Liukuvalumuotti Keretin kaivoshallissa. Ylinnä betonin laskukappa ja ohjausränni, alinna muotin ohjauskengät. Muotin alla 4 1/2 tonnin kitkatalja.

Factorial Experimentation-tutkimusmenetelmä rikastusteknillisten ja metallurgisten prosessien tulosten analysoimiseksi.

Dipl.ins. Osmo Vartiainen, Outokumpu Oy, Kokkolan tehtaat

Määrätessä prosessin optimiolosuhteita joko tutkimustyön yhteydessä tai käytännössä joudutaan usein tilanteeseen, jolloin on erittäin vaikeaa tehdä täsmällisiä johtopäätöksiä saaduista tuloksista, johtopäätöksiä, joiden mukaan prosessiin vaikuttavia tekijöitä olisi muutettava siten, että laitos kävisi parhaalla mahdollisella tavalla. Erikoisesti rikastusteknillisissä ja metallurgisissa prosesseissa tuloksiin vaikuttavat hyvin monet eri tekijät, joiden kunkin vaikutus prosessiin on kvantitatiivisesti erilainen. Tekijöiden merkityksen selvittely tapahtuu käytännössä useimmiten klassillisen tasomenetelmän (yksi-muuttuja-kerrallaan) avulla. Tämä johtaa suureen lukumäärään kokeita ja on useinkin mahdollista vain suhteellisen pienimittakaavaisissa ja yksinkertaisissa prosesseissa käytettäväksi. Tavallisesti joudutaankin menettelemään siten, että muutetaan yhtä aikaa kahta tai useampaa tekijää ja saatujen tulosten perusteella »arvataan» eri tekijöiden merkitykset ja ne tasot, joilla työskennellen prosessin luullaan käyvän parhaiten. Vaikeudet tulevat näkyviin erikoisesti silloin, kun prosessi on jo kehitetty sille asteelle, että ainoastaan muutaman prosentin parannus voi olla teoreettisestikaan enää mahdollista, mikä suuri-

pienentää. Samalla ovat raappaustehot samoinkuin rännilastaustehot nousseet.

Erikoisen huomattava on suurien rännien vaikutus rännilastauksen työturvallisuuteen. Rännilastaus on aikoinaan ollut kaivoksen vaarallisimpia töitä, jonka tapaturmatiheys on ollut suurin koko kaivoksessa. Kolmivuosijaksena 1948—1951, jolloin oli käytössä vielä käsinlastauspuuranneja ja vain pienimpiä mekaanisia rännejä, oli tapaturmatiheys 174 laskettuna sataa vuosityöntekijää kohti. Rännilastaajalle sattui silloin melkein kaksi tapaturmaa vuosittain. Senjälkeen on tapaturmatiheys rännien teknillisen kehityksen ja tehostetun turvallisuustyön johdosta laskenut erittäin voimakkaasti. Vuosina 1951—1953 oli tapaturmatiheys 95, 1955—1958 72 ja vuonna 1960 oli se 10. Rännilastausta voidaankin tällä hetkellä pitää hyvin tehokkaana ja turvallisena malmin lastausmenetelmänä.

S U M M A R Y

Main loading system at Outokumpu mine is chuteloading. As a result of improvements the gap of chute is expanded to 1500×1500 mm, the construction is shown in fig. 2. In weak siderocks the wear occurrence has brought difficult troubles. At present the raisings are reinforced with glide-casted concrete. Around the walls of vertical raisings, diameter 2.6 m, a 60 cm thick concrete lining is casted using a steel casting mould 1200 mm high and 1600 mm diameter. Loading from big chutes the accidents have declined to 1/10 of previous.

mittakaavaisessa laitoksessa voi olla taloudellisesti hyvinkin merkityksellinen.

Tämän artikkelin tarkoituksena on esittää nk. *Factorial Experimentation-menetelmän sovellutus rikastusteknillisten ja metallurgisten prosessien tulosten statistiseksi analysoimiseksi. Tämän menetelmän avulla voidaan laskea prosessiin vaikuttavien tekijöiden merkitys sekä määrätä suunta, mihin eri tekijöitä on muutettava optimiolosuhteiden saavuttamiseksi.*

Factorial Experimentation-menetelmän avulla pyritään matemaattisesti saamaan mahdollisimman paljon tietoa mahdollisimman vähäisestä koemäärästä ja myöskin laskemaan se todennäköisyys, millä tehdyt johtopäätökset pitävät paikkansa. Tällöin tarvitaan ainoastaan osa siitä koemäärästä, mikä on tehtävä »yksi-muuttuja-kerrallaan» menetelmää käytettäessä samaan lopputulokseen pääsemiseksi.

Factorial Experimentation-menetelmä on kehitetty alunperin biologisia tutkimuksia varten, pääasiassa R. A. Fischerin¹⁾ toimesta ja sitä on käytetty suhteellisen paljon sekä kemiallisessa että lääketieteellisyydessä.

Tässä yhteydessä ei puututa menetelmän teoreettiseen puoleen, minkä suhteen viitataan saatavana olevaan kirjallisuuteen²⁻⁶⁾, vaan pyritään esimerkkien avulla laskennallisesti havainnollistamaan menetelmän käyttömahdollisuudet rikastusteknillisissä ja metallurgisissa prosesseissa ja niiden tulosten tulokinnassa.

Ensimmäinen esimerkki on valittu rikastustekniikan piiristä, kupari- ja kobolttimineraalien selektiivisestä vaahdotusprosessista ja toinen esimerkki Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtaiden pasuton prosessitutkimuksista. Tulosten analysointi suoritetaan molemmissa tapauksissa kahdella eri tasolla neljän eri muuttujan suhteen.

Ensimmäinen esimerkki edustaa etukäteen suunnitellun koesarjan tulosten analysointia, kun taas jälkimmäisessä tapauksessa on kysymyksessä epätäydellisen koesarjan tulosten statistinen tutkimus.

Tutkimus olisi yhtä hyvin voitu suorittaa 3:lla, 4:llä tai useammalla tasolla ja myöskin useamman muuttujan suhteen. Käsittely olisi ollut analoginen nyt esitetyn käsittelyn kanssa. Yleensäkin laskujen helpottamiseksi on käytännöllistä useamman kuin 4:n muuttujan tutkimus jaoitella $n^{\max.4}$ Factorial Experimentation-tutkimuksiksi.

Esimerkki I

Erästä kupari-kobolttisulfiidimalmista on selektiivisesti vaahdotettava kuparimineraalit eroon kobolttimineraaleista. On tutkittava pH:n, valmennusajan, kokoojamäärän ja painajan (NaCN) vaikutusta ko. prosessiin laboratorio-mittakaavassa.

Kokeet suoritettiin kahdella tasolla 2⁴ Factorial Experimentation-tutkimusta käyttäen. Jokaisen kokeen tulos varmennettiin kaksoiskokeella.

Taulukko 1: Kokeiden suoritusastot.

Muuttuja		Taso 1	Taso 2
A	pH (pH)	10.0 (pH ₁)	11.4 (pH ₂)
B	Valmennusaika, min. (t)	5 (t ₁)	15 (t ₂)
C	Kokooja, kg/t (x)	0.04 (x ₁)	0.08 (x ₂)
D	NaCN, kg/t (CN)	0.10 (CN ₁)	0.25 (CN ₂)

Taulukossa 1 on esitetty kokeiden suoritusastot. Koeolosuhteet määrättiin Taulukossa 2 esitetyllä tavalla. Taulukossa on myöskin määrätty kokeiden suoritusjärjestys, mikä voidaan tehdä vaikkapa rahan avulla »kruunaa ja klaavaa heittämällä» tai käyttäen esim. Table of Random Numbers (Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research» R. A. Fischer and F. Yates). Tämä kokeiden suoritusjärjestyksestä aiheutuvan mahdollisen virheen eliminoimiseksi.

Taulukko 2: Koeolosuhteet ja kokeiden suoritusjärjestys.

pH	t	x	CN	Suoritusjärjestys
pH ₁	t ₁	x ₁	CN ₁	10
pH ₁	t ₁	x ₁	CN ₂	2
pH ₁	t ₁	x ₂	CN ₁	4
pH ₁	t ₁	x ₂	CN ₂	12
pH ₁	t ₂	x ₁	CN ₁	8
pH ₁	t ₂	x ₁	CN ₂	9
pH ₁	t ₂	x ₂	CN ₁	13
pH ₁	t ₂	x ₂	CN ₂	1
pH ₂	t ₁	x ₁	CN ₁	5
pH ₂	t ₁	x ₁	CN ₂	11
pH ₂	t ₁	x ₂	CN ₁	6
pH ₂	t ₁	x ₂	CN ₂	16
pH ₂	t ₂	x ₁	CN ₁	15
pH ₂	t ₂	x ₁	CN ₂	7
pH ₂	t ₂	x ₂	CN ₁	14
pH ₂	t ₂	x ₂	CN ₂	3

On ilman muuta selvää, että kaikki muut olosuhteet kokeiden aikana pidettiin vakiona, kuten esim. jauhatus, lämpötila, valmennuksen liettäiheys, vaahdotusaika, jne.

Vaahdotuskokeissa erotettiin ainoastaan kuparirikaste. Taulukossa 3 on esitetty yhteenvedo vaahdotuskokeiden tuloksista sisältäen myöskin prosessikerroimen arvon, jota on käytetty kunkin kokeen tulostittana. k:n tilalla voidaan ajatella käytettäväksi myöskin esim. kuparin saantiarvoa, mikäli se on tarpeeksi selvä ja yksikäsitteinen eri kokeiden tulosten keskinäiseksi vertaamiseksi.

Tässä yhteydessä ei puututa k:n arvon laskusuoritukseen, vaan viitataan ainoastaan sitä koskevaan artikkeliin⁷⁾.

Koetulosten mukaan lasketut k-arvot on esitetty Taulukossa 4, josta ilmenevät myöskin kutakin k-arvoa vastaavat koeolosuhteet.

Taulukko 3. Vaahdotuskokeiden tulokset.

Koe	Cu _{Cu}	R _{CuCu}	Co _{Cu}	R _{CoCu}	k
1	36.0	71.7	0.29	11.0	5.97
2	35.4	63.3	0.17	6.0	6.13
3	35.9	76.0	0.22	8.9	6.72
4	34.4	76.2	0.37	16.0	5.40
5	35.4	71.5	0.21	8.6	6.43
6	35.0	74.8	0.20	8.4	6.80
7	30.3	37.9	0.09	2.2	4.35
8	35.2	59.5	0.19	6.4	5.67
9	30.6	30.1	0.11	2.2	3.57
10	33.1	71.2	0.25	10.4	6.04
11	34.5	35.3	0.14	2.8	3.97
12	34.9	74.7	0.31	14.6	5.55
13	35.7	71.5	0.41	16.6	4.83
14	35.4	78.0	0.29	12.1	6.38
15	31.6	31.3	0.14	2.6	3.61
16	34.9	74.9	0.22	9.3	6.63

Cu_{Cu} = kuparia kuparirikasteessa, %
 Co_{Cu} = kobolttia » %
 R_{CuCu} = kuparin saanti kuparirikasteeseen, %
 R_{CoCu} = kobolttin saanti kuparirikasteeseen, %
 k = prosessikerroin

Taulukko 4: Eri koeolosuhteiden k-arvot

(A) pH	(B) t	x (C)			
		x ₁ (1)		x ₂ (c)	
		(D) CN		(D) CN	
		CN ₁ (1)	CN ₂ (d)	CN ₁ (1)	CN ₂ (d)
pH ₁ (1)	t ₁ (1)	6.04 (1)	6.13 (d)	5.40 (c)	5.55 (cd)
	t ₂ (b)	5.67 (b)	3.57 (bd)	4.83 (bc)	5.97 (bcd)
pH ₂ (a)	t ₁ (1)	6.43 (a)	3.97 (ad)	6.80 (ac)	6.63 (acd)
	t ₂ (b)	3.61 (ab)	4.35 (abd)	6.38 (abc)	6.72 (abcd)

Sum of squares (= neliösumma) — arvojen laskeminen on esitetty Taulukossa 5. Siinä esitetyt neliösummarvot on kerätty yhteenvedon muodossa Taulukkoon 6, joka sisältää Factorial Experimentation-tutkimuksen tulokset significance (merkitsevyys)-arvoineen. Merkitsevyysarvojen määrittäminen on suoritettu valmiiksi lasketujen taulukoiden*) avulla.

Kuten Taulukossa 6 olevista arvoista nähdään, ainoastaan kokoojamäärän muutos ja yhdysvaikutus AC ovat merkitseviä (< 10 %:n tasolla).

Taulukosta 4 havaitaan, että x₁-tasolla saavutettujen tulosten Σ k on 39.77 ja x₂-tason vastaava arvo = 48.29. Tämä osoittaa, että suurempi kokoojamäärä on keskimäärin parempi kuin pienempi.

Jotta muiden tekijöiden kuin kokoojamäärän vaikutukset prosessiin saataisiin selvemmin esille, tehdään 2³ Factorial Experimentation-tutkimus x:n tasoilla x₁ = 0.04 kg/t ja x₂ = 0.08 kg/t. Laskut on suoritettu Taulukossa 7 sekä vastaava statistinen analyysi Taulukossa 8.

*) O. L. Davies: »Design and Analysis of Industrial Experiments», sivu 602 —

Taulukko 5: Neliösumma (sum of squares)-arvojen laskeminen

	k	I	II	III	IV	V	VI	VII
(1)	6.04	12.47	21.75	45.16	88.05	= Σk	—	—
a	6.43	9.28	23.41	42.89	1.73	= 8 A	0.126	0.1871
b	5.67	12.20	18.02	1.28	-5.85	= 8 B	-0.731	2.1389
ab	3.61	11.21	24.87	0.45	0.31	= 8 AB	0.039	0.0060
c	5.40	10.10	-1.67	-4.18	8.51	= 8 C	1.064	4.5263
ac	6.80	7.92	2.95	-1.67	7.83	= 8 AC	0.979	3.8318
bc	4.83	12.18	-1.38	-2.30	4.89	= 8 BC	0.611	1.4945
abc	6.38	12.69	1.83	2.61	-0.67	= 8 ABC	-0.084	0.0281
d	6.13	0.39x)	-3.19	1.66	-2.27	= 8 D	-0.284	0.3221
ad	3.97	-2.06	-0.99	6.85	-0.83	= 8 AD	-0.104	0.0431
bd	3.57	1.40	-2.18	4.62	2.51	= 8 BD	0.314	0.3938
abd	4.45	1.55	0.51	3.21	4.91	= 8 ABD	0.614	1.5068
cd	5.55	-2.16	-2.45	2.20	5.19	= 8 CD	0.649	1.6835
acd	6.63	0.78	0.15	2.69	-1.41	= 8 ACD	-0.176	0.1243
bcd	5.97	1.08	2.94	2.60	0.49	= 8 BCD	0.061	0.0150
abcd	6.72	0.75	-0.33	-3.27	-5.87	= 8 ABCD	-0.734	2.1536
Σ	88.05							18.4549

$$I = 6.04 + 6.43 = 12.47; 5.67 + 3.61 = 9.28 \text{ j.n.e.}$$

$$x) = 6.43 - 6.04 = 0.39; 3.61 - 5.67 = -2.06 \text{ j.n.e.}$$

$$II = 12.47 + 9.28 = 21.75; 12.20 + 11.21 = 23.41 \text{ j.n.e.}$$

$$IV = 45.16 + 42.89 = 88.05 \text{ (pitää olla } = \Sigma k)$$

$$VI = \frac{(IV)}{8} = \text{Effect}; \frac{1.73}{8} = 0.216$$

$$VII = \frac{(IV)^2}{16} = \text{Mean square}; \frac{1.73^2}{16} = 0.1871$$

$$\begin{aligned} \text{Laskujen tarkistus: } \Sigma (\bar{k}^2)88.05^2:16 &= \\ &= 503.0047 - 484.5502 = \\ &= 18.4545 \cong 18.4549 \end{aligned}$$

Taulukko 6: Factorial Experimentation-tutkimuksen tulokset

Vaikutukset	Neliösumma 1)	Vapaita arvoja 2)	Keskineliö 3)	Merkitsevyys % 4)
<i>Päävaikutukset:</i>				
A pH:n muutos	0.1871	1		> 10 ⁶)
B valmennusajan muutos	2.1389	1		> 10
C kokoojamäärän muutos	4.5263	1		≈ 7
D NaCN-määrän muutos	0.3221	1		
<i>Yhdysvaikutukset:</i>				
AB	0.0060	1		
AC	3.8318	1		9
AD	0.0431	1		
BC	1.4945	1		
BD	0.3938	1		
CD	1.6835	1		
ABC	0.0281	1		
ABD	1.5068	1		
ACD	0.1243	1		
BCD	0.0150	1	0.7656 ⁵⁾	
ABCD	2.1536	1		

1) Sum of squares

2) Degrees of Freedom

3) Mean squares

4) Significance, %

5) $(0.0281 + 1.5068 + 0.1243 + 0.0150 + 2.1536):5 = 0.7656$ 6) $\frac{0.1871}{0.7656} = 0.2444; \sigma_1 1, \sigma_2 = 5, \therefore > 10 \%$

Taulukossa 8 esitetystä arvoista ilmenee, että:

- Matalammalla x:n arvolla virhearvio on huomattavasti suurempi kuin korkeammalla x:n tasolla — 0.9499/0.1178 4:llä vapausarvolla — indikoiden, että x₁-systemi on herkempi vaihteluille kuin x₂-systemi.
- x₁-tasolla valmennusajan merkitsevyys on suhteellisen suuri muihin tekijöihin verrattuna (> 10 %:n

tasolla). Taulukosta 4 havaitaan, että lyhyempi valmennusaika (t₁) antoi paremmat tulokset kuin pitkä valmennusaika yhtä poikkeusta lukuunottamatta. Käytännössä valmennusajan kontrolloiminen ja pitäminen se t₁-tasolla on tietysti vaikeaa, koska osa materiaalista menee hyvin nopeasti systeemin läpi, osan viipyessä valmentajassa huomattavan kauden.

- x₂-tasolla pH:n muutos on erittäin merkitsevä ollen < 1 %:n tasolla. Taulukosta 4 havaitaan, että korkea pH on poikkeuksesta parempi kuin matala.
- AD- ja BD-yhdysvaikutukset samoin kuin NaCN-määrän muutos x₂-tasolla ovat melkoisen merkitseviä. Taulukossa 9 on esitetty AD- ja BD-yhdysvaikutukset x₂-tasolla.

Taulukosta 9 ilmenee, että NaCN:n muutoksen merkitys matalalla pH:lla on suhteellisesti suurempi kuin korkealla pH:lla, missä CN₁ ja CN₂ ovat antaneet käytännöllisesti katsoen samat tulokset. Paras yhdistelmä on korkea pH ja korkea NaCN. Lyhyellä valmennusajalla NaCN:n muutoksen merkitys tuloksiin on vähäinen, mutta on suhteellisesti merkittävämpi t₂-tasolla. Yhdistelmä pitkä valmennusaika ja korkea NaCN antoi parhaimmat tulokset.

Koetulosten yleinen tarkastelu:

Parhaat tulokset saavutettiin seuraavissa olosuhteissa:

pH	11.4
Valmennusaika	15 min.
Kokoojamäärä	0.08 kg/t
NaCN-määrä	0.25 kg/t

Valmennusajan vaikutus ei tullut kokeissa täysin selväksi. Itseasiassa lyhyt valmennusaika pienen NaCN-määrän kanssa antoi hyvät tulokset. Lyhyen valmennus-

Taulukko 7: 2³ Factorial Experimentation. Laskutoimitukset suoritettu erikseen x₁- ja x₂-tasolla.

1. x₁ = 0.04 kg/t

	k	I	II	III	IV	V	VI
(1)	6.04	12.47	21.75	39.77	= Σ k	—	—
a	6.43	9.28	18.02	-3.05	= 4A	-0.763	1.1628
b	5.67	10.10	-1.67	-5.37	= 4B	-1.343	3.6046
ab	3.61	7.92	-1.38	0.49	= 4AB	0.123	0.0300
d	6.13	0.39	-3.19	-3.73	= 4D	-0.933	1.7391
ad	3.97	-2.06	-2.18	0.29	= 4AD	0.073	0.0105
bd	3.57	-2.16	-2.45	1.01	= 4BD	0.253	0.1275
abd	4.35	0.78	2.94	5.39	= 4ABD	1.348	3.6315
Σ	39.77						10.3060

$$\Sigma (k^2) - 39.77^2:8 = 208.0127 - 197.7066 = 10.3061 \approx 10.3060$$

2. x₂ = 0.08 kg/t

	k	I	II	III	IV	V	VI
(c)	5.40	12.20	23.41	48.28	= Σ k	—	—
ac	6.80	11.21	24.87	4.78	= 4AC	1.195	2.8561
bc	4.83	12.18	2.95	-0.48	= 4BC	-0.120	0.0288
abc	6.38	12.69	1.83	-0.18	= 4ABC	-0.045	0.0041
cd	5.55	1.40	-0.99	1.46	= 4CD	0.365	0.2665
acd	6.63	1.55	0.51	-1.12	= 4ACD	-0.280	0.1568
bcd	5.97	1.08	0.15	1.50	= 4BCD	0.375	0.2813
abcd	6.72	0.75	-0.75	-0.48	= 4ABCD	-0.120	0.0288
Σ	48.28						3.6224

$$\Sigma (k^2) - 48.28^2:8 = 294.9920 - 291.3698 = 3.6222 \approx 3.6224$$

Taulukko 8: 2³ Factorial Experimentation. Statistinen analysointi suoritettu erikseen x₁- ja x₂-tasolla.

Vaikutukset	x ₁ = 0.04 kg/t			x ₂ = 0.08 kg/t		
	Neliösumma	Vapaita-arvoja	Merkitsevyys %	Neliösumma	Vapaita-arvoja	Merkitsevyys %
<i>Päävaikutukset</i>						
A pH:n muutos	1.1628	1	> 10	2.8561	1	< 1
B valm.ajan muutos	3.6046	1		0.0288	1	> 10
D NaCN-määrän muutos	1.7391	1		0.2665	1	> 10
<i>Yhdysvaikutukset:</i>						
AB	0.0300	1	0.9499	0.0041	1	> 10
AD	0.0105	1		0.1568	1	
BD	0.1275	1		0.2813	1	
ABD	3.6315	1		0.0288	1	

Taulukko 9: AD- ja BD- yhdysvaikutukset x₂-tasolla

		A		
		pH ₁	pH ₂	
D	CN ₁	10.23	13.18	23.41
	CN ₂	11.52	13.35	24.87
		21.75	26.53	

		B		
		t ₁	t ₂	
D	CN ₁	12.20	11.21	23.41
	CN ₂	12.18	12.69	24.87
		24.38	23.90	

ajan, pienen NaCN-määrän ja matalan pH:n systeemi on huomattavasti herkempi kuin vastaava systeemi korkeammilla ko. muuttujien arvoilla, erikoisesti käytännön olosuhteita ajatellen. NaCN:n käytön suhteen tutkimukset viittasivat siihen, että voisi olla edullista lisätä NaCN pienissä erissä valmistus- ja vaahdotusajan kuluessa.

Todettakoon tässä yhteydessä, että saadut laboratoriotulokset tutkittiin myöskin 2 t/h pilot plant-koeajossa. Tällöin todettiin, että eo. johtopäätökset pitivät hyvin paikkansa. Erikoisesti havaittiin, että k.o. olosuhteet sallivat hyvinkin suuria vaihteluita, esim. syöttömateriaalin suhteen. Syötön kuparipitoisuus vaihteli kokeiden

aikana 2,0—4,5 % Cu ja kobolttipitoisuus 0,15—0,35 % Co välillä tulosten pysyessä erittäin suurella tarkkuudella vakiona ilman, että itse koeolosuhteita muutettiin. Tosin statistisia tutkimuksia vielä jatkettiin ennen pilot plant-kokeiluja ja tutkimuksissa kiinnitettiin tällöin huomiota erikoisesti lämpötilan merkitykseen.

Esimerkki 2

On selvitetävä Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtaiden Fe-S-kiven pasutusprosessin päätekijöiden vaikutukset prosessiin 1/2 t/h-mittakaavaisessa koemuunnissa saatuja tuloksia hyväksi käyttäen.

Koeolosuhteita ei alunperin suunniteltu täydellistä Factorial Experimentation-tutkimusta silmälläpitäen, koska prosessia ja käytettävissä olevia laitteita ei vielä tutkimuksen alkuvaiheessa tarpeeksi hyvin tunnettu.

Tutkimuksia varten valittiin seuraavat muuttujat:

1. Ilmakerroin (käytetyn ilmamäärän suhde teoreettiseen ilmamäärään)
2. Lämpötila (petissä)
3. Petikorkeus (ilmanvastus petissä; suht. reaktio-aikaan)
4. Ilmannoisuus petissä (laskettu uunin vapaata poikkipinta-alaa kohden arinan yläpuolella)

Laskelmissa jätetään huomioimatta syöttömateriaalin kokoomuksen, samoin kuin sen karkeusasteen vaihtelut, joilla ei havaittu olevan suoritettujen kokeiden puitteissa niin merkittävän selvää vaikutusta, että ne olisi voitu ottaa mukaan laskelmiin.

On huomattava, että laskelmat on suoritettu käyttäen koearvoja, jotka on saatu senjälkeen, kun olosuhteet uunissa olivat tasaantuneet (ainakin näennäisesti) ja uuni kävi ilman suurempia häiriöitä. Tästä johtuen esim. syöttömateriaalimäärän ja ilman jakaantumisen epätasaisuuksien vaikutukset on voitu jättää huomioimatta laskelmissa.

Kokeiden keskinäisinä vertailuarvoina käytetään uunista ylivuotona saadun pasutteen rikkiprosenttipitoisuuksia.

Alustavat laskelmat osoittivat, että muuttujia voidaan tutkia kahdella tasolla, joiksi valittiin Taulukossa 10 esitetyt tasot.

Taulukko 10: Kokeiden suoritusastot

Muuttuja	Taso 1	Taso 2
Ilmakerroin (K)	1.152—1.399 (K ₁)	1.400—1.650 (K ₂)
Lämpötila (T)°C	950—989 (T ₁)	990—1025 (T ₂)
Petikorkeus (H) mm H ₂ O	1095—1470 (H ₁)	1471—1850 (H ₂)
Ilmannoisuus petissä (V) m/sek.	2,56—2,99 (V ₁)	3,00—3,53 (V ₂)

Laskujen helpottamiseksi rikkiarvojen sijasta on käytetty arvoa $1/S \times 10$ ($= I_x$), jossa $S = \%$ rikkiä pasutuksessa. I_x -arvot on esitetty Taulukossa 11.

Taulukossa 11 sulkujen sisällä olevat arvot määrättiin laskennallisesti Yates'in menetelmän⁸⁾ mukaan, sillä vastaavat koearvot puuttuivat. Lopullisia vaikutuksia arvosteltaessa teoreettisesti määrättyillä tulosarvoilla on vapausaste = 0.

Taulukko 11: $\frac{1}{S} \times 10$ -arvot

K	T	H			
		H ₁		H ₂	
		V		V	
		V ₁	V ₂	V ₁	V ₂
K ₁	T ₁	1.91	2.43	4.08	2.83
	T ₂	2.35	13.51	9.52	21.74
K ₂	T ₁	2.73	3.83	6.95	(22.29)
	T ₂	(9.13)	4.79	(15.92)	50.00

Factorial Experimentation-tutkimuksen statistinen analysointi on esitetty Taulukossa 12.

Taulukko 12: Factorial Experimentation-tutkimukset tulokset

Vaikutukset	Neliösumma	Vapaita arv.	Keskineliö	Merkitsevyys %
<i>Päävaikutukset:</i>				
Ilmakertoimen muutos (K)	204.99	2		4
Lämpötilan muutos (T)	399.10	1		1,5
Petikorkeus muutos (H)	536.50	2		< 1
Ilmannoisuuden muutos (V)	296.10	1		3
<i>Yhdysvaikutukset:</i>				
KT	4.17	—		—
KH	201.00	1		4
KV	34.60	1		—
TH	110.93	1		8
TV	87.47	2		10
HV	168.68	1		4.5
KTH	17.00	—		—
KTV	7.30	2		—
KHV	178.08	—		—
THV	45.66	1	4	20.36
KTHV	28.49	1		—

Taulukosta 12 havaitaan, että:

1. Päävaikutuksista petikorkeuden ja lämpötilan muutokset ovat erittäin merkitseviä (molemmat n. 1 %:n tasolla). Taulukosta 11 nähdään, että T_2 -lämpötilaa vastaavat tulosarvot ovat poikkeuksetta paremmat kuin T_1 -lämpötilaa käyttäen saadut. Samoin suurempaa petimäärää vastaavat tulokset ovat paremmat kuin matalla petikorkeudella saadut.
2. Ilmannoisuuden ja ilmakertoimen muutokset sekä yhdysvaikutukset KH ja HV ovat merkitseviä 5 %:n tasolla. Taulukko 11 osoittaa, että keskimääräisesti V_2 -nopeus on parempi kuin V_1 , samoin K_2 parempi kuin K_1 . Jälkimmäisessä tapauksessa vertailu on kuitenkin erittäin epävarmaa, koska kaikki laskennallisesti määrättyt koearvot sisältyvät K_2 -tuloksiin.
3. TH- ja TV-yhdysvaikutusten muutokset ovat merkitseviä 10 %:n tasolla.

Jotta tekijöiden vaikutukset saataisiin tarpeeksi selvästi esille, tehdään 2³ Factorial Experimentation-tutkimus siten, että laskut suoritetaan erikseen lämpötila-

Taulukko 13: 2³-Factorial Experimentation. Statistinen analysointi suoritettu erikseen T₁- ja T₂-tasolla.

Vaikutukset	T ₁				T ₂			
	Neliösumma	Vapaita arv.	Keskineliö	Merkitsevyys %	Neliösumma	Vapaita arv.	Keskineliö	Merkitsevyys %
<i>Päävaikutukset:</i>								
Ilmakertoimen muutos (K)	75.34	2		> 10	133.83	—		—
Petikork. muutos (H)	79.69	2		> 10	567.85	1		6
Ilmannonpeuden muutos (V)	30.85	1		—	352.72	2		10
<i>Yhdysvaikutukset:</i>								
KH	50.55	1	35.61	—	167.45	2	93.59	—
KV	36.85	1		—	5.06			
HV	19.44	1		—	194.83			
KHV	32.04	—		—	174.47			
Σ Ix	47.05				126.96			

tasolla T₁ ja T₂, jolloin lämpötilan suuri vaikutus saadaan eliminoiduksi. Taulukossa 13 on esitetty saadut tulokset.

Taulukko 13 tulokset osoittavat, että:

- T₁-tasolla virhearvio on huomattavasti pienempi kuin T₂-tasolla indikoiden, että *prosessiolosuhteet T₁-lämpötilassa ovat stabiilimmat kuin T₂-lämpötilassa.*
- T₁-lämpötilassa petikorkeuden ja ilmakertoimen muutokset ovat merkitsevempiä molempien kuitenkin ylittäessä 10 %:n tason. Taulukosta 11 nähdään, että petikorkeus H₂ antoi poikkeuksetta paremmat tulokset kuin petikorkeus H₁. Samoin ilmakerroin K₂ antoi jokaisessa tapauksessa paremmat tulokset kuin K₁-taso.
- T₂-lämpötilassa petikorkeuden muutos n. 5 %:n tasolla on merkitsevä ja ilmannonpeuden muutos n. 10 %:n tasolla. Taulukon 11 arvot osoittavat, että H₂ on jokaisessa tapauksessa parempi kuin taso H₁, samoin ilmannonpeus V₂ yhtä poikkeusta lukuunottamatta (vertailuarvo määrätty laskennallisesti) parempi kuin V₁.
- HV-yhdysvaikutus T₂-lämpötilassa on suhteellisen suuri. Taulukossa 14 on esitetty HV-yhdysvaikutuksen lähempi tarkastelu T₂-lämpötilassa.

Taulukko 14: HV-yhdysvaikutus T₂-lämpötilassa. T = T₂

		H		
		H ₁	H ₂	
V	V ₁	11.48	25.44	36.92
	V ₂	18.30	71.74	90.04
		29.78	97.18	

Taulukosta 14 ilmenee, että korkeampi peti (H₂) ja suurempi ilmannonpeus (V₂) yhdysvaikutuksena antavat selvästi parhaimmat tulokset. Kuitenkin on muistettava, että Taulukossa 14 esitettyjen tulosten vapausasteen lukumäärä on hyvin alhainen, joten saadun indikaation varmentamiseksi on suoritettava lisäkokeita.

Kuten Taulukon 11 tuloksista havaitaan ja edellä on jo todettu, suuremmalla petimäärällä saadut tulokset ovat poikkeuksetta paremmat kuin matalampaa petiä käytettäessä.

Jotta toisten tekijöiden vaikutukset saataisiin selvemmin esille, tehdään 2³ Factorial Experimentation-tutkimus erikseen H₁- ja H₂-tasolla laskettuna. Taulukossa 15 esitetty saadut tulokset.

Tulokset osoittavat että:

- H₁-tasolla lämpötilan muutos on statistisesti ylivoimaisesti merkittävin ollen kuitenkin yli 10 %:n

Taulukko 15: 2³ Factorial Experimentation. Statistinen analysointi suoritettu erikseen H₁- ja H₂-tasolla

Vaikutukset	H ₁				H ₂			
	Neliösumma	Vapaita arv.	Keskineliö	Merkitsevyys %	Neliösumma	Vapaita arv.	Keskineliö	Merkitsevyys %
<i>Päävaikutukset:</i>								
Ilmakertoimen muutos (K)	0.01	2		—	405.98	1		6
Lämpötilan muutos (T)	44.56	1		> 10	465.58	—		—
Ilmannonpeuden muutos (V)	8.90	1		—	455.87	1		6
<i>Yhdysvaikutukset:</i>								
KT	2.16	—	12,71	—	19.00	—		—
KV	27.83	1		—	184.80	—		—
TV	3.38	2		—	129.69	1		—
KTV	32.32	2		—	3.47	1	3.47	—
Σ Ix	40.68				133.33			

merkitsevyytasolla. T_2 -olosuhteissa saadut tulokset ovat poikkeuksetta korkeammat kuin T_1 -olosuhteissa saadut (Taulukko 11).

- H_2 -tasolla ilmakertoimen ja ilmannopeuden muutokset ovat hyvin merkitseviä ollen n. 6 %:n tasolla. Korkeampi ilmakerroin antoi poikkeuksetta paremmat tulokset kuin matala, samoin korkea ilmannopeus yhtä poikkeusta lukuunottamatta (Taulukko 11).
- H_2 -tasolla lämpötilan muutoksen merkitsevyys on samaa suuruusluokkaa ilmakertoimen ja ilmannopeuden muutosten kanssa. Tosin on otettava huomioon, että lämpötilan muutoksen vapausaste oli tässä tapauksessa 0, koska todelliset koetulokset puuttuivat.

Koetulosten yleinen tarkastelu:

Suoritetut statistiset analyysit osoittivat, että:

- Parhaimmat tulokset saavutettiin käyttäen tason 2 arvoja, jolloin olosuhteet olivat seuraavat:
 - petikorkeus välillä 1471—1850 mm H_2O
 - lämpötila välillä 990—1025° C
 - ilmannopeus välillä 3.00 — 3.53 m/sek.
 - ilmakerroin välillä 1.400—1.650.

Lämpötilan suhteen kuitenkin on mainittava, että tulokset antoivat indikaation, että matalampi lämpötila 950—989° C aiheuttaa stabiilimmat prosessiolosuhteet kuin korkeampi lämpötila.

- Kun petikorkeus on matala (1095—1470 mm H_2O), lämpötilan vaikutus on hyvin merkitsevä muihin tekijöihin verrattuna indikoiden, että pasutusprosessi on herkkä lämpötilan vaihteluille.
- Suuremmalla petimäärällä (1471—1850 mm H_2O) lämpötilan, ilmakertoimen ja ilmannopeuden vaikutukset ovat keskenään suurinpiirtein yhtä merkitsevät; pasutusprosessi on stabiilimpi kuin matalampaa petikorkeutta käytettäessä.

Esitetyt laskelmat osoittivat, että petikorkeuden muutoksella oli erittäin merkittävä vaikutus; korkeampi petikorkeus oli parempi kuin matala. Pääilmapuhaltimia mitoitettaessa tämä on otettava huomioon. Suoritettu tutkimus ei kuitenkaan anna absoluuttista arvoa vaadittavalle puhaltimen paineelle, vaan osoittaa, että on huomattavasti edullisempaa käyttää puhallinta, jonka paine (painehäviö petissä) on 1471—1850 mm H_2O kuin 1095—1470 mm H_2O ja lisäksi osoittaa paineen muutoksen ylöspäin olevan prosessin kannalta katsoen positiivista.

Yhteenvedo

Tässä artikkelissa on esitetty Factorial Experimentation-menetelmän sovellutus rikastusteknillisten ja metallurgisten prosessien optimiolosuhteiden määrittämiseksi. Menetelmää voidaan soveltaa moneen muuhunkin tutkimuskohteeseen, esim. laitoksen eri työvuorojen suoritustehokkuuden mittaamiseen; mikäli työvuoroja sopivasti vaihdellaan miesten kesken, voidaan laskea kunkin miehen työsuoritus ja saatuja tuloksia käyttää hyväksi esim. henkilökohtaisen aikatyölisän määrittämisessä, jos palkkaus perustuu ko. systeemiin.

Laskutoimitukset on pyritty esittämään mahdollisimman yksinkertaisesti sivuuttaen varsinaisen teorian, jonka suhteen on viitattu ainoastaan kirjallisuuteen. Käsitte-

mättä on myöskin jätetty laskutulosten perusteella suunniteltavat jatkokokeet.

Factorial Experimentation-tutkimusmenetelmä on tarkoitettu käytettäväksi sekä laboratorio- että käytännön mitta-kaavaisissa tutkimustöissä ja erikoisesti tuotantoprosessin sisäajajossa sen jälkeen, kun varsinaisen karkeasäätö on suoritettu.

Tämän artikkelin yhteydessä on laskettu erään rikastusteknillisen vaahdotusprosessin sekä Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtaiden pasutusprosessin muuttujien kvantitatiivinen merkitys. Laskelmien paikkansapitävyys em. rikastusteknillisen prosessin suhteen on tutkittu 2 t/h pilot plant-ajossa, mikä osoitti Factorial Experimentation tutkimusmenetelmän käyttökelpoisuuden erikoisesti prosessin stabiilisuuspisteen määrittämisessä.

Pasutusprosessin tuloksia ei ole vielä tutkittu käytännössä, joten tulee olemaan mielenkiintoista tehdä vastaavat laskelmat Kokkolan tehtaiden pasuton valmistuttua ja verrata käytännön tuloksia tässä artikkelissa esitettyihin laskelmiin ja tehtyihin johtopäätöksiin.

Kirjoittaja kiittää Outokumpu Oy:n ylintä johtoa luovasta julkaista tämä artikkeli ja erikoisesti siitä, että tässä artikkelissa on voitu käyttää niitä tutkimustuloksia, jotka saatiin Kokkolan tehtaiden FeS-kiven pasutuskokeissa Outokumpu Oy:n koelaitoksella Porissa.

Kirjallisuusluettelo

- R. A. Fischer: »The Design of Experiments» 1947
- O. L. Davies: »Design and Analysis of Industrial Experiments» 1954.
- O. L. Davies: »Statistical Methods in Research and Production» 1957
- K. A. Brownlee: »Industrial Experimentation» 1954
- S. Mattila: »Tilastotiede» 1960
- O. Lokki: »Tilastomatematiikan perusteet: 1959
- O. Vartiainen: »Metallurgisten prosessien tulosten tulkintamenetelmä — erikoisesti rikastustekniikkaan sovellettuna» Vuoriteollisuus n:o 2, 1959.
- W. Cochran, G. Cox: »Experimental Designs» 1956, s. 98 —

S U M M A R Y

Experiments carried out by chemists, physicists and engineers, whether in the laboratory or on the plant, are in general intended to determine the effects of one or more factors on the yield or quality of a product, the performance of a machine or measuring instrument, the resistance of a material to chemical attack, the power or fuel consumption of a process, and so on. A considerable advantage is gained if the experiment is so designed that the effect of changing any one variable can be assessed independently of the others.

One way of achieving this object is to decide on a set of values, or levels, for each of the factors to be studied, and to carry out one or more trials of the process with each of the possible combinations of the levels of the factors. Such an experiment is termed a Factorial Experiment.» (O. L. Davies: »Design and Analysis of Industrial Experiments»).

In this article there are two examples from practice worked out using Factorial Experimentation method with statistical analysis for studying the effects of different factors in metallurgical processes. The first example is from a flotation research work and the second one from a pilot scale investigation made for Outokumpu Company's Kokkola Roasting Plant.

The subject is treated here purely from the practical point of view. Statistical theory can be found from the literature referred in this article.

Kaivosten nostoköysien tarkastuksista

Dipl. ins. Paavo Maijala, Outokumpu Oy, Helsinki

Kaivosten nostoköysien tarkastus suoritetaan tarkkailemalla sen »pintapuolista» kuntoa köyden kulkiessa 0,5 metrin nopeudella sekunnissa silmien editse. Tällainen tarkastus suoritetaan yleensä kerran viikossa. Tarkastuksesta pidetään pöytäkirjaa, johon merkitään mahdolliset »pintapuoliset» lankakatkeamat ja niiden sijainti sekä pintalankojen kuluminen, ns. peilipintojen leveys pintalankojen läpimittaan verrattuna. Pintalankojen katkeamien lisääntyminen esitetään graafisesti, jolloin katkeamien nopea lisääntyminen on helpommin todettavissa. Tarkastuksen yhteydessä voidaan myös todeta pinnallinen syöpyminen, köyden läpimitan pienentyminen ja mahdollinen punonnan häiriintyminen.

Näillä havainnoilla voidaan nostoköysien kunnosta saada melko luotettava kuva. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös turvallisuusmääräyksistä kaivoksissa (31 päivältä joulukuuta 1959) antaa nostoköysien kunnosta ja niiden tarkastuksista hyvin yksityiskohtaisia määräyksiä (§§ 85—97). Mm. ennen käyttöön ottoa on köydestä annettava näyte pätevän suomalaisen aineenkoetuslaitoksen tarkastettavaksi, ja köyden on täytettävä määrättyt laatuvaatimukset. Lisäksi on henkilökuljetukseen tai vastaavaan varatulla köydellä oltava 8-kertainen varmuus staattiset rasitukset huomioon otettuna. Muuhun kuljetukseen riittää 6-kertainen varmuus.

Näillä yksityiskohtaisilla määräyksillä ja tarkastusohjeilla on saavutettu hyviä tuloksia. Nostoköysien yllätäviä katkeamisia on sattunut hyvin harvoin. Kuitenkin, ottaen huomioon tällaisesta katkeamisesta johtuvat seuraukset, kaikki nostoköysiä käyttävät haluaisivat päästä 100-prosenttiseen varmuuteen köysien kunnosta. Onhan ymmärrettävää, ettei nostoköyden päästä otettu näyte anna varmaa kuvaa satoja metrejä pitkästä köydestä. Nostoköyteen on saattanut jo ennen käyttöönottoa ilmaantua paikallisia heikkouksia, jotka sitten käytössä nopeasti pahenevat. Jo valmistusvaiheessa ja senjälkeisessä tarkastuksessa saattaa jäädä huomioimatta joku heikkous. Köyden varastointiaikana jokin paikallinen syöpyminen voi saada alkunsa. Köysikela on varastoituna ulkosalla ja sitä peittävä tervapaperi on rikkoutunut. Sadevesi, ehkäpä rakennuksen räystäältä tippuva vesi pääsee juoksemaan köydelle. Kattohuovasta tai kelan peitteenä olevasta tervapaperista vesi uuttaa liuotinta, joka poistaa köyden päällä olevan suojaavan rasvakerroksen. Lankojen syöpyminen pääsee alkamaan.

Nostoköysiä käyttöön otettaessa sattuu joskus vahinkoja, joiden vaikutuksesta köyden käyttöikäen eivät asianomaiset köysivaihdon suorittajat ole yleensä selvillä. Köyden käsittely käyttöön otettaessa on hyvin tärkeä ja sitä on huolella valvottava.

Nostokuilussa vallitsevilla olosuhteilla on merkittävä vaikutus köysien kunnan huonontumiseen. Kuilussa tippuva vesi, siihen lisäksi liuonneiden aineiden vaikutus sekä kuilun yläpäästä, malmikappojen tyhjennyspaikalta tippuvien kivien aiheuttamat iskut vioittavat usein eniten köyttä.

Osa köysiin ilmestyvistä vioista voidaan todeta silmämääräisillä tarkastuksilla, mutta osa vioista on usein

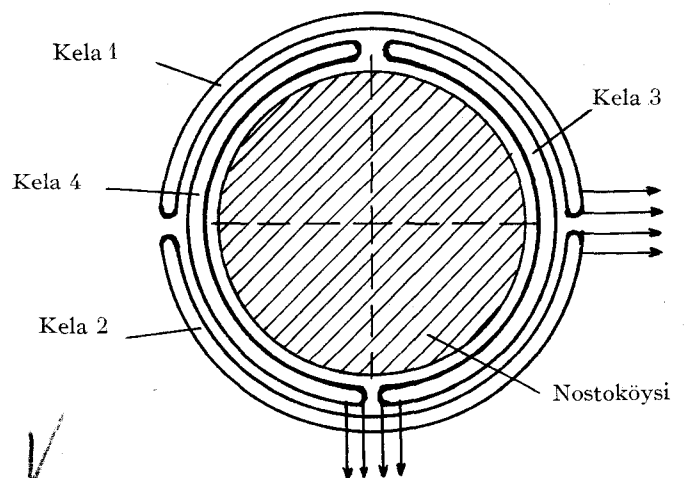
»pintaa syvemmällä» ja osa jää köysien pintarasvan tai pinnalle laskeutuneen soijakerroksen peittoon. Köysien kunnosta vastuussa olevat ovat aina olleet levottomia köyden sisäisestä kunnosta. Heillä ei ole ollut mitään keinoja saada varmuutta köyden kunnosta sen pituuden joka kohdasta. Tämä epävarmuus on vuosikymmenien ajan ollut kannustimena moniin tutkimuksiin, joiden tavoitteena on ollut kehittää laite nostoköysien kokonaiskunnan tarkastamiseksi.

Nostoköysien tarkastuslaitteista

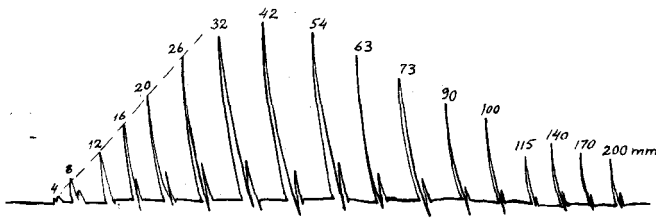
Kaikki nykyään käytössä olevat nostoköysien tarkastuslaitteet toimivat samalla periaatteella. Niissä kaikissa pannaan nostoköysi kulkemaan sähkömagneettisen kentän läpi ja erityisellä tarkkailukelalla todetaan köyden aiheuttamat magneettisen kentän vaihtelut. Köydessä olevien vikojen aiheuttamat vaihtelut magneettiseen kenttään ovat tietenkin hyvin pieniä, ja niiden havaitseminen on vaatinut erityisen herkkien laitteiden kehittämisen.

Tarkastuslaitteet jakaantuvat kahteen pääryhmään riippuen siitä, käytetäänkö magneettisen kentän aikaansaamiseen tasavirtaa vaiko vaihtovirtaa. Kaikki tunnetut Euroopassa kehitetyt laitteet käyttävät tasavirtaa. Kanadassa ja Etelä-Afrikassa kehitetyt laitteet toimivat sensijaan vaihtovirralla.

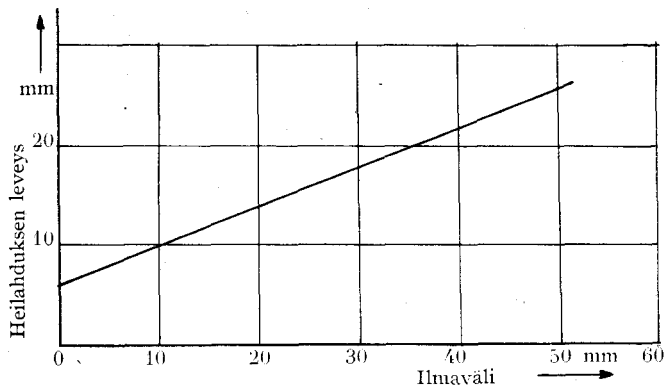
Tasavirtakäyttöisiä nostoköysien tarkastuslaitteita on kehitetty neljässä maassa, Belgiassa, Hollannissa, Saksassa ja Sveitsissä. Laitteissa on vain vähäisiä rakenteellisia eroavaisuuksia. Kaikissa niissä on kaksi sarjassa olevaa kelaä tai kaksi käämien avulla magnetisoitua kenkä-magneettia, joiden muodostaman magneettisen kentän kautta nostoköysi kulkee. Etsijäkela on kentän muodostavien kelojen keskivälillä. Katkenneet langat, syöpymät ja vastaavanlaiset köydessä ilmenevät viat aiheuttavat häiriöitä magneettiseen kenttään; siis köyden heterogeenisyydet saavat etsijäkelaan kohdalla aikaan hajakenttiä, joiden muoto ja voimakkuus riippuu heterogeenisyyden



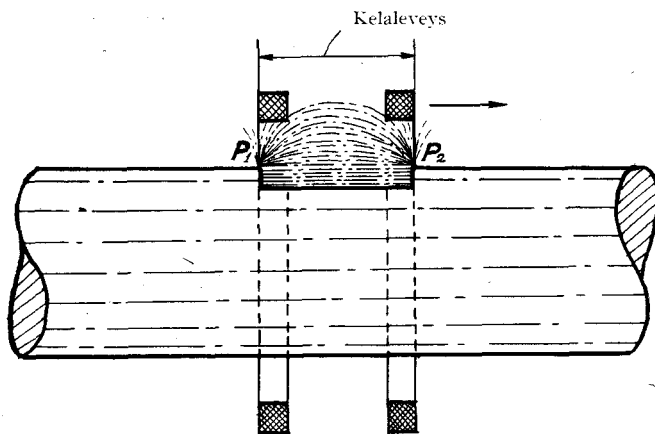
Neljä etsijäkelaä nostoköyden ympärille sijoitettuna.



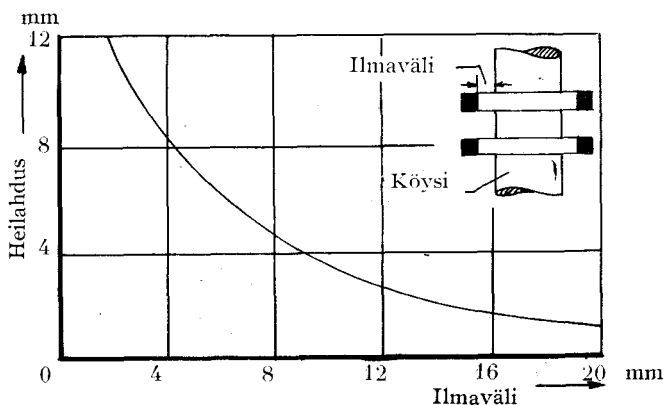
Sähköisen impulssin riippuvaisuus lankakatkeaman ilmavälin suuruudesta.



Lankakatkeaman ilmavälin vaikutus piirtimen heilahduksen leveyteen.



Suurin heilahdus:
Kelaleveys = lankakatkeaman ilmaväli



Etsijäkelan ja köyden välisen ilmavälin vaikutus piirtimen heilahduksen leveyteen.

asemasta, syvyydestä ja suuruudesta. Etsijäkeloja on uusimmissa malleissa joko kaksi tai neljä. Hajakentät indusoivat niihin virtoja, jotka vahvistetaan ja rekisteröidään piirturin nauhalle.

On yleisesti tunnustettu, että tasavirtakäyttöisillä laitteilla saadaan lankakatkeamat rekisteröityä melkoisella varmuudella, vaikka langan päät olisivat vielä kiinni toisissaan, mutta muiden vikojen selville saanti vaatii kuulemma jo tottuneen tutkijan tulkitsemista. Lankakatkeamien sijainnin määrittäminen tuottaa myös vaikeuksia. Piirturin kynän heilahduksen suuruus katkeaman johdosta riippuu paljon siitä, miten suuri ilmaväli on muodostunut katkenneen langan päiden välille ja toisaalta, miten syvällä köyden pinnasta lukien katkeama paikka on.

Kun köydestä katkeaa lanka, muodostuu langan päiden väliin ilmarako ja magnetisoituneessa köydessä muodostaa toinen langan pää magneettisen pohjoisnavan ja toinen pää etelänavan. Tällaisen dipolin muodostaman kentän aiheuttama sähkömotorinen voima aiheuttaa etsijäkelaan impulssin, joka vahvistettuna johdetaan piirturiin. Piirturissa heilahdus on sitä suurempi, mitä pitempi on langan päiden väli, mutta vain määrättyyn määrään saakka. Riippuen murtumapaikan ilmavälistä ja etsijäkelan käämien leveydestä vaihtelee käyrän heilahdusten suuruus. Oheisesta piirroksista ilmenee eräällä laitteella saatujen heilahdusten suhteellinen suuruus langan päiden ilmavälien vaihdeltaessa. Toinen piirros osoittaa, että suurin heilahdus saadaan, kun kelojen leveys on yhtä suuri kuin langan päiden ilmaväli. Köyden sydämessä olevasta lankakatkeamasta saadaan n. 30—50 % pienempi sähkömotorisen voiman impulssi kuin pintalangan katkeamasta edellyttäen, että langan päiden ilmaväli on samansuuruinen. Yleensä pintalangan katkeamisesta aiheutuvat pitemmät ilmavälit kuin syvemmällä tapahtuvista lankakatkeamista.

Impulssi on tietenkin riippuvainen myös köyden läpimitasta. Ts. etsijäkelan ja köyden välinen ilmatila vaikuttaa piirturin tekemän heilahduksen suuruuteen oheisen piirroksen mukaisesti. Nämä ovat tekijöitä, jotka vaikeuttavat lankakatkeamien paikallistamista.

Kanadassa on kehitetty kaksi köysien tarkastuslaitetta, jotka molemmat käyttävät korkeajaksoista vaihtovirtaa magneettisen kentän synnyttämiseen. Vaihtovirran jaksoluku vaihtelee 2.000—100.000 jaksoon sekunnissa. Toinen näistä laitteista ilmaisee magneettisessa kentässä tapahtuvien vaihteluiden lisäksi myös köyteen noston aikana kohdistuvat rasitukset ja niiden vaihtelut. Molempien laitteiden piirturien antamien käyrien tulkitseminen on vaikeata, joten niitä ei vielä voida pitää yleiseen käyttöön soveltuvina.

Etelä-afrikkalainen nostoköysien tarkastuslaite

Etelä-Afrikassa n. kymmenen vuoden aikana kehitetty nostoköysien tarkastuslaite käyttää magneettisen kentän muodostamiseen matalajaksoista vaihtovirtaa. Nostoköyden teräsrakenteen läpäisemiseen on 80—100 jakson vaihtovirta todettu edullisimmaksi. Vaihtovirtakenttä indusoi köydessä pyörrevirtoja ja aiheuttaa myös hystereesihäviöitä. Pidettäessä magnetisoivan virran voimakkuus alhaisena saadaan hystereesihäviöt pysymään häviävän pieninä. Se saavutetaan rajoittamalla magnetisoiva voima 5—10 amperikierrokseen.

Etsijäkelan käämitys sijoitetaan magnetisoivan käämityksen välittömään läheisyyteen. Käämit muodostavat eräänlaisen alkeellisen muuntajan, jonka toimintaan vaikuttaa niiden läpi kulkeva nostoköysi. Köyteen indusoi-

tuvat pyörrevirrat kohtaavat sekä köyden teräslankojen että köyden rakenteen aiheuttaman ohmisen vastuksen. Köysi, jolla on määrätty rakenne indusoi etsijäkelaan määrätynsuuruisen jännitteen köyden joka kohdasta. Köyden kulkiessa kelojen läpi, ja vaikka sen teräspoikkipinta ei vaihtelekaan, vaihtelee etsijäkelaan jännite jonkun verran. Se riippuu köyden eri lankojen keskinäisen kosketuksen epätasaisuudesta. Köyden lankojen välisestä kosketuksesta eli siis köyden punonnan kireydestä johtuen saattaa ekvivalenttinen induktanssi pysyä vakiona ja vain lankojen välinen kosketusvastus vaihtelee.

Köydessä olevien vikojen magneettiseen kenttään aiheuttamat muutokset ovat hyvin pieniä, joten ne on vahvistettava ja ilmaistava laajennetulla mittakaavalla. Etsijäkelaan indusoitunut jännite on myös hajoitettava kahteen osaan sijoittamalla sen suuruus ja vaihekulma vektoridiagrammaan, jossa vertailukohteena on magnetisoivan virran voimakkuus.

Jokaisella köydellä on tällaisessa vektoridiagrammassa määrätty luonteenomainen alueensa, jolla sen aiheuttamien jännitteiden komponentit pysyttelevät, kun köysi on kunnossa.

Näitä molempia komponentteja (X ja R) varten on laitteen piirturissa oma kynänsä. Muutokset köyden poikkipinta-alassa vaikuttavat toisen ja muutokset köyden kireydessä toisen kynän liikkeisiin. Laitteen piirturilla saadaan köydestä siis kaksi käyrää, joista toinen ilmaisee muutokset köyden poikkileikkauksen teräspinta-alassa ja toinen muutokset köyden rakenteessa. Etsijäkela on siten suunniteltu, että yhden prosentin muutos teräspinta-alassa aiheuttaa 0,65 prosentin muutoksen kelaan indusoituvassa jännitteessä. Tämä pätee köysille, joiden halkaisija vaihtelee $1\frac{1}{4}''$ — $2\frac{1}{4}''$.

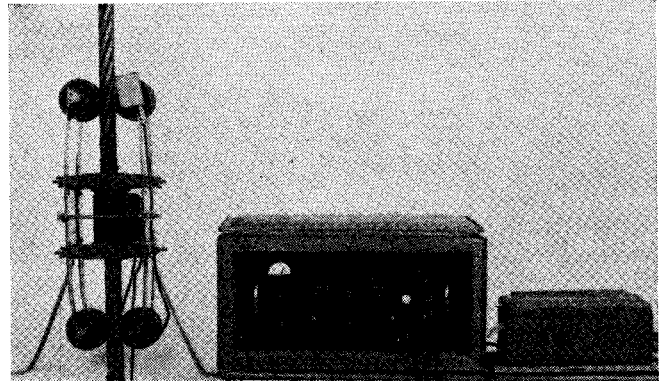
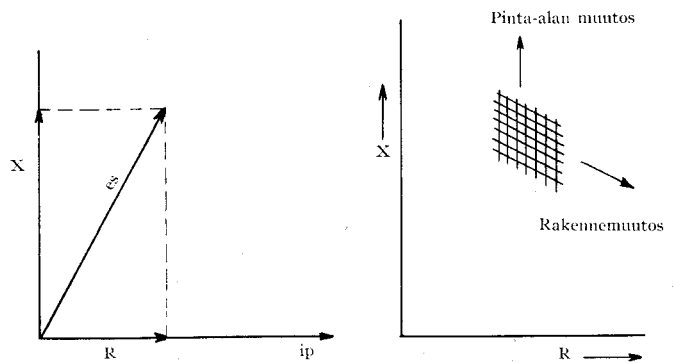
Outokumpu Oy:n käytössä oleva nostoköysien tarkastuslaite on hankittu Etelä-Afrikasta. Se on täysin transistoroitu. Se käsittää kelat pyörästöineen, sähkölaitteet sisältävän laatikon ja amerikkalaisen Brush-piirturin. Sähkölaitteista mainittakoon jännitteen tasaaja, oskillaattori, demodulaattori, vaihtovirtavahvistin ja tasavirtavahvistimet.

Kelat on tehty painattamalla käämit samalle levyille, jossa on kampakytkin käämien muodostamiseksi nostoköyden ympäri kiertäviksi. Pyörästössä on yksi pyörä varustettu matkamittarilla, joka antaa sähköiset impulssit piirturiin. Piirturin paperi liikkuu siis köyden liikkeen kanssa tahdissa, siten että 5 mm:n liike vastaa 10 m köyden liikettä.

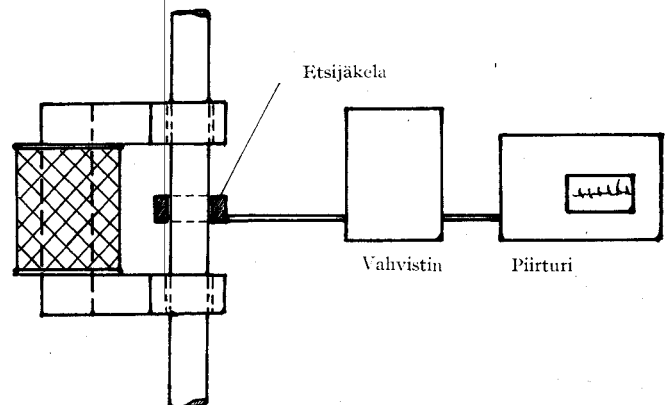
Kelasta lähtee n. 30 metriä pitkä kaapeli sähkölaite-laatikkoon kytkettäväksi. Kaapeli on osoittautunut riittävän pitkäksi kaikilla tarkastuspaikoilla. Kuilujen välittömässä läheisyydessä ei ole aina sopivaa paikkaa tarkastuslaitteen kojeille.

Oheisessa valokuvassa ovat laitteen kaikki osat. Pyörästö on kaksiosainen ja varustettu pystysaranoilla, joten se voidaan sijoittaa köyden ympärille. Sen keskikohdalla on holkki, jonka ympäri kela pujotetaan. Pyörästön kaksi jalkaa sovitetaan köyden molemmin puolin asetetuille lankuille. Tarkastuksen aikana on tarpeellista että turvavyöllä ja sopivan lyhyellä turvaköydellä varmistettu kivosmies seisoo lankuille ja pitää pyörästöä paikoillaan. Köyden kierteet ym. epätasaisuudet saattavat siirtää ohjauspyörät pois paikoiltaan.

Tarkastusajo aloitetaan sijoittamalla köysikausa mahdollisimman lähelle pyörästöä (eli kela) ja lasketaan hissiä tai kappaa sitten alaspäin. Ylöspäin ajettaessa on tarkkaan valvottava kausan lähestymistä ja ajonopeutta tasaisesti pienennettävä. Pysähtyminen saa aikaan piir-



Etelä-afrikalainen nostoköysien tarkastuslaite.



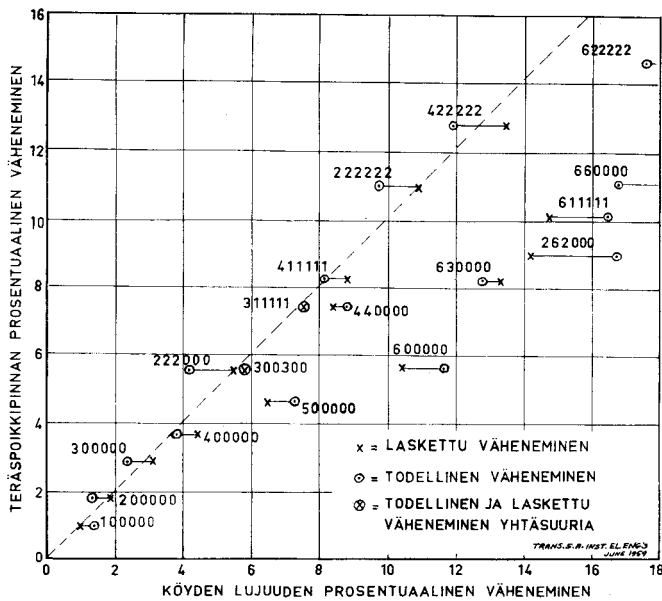
Nostoköysien sähkömagneettisen tarkastuslaitteen perusosat.

turin kynien heilahduksen. Köyden nopeus saa olla tarkastuksen aikana n. 1—1,5 m/s.

Magnetisoivaan kelaan johdetaan 250 mA:n virta. Virta pidetään laitteeseen kytkettynä vain tarkastusajon aikana, sillä transistorit eivät vaadi lämpenemisaikaa.

Köyden halkaisijasta ja rakenteesta riippuen säädetään etsijäkelaan indusoituvan jännitteen vaihekulma ja X:n ja R:n arvot sopiviksi eli siten, että 2 prosentin jännitevaihtelut antavat piirturin kynälle riittävän herkkyyden.

Vaihtovirralla toimivat nostoköysien tarkastuslaitteet eivät ole alunperin suunniteltuja lankakatkeamien havaitsemiseksi. Kuitenkin, jos katkenneen langan päiden välillä on riittävä ilmarako, ilmaisee laite katkeaman. Esim. jos ilmarako on 6 tuumaa, ilmaisee laite todellisen teräspinta-alan menetyksen, mutta jos ilmarako on vain



2 tuumaa, ilmaisee laite suunnilleen vain puolen langan menetyksen. Jos langan päät ovat vielä toisissaan kiinni, ei laite ilmaise katkeamaa.

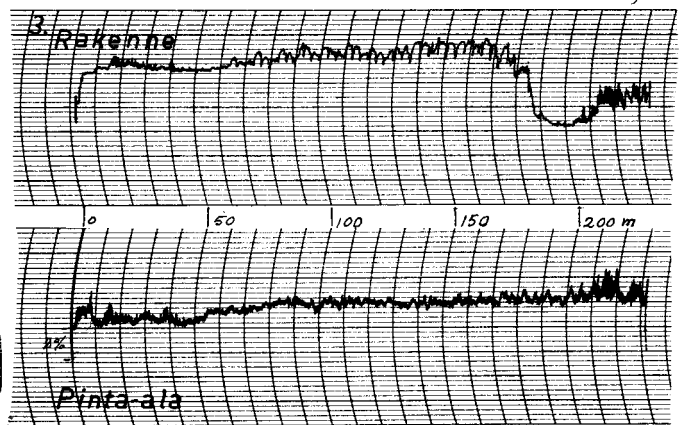
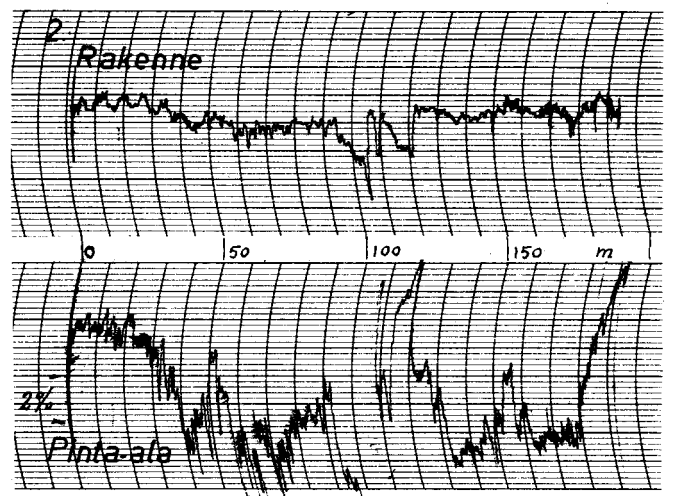
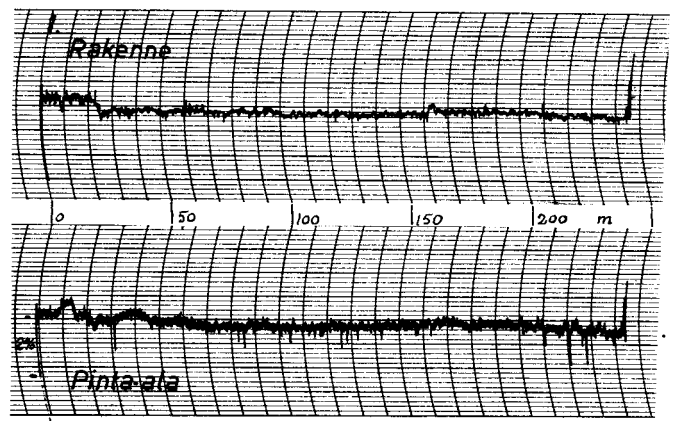
Vaihtovirtaa käyttävät laitteet ilmaisevat syöpmän, kulumisen ja rakenteelliset häiriöt, kuten löystymät ja puristumat. Lankakatkeamia varten ovat tasavirtaa käyttävät laitteet sopivampia. Jos siis lankakatkeamien perusteella voidaan määrittellä köyden pilaantuminen, on tasavirtakäyttöinen laite edullisempi kuin vaihtovirtakäyttöinen. Ihanteellinen tarkastustapa olisi se, että molempia laitteita voitaisiin käyttää samanaikaisesti. Tasavirtakäyttöinen laite jättää kuitenkin köyden magneettiseksi ja se häiritsee vaihtovirtaa käyttävän laitteen toimintaa. Magneettisuuden poistaminen taas tekee tarkastuksista niin pitkäaikaisia, että kaivosten kuilut eivät ehdi olla niin kauan vapaina.

Muutama hajallaan oleva lankakatkeama ei kovinkaan paljon heikennä köyttä. Jos kysymyksessä ei ole köyden väsymisestä johtuva jatkuvasti lisääntyvä lankojen katkeileminen, antaa oheinen graafinen esitys lankakatkeamien vaikutuksesta köyden lujuuteen hyvän kuvan. Piirroksessa on useita kuusinumeroisia lukuja. Ne ilmaisevat kuusisäikeisen, 1 3/4" tuumaa halkaisijaltaan olevan nostoköyden lankakatkeamien lukumääriä eri säikeissä. Ensimmäinen kuudesta numerosta ilmaisee katkeamien lukumäärän säikeessä n:o 1, toinen numero säikeessä n:o 2 jne. Toteamme esim. että viisi lankakatkeamaa samassa säikeessä pienentäessään teräspinta-alaa n. 5 prosentilla vähentävät köyden lujuutta n. 6—7 prosenttia.

Seuraavassa eräitä esimerkkejä Outokumpu Oy:n köysien tarkastuslaitteella saaduista käyristä.

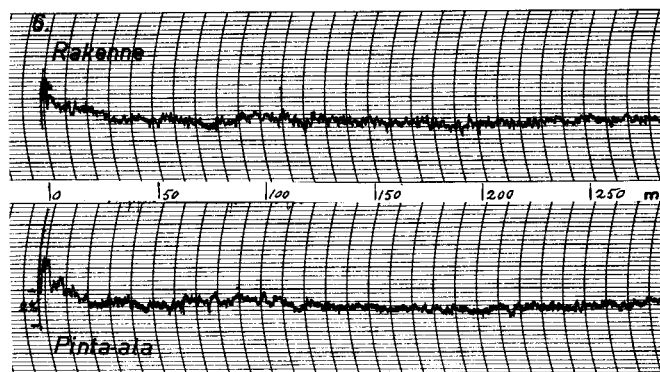
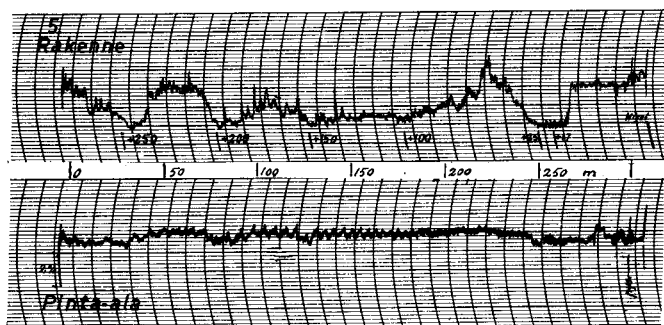
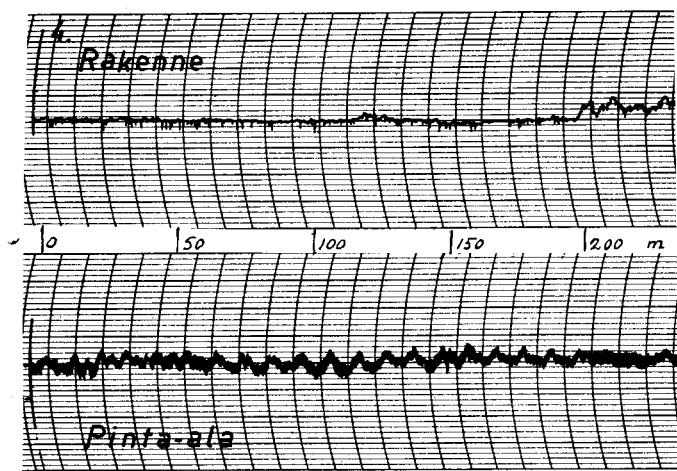
Ensimmäinen esimerkki on saatu erään malmikapan köydestä. Nostokoneena on ollut Koepe-kone. Pinta-alaikäyrässä olevat alaspäin suuntautuvat käyrän piikit ovat lankakatkeamien aiheuttamia. Pisimmät piikit ovat viiden lähekkäin olevan lankakatkeaman aiheuttamia. Köydestä oli silmämääräisellä tarkastuksella löydetty yli 40 pintalankojen katkeamaa. Tarkastuslaitteen käyrän piikit sattuvat näiden katkeamien kohdalle, mutta käyrässä on eräitä piikkejä, joiden osoittamia katkeamia ei ole silmämääräisellä tarkastuksella havaittu. Ne lienevät aiheutuneet köyden sisällä olevista lankakatkeamista.

Seuraavana (käyrät n:o 2) on esimerkki köyden syöpmisen ilmenemisestä. Köyden teräspinta-alassa on tapahtunut niin suuria häviöitä, että piirturin kynä siirtyi pa-



perin ulkopuolelle. Jännitteen komponenttien uudelleen säätämällä palautettiin kynä takaisin liuskalle. Loppupuoli käyrästästä olisikin ilman uutta säätämistä pysytellyt n. kolme vaakaviivaa alempana. Syöpyminen aiheuttaa myös rakennekäyrän äkillisen siirtymisen alemmaksi.

Kolmas käyrästä esittää hyvin mielenkiintoisen ilmiön. Käyrästä on saatu rumpukoneella toimivasta nostosta. Hissin nosto on alkanut yli 200 metrin syvyydestä. 65 metrin noston jälkeen seuraa köydessä noin 120 metriä pitkä osuus, joka köysirummulla joutuu kolme kertaa kierroksen aikana tiukentumaan. Köyden rakennekäyrään tulee ylöspäin suuntautuvia kaaria. Yleensä siis köyden säikeiden puristuminen tiukemmalle aiheuttaa rakennekäyrän nousemisen. Esimerkissä näkyvän raken-



nekäyrän loppuosa on köysiosuudesta, joka ei ulotu nostokoneen rummulle laisinkaan, mutta sensijaan on suurelta osaltaan taittopyörän rasittamaa. Taittopyörällä oleva köyden osa joutuu esim. hissien lastauksen aikana melkoisen rasituksen alaiseksi. Silloin helpostikin köyden säikeet jonkun verran liikahtelevat. Sellaisesta johtuu käyrän painuminen alaspäin.

Rumpunostokone saattaa aiheuttaa köyteen muitakin muutoksia. Käyrästä n:o 4 näyttää, miten rummulla köysikierrokset saattavat kuluttaa toisiaan määrättyllä kohdalla. Köyteen ei tarvitse tulla kuin muutamaan pintalankaan hieman peilipintaa, kun se jo aiheuttaa pinta-ala-käyrään esimerkin kaltaisia painumia. Tällainen saataisiin vältettyä huolellisella urien sijoituksella rummun lankutukseen.

Käyrästä n:o 5 osoittaa myös köyteen kohdistuvien dynaamisten voimien vaikutuksen. Hissikorin tullessa tasojen kohdalle joutuu nostokoneen kitkapyörällä oleva köyden osa jarrutuksen aikana sekä kuorman vaihdellessa lastauksen ja purkauksen aikana tavallista suuremman rasituksen alaiseksi. Sama tapahtuu myös hissien lähtiessä

ja nopeutta lisättäessä. Köyden säikeissä tapahtuu osittaista avautumista, kuten jo kolmannessakin esimerkissämme mainittiin. Säikeiden avautuminen ilmenee rakennekäyrän siirtymisenä alaspäin. Ajanmittaan tapahtuu samoilla paikoilla köydessä myös lievää venymistä tai kulumistakin ja se taas pienentää teräspoikkipintaa. Sen voi todeta pinta-ala-käyrästä. Rakennekäyrän alapuolelle on merkitty tasot, joilla hissi on tasomerkinäkohdan ollessa tornin kitkapyörällä. Hissi on käynyt useammin +200 ja +250-tasoilla kuin +100 ja +150-tasoilla, joten huomattavampaa köyden venymistäkin on tapahtunut silloin kitkapyörällä olevassa osassa.

Kuudenneksi esimerkiksi on valittu tavallisesta hyväkuntoisesta köydestä saatu käyrästä. Vähän aikaa käytössä olleesta köydestä on vielä niin paljon epätasaisuutta säikeiden kireydessä ym. että käyrästä syntyy aaltoilua. — Käyrien alkupää on jäänyt ylemmäksi. Sen selitetään johtuvan maan magneettisen kentän vaikutuksesta. Hissikorin ollessa ylhäällä aivan laitteen käämien läheisyydessä lisäävät maan magneettisen kentän hissikorin vaikutuksesta tihtyneet voimaviivat myös käämien kohdalla kenttävoimakkuutta.

Otokumpu Oy:n kaivosten nostoköydet on tarkastettu sähkömagneettisella tarkastuslaitteella viime vuoden elokuusta lähtien. Tarkastusten väli on ollut kolme kuukautta. Säännöllisin väliajoin suoritettavat tarkastukset ovat antaneet hyvän kuvan nostoköysien kunnan huononemisesta ja saaduista käyristä on ollut verrattain helppoa tulkita tulokset. Saatujen käyrien avulla on paikallistettu ne köysien osat, joita silmämääräisellä tarkastuksella on sitten jatkuvasti seurattu ja joihin on kiinnitetty tarkempaa huomiota. Laitteen herkkyyden on riittävä paljastamaan köyden viat ennenkuin ne ehtivät kehittyä vaarallisiksi.

Sähkömagneettinen tarkastuslaite ei tee aikaisemmin käytettyjä tarkastusmenetelmiä tarpeettomiksi vaan pikemminkin vain täydentää niitä. Siten tarkastettuna voi köydestä melkoisella varmuudella sanoa, milloin se on hylättävä. Tähän mennessä saatujen kokemusten perusteella voidaan sanoa, että kuluneen vuoden aikana on käytöstä poistettu nostoköysiä, joilla tarkastuslaitteen antamien tulosten mukaan olisi vielä pitänyt olla käyttöaika. Sitä osoittivat myös näytekappaleista suoritettavat aineenkoetuslaitoksen tutkimukset. Tosin esiintyi myös tapauksia, joissa köysi vielä pinnallisesti näytti verrattain hyvältä, mutta tarkastuslaitteella saatujen tulosten perusteella jouduttiin kuitenkin suosittelemaan vaihdettaviksi uusiin.

Lähdtekirjallisuus

- William Simpson*: Electronic Inspection of Mines Ropes. Department of Mines, Province of Nova Scotia, Canada, 1950.
- M. Rebuffel*: The Tyer-Integra Wire Rope Crack Detector. Mining Equipment, Sept., 1953, p. 36—38.
- W. Simpson & C. F. Townsend*: Report on Mechanical Equipment. Annual Report on Mines 1954, p. 45—51. Department of Mines, Province of Nova Scotia, Canada.
- P. E. Cavanagh*: Development and Field Trials of Non-Destructive Rope Testing in Nova Scotia. Annual Report on Mines 1954, p. 45—51. Department of Mines, Province of Nova Scotia, Canada.
- Dirk van der Velden u. Hubert Theo Vossen*: Ein Gerät zum Prüfen von Drahtseilen auf elektromagnetischen Wege. Glückauf 92 (1956) Heft 27/28, s. 792—794.
- Helmuth Grupe*: Die Electromagnetische Prüfeinrichtung für Förderseile der Seilprüfstelle Bochum und ihre Anwendung. Glückauf 93 (1957) Heft 37/38, s. 1168—1171.

Vuorimieskillan opintomatka USA:han

Professori Aimo Mikkola

Teknillinen korkeakoulu, Helsinki

Opiskelijaryhmien tekemät opintomatkat näyttävät löytävän jatkuvasti yhä kaukaisempia kohteita. Euroopan jokaisella kolkalla lienee maastamme käyty viimeisten vuosien aikana. Yltiöpäiseltä sensijaan tuntui Vuorimieskillan opiskelijoitten ajatus oman retken järjestämisestä USA:han ja Kanadaan. Noin 1 1/2 vuoden valmistelujen jälkeen matka kuitenkin kuluneena kesänä toteutui. Tämä lienee ollut ensimmäinen näin suppean alan opiskelijoiden tekemä retki valtameren taakse. Rahoituksesta johtuen oli alkuperäisistä suunnitelmista jätettävä kuitenkin Kanada pois.

Retken tarkoituksena oli saada omakohtainen näkemys USA:n kaivos- ja metallurgisesta teollisuudesta sekä tutkimus- ja opetuslaitoksista. Mutta luonnollisesti kokemuksia saatiin monelta muultakin alalta, esim. kaivos-teollisuuteen liittyvästä kone- ja tarviketeollisuudesta, voimalaitoksista, turistikohteista ja amerikkalaisesta arkielämästä.

Vaikka retki kesti yli kuusi viikkoa (3/7—16/8 -61) ja ulottui lähes läpi mantereen, nähtiin luonnollisesti vain varsin rajoitettu määrä oman alan kohteita koko valtakunnan mahdollisuudet huomioonottaen. Opintomatkan toteuttamisen teki mahdolliseksi teknillisen korkeakoulun positiivinen suhtautuminen asiaan, maamme teollisuudelta ja kaupalta saadut lahjoitukset ja teekkarin oma-alotteinen toiminta. Mutta ennenkaikkea on mainittava Asla-rahastolta saatu stipendi, joka peitti opiskelijoitten menot USA:ssa. Matkan onnistumiseen taasen vaikuttivat ratkaisevasti Mr. E. W. Pehrsonin suorittamat järjestelyt matkan kohteitten valitsemiseksi. Mr. Pehrson, joka on skandinaavista alkuperää, toimii US Bureau of Mines'n Ulkomaan asioitten osaston pääl-

likkönä. Retken varsinaisena sponsorina oli US State Department, joka oli saanut lähes valmiin ohjelman Mr. Pehrsonilta. Käytännöllisistä toimenpiteistä vastasi taasen eräs tällä alalla toimiva järjestö, nimeltään National Catholic Welfare Conference. Nimestä huolimatta kosketus uskonnon asioihin tämän retken yhteydessä oli olematon. Vain Buttes'ssa nähtiin pari pappia vastaanottajien joukossa.

Matkaan osallistui 28 opiskelijaa, joista 8 oli kaivos-tekniikan ja 20 metallurgian opintosuunnalta. Kolmella oli takanaan dipl. insinööritutkinto, ja loput 3-n:ltä kursseilta.

Johtajina olivat allekirjoittanut ja tekn. tohtori Herman Stigzelius. Matkareitti kulki seuraavien pysähdyspaikkojen kautta: New York, Pittsburgh Penn., Washington D. C., Knoxville Tenn., Denver Colo., Salt Lake City Ut, Butte Mont., Minneapolis ja Duluth Minn. sekä takaisin New Yorkiin. Knoxville'en saakka matkustettiin busseilla ja siitä eteenpäin lentokoneilla. Matkan kohteet voidaan jakaa seuraavien otsikkojen alle: kaivokset, metallurgiset laitokset, tutkimus- ja opetuslaitokset sekä muut kohteet. Seuraavassa esitetään eräitä havaintoja ammattialoilta.

Kaivokset

Yleisesti voidaan sanoa, että kaivoskohteet olivat huolella valitut. Ne antoivat hyvän kuvan siitä, mihin suuntaan kaivosteollisuus pyrkii USA:ssa. Kohteet, joihin matkalla tutustuttiin olivat yleensä suuren mittakaavan kaivoksia. Olipa kysymys maanalaisesta tai avolouhinnasta tuotantoluvut olivat hyvin suuria meikäläisen mittapunu mukaan. Vain sinkkikaivokset Tennessee'ssä olivat »normaalimittaisia». Tässä suhteessa olisikin ollut aihetta esittää pieni muutos ohjelmaan. Lentomatka länteen olisi voitu keskeyttää Mississippi'n laaksossa ja katsoa tehokkaasti toimivia pienen mittakaavan kaivoksia. Mutta on toisaalta ymmärrettävää, että retkeläisille näytettiin vain suuria kaivoksia, koska yleinen suuntaus on niihin. Yhä köyhempien malmien tullessa louhinnan kohteeksi kannattavuus on taattu vain suurena massatuotantona, jossa työpalkkakustannukset yksikköä kohden jäävät mahdollisimman pieniksi.

Meille outoihin kivihiilikaivoksiin oli retkeläisillä tilaisuus tutustua Pittsburgh'in lähistöllä. Kohteena oli Jones & Laughlin yhtiön Vesta no 5 kaivos. Vesta-kaivokset tuottavat yhteensä 20 000 t/pv kivihiiltä. Louhinta tapahtuu kahta menetelmää käyttäen. Vanhassa menetelmässä leikataan »undercut» koneella ja kivihiili ammutaan muutamalla rei'ällä alas. Uudet koneet (continuous miners) sensijaan leikkaavat kivihiilen ja lastaavat sen suoraan kuljetusvaunuihin (shuttle cars). Jälkimmäisillä on erittäin suuri teho, mutta kivihiilen saanti on vain n. 90 %, kun se edellisellä menetelmällä on n. 94—95%. Uudessa menetelmässä aiheuttavat pysähdyksiä vain koneen siirrot ja suurina lohkeina irtoava saviliuske,

T. Harvey and H. W. Kruger: The Theory and Practice of Electronic Testing of Winding Ropes.

Trans. South African Inst. of Electrical Engineers, June 1959, p. 126.

M. Jezewski u. Z. Kawecki: Theoretisches und Experimentelles über das elektromagnetische Verfahren der Drahtseilprüfung.

Glückauf 95 (1959) Heft 17 s. 1067—1074.

H. Hitchen: Non-destructive methods of testing wire ropes for mining operations.

Mining Equipment, Sept. 1960, p. 25—27.

Helmut Grupe: Entwicklung einer Einrichtung zur Prüfung von Förderseilen nach dem magnetinduktiven Verfahren. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 954, 1961.

S U M M A R Y

In the article the method used in inspecting winding ropes in Finland is described. A general description of the known methods of testing wire ropes electronically is also given. An electro-magnetic testing device purchased by the Outokumpu Oy from an South-African company and some of the results obtained when using it in testing wire ropes of Finnish mines are explained more thoroughly.



Kuva 1. Retkeläiset Bureau of Mines'issa, Washington D. C. Mr. E. W. Pehrson keskellä.

jako tukkii lastauskoneen. Vesta-kaivos on n. 12 mailia pitkä ja 2 mailia leveä. Kivihiilen kuljetus tapahtuu koko kaivoksen pituudelta maan alla Monongahela joen rantaan. Puhdistuslaitos on joen toisella puolella, jonne kivihiili siirretään hihnakuljettimella. Puhdistaminen tapahtuu seulomalla ja »heavy median» avulla, jolloin magnetiittia käytetään raskaan lietteen muodostajana. Kaikkein hienoin aines puhdistetaan vaahdottamalla. Saanti tältä osalta, joka laitoksessa oli aivan uusi, on vain 65 % johdun lähinnä heikosta suodatustehosta. Alussa toisistaan erotetut karkea ja hieno aines sekoitetaan yhteen ennen laivaamista Pittsburgh'in terästehtaaseen. Kivihiilen kiertokulku laitoksessa hihnakuljettimelle purkamisesta proomuun laivaamiseen kestää vain n. 25 min.:a. Asiasta kuultiin kyllä suurempiakin lukuja.

Kaivostekniikan opiskelijoilla oli erittäin mielenkiintoinen tilaisuus tutustua Bureau of Mines'in koekaivokseen, jossa louhinta tapahtui suurella vesipaineella käyttäen suunnattavaa vesitykkiä suihkun ohjaamiseen. Tutkimus menetelmän käyttökelpoisuudesta on jatkunut n. 2 vuotta. Saavutetut tulokset ovat sellaisia, että menetelmää kokeillaan jo tuotantomittakaavassa eräässä kaivoksessa. Tuloputkessa on veden paine n. 4 000 lbs/sq. ja suuttimesta tullessa 3 200 lbs/sq. Paras tulos on saavutettu 3/8" läpimittaisella yksinkertaisella kartionmuotoisella suuttimella. Veden kulutus oli tällöin 220 gallonaa/min. ja louhintateho 1,5 t (continuous miner 5,5 t). Menetelmä ei ole vielä valmis. Varsinkin lastaus on osoittautunut vaikeaksi vaakasuorissa kerroksissa. Myöskin turvallisuudessa on toivomisen varaa kuten saimme omakohtaisesti kokea.

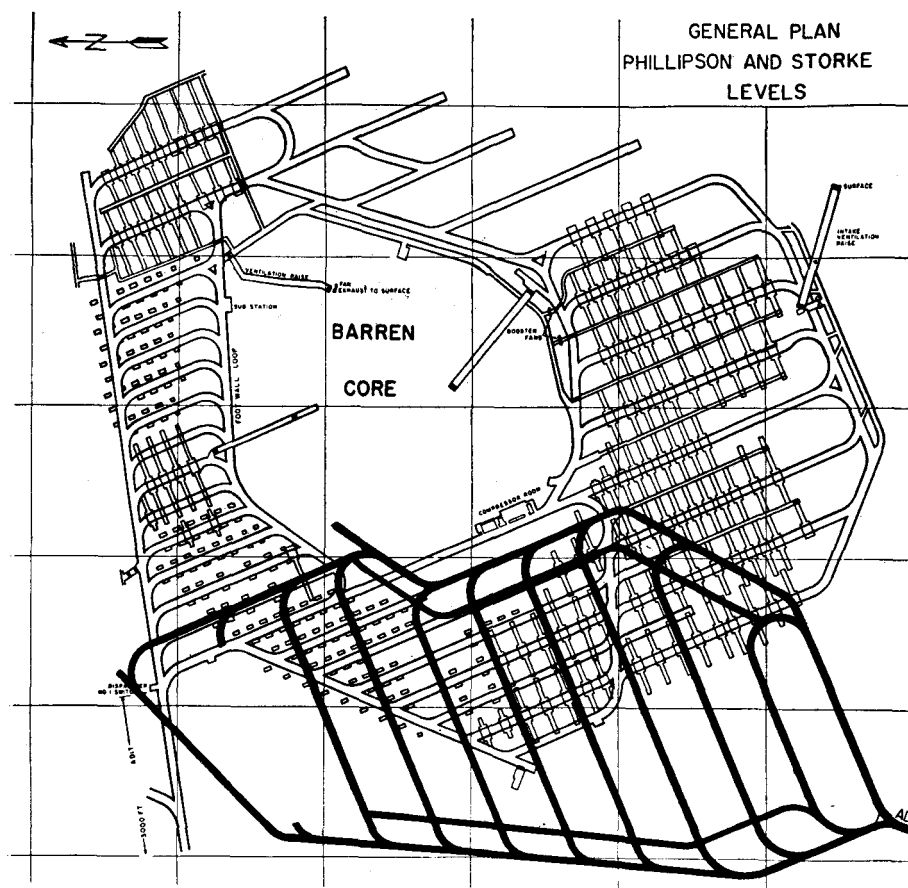
Ensimmäinen kosketus metallimalmien kaivoksiin saatiin Tennessee'n sinkkialueella. Alueen sinkintuotanto on peräisin viime vuosisadan puolivälin paikkeilta, mutta nykyaikainen tuotanto on vain n. 50 v. vanhaa. Tällä hetkellä Itä-Tennessee on USA:n suurin sinkintuottaja ja tullenee sellaisena pysymäänkin. Heikoista markkinoista johtuen vain muutamat alueen kaivoksista ovat tuotannossa. Mutta toisaalta ensi kesänä suunnitellaan louhinnan aloittamista uudesta New Market-nimisestä kaivoksesta. Malmivarat tässä kaivoksessa ovat n. 20 000 000 s.t., ja rikastamon kapasiteetti aluksi 2 800 t/pv, mutta myöhemmin 3 600 t/pv. Alueen malmit sijaitsevat lähes vaakasuora-asentoisessa ordovikikauden dolomiitissa. Sinkkivälke, joka on ainoa malmimineraali täyttää voimakkaasti breksioituneen dolomiitin rakoja. Malmialue on n. 15 mailia pitkä ja 5 mailia leveä. Horisontti, jossa malmiesiintymät ovat, on 200—300 jalkaa paksu, mutta malmia on kuitenkin vain n. 6—100 jalan paksuudelta. Pitoisuus vaihtelee 3—3,5% Zn. Retkikunta vieraili

American Zinc Co of Tennessee'n Young-kaivoksessa ja Mascot-rikastamossa. Edellinen on vain n. kuusi vuotta vanha, joten sieltä saattoi odottaa uusia oivalluksia. Louhinta tapahtuu kahdella tasolla »room and pillar» menetelmällä. Kaksi tasoa johtuvat malmia lävistävästä siirroksista, joka vertikaalisuunnassa on ollut n. 150 jalkaa. Erikoisuutena Young-kaivoksessa olivat siirtokuormaajat (transloader), joiden taloudellinen kuljetusmatka on aina 2 000 jalkaan saakka. Koneessa on dieselmoottori, ja liikkuu se kumipyörillä, mikä takaa suuren joustavuuden. Kuormauskapasiteetti on 5,75 t ja teho niissä oloissa 500 t/vuoro. Siirtokuormaaja on paikallisen (Knoxville) Sanford-Day yhtiön valmistama. Saman yhtiön valmistamia olivat myöskin erittäin tehokkaasti tyhjentyvät pohjasta aukenevat vaunut tasokuljetuksia varten. Niiden kapasiteetti on 9 t. — Nosto Young-kaivoksessa on n. 750 000 s.t/v.

Yhtiöllä on keskusrikastamo Mascot'ssa, jonne kaivoksesta on 9 mailin matka. Kuljetus tapahtuu rautateitse. Rikastamo on tyypillinen vanhan kaivoksen rikastamo. Siellä näkee ikivanhaa ja upouutta rintarinnan. Piirantalietettä »heavy media»na käyttäen erotetaan murskatusta malmista n. 60 % jätteenä, joka myydään kalkkikitehtaalte. Vaahdottamalla saatu rikaste syklonoidaan ja karkea osa suodatetaan Dorr-vaakasuotimella n. 5 % vettä sisältäväksi. Tämä kuivataan ikivanhassa ketjuarina-uunissa 0,1 % kosteutta sisältäväksi, jollaisena se lähetetään sinkkitehtaalte. Rikastamon syöttö on normaalisti 1 250 000 t/v. Tuotto tällä syötöllä on 10,5 t/tunti rikastetta, jonka pitoisuudet ovat: Zn = 63,5 %, Fe = 0,5 % sekä Cd = 0,07 %. Sinkin saanti on 92,5 %.

Seuraava kaivoskohde kuuluikin jo luokkaan »maailman suurin». Retkeläisillä oli tilaisuus tutustua Climax'n molybdenikaivokseen, joka sijaitsee Colorado'n valtiossa n. 100 mailin automatkan päässä Denver'stä länteen. Kaivos on Kalliovuoriin kuuluvan Bartlett-vuoren rinteellä n. 12 000 jalan korkeudessa, mikä seikka aiheutti eräille retkeläisille pieniä vaikeuksia.

Climax'n molybdeniesiintymä on löydetty jo v. 1879, mutta kaivoksen historia alkaa varsinaisesti vasta vuodesta 1917. Tällöinkin tuotantoa kesti vain parin vuoden ajan. V. 1924 alkanut vaihe on ollut jatkuva. Tuotanto on laajentunut niin, että Climax hallitsee maailman molybdenimarkkinoita. Esim. tällä hetkellä sen osuus on n. 60 % koko tuotannosta. Kaivos on eräs maailman suurimpia maanalaisia. Sen päivittäinen louhinta on n. 33 000—34 000 s.t. V. 1960 oli kokonaislouhinta 11 600 000 s.t, ja siitä saadun rikasteen Mo-sisältö n. 18 300 s.t. Esiintymä on ollut v:sta 1916 alkaen Climax Molybdenum Co:n hallussa, joka liittyi neljä vuotta sitten



Kuva 2. Climax-kaivoksen kuljetusperät. Storke-taso mustalla. Ko'ordinaattiväli n. 500 jalkaa.

American Metal Co:iin. Yhteiseksi nimeksi tuli American Metal Climax, Inc.

Molybdenihohde-mineralisatio on prekambriessa graniitissa ja liuskeissa sekä niitä lävistävässä Climax porfyryrissä. Itse mineralisatio on kuitenkin tertiäärinen iältään. Malmiesiintymä on alassuin olevan puolipallon muotoinen. Sen sydämen muodostaa erittäin hienorakeinen kvartsiippi, joka on jokseenkin vapaa malmimineeraaleista. Sitä ympäröivässä varsinaisessa malmissa on mineralisoituminen tapahtunut pitkin hienon hienoja rakoja. Molybdenihohde yhdessä kvartsin kanssa muodostaa näiden rakojen pääasiallisen täytteen. Muut malmimineraalit, varsinkin rikkikiisu, saattavat esiintyä myöskin pirtteena isäntäkivessä, joka on voimakkaasti muuttunut hydrotermisten liuosten vaikutuksesta. Malmiesiintymän halkaisija on n. 3 200' ja syvyysuunnassa sitä tunnetaan n. 2 000' puhkeamasta lukien. Tämän hetken jällellä olevat tunnetut malmivarat ovat suuruusluokkaa 450 milj.t, mutta luku ei ole lopullinen, sillä esiintymää ei ole vielä rajoitettu syvyysuunnassa. Esiintymästä on louhittu n. 150 milj. t, joten kokonaisvarat ovat ainakin 600 milj. t. Malmin pitoisuus on n. 0,4 % molybdenihohdetta, jonka lisäksi otetaan talteen rikkikiisu, wolframiitti ja kassiteriitti.

Louhinta Climax'ssa tapahtuu kahdella eri tasolla. Ylempi Phillipson-taso on rikastamon yläpuolella ja alempiin, Storke-taso, vain hiukkasen sen alapuolella, joten Climax'ssa ei ole toistaiseksi kuiluhoivia. Kumpikin taso ovat toisistaan riippumattomia itsenäisiä tuotantoyksiköjä omine murskaamoineen ja kuljetussysteemeineen. Tasojen väli on 300'. Näiden lisäksi on valmistella uusi, 600 — taso, Storke-tason alapuolelle. Miehistön ja tarvikkeiden kuljetuskuilu oli jo ajettu, ja nostokoneen asennustyöt parhaillaan käynnissä. Täältäkin tasolta ei vielä tarvita malminnostokuilua, vaan tulee kuljetus ta-

pahtumaan hihnakuljettimella suoraan rikastamolle. Suunnitelmissa on vielä 900-tason avaaminen, jonne saakka malmivarat tunnetaan.

Suurimittakaavaisella lohkosorroslohinnalla saadaan luonnollisesti hyvät tehot, 26 t/ miesvuoro koko henkilökuntaa kohden laskien. Työntekijöitten määrä on 1900, josta n. puolet kaivoksessa. Johtuen isäntäkiven rakoilusta ja voimakkaasta muuttumisesta tarvitaan perissä runsaasti tukemistoimenpiteitä. Niinpä lähes kaikki kuljetusperät on betonoitu, ja samoin ovat raappausperät. Tämä merkitsee, että betonia valetaan 5 000 kuutiojalkaa/kk. Yksityiskohtat louhinnan suunnittelusta voi saada esim. lehdestä Mining Engineering 8/1955.

Lohkosorroslohinnassa ei luonnollisesti voida kontrolloida kiven rikkoutumista. Tämä seikka on Climax'ssa muodostanut erään vaikeuden. Raappaperiin tulevat sorminoutut tukkeutuvat helposti ja niiden avaaminen on tietysti hyvin vaikea tehtävä. Sitä suorittavat nk. »hangup»miehet tuntuivat ensikuulemalta suorastaan itsemurhakandidaateilta. He asettavat räjähdyspanoksen nousuun, sytyttävät sen ja sen jälkeen juoksevat mahdollisimman nopeasti. Kaivospäällikön vakuutuksen mukaan kuitenkin tapaturmien määrä heidän keskuudessaan on pienempi kuin muualla kaivoksessa johtuen lähinnä siitä, että he ovat erikoisesti valittua ja koulutettua väkeä.

Molybdenihohteen rikastaminen tapahtuu kahdessa vaiheessa. Esirikastuksessa saadaan 92 %:n saannilla n. 8—10 % MoS₂:ta sisältävä rikaste. Jäte pumpataan sivutuoterikastamolle. MoS₂-rikaste sakeutetaan ja jauhetaan sekä vaahdotetaan neljästi kertaamalla. Jäte menee jätealueelle ja rikaste suodattamisen jälkeen kuivaamoon. Siellä se pakataan tynnöriin kuljetusta varten. Rikasteen pitoisuus on hiukan yli 90 % Mo-hohdetta. Saanniksi ilmoitettiin 90 %.

Sivutuoterikastamossa pistää ensiksi silmään Humphrey-spiraalien suuri määrä (750). Niillä tapahtuu raskaitten mineraalien erottaminen jätteestä. Saadusta rikasteesta vaahdotetaan rikkikiisu. Päivän tuotanto on 150 s.t rikastetta, jossa S-pitoisuus on 50 %. Vaahdotusjätteestä erotetaan tärypöydillä wolframiitti-kassiteriitti rikaste, josta edellinen saadaan talteen magneettisella hihnaerottimella. Wolframiittirikasteen päivätuotanto on n. 5 000 lbs ja pitoisuus 78 % WO_3 . Jälleläävä kassiteriitti-rikaste on vielä kovin epäpuhdasta. Tärypöytä-käsittelyn jälkeenkin on myyntituotteen pitoisuus vain 42 % Sn. Päivittäin saadaan kassiteriittirikastetta n. 300 lbs.

Toisena alallaan »maailman suurimpana» kohteena oli Kennecott Copper Corporation 'in Bingham Canyon-kaivos n. 30 mailia SW Salt Lake City'stä. Kaivoksella on lähes 60 vuoden historia takanaan, sillä se on avattu v. 1904. Esintymä oli kyllä tunnettu jo aikaisemminkin, mutta pitoisuuksiltaan heikkona ei sen louhinnan uskottu olevan taloudellisesti toteutettavissa. Jo alun alkaen ajalleen suuressa mittakaavassa suoritettu louhinta osoitti kuitenkin, että näinkin köyhät malmit saattavat olla hyviä yrityksiä, kunhan ne ovat riittävän laajamittaisia. Bingham Canyon'sta voidaan katsoa alkavan USA:n ja koko maailman kuparin tuotannolle niin tärkeiden porfyri-kuparimalmien louhinnan. Jonkinlaisen kuvan kaivoksen mittakaavasta antavat seuraavat luvut: Louhoksesta on siirretty sivukiveä ja louhittu malmia yhteensä n. 2 000 milj. s.t, mikä merkitsee kokonaisen vuoren poissiirtämistä. Louhoksen läpimitta on n. 2,8 km ja syvyys n. 700 m. Kaikkiaan on Bingham Canyon tuottanut tähän mennessä n. 7,5 milj s.t kuparia. Retkikunnan vieraillessa oli kaivos kesälomien takia suljettu, joten varsinaiseen louhintaan tutustuminen jäi selostuksen varaan. Nykyhetken louhinta on n. 90 000 t/p malmia ja kaksi kertaa tämä määrä sivukiveä. Louhittuun malmin pitoisuus on 0,8 % Cu ja cut-off pitoisuus 0,4 %. Kuparin ohella on malmissa hiukan Mo:a ja Au:a, jotka molemmat saadaan talteen. Valtavasta louhinnasta johtuen näitten metallien saanti on sellainen, että Bingham on USA:n toiseksi suurin Mo:n tuottaja ja Au:n tuotannossa vain Homestake-kaivos menee sen edelle koko läntisellä pallon puoliskolla.

Malmiesiintymä on kärjellään olevan kartion muotoinen, mikä seikka luonnollisesti vähentää ylempien penkereitten raakun siirtämistä. Jotta välttyttäisiin ylämäkeen kuljetuksista, on louhoksesta ajettu kaikkiaan kolme tunnelia, viimeinen v. 1959. Tämä on 150' louhoksen pohjan alapuolella ja päättyy vuoren toisella puolella Bingham Canyon'in suulle. Itse louhos on kuin jättiläismäinen amfiteatteri, jota penkereet reunustavat. Näitten korkeus vaihtelee 50'-75' ja leveys on 65'.

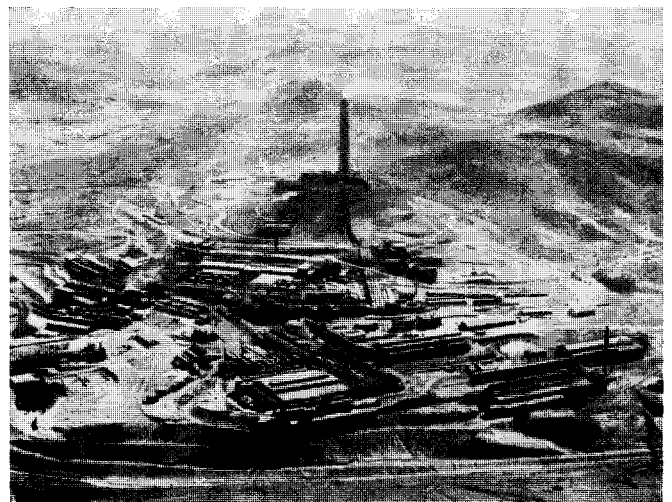
Malmi rikastetaan lähellä Salt Lake'ä olevissa Magna-ja Arthur-rikastamoissa. Kuljetus tapahtuu n. 16 mailin mittaisella rautatiellä, jonka sanotaan olevan erään maailman vilkkaimmin liikennöidyistä. Kesälomista johtuvan seisauksen takia ei retkeläisillä ollut kuitenkaan tilaisuutta tutustua rikastamoihin.

Toinen kosketus kuparikaivoksiin tapahtui Butte'ssa Montana'n valtiossa. Jos Bingham kaivoksessa ei näytännyt tapahtuneen muutoksia yhdeksän vuoden aikana, mikä oli kulunut allekirjoittaneen edellisestä käynnistä, niin sitä suuremmat ne olivat Butte'ssa. V. 1952 tuotanto tapahtui siellä yksinomaan juonimalmeista selektiivistä louhintaa käyttäen. Kaivoksia oli useita, joskin kaikki Anaconda Co:n hallussa. Kun louhinta oli useimmissa edennyt jo syvälle olivat louhintakustannukset korkeat.

Jo tällöin oli tehty suunnitelmat siirtymisestä toisenlaisiin louhintamenetelmiin. Kelley-kuilu oli valmis, mutta tuotanto siitä ei ollut alkanut. Tämän päivän Butte'ssa on tuotanto pääasiassa Berkley avolouhoksesta, joka yhdistää lukuisista entisistä maanalaisista kaivoksista jälle jääneen piroteemalmin yhdeksi suureksi louhokseksi. Sen tuotanto on n. 3 200 s.t/pv. Kelley-kaivos tuottaa lohkosorrolouhinnalla n. 8 000 s.t/pv ja loppu (n. 4 000 s.t) tulee juonimalmeista, joita louhitaan selektiivisesti (vrt. Mining Engineering, July 1960).

Kelley'n lohkosorrolouhinta ei poikkea sanottavasti Climax'in menetelmästä. Louhoksen avaaminen on jossain määrin yksinkertaisempi ja mittakaava luonnollisesti pienempi. Malmin laadun valvominen oli Kelley'ssä järjestetty hyvin mielenkiintoisella tavalla. Louhinta-suunnitelmat laaditaan yksityiskohtaiseen geologiseen tutkimukseen perustuen. Suunnitelmaportissa ilmenee tarkalleen kuinka paljon ja minkälaista malmia kustakin lohokosta on arvioitu saatavan. Vedon aikana jokaisesta sorminoususta tulevasta kivistä otetaan kasanäytteet. Näitten analyysitulokset viedään suunnitelmaportissa asianomaiselle paikalle, johon merkitään myöskin vedetyn kiven määrä sekä tonneina että prosentteina arvioidusta määrästä. — Tällainen kartta annetaan päivittäin kaivospäällikölle. — Mikäli pitoisuus jossakin nousussa menee alle cut-off'n, kartassa on merkintä vedon lopettamisesta tästä noususta. Ja jos koko raappaperän pitoisuudet käyvät liian alhaisiksi, on se merkinä louhoksen hylkäämisestä. Tällä tavalla voidaan rikastamon syöttö pitää kurissa, ja kokemus on osoittanut, että malmia on saatu arvioidut määrät. Luonnollisesti yksityisissä louhoksissa on heittoja puoleen ja toiseen.

Berkeley'n avolouhoksessa tapahtuu sekä raakun että malmin kuljetus trukeilla. Erikaisuutena on mainittava vaunu, jota kuljettaa jokaiseen pyörään asennettu 400 hv:n sähkömoottori. Virta saadaan trolley-linjasta. Vaunuun on asennettu pieni diesel-käyttöinen generaattori, mikä tekee mahdolliseksi liikkumisen myöskin linjojen ulkopuolella. Itse vaunusta on saatu positiivisia kokemuksia runsaan vuoden aikana, minkä se on ollut koe-käytössä. Etuja ovat ennenkaikkea suuri kapasiteetti, nopeus ja kyky nousta huomattavasti jyrkempää rinnettä kuin tavallisilla trukeilla (vrt. esim. World Mining no 1/1960). Vaikeutena on taasen sähkömoottorien kestämatömyys. Mesabi Range'n eräällä rautakaivoksella nähtiin



Kuva 3. Anaconda Co:n rikastamo ja sulatto. Anaconda, Mont.

samanlainen vaunu, jossa moottorit olivat toisen tehtaan rakentamia. Ne olivat kestäneet hyvin. Voimanlähteenä siellä oli diesel-käyttöinen generaattori.

Butte'n malmi kuljetetaan rautateitse n. 26 mailin päässä olevaan Anaconda'an, jossa sijaitsevat murskaamo, rikastamo ja sulatto. Laitosten paikan on määrännyt veden saanti, joka tässä osassa Montana'a muodostaa melkoisen probleeman. Rikastamosta jäi erikoisesti mieleen pitkälle viety automatisointi. Murskaamo on rautatien tasossa kukkulan juurella, ja rikastamo siitä noin 1 mailin päässä korkealla rinteellä. Murskattu malmi siirretään hihnakuuljettimella ylös rikastamoon. Kuljettimen ohjauksesta huolehtii yksi ainoa mies painonapeilla. Elektronisen merkinanto- ja ohjaussysteemin avulla hän voi säätää, mistä siilosta malmi otetaan alhaalla hihnalle ja mihin siiloon se tyhjentyy ylhäällä rikastamossa. Rikastamon syöttö on n. 42 00 s.t/pv. ja syötön pitoisuus 0,8 % Cu sekä hiukan Au ja Ag. Zn- ja Mn- malmeja ei Butte'ssa tällä hetkellä louhita.

Toinen mielenkiintoinen uutuuus on röntgen-fluoresenssi analysaattori, Quantrol, jonka on valmistanut Applied Research Laboratories of Glendale, Calif. Näytteenotto tapahtuu 13:ssa kohdassa rikastamolla jatkuvasti. Näytteet johdetaan omalla pumppusysteemillään analyysisekukseen, jossa niistä aluksi poistetaan vieraat ainekset (puu). Tämän jälkeen näyte joutuu analysaattoriin, joka koostuu kolmesta eri osasta, nim. spektrometristä, voimanlähteestä ja lukemapöydästä. Analyysituloksen saantiin tarvittava aika näytteenotto-hetkestä lukien on kaksi minuuttia. Laite poti vielä jossain määrin lapsentautia käynnin tarkkuudessa, mutta on jo osoittautunut muutoin hyvin käyttökelpoiseksi jatkuvan kontrollin aikaansaamiseksi. — Laite on esitelty mm World Mining-lehdessä no 3/1961.

Jokaiseen USA:n kaivosretkeilyyn kuuluu käynti Lake Superior rautamalialueella. Vuorimieskiltä vieraili Mesabi Range'llä, Minn. US Steel'in Oliver Iron Mining Division esitteli retkeläisille Duluth'ssa olevan tutkimuskeskuksen, Mountain Iron'in koekaivoksen ja Pilotac-koekaivoksen sekä Virginia'ssa sijaitsevan sintrauslaitoksen. Mountain Iron-kaivos on suuri avolouhos, jossa kokeillaan erilaisia poraus- ja ammuttamenetelmiä takoniitin louhimisessa. Malmi sisältää n. 32 % magnetiittirautaa erittäin hienorakeisessa ja kovassa kvartsiitissa. Malmihorisontti, joka on 30' paksu kallistuu etelään. Louhoksen jatkuessa tähän suuntaan joudutaan malmin päältä poistamaan huomattavasti raakkuu. Irtomaakerros on n. 20—30 jalkaa. Vaikka malmin louhinta onkin niin suuri kuin 2,5 milj. t/v, on kysymyksessä koekaivos. Kokeilua tapahtuu malmin ja rikasteen jokaisessa käsittelyvaiheessa. Porausta suoritetaan kolmella eri menetelmällä. Jet pierce-poraus, joka nähtiin käytännössä, on erittäin tehokas, jos kivi on täysin ehyttä eikä sisällä liikaa magnetiittia. V.m. tapauksessa kivi sulaa, jolloin reikä laajenee maljaksi eikä jatku syvyysuuntaan. Tällöin käytetään tavallista köysikairausta 6" reiällä. Ammutun kiven rikkoporaus tapahtuu taasen paineilma-koneilla.

Pilotac-rikastamossa on probleemana ennenkaikkea sitkeän ja hienorakeisen takoniitin jauhaminen riittävän hienoksi. Tarvitaan paljon ja suuria myllyjä, jotta päästään 95 % —270 meshiin hienouteen. Rikastus tapahtuu yhtiön oman tutkimuskeskuksen suunnittelemissa permanenttimagneettisilla separaattoreilla. Kaivos sijaitsee aivan vedenjakajalla, josta syystä veden hankinta näin suuren rikastamon tarpeen tyydyttämiseksi tuottaa vaikeuksia. Kaikki vesi on suljetussa kiertossa. Tarvit-

tava uusi vesi saadaan kokooma-altaista, joihin sitä kerätään sade- ja tulva-aikoina.

Jos Mountain Iron-kaivoksen malmi on kovaa, niin sitä pehmeämpää se on Hibbing'in kuuluisassa Hull-Rust avolouhoksessa. Tämä louhos on tehnyt koko Mesabi Range'n tunnetuksi suurtuotannollaan. V:sta 1895 alkaen on siitä kuluvan vuoden alkuun mennessä louhittu kaikkiaan 555 750 000 s.t malmia sekä siirretty raakkuu 466 433 000 s.t. Louhoksen pituus on 3 1/4 mailia, leveys 1/2—1 mailia sekä suurin syvyys 535'. Malmi on takoniitin magnetiittista hapettumalla syntynyttä multamaisen pehmyttä hematiittia. Pestyn malmin Fe-pitoisuus on n. 54 %. Malmia ei varsinaisesti louhita, vaan se lastataan suoraan kaivinkoneilla kuljetusvaunuihin. Koska kaikki takoniitti ei ole muuttunut hematiittimalmiksi, joudutaan jällelle jäänyt poraamaan ja ampumaan normaaliin tapaan sekä siirtämään raakkuna syrjään. Retkeilijät vierailivat M. A. Hanna Co:n Pierce-louhoksella. Erikoisuutena täältä voitaisiin mainita tavattoman suuri Marion kaivinkone ja pitkä hihnakuuljetin, molemmat raakun poistoa varten. Utta oli myöskin se, että kaivoksessa voidaan ammunta antaa urakkana ulkopuolisen suoritettavaksi. Tämä tapahtuu siten, että urakoitsija ajaa räjähdysaine-säiliöauton louhokseen valmiiksi porattujen reikien äärelle.

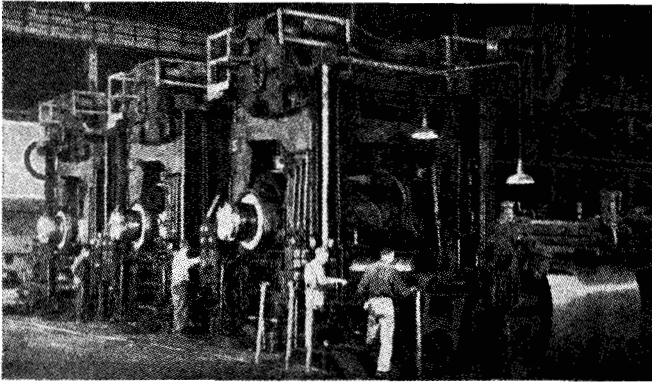
Ammoniumnitraatin ja öljyn sekoittaminen toisiinsa tapahtuu pumpattaessa räjähdysaine reikään. Kun yksi reikä on valmis siirrytään toisen luo jne. Valmiiksi ladatut reiät ammutaan määräaikoina. Yksi urakoitsija voi muutamalla säiliöautolla hoitaa monien kaivosten ammunnan. — Malmin puhdistaminen tapahtuu osaksi seulomalla, osaksi pesemällä. Myöskin »heavy media»-menetelmä on käytössä osalle malmia. Väliaineena on magnetiittiliete, jonka ominaispaino kontrolloidaan automaattisesti röntgensäteilyä hyväksi käyttäen.

Metallurgiset laitokset

Retken alkuosa oli ohjelmansa puolesta metallurgeille lupaava. Olihan ensimmäisenä kohteena Pittsburgh'n kuuluisa teräskaupunki, jossa viivytettiin viisi päivää. Valitetavasti vierailut tehtaissa eivät ehkä vastanneet kaikkien odotuksia. Syynä tähän oli ennenkaikkea se, että monissa tehtaissa valmistetaan tuotteita avaruusohjelman puitteissa tai suorastaan armeijan tarpeisiin. Tällaisiin laitoksiin ei vieraita hevillä päästetä sisään. — Sama saatiin todeta myöhemminkin, esim. Knoxville'ssä Alcoa'n suuri Al-tehdas jouduttiin pyyhkimään ohjelmasta aivan viime tingassa. — Toisena syynä erittäin alkuperäisessä ohjelmassa olleiden laitosten poisjääntiin olivat kesälomat.

Metalliteollisuuden vierailut aloitettiin Jones & Laughlin'in terästehtaasta, joka on perustettu jo v. 1853. Viimeiset muutokset ovat toisen maailmansodan jälkeiseltä ajalta. Nykyinen tehdasalue käsittää 113 ha:a Monongahela joen molemmilla rannoilla keskellä Pittsburgh'n kaupunkia. Tehdaskompleksissa on kuusi masuunia, yksitoista SM-uunia, erilaisia valssaamoja ja tuotteiden viimeistelylaitokset. Näiden lisäksi on luonnollisesti kivihiilen koksamot. Tehtaan kapasiteetti on 1,9 milj. s.t masuunirautaa ja 3,1 milj. s.t terästä vuosittain. Yhtiö saa malminsa suurelta osalta omista kaivoksista Lake Superior-alueelta ja Benson-kaivoksesta Adirondack'sta, osa ostetaan ulkopuolelta. Pittsburgh'n tehtaas käyttävät vuosittain n. 2,7 milj. s.t malmia, josta 70 % on Lake Superior alueelta ja 30 % Benson kaivoksen sintteriä. Kalkkikivi ja kivihiili saadaan lähiympäristöstä.

SM-osaston uuneista vain neljä oli toiminnassa. Toiset seisivat joko heikon ostosuhdanteen tai lomien takia.



Kuva 4. Jones & Laughlin Steel Corp'n terästehtaan 93 tuuman kylmävalssi. Pittsburgh, Penn.

Uunien koko on 275 s.t, ja raaka-aineena käytetään romua ja takkirautaa suhteessa 8/15. Melloitus tapahtuu joko happipuhalluksella tai perulaisella rautamalmilla. Yhdestä sangosta tapahtuvan valun suurin harkkokoko on 19 s.t.

Karkeavalssaamossa on 44" ja 46" valssit sekä harkkojen kuumennusuunit. Isomman valssin kapasiteetti on 340 s.t/t 27—62" x 4—6" levyä. — Hienovalssaamossa nähtiin vain kylmä valssausta, sillä kuumavalssit olivat kerran kuukaudessa tapahtuvan huollon kohteena. Kylmävalsseja on kaksi, joitten kummankin nopeus 1600'/min. Toisen leveys on 54" ja levyn paksuus 0,0142—0,0821", toisen vastaavat luvut ovat 93" ja 0,0255—0,127". Pienemmän kapasiteetti on 35 000 s.t/kk ja suuremman 45 000 s.t/kk. Valssatut levyt oikaistaan ja tasataan lämminvalssilla sekä peitataan suola-rikkihappovesiliuoksella.

Jones & Laughlin'in Pittsburgh'n tehtailla on normaalisti n. 10 000 työntekijää. Näiden etuja valvoo terästeollisuuden ammattiliitto, joka on hyvin voimakas järjestö. Oli mielenkiintoista saada joitakin tietoja työsuhteista itse paikan päällä. Terästehtaassa ovat ansiot sulatusta kaikkein korkeimmat, n. \$ 35—50 :-/p. Valssaamossa päiväansio on hiukan alhaisempi, \$ 35—40 :-/p. Molempiin tulee vielä urakkatyöstä johtuva bonus lisäksi. Työtä tehdään 4-päiväisiä viikkoja. Tuntipalkalla olevilla työläisillä ei ole pakollista eläkeikää, vaan he voivat jatkaa niin kauan kuin kykenevät suorittamaan tehtävänsä. Työkyvyn vähentyessä heitä ei saa siirtää alemmin palkattuun tehtävään ilman ammattiliiton lupaa.

Knoxville'n vierailun aikana oli retkikunnalla tilaisuus tutustua Rockwood'ssa Tennessee Products Co:n sulatukseen, jossa valmistetaan erilaisia ferrolejeerinkejä. Laitoksessa, joka ei ollut kooltaan maailman suurimpia — tuotanto 100 000 s.t/v. tuotteet valmistetaan suoraan malmeista. Vain mitätön osa raudasta oli erittäin hapettunutta romurautaa. Muut raaka-aineet olivat ulkolaisia malmeja: kromiitti Turkista, Mn-malmi Afrikasta ja Femalmi Chilestä. Piihappo saadaan pestystä kvartsisorasta, joka tuodaan Alabama'sta. Tehtaan valmisteet olivat puhdas pii, eriateinen piirauta, kromirauta ja mangaanirauta. Sulatus tapahtui valokaariuuneissa, joissa on jatkuva syöttö. Elektrodeina ovat jatkettavat hiilielektrodit. Sähköenergia ostetaan TVA:lta (Tennessee Valley Administration), jolla on lähistöllä sekä vesivoimalaitoksia että maailman suurin höyryvoimalaitos (Kingston).

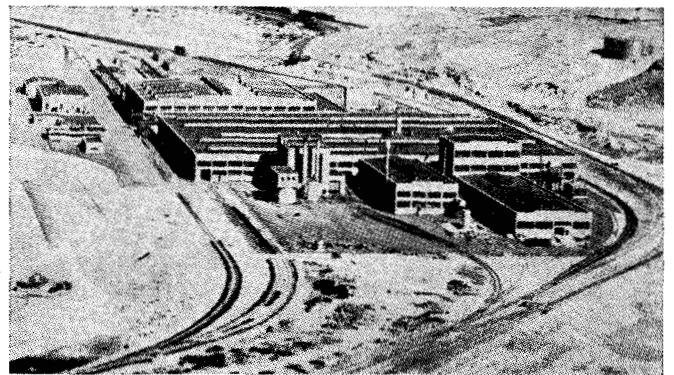
Kuten Bingham Canyon-kaivos on suurin laatuaan maailmassa, niin on myöskin sen malmia jalostava sulatto. Se käyttää n. 755 000 s.t rikastetta vuosittain. Sulatto sijaitsee Salt Lake'n rannalla muutaman mailin päässä

rikastamoista. Jo kauas osoittaa musta kuonavuori, joka pimeässä hehkuu punaisena, sulaton sijainnin. Kennecott Copper Corp. on ostanut sulaton vasta v. 1959, ja on siellä parhaillaan käynnissä laaja modernisointi. Sulaton kapasiteetti on 21 000 s.t/kk. anodikuparia, josta oma elektrolyysilaitos tuottaa 16 000 s.t katodikuparia. Loppu myydään ulkopuolisille. Yhtiön elektrolyysilaitos, joka on vasta 11 vuotta vanha, sijaitsee sulaton ja rikastamoiden välillä. Anodikupari siirretään sinne rautateitse. Kennecott'n katodikuparin puhtaudeksi ilmoitetaan 99,96 %. Se sulatetaan sähköuuneissa ja valetaan erilaisiksi harkoiksi tilaajien toivomusten mukaan. Kupari-tuotteiden valmistusta ei Salt Lake City'ssä ole, vaan tapahtuu se muualla.

Tässä yhteydessä on syytä mainita eräs Bingham-kaivoksessa käyttöön otettu hydrometallurginen menetelmä, jonka kehittämiseksi tehdään työtä eri tahoilla. Kaivosvesihän sisältää hiukan kuparia liuenneena. Tutkittaessa Bingham-kaivoksen vettä todettiin siinä bakteeri, joka kykenee hapettamaan rikkikiisun ferrisulfaatiksi ja rikkihapoksi sekä kuparin sulfidit kuparisulfaatiksi. Tutkimukset tämän bakteerin toiminnan hyväksikäyttämisestä ovat olleet käynnissä Kennecott'n tutkimuskeskuksessa jo useiden vuosien ajan (Journal of Metals, May 1961). Bakteerien avulla yritetään saada valtavista raakumääristä niiden vähäinen Cu-määrä talteen. Tulokset ovat olleet sikäli positiivisia, että aikaisemmin arvioitiin saatavan talteen vain n. 15 %, mutta nyt n. 30—50 %. Raakun Cu-pitoisuus on 0,15 %. Bakteerien toiminnan tuloksena saatu kuparisulfaatti-pitoinen vesi, samoin kuin kaikki muukin kaivosvesi johdetaan Canyon'n suulla olevaan saostamislaitokseen.

Vastapainona Kennecott'n elektrolyysilaitokselle nähtiin Anaconda'ssa sulatto, joka sijainniltaan on rikastamon suoranaisena jatkona. Sitten kun murskattu malmi on siirretty hihnakuljettimella ylös siiloihin, alkaa sen matka alaspäin. Ensiksi rikastamon läpi, sitten pasutuslaitoksen kautta sulattoon, josta anodikupari lastataan rautatievaunuihin toisella paikkakunnalla sijaitsevalle elektrolyysilaitokselle kuljetettavaksi. Tällöin kupari on tullut lähes samalle tasolle, josta se murskattuna malmi lähti liikkeelle. Pasutuslaitoksessa olivat käynnissä uudistustyöt, joitten jälkeen tarvitaan vain kaksi uunia. Pasutettu rikaste, jonka S-pitoisuus on 10—15 % ja kosteus 6 % (pelkän rikasteen lisäämisen jälkeen) sulatetaan lieskauneissa ja konvertoidaan. Anaconda'n anodikuparin pitoisuudeksi ilmoitetaan 98 % Cu. Sulaton kapasiteetti on n. 15 000 s.t/kk.

Takoniittisten rautamalmien viimeiseen vaiheeseen ennen sulattoja retkeläisillä oli tilaisuus tutustua Oliver



Kuva 5. Kennecott Copper Corp'n elektrolyysilaitos. Magna, Ut.

Iron Mining Div:n Extaca-tehtaassa. Tämä, samoin kuin kaivos ja rikastamokin, on koetehdas. Siellä kokeillaan erilaisia keinoja magnetiittirikasteen agglomeratisoimiseksi. Käynnissä oli kaksi menetelmää, nim. »noduloiminen» ja sintraaminen. Edellinen tapahtuu tavattoman suuressa kiertouunissa (11'6" × 350'), jossa polttoaineena käytetään erittäin hienoa hiilipölyä. Uunin lämpötila on n. 1 300°C. Nodulit ovat suurinpiirtein nyrkin kokoisia pyöreähköjä harkkoja, jotka kestävät lastaamiset ja kuljetuksen sulattoihin. Uunin syöttö on 62 s.t/t rikastetta ja tuotetta saadaan saman verran. Sen Fe-pitoisuus on 65 %, ja käytetään sitä SM-uunien syötteeksi. Sintraus tapahtuu 6' × 96' suuressa sintrauskoneessa ja jäähdytys 48 jalan pyörivässä jäähdyttäjässä. Sintrauslaitoksen kapasiteetti on n. 80 s.t/t sinteriä, joka lähetetään masuuneihin syötettäväksi. Laitoksessa on pyritty saamaan magnetiittipöly talteen mahdollisimman tarkasti. Poistolaitteita näkee joka puolella, mutta siitä huolimatta koko tehdas on mustan pölykerroksen peittämä. Saatujen kokemusten perusteella noduloiminen on edullisempaa kuin sintraaminen. Extaca:ssa ei ole pelletisoiminta, mikä muualla takoniittialueella on yleisesti käytössä. Kokeiltavana oleva lautastyypinen laite ei ole antanut riittävän hyviä tuloksia. Extaca-laitos käyttää vuosittain 900 000 s.t magnetiittirikastetta.

Tutkimus- ja opetuslaitokset

USA:ssa jokainen mittava teollisuusyhtymä kustantaa itselleen tutkimuslaitoksen, jossa suoritetaan ensikädessä tavoitetutkimusta. Perustutkimus kuuluu ensisijaisesti valtion ja säätiöitten kustantamien laitosten ja yliopistojen ohjelmaan. Yllättävää on kuitenkin todeta, kuinka paljon vm:ssakin suoritetaan pelkkää tavoitetutkimusta. Tästä syystä samassa kaupungissa saattaa olla kolmekin eri tutkimuskeskusta, joitten kohteet ovat hyvin lähellä toisiaan tai menevät usein aivan päällekkäinkin. Tällainen johtunee lähinnä siitä, että kaikki ovat »yksityisyrityksiä». Etuna on ennenkaikkea se, että tulokset ovat toimiksiantajan hallussa niin kauan kuin hän haluaa, ja toisaalta useammalla taholla suoritettua tutkimuksessa tulee esille useampia eri mielipiteitä. Haittana on luonnollisesti samaan työhön uhrattujen kustannusten suuruus.

Kun Vuorimieskillan ohjelman laatimisessa Bureau of Mines'lla oli suuri osuus, on luonnollista, että sen laitoksiin saatiin tutustua useammassa eri paikassa. Pittsburgh'n keskuksen laboratoriot ja laitokset sijaitsevat kaupungin ulkopuolella Bruceton'ssa. Ollen kivihiili-

alueen ja terästeollisuuden sydämessä, laitoksen tutkimuskohteetkin ovat näiltä aloilta. Kivihiilitutkimukset kohdistuvat ennenkaikkea parempaan talteensaantiin (nyt 50—70 %). Kokonainen laboratorio oli keskittynyt katon kestävyystutkimuksiin, jolloin käytetään mm. kaikuluotausta rakojen määrittelemiseksi. Kivihiilen puhdistamiseksi on kehitetty menetelmä rikki- ja magneetikiisun poistamiseksi magneettisesti. Tämä ei kuitenkaan ole vielä valmis teollisuuden käyttöön. Kaivos-turvallisuuden ja -terveyden tutkimuskeskuksessa on kaikkiaan 125 insinööriä ja lääkäriä. Tähän alaan liittyvät läheisesti kivihiilipölyn räjähdystutkimukset, joista nähtiin kaksikin demonstratiota.

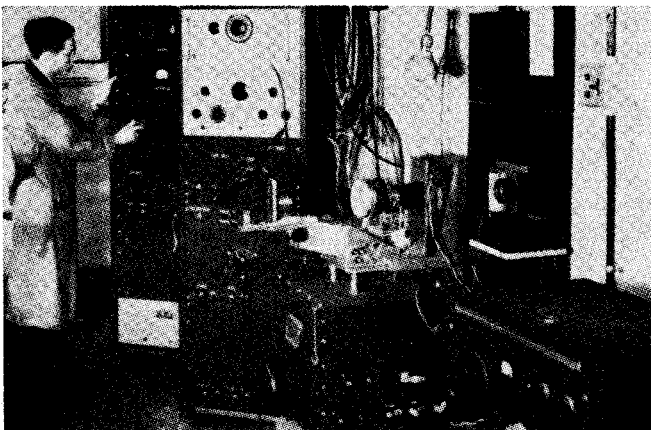
Bureau of Mines'n keskuspaikassa Washington'ssa oli retkeläisille järjestetty informatiotalaisuus, jossa puhetta johti Mr. E. W. Pehrson. Kaivosministeri Mr. Kelly'n ja B. of M.'n johtajan Mr. Ankeny'n puheitten jälkeen eri alojen johtajat esittivät katsauksen oman alansa tutkimuksiin. Osa retkeläisistä pääsi tutustumaan College Park'ssa oleviin metallurgisiin laboratorioihin.

Salt Lake City'ssä oleva B. of M.'n tutkimuskeskus on aivan Kennecott Copper Corp:n vastaavan vieressä. Laitteiltaan ja laajuudeltaankin ne ovat toisiinsa rinnastettavissa. B. of M.'n tutkimuskohteista on mainittava hydrometallurgia. Co:n ja Ni:n erottaminen toisistaan sekä U-, V-, Be-, Sc- jne tutkimukset olivat ajankohtaisia. Työn laajuudesta Salt Lake City'n tutkimuskeskuksessa antavat seuraavat määrärahat jonkinlaisen kuvan: rautametallit \$ 350 000: —, ei-rautametallit \$ 450 000: — ja teollisuusmineraalit \$ 150 000: —. — Minneapolis'n tutkimuskeskus on aivan uusi, vihitty vasta kuluneena kesänä. Tilat ovat erinomaiset, vaikkakaan tutkijoitten määrä, ainakaan toistaiseksi, ei ole kovin suuri, vain 60. Laitteet ovat täysin moderneja, joten rajoituksia kohteitten valinnassa ei ole. Kivilajien mekaanisia ominaisuuksia koskevat tutkimukset olivat hyvin monipuoliset. Näihin liittyen tutkittiin poraveteen kemikaloita. Rikastustekniikan puolella tutkittiin USA:n kanalta niin tärkeiden köyhien Mn-malmien hyväksikäyttöä koetehdas-mittakaavassa. Menetelmä on periaatteessa samanlainen kuin vanadiinin erottaminen Otanmäessä. Mn uutetaan pelleteistä ja saostetaan rikkihappoisesta liuoksesta.

Washington'ssa oli retkeläisillä tilaisuus tutustua vielä Geological Survey'n ja Bureau of Standards'n laboratorioihin. Edellisen työ kohdistuu lähinnä petrografian ja mineralogian aloille. Erialaisten viimeistä huutoa olevien laitteitten joukossa kiinnitti huomiota itse tehty mikroanalyyttisäätö, johon oltiin kovin tyytyväisiä. Bureau of Standards'n alkuperäinen tehtävä on mittayksikköjen kehittäminen ja standardisoiminen. Laitoksen toiminta-alueeseen kuuluu nykyään mitä erilaisimmille aloille suuntautuva perus- ja tavoitetutkimus sekä toiminta hallituksen neuvoa-antavana elimenä tieteellisissä ja teknillisissä kysymyksissä. Näin laajan toiminta-alueen takia vuorimiesten mielenkiinto saattoi kohdistua vain pieneen osaan siitä.

Teollisuuden ylläpitämistä laitoksista nähtiin ensimmäisenä Jones & Laughlin'in tutkimuskeskus Pittsburgh'ssa. Sen tilat ovat aivan uudet ja laitteet alansa viimeisimpiä saavutuksia, joten ei ihme, että se teki voimakkaan vaikutuksen retkeläisiin. Tutkimuksen kohteena on ennenkaikkea saada teräs kilpailukykyiseksi kevytmetallien kanssa ohutlevyteollisuudessa. Laitoksessa on n. 90 tutkijaa ja 120 apuhenkilökuntaan kuuluvaa.

Kennecott Copper Corp:n tutkimuskeskus Salt Lake City'ssä työskentelee koko alueella malminetsinnästä



Kuva 6. Kamera räjähdysilmioitten tutkimista varten. Sulkiajan nopeus 1/10 000 000 sek. Bureau of Mines.

valmiiseen metalliin. Tämäkin laitos on aivan moderni ja riittävän suuri, jotta siellä voidaan menetelmiä kehittää ja kokeilla koetehdas-mittakaavassa. Malminetsinnän apukeinona käytetään laboratoriossa kvantitatiivista mineralogiaa, joka auttaa lähinnä muuttumisvyöhykkeiden selvittämisessä. Tulokseen pyritään infrapuna-fotometriällä, röntgen-diffraktiotutkimuksella ja differentiaali-termaalianalyysillä, jotka tapahtuvat rutiininomaisesti normaalisten laboratoriomenetelmien lisäksi. Metallurgian puolella kiinnittivät huomiota hydrometallurgian tutkimukset, joista jo aikaisemmin on mainittu.

Anaconda Co:n vastaava laitos Anaconda:ssa on suurimpiirtein samanlainen, joskaan ei kaikilta osilta yhtä moderni. Tämänkin tutkimuskeskuksen etuna voidaan pitää sen koetehdas-mittakaavaa.

Samoja suuntaviivoja kuin edelliset noudattelee myöskin Oliver Iron Mining Div.'n tutkimuskeskus Duluth'ssa. Tutkimuskohteena on kuitenkin vain rauta eri vaiheissaan. Laitosta esitteli tutkimusins. Ossi Palasvirta, joka toimi retkikunnan erinomaisena oppaana Mesabi Range'llä. Laitos on perustettu v 1943 ja on siellä suoritettu siitä alkaen US Steel Corp:n malmien hyväksikäyttö-tutkimukset. Vierailun aikana oli yhtenä kohteena Lac Jeannine-esiintymä Quebec'ssä. Malmin hematiitti pelkistetään pyörivässä uunissa hiilimonoksidi-vetyatmosfäärissä magnetiitiksi, joka rikastetaan tavallisin menetelmin ja agglomeratisoidaan. Tutkimuksista ei kuitenkaan ollut vielä saatavissa konkreettisia tuloksia. Takonniittia louhivan yhtiön tutkimuskeskuksena sen ohjelmaan kuului luonnollisesti rikasteiden agglomeratisointi ja tuotteiden kuljetuskestävyyden parantaminen.

Yliopistojen kaivoskouluihin oli retkeläisillä tilaisuus tutustua useassakin paikassa. Columbia University'n (New York) School of Mines oli juuri muuttamassa uusiin tiloihin, joten opetus- ja tutkimusvälineistä ei saatu kuvaa. Pittsburgh University'n vastaavassa laitoksessa on opetuksen pääpaino kivihiihen louhinnassa. Laitos ei ylpeile moderneilla laitteilla, mutta tilaa ja opettajavoimia sensijaan on kyllin. Metallurgian osasto on edellistä huomattavasti suurempi sekä opettajavoimiensa että oppilaittensa puolesta. Sillä on läheiset suhteet Pittsburgh'n terästeollisuuteen, mikä näkyi myöskin uusien laitteiden muodossa. Colorado School of Mines'iin, jota pidetään eräänä USA:n johtavista kaivoskouluista, oli vain allekirjoittaneella tilaisuus tutustua. Täälläkin olivat eräät osastot (kuten rikastustekniikka, metallurgia ja taloudellinen geologia) aivan uusissa suojissa. Näitä suunniteltaessa oli otettu huomioon mahdollisuus koetehdasta pystyttämiseen siellä, missä se saattoi palvella opetusta tai tutkimusta. Taloudellisen geologian alalta oli mielenkiintoista todeta täällä kuten monessa muussakin paikassa hivenaine-tutkimusten käyttö malminetsinnän apuvälineenä.

Montana School of Mines toimii läheisessä yhteistyössä Anaconda Co:n kanssa, mikä helpottaa koulun toimintaa monella tavalla. Erikoisuutena jäi mieleen erinomaiset mallit louhintatekniikan opetuksessa sekä heijastetut stereokuvat, jotka antoivat erittäin elävän kuvan louhinnan eri vaiheista. Rikastustekniikan laboratoriossa pyrittiin selvittämään vaahdotuksen fysiikkallisia ja kemiallisia perusilmiöitä. Mielenkiintoisia olivat myöskin fyysikan laboratoriossa suoritettut, aivan alussaan olevat tutkimukset kiven rikkomisesta lämpöshokilla, joka saadaan aikaan korkeajännitteisellä ja korkeajaksoisella virralla. Pyrkimyksenä on korvata rikkoammunta, jota varsinkin sorroslohinnassa usein joudutaan suorittamaan.

University of Minnesota'n (Minneapolis) School of Mines and Metallurgy oli myöskin uusissa ja ajanmukaisissa tiloissa. Samoin olivat tutkimuslaitteet osittain hyvinkin ajanmukaisia. Kaivosmiesten kannalta oli mielenkiintoisinta se tutkimustyö, mitä tehtiin kivien lujusominaisuuksien selvittämiseksi (rock mechanics). — Samaa alaa tutkii myöskin Bureau of Mines'n Minneapolis'n tutkimuskeskus.

Yhteenvetona retken vaikutelmista voidaan sanoa, että kaivoksissa pyritään tuotantoa suurentamalla alhaisempiin yksikkökustannuksiin, mikä tekee mahdolliseksi yhä heikompien malmien louhimisen. Pienet kaivokset ovat vähenemässä. Ne voivat toimia vain rikkaitten malmien varassa tai erittäin tehokkaan tuotannon avulla. Tutkimustoimintaan uhrataan suuria summia. Teollisuuden kustantama tutkimus on tyypillistä tavoitetutkimusta. Varsinainen perustutkimus on suurelta osalta valtion tai suurten säätiöitten rahoituksesta riippuvaa. Kaivos- ja metalliteollisuuden tutkimustoiminnan päämääränä on löytää uusia esiintymiä, vaikka köyhiäkin (esim. hivenainetutkimukset), saada löydetystä malmista kaikki metallit talteen mahdollisimman halvoin kustannuksin, löytää omalle metallille uusia käyttömahdollisuuksia ja tehdä se kilpailukykyiseksi jonkin toisen metallin kanssa. Yliopistoissa on merkillepantavaa siirtyminen kolmeen lukukauteen vuodessa, jolla tehostetaan opiskelua. Undergraduate-opiskelijoitten määrä on pienentynyt eräissä kouluissa melkein olemattomiin, varsinkin kaivostekniikan alalla. Graduate-opiskelijoita on sensijaan runsaasti edellisiin verrattuna. Korkeakouluissa suoritettavan perustutkimuksen laatu ja määrä ovat huomattavat. Sen tekee mahdolliseksi kunnolliset tilat ja laitteet sekä mahdollisuus saada apulaisia stipendien ja apurahojen turvin. — Mm. University of Minnesota'n Institute of Technology'ssa on apurahoja, joita suomalaisetkin kaivosinsinöörit voivat hakea.

Abstract

A group of 28 students and two leaders from the Department of Mining and Metallurgy of the Institute of Technology, Helsinki visited mines, metalworks, universities and research centers in the USA in the summer 1961. The trip was sponsored by the US State Department through the Foreign Service and Asla Foundation, the Institute of Technology and the Finnish industry.

The objects of the visits were originally selected by Mr. E. W. Pehrson, Chief of the Div. Foreign Activities, Bureau of Mines. The students and the leaders of the group are most grateful to him for his efforts in making the trip most successful. The six weeks' journey took the group through New York City to Pittsburgh, Penn. — Washington, D. C. — Knoxville, Tenn. — Denver, Colo. — Salt Lake City, Ut. Butte, Mont. — Minneapolis, Minn. — Duluth, Minn. and back to New York City. Outside the professional objects many places of more general interest were also visited.

The mines visited by the group were mostly big scale operations. The impression gained during the excursion is, that the industry tends to develop bigger mines in order to reduce the costs per unit. This makes possible to exploit leaner and leaner ore deposits. The massproduction is the magic word also in the metal industry, although well organized small scale operations were seen, too. To make this possible the research work is a necessity. Big corporations supply the funds for their own centers, where all kinds of applied researches is carried out. The basic research is carried out in the institutes and laboratories of the government agencies, foundations, and universities.

The trip as a whole gave the students many ideas to think afterwords and valuable experiences both for their profession and private life.

TILASTOTIETOJA

Kauppa- ja teollisuusministeriön kaivostoimiston valvonnassa olevista kaivoksista vuonna 1960.

Koonnut kaivostarkastaja Urpo J. Salo.

Tilastossa ei ole huomioitu kivilouhimoita eikä kullanhuuhtomoita.

Suurusjärjestys	Kaivos	Kunta	Kivennäinen	Haltija	Yhteensä nostettu kiveä tonnia	Keskim. kaivostyöntekijöitä vuoden aikana			Kaivoksessa suoritettuja työtunteja
						avolouhoksessa	maalla	yht.	
1	Parainen	Parainen	kalkkikivi	Paraisten Kalkkivuori Oy	1.142.649	57		57	117.375
2	Otanmäki	Vuolijoki	rautamalmi	Otanmäki Oy	790.111		147	147	298.758
3	Outokumpu	Kuusjärvi	kuparimalmi	Outokumpu Oy	726.396		464	464	948.151
4	Ihalainen	Lappeenranta	kalkkikivi	Paraisten Kalkkivuori Oy	613.062	35	3	38	83.050
5	Vihanti	Vihanti	sinkkimalmi	Outokumpu Oy	467.444		159	159	337.389
6	Tytyri	Lohja	kalkkikivi	Lohjan Kalkkitehdas Oy	417.109		92	92	220.066
7	Ylöjärvi	Ylöjärvi	kuparimalmi	Outokumpu Oy	346.893		59	59	118.781
8	Ojamo	Lohja	kalkkikivi	Lohjan Kalkkitehdas Oy	343.195		41	41	93.720
9	Kotalahti	Leppävirta	nikkelimalmi	Outokumpu Oy	335.240		114	114	244.290
10	Pyhäsalmi	Pyhäjärvi Ol.	rikkikiisu	Outokumpu Oy	297.080	6	30	36	77.791
11	Paakkila	Tuusniemi	asbesti	Paraisten Kalkkivuori Oy	213.374	19		19	36.960
12	Kärväsvaara	Kemijärvi	rautamalmi	Otanmäki Oy	163.615	8	20	28	57.662
13	Förby	Särkisalo	kalkkikivi	Karl Forsström Oy	145.287		23	23	51.127
14	Ruokojärvi	Kerimäki	kalkkikivi	Ruskealan Marmori Oy	143.364		47	47	96.478
15	Haveri	Viljakkala	kultamalmi	Oy Vuoksenniska Ab	117.726	12	41	53	130.320
16	Montola	Virtasalmi	kalkkikivi	Paraisten Kalkkivuori Oy	114.612		31	31	69.950
17	Kalkkimaa	Alatornio	kalkkikivi	Rauma-Repola Oy	89.000	7		7	14.646
18	Pitkäniemi	Lohja	kalkkikivi	Lohja-Kotka Oy	63.031		9	9	21.060
19	Sipoo	Sipoo	kalkkikivi	Lohjan Kalkkitehdas Oy	47.715		9	9	17.087
20	Jussarö	Tammisaar. mlk.	rautamalmi	Oy Vuoksenniska Ab	29.800		45	45	101.882
21	Korsnäs	Korsnäs	lyijymalmi	Outokumpu Oy	27.744		41	41	74.331
22	Paukkajavaara	Eno	uraanimalmi	Atomienergia Oy	21.920		29	29	51.270
23	Kaukosalo	Särkisalo	kalkkikivi	Karl Forsström Oy	13.278		5	5	4.644
24	Jormua	Paltamo	talkki	Paraisten Kalkkivuori Oy	7.936	5		5	9.610
25	Metsämonttu	Kisko	lyijy-sinkkimalmi	Outokumpu Oy	7.655		20	20	46.520
26	Luikonlahti	Kaavi	kuparimalmi	Ruskealan Marmori Oy	3.290		5	5	11.406
27	Nordsjö	Helsingin mlk.	kalkkikivi	Oy Rudus Ab	1.900		2	2	775
28	Aijala	Kisko	kuparimalmi	Outokumpu Oy	520		11	11	25.586
29	Nyhamn	aluevesialue	—	Oy Vuoksenniska Ab	—		6	6	6.083
Yhteensä					6.690.846	149	1.453	1.602	3.368.768

Vuoriteollisuusosasto Teknillisessä Korkeakoulussa



SAKARI HILTUNEN

Elokuun 15 päivänä 1961 kuoli dipl. ins. *Sakari Hiltunen*. Hän oli syntynyt 1911, tuli ylioppilaaksi 1930 ja valmistui diplomi-insinööriksi vuonna 1936. Hän toimi aluksi Tornator Oy:n Kaukopään sulfaattitehtaan korjauspajan rakennusosaston ja piirustuskonttorin insinöörinä, mutta vuonna 1941 hän siirtyi Outokumpu Oy:n palvelukseen Porin Metallitehtaalle toimien kuolemaansa saakka valsaamon ja vetämön osastopäällikkönä.

Dipl. ins. Sakari Hiltunen oli Vuorimiesyhdistyksen jäsen vuodelta 1943.

Todistus diplomi-insinööritutkinnon suorittamisesta teknillisen korkeakoulun vuoriteollisuusosastolla on myönnetty seuraaville:

Kangas Veli Juhani
»Nousunajo Alimak- ja pitkäreikämenetelmällä», prof. Järvisen johdolla.

Kangas, Timo Antero
»Seismisessä refraktioliuotauksessa esiintyvistä virhelähteistä», prof. Mikkolan johdolla

Lundström, Kurt Edvin Vilhelm
»Undersökning av Ni- och Co-pulvers sintring samt av keramiska oxiders inverkan på denna», prof. Tikkasen johdolla.

Moisio, Tapani Jouko Ilmari
»Kranaatin johtorengasmateriaalin ja sen rakenteen vaikutuksesta johtorengaan liepeilyyn», prof. Miek-Ojan johdolla.

Palperi, Matti Johannes
»Tutkimus koskien kuparioksidin sekä eräiden stabiilien oksidien reaktioita», prof. Tikkasen johdolla.

Rapeli, Hannu Antero
»Nikkelin selektiivinen rikki-happoliuotus nikkelihienokivestä», prof. Tikkasen johdolla

Shand, Carl-Johan
»En finsiktningundersökning av torrt material inom kornstorleksområdet under en millimeter», prof. Hukin johdolla.

Vuoriteollisuusosaston opiskelijat syksyllä 1961

KAIVOSTEKNIikka

I vuosikurssi

Bärlund Henrik	Ottoson Christer
Eerola Ilkka	Reinivuo Raimo
Hintikka Pentti	Riihikallio Lassi
Huhtinen Pentti	Saarinen Lauri
Juntunen Hannu	Seppänen Pentti
Kleemola Heikki	Teppo Pekka
Lautto Markku	Vainio-Mattila Tapani
Leikas Heikki	Ylöstalo Tapio
Mikkonen Antti	

II vuosikurssi

Lärka Håkan	Pöyliö Esko
Parviainen Kari	Voutilainen Pertti

III vuosikurssi

Eklund Henrik	Lehtola Antti
Hakapää Antero	Matikainen Raimo
Ketola Matti	Suominen Timo
Koskinen Vesa	Vuolio Raimo

IV vuosikurssi

Autere Ilmo	Kranck Anders
Grönfors Teuvo	Rutanen Vesa
Hakalehto Kalle	Vanninen Pentti

V ja n:s vuosikurssi

Diehl Gösta	Sundquist Pekka
Koponen Rauno	Uvelin Esko
Lindeberg Tom	Westman Raimo
Mellin Lennart	Östman Per-Oskar

METALLURGIA

I vuosikurssi

Anttilainen Jaakko	Martikka Heikki
Holopainen Pentti	Ojanen Asko
Immonen Jouko	Onnela Kalevi
Johansson Matti	Puolamäki Kalevi
Jormalainen Toivo	Pyry Ilkka
Karvonen Ilkka	Tiitinen Heikki
Lehto Juhani	Toivonen Pentti
Lindgren Sten	Söderling Kaj Erik
Lindholm Tage	Vahtola Juhani
Lohtaja Seppo	Vuokko Pertti

II vuosikurssi

Hakanen Matti	Lindroos Veikko
Hanhiniemi Matti	Linnainmaa Jaakko
Hertell Karl Johan	Palmu Mauri
Hämäläinen Matti	Riihimäki Arto
Jalkanen Heikki	Saarinen Aulis
Katila Reijo	Tunturi Pekka

III vuosikurssi

Autio Jaakko	Mattelmäki Matti
Holappa Lauri	Määttä Kauko
Jakowleff Erik	Paasikoski Olli
Kostamo Pertti	Räsänen Erkki
Manninen Veikko	Räty Raimo

IV kurssi

Halavaara Yrjö	Parviainen Asko
Laurila Aaro	Tirkkonen Jussi
Pajari Lauri	

V ja n:s vuosikurssi

Alakokkare Esa	Kaivola Markku
Asikainen Hannu	Karstunen Erkki
Fomin Pekka	Palomäki Asko
Hiilamo Seppo	Salimäki Matti
Holmala Rainer	Silventoinen Ilmo
Härkki Seppo	Tilander Heikki
Jalava Antti	Tuominen Tapio
Jansson Folke	

Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna

Dipl.ins. *Matti Autio* on siirtynyt Otanmäki Oy:n palvelukseen. Osoite: Otanmäki.

Dipl.ins. *Carl-Erik Carlson* on nimitetty Oy Telko Ab:n varatoimitusjohtajaksi.

Dipl.ins. *Paavo Eerola* toimii tutkimusassistenttina Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen rikastusteknillisessä laboratoriossa. Osoite: Pohjoiskaari 6 A 13, Lauttasaari, Helsinki.

Dipl.ins. *Eino Erkkö* toimii nykyään Raahe Oy:n valimon päällikkönä. Osoite: Haaralankatu 3, Raahe.

Dipl.ins. *Gösta Forssell* har utnämmts till disponent för Pargas Kalkbergs Ab, Finska Mineral och verkst. direktör för Finska Stenindustri Ab. Adress: Fredriksgatan 30 C, Helsingfors.

Fil.maist. *Juha Huhta* on Otanmäki Oy:n palveluksessa Rovaniemen toimistossa. Osoite: Kivikatu 20, Rovaniemi.

Dipl.ins. *Mikko Häkkä* toimii nyttemmin Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen metallurgisessa laboratoriossa. Osoite: Urheilukatu 36 A 12, Helsinki.

Dipl.ins. *Veikko Jumppanen* on The Messina Transvaal Development Co Ltd:n palveluksessa. Osoite: I White Road, Messina, Northern Transvaal, South Africa.

Dipl.ins. *Kimmo Kekki* on Oy Julius Tallberg Ab:n pal-

veluksessa Atlas-Copco-osastolla. Osoite: Poutamäentie 6 B 29, Pajamäki, Helsinki.

Tekn.tri. *Kalevi Kiukkola* on siirtynyt Oy Fiskars Ab:n palvelukseen Aminneforsin tehtaan keskuslaboratorioon. Osoite: Fiskars.

Dipl.ins. *Olli Korhonen* on nyttemmin Otanmäki Oy:n palveluksessa vanadiinitehtaalla. Osoite: Vana B 13, Otanmäki.

Dipl.ins. *Kurt Lundström* är anställd vid Thüssen-koncernen. Adress: Duisburg, Tyskland.

Dipl.ins. *Tapani Moisio* toimi Puolustuslaitoksen tutkimuskeskusten fyysiikan laboratoriossa.

Dipl.ins. *Gerhard Naupert* on nimitetty Oy Kovametalli Ab:n käyttöpäälliköksi.

Dipl.ins. *Kalervo Nieminen* on nimitetty Paraisten Kalkkivuori Oy, Suomen Mineraalin yli-insinööriksi.

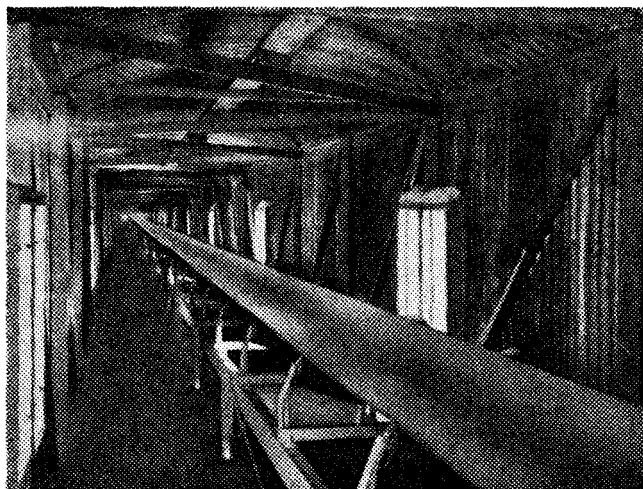
Dipl.ins. *Matti Palperi* on Outokumpu Oy:n palveluksessa Porin Metallitehtaan koelaitoksella. Osoite: Pori.

Dipl.ins. *Uolevi Punnonen* on siirtynyt Rautaruukki Oy:n palvelukseen. Osoite: Kyösti Kalliontie 4 B 25, Kulosaari, Helsinki.

Dipl.ins. *Hannu Rapeli* on Outokumpu Oy:n palveluksessa Harjavallan tehtaalla. Osoite: Harjavalta.

TAMMER

KULJETUS- JA ELEVAATTORIHIIHNOJA



TAMMER TEHTAAT OY TAMPERE

TAMMER

36—44 oz kumihihna malmin, kivien ym. järeän tavarankuljetuksiin.

TAMMER

32 oz kumihihna kivihiilen, sepelin, sementin ym. keskiraskaan tavarankuljetuksiin.

SIRO

28 oz kumihihna lastun, hakkeen ym. kevyehkön tavarankuljetuksiin.

HERKULES BALATA

33 1/2 oz balatahihna soveltuu erikoisesti elevaattorihihnaksi sekä kitkaominaisuuksiltaan hakekuljetuksiin, joissa tyhjennys tapahtuu vinoskaavarilla.

Tekn.tri. *Urmas Runolinna* toimii nykyään prosessiteknikan v.t. professorina Oulun yliopistossa. Osoite: Hoikan-
katu 14 G 54, Oulu.

Dipl.ing. *Bo Sandberg* har utnämmts till disponent för Pargas Kalkbergs Ab, Savon Kalkki, Adress: Loukolampi.

Dipl.ins. *Erkki Siivama* on siirtynyt Otanmäki Oy:n palvelukseen Kärvasvaaran kaivokselle Osoite: Kärvas-
vaara, Misi.

Ph.d. *Eero Suoninen* toimii nyttemmin professorina Arizonan yliopistossa. Osoite: University of Arizona, Department of Physics, Tucson, Arizona, U.S.A.

Dipl.ins. *Ilmari Tamminen* toimii lehtorina Kotkan teknillisessä koulussa. Osoite: Keskuskatu 23 C 34, Kotka.

Dipl.ins. *Holger Tillman* on nimitetty Oy G. W. Sohlberg Ab:n teknillisen johtajan avustajaksi. Osoite: Otsolahdentie 18 A, Tapiola.

Osoitteenmuutoksia — Adressförändringar

Övering. *Nils Gripenberg*. Ny adress: Boulevarden 12, Hangö.

Vicehäradsöv. *Nils Hellen*. Ny adress: Ö. Brunnspar-
ken 13 A, Helsingfors.

Dipl.ing. *Fjalar Holmberg*. Ny adress: Östra Brunnspar-
ken 4, Helsingfors.

Dipl.ins. *Väinö Hulmi*. Uusi osoite: Hiidenkiventie 2 C,
Tapiola.

Fil.maist. *Viljami Hyppönen*. Uusi osoite: Tornitalo 2 A
4, Tapiola.

Fil.maist. *Pauli Isokangas*. Uusi osoite: Kivikatu 6, Ro-
vaniemi.

Dipl.ins. *Aulis Junntila*. Uusi osoite: Tehtaankatu 21 B
38, Helsinki.

Dipl.ing. *Ingvald Kjellman*. Ny adress: Trädgårdsgatan
3, lok. 15, Åbo.

Prof. *Kaarlo Neuvonen*. Uusi osoite: Tempelinkatu 2 A
16, Turku.

Dipl.ins. *Antti Niemi*. Uusi osoite: Risto Rytintie 28 C
21, Kulosaari, Helsinki.

Dipl.ins. *Jarmo Soinin*. Uusi osoite: Brahenkatu 2 D,
Kajaani.

Dipl.ing. *Rolf Söderström*. Ny adress: Stationsvägen 8,
Ekenäs.

Dipl.ins. *Kyösti Torsti*. Uusi osoite: Väinölänkatu 17 E
42, Käpylä i Helsinki.

KIRJALLISUUTTA

M G Lozinskii: High Temperature Metallography. Pergamon, London & New York 1961. 484 siv. 294 kuv. 5.5.0.

Kirja on käänös vuonna 1956 julkaistusta venäjänkielisestä alkuperäisteoksesta, joka käsittelee seikkaperäisesti korkeissa lämpötiloissa ja korkeavakuuissa tehtyjä ainutlaatuisia metallografian tutkimustöitä sekä niissä käytettyjä menetelmiä.

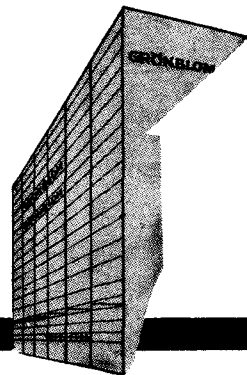
Ensimmäinen osa on eräänlainen korkeavakuumitekniikan »mutterioppi», jossa lisäksi selostetaan tekijän sekä hänen virkaveljensä kehittämiä laitteita metallimikroskooppitutkimusten ja lujuusominaisuuksien mittausten suorittamiseksi jopa 1300°:n lämpötilassa. Toisessa osassa selostetaan näissä lämpötiloissa todettuja metallien rakenteita ja rakennemuutoksia. Kolmannessa osassa käsitellään samoissa olosuhteissa suoritettuja kimmo-modulin, kovuuden ja sisäisen kitkan mittauksia sekä muokausprosessien kulkua. Täydennykseksi on kolme lyhyttä lukua erillisilmioista, kuten diffusiosta.

Tekijä huomauttaa, että raerajojen siirtymisen ja erilaisten niissä esiintyvien ääriivamuutosilmioiden tutkimisen edellytyksenä on korkeavakuumin, 10⁻⁵ mm:n luokkaa, saavuttaminen. Todettuja rakenneyksityiskoh-
tia esitetään lukuisin mikrovalokuvien.

Painatustavasta johtuen kirjassa on huomattava määrä painovirheitä, lisäksi jopa eräitä käänös-
virheitä, mitkä eivät kuitenkaan sanottavasti vähennä teoksen arvoa.

Teos soveltuu erityisesti esim. terästehtaiden tutkimuslaboratorioille sekä metallien korkealämpö-
ominaisuuksien tutkijoille.

Viimeksimainituille lienee tärkeintä tekijän selostamat havainnot, joiden mukaan aineen virumisominaisuuksista voidaan tehdä johtopäätöksiä k.o. lämpötiloissa suorite-
tuista kovuusmittauksista pidennetyllä kuormitus-
ajalla, joka voi kestää aina yhteen tuntiin asti. L. J. Aschan



TEHOA TYÖHÖN TUO

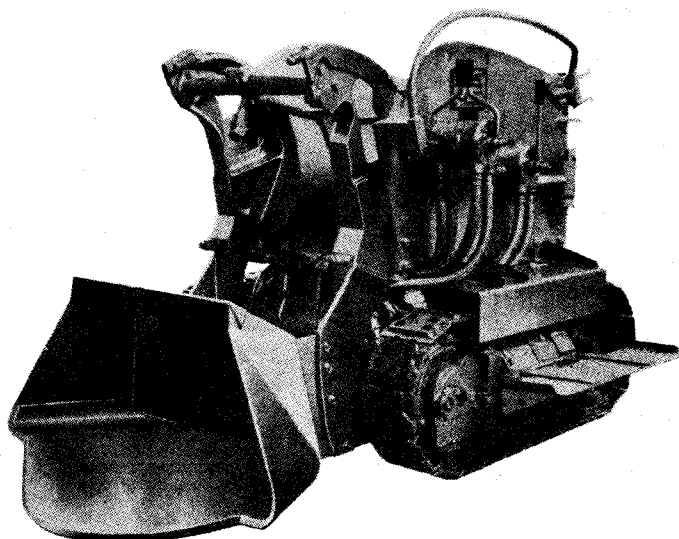
EIMCO

Eimco-tehtaiden pitkäaikainen kokemus on takeena siitä, että ostaessanne Eimcon saatte parhaan telaketjukauha-kuormaajan, varsinkin maanalaiseen kuormaustyöhön.

Päädustaja:

Oy GRÖNBLOM Ab

Helsinki - Aleksanterinkatu 48 - Puh. 62 58 61
Turku - Tampere - Oulu



STANDARDISOIDUT RAAHE-KULJETINHOLKKIKETJUT

avaavat uusia käyttömahdollisuuksia. Lukuisat kuljettimien suunnittelijat ja käyttäjät teollisuuden eri aloilla ovat jo todenneet standardisoitujen kuljetinholkki-ketjujen edut, kuten hyvät käyttötulokset ja tyyppivalikoiman supistumisen. Niinpä ketjuja voidaan nyt käyttää sellaisissa-kin paikoissa, joissa ne aikaisemmin on jouduttu hylkäämään.

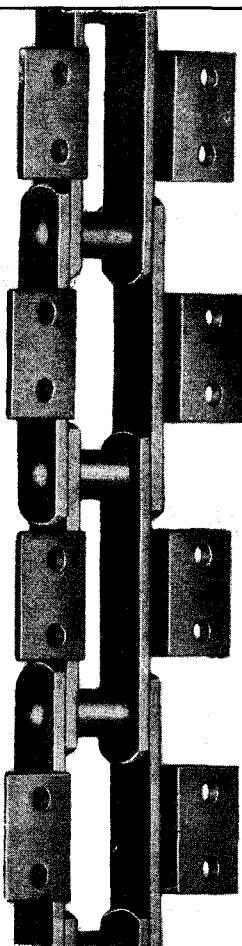
RAAHE-kuljetinholkki-ketjuille on tyyppillistä
Suuri murtolujuus • Hyvä kulumiskestävyys • Tarkka-
mittaisuus • Kestävyys • Monipuolisuus



Neuvottelemme mielellämme kuljettimia koskevista kysymyksistä jo niiden suunnitteluvaiheessa.

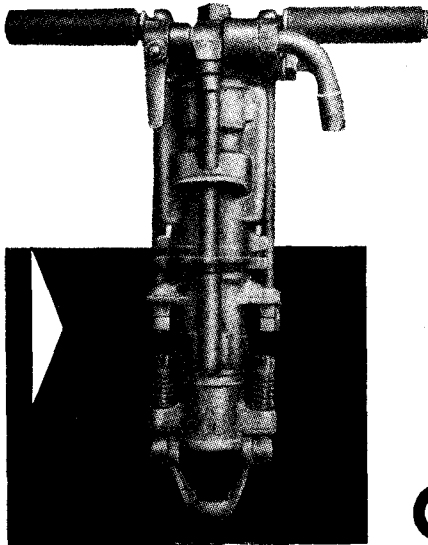
RAAHE OY

R a a h e — Puh. vaihe 3501 — Telex 32-17
O u l u — Puh. vaihe 14281 — Telex 32-53



Nykypäivän vaativaan, tehokkaaseen poraustyöhön

Holman SILVER THREE KALLIOPORAKONE



Silver Three on pitkien kokeilujen ja jatkuneen kehitystyön tulos. Erityistä huomiota on siinä kiinnitetty painon edulliseen jakaantumiseen, joten työskentely on mahdollisimman helppoa. Samalla on päästy tämän porakonealuokan huippunopeuteen ja taloudelliseen ilmankulutukseen.

- suuri tunkeutumisnopeus
- voimakas pyörimys
- taloudellinen ilmankulutus
- vähäinen varaosakulutus

Silver Three, kuten muutkin Holman-kalliopora-koneet, on ilma- tai vesihuhtelumallia ja varus- tettu puhallusventtiilillä porareian huuhtelua varten.

Tutustukaa!

Valitkaa joko ilma- tai vesihuhtelumalli, kumpi Teille vain paremmin soveltuu!



Cronvall Helsinki, puh. 10 381
Tampere — Turku
Jyväskylä — Oulu

Muovieristeinen
kaivoskaapeli
litteälanka-armeeraus

Muovieristeinen
kaivoskaapeli
(konsentrinen nollajohdin)

Paperieristeinen
sitkeällä
("non draining")
öljyllä kyllästetty
kaivoskaapeli,
litteälanka-armeeraus

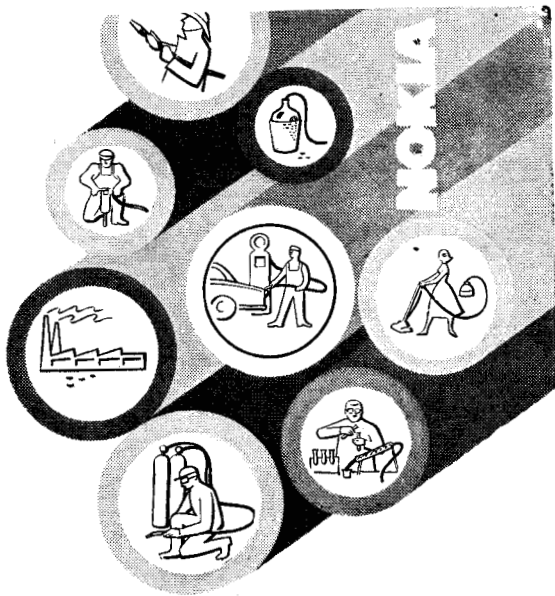
KAIVOS- KAAPELEITA



SUOMEN KAAPELITEHDAS OSAKEYHTIÖ
HELSINKI

KUMILETKU

korvaamaton teollisuusletku



NOKIAN kangas-, punos- ja teräs vahvisteiset kumi-letkut johtavat ilmaa, vettä, kaasuja, höyryä, polttoainetta ym. elinkeinoelämämme palvelukseen. Myös vuoriteollisuudessa kumiletku on ainoa mahdollinen, todella käyttökelpoinen letku.

NOKIA

Suomen Kumitehdas Osakeyhtiö

AEG

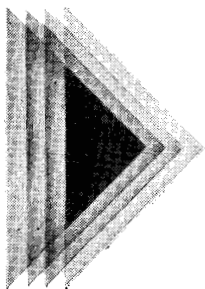
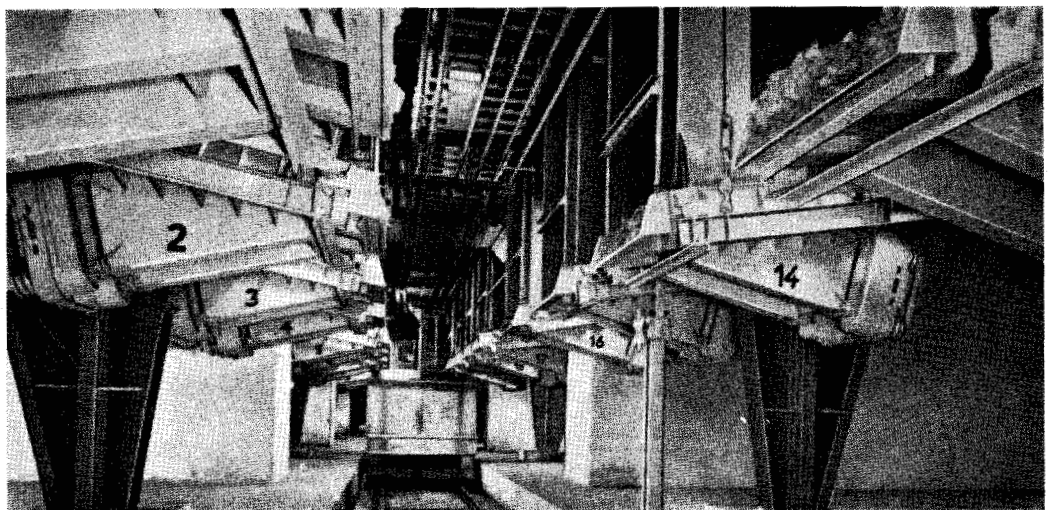
tärytekniikka

palvelee myös vuoriteollisuutta

Valmistusohjelmaan kuuluvat

- kuljettimet
- annostelijat
- täryttimet
- seu'at
- automatisoidut kuljettimet ja syöttökourut

malmille, rikasteille ja kaikille kiinteille, rakeisille aineille.



Päädustaja

SÄHKÖLIIKKEIDEN OY

Satamakatu 4, Helsinki, puh. 11 501



KÄY KÄSIKSI KALLIOON!

Uusi KOMETA

**kallioporalaatu
takaa tuloksen**

Porakanget kuulapommitettu
— väsymislujuus huomattavasti noussut.

Saatavana kaikista alan liikkeistä.

PÄÄEDUSTAJA:

Oy GRÖNBLOM Ab

Helsinki - Aleksanterink. 48 - Puh. 62 58 61 • Turku - Tampere - Oulu



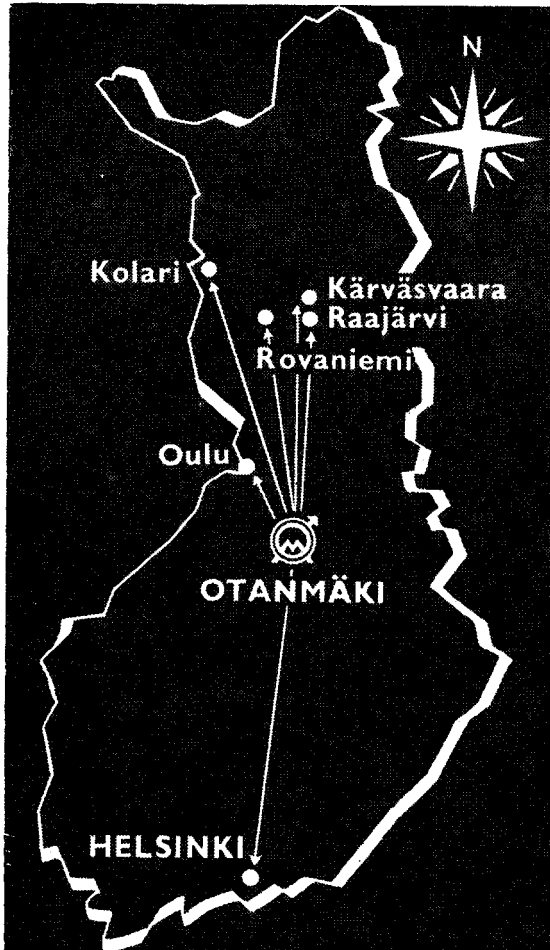
MASCHINEN-EXPORT

vuoriteollisuuskoneita

Yksinmyyjä Suomessa:

Oy Finnish Impex Ab

Helsinki, Hallituskatu 17, puh. 66 03 68



OTANMÄKI OY

PÄÄKONTTORI

Postiosoite: Otanmäki

Sähkeosoite: Otanmäki, Kajaani

Puhelin: nimihuuto Otanmäki Oy,
Otanmäki

HELSINGIN TOIMISTO

Postiosoite: Aleksanterinkatu 48 A

Sähkeosoite: Otanmäki, Helsinki

Puhelin: 58 844

KÄRVÄSVAARAN KAIVOS

Postiosoite: Misi, Kärvasvaara

Sähkeosoite: Otanmäki, Misi

Puhelin: Misi 16

SATAMA

Postiosoite: Oulu, Malmisatama

Sähkeosoite: Malmisatama, Oulu

Puhelin: 15 347

UUSI
TUOTE

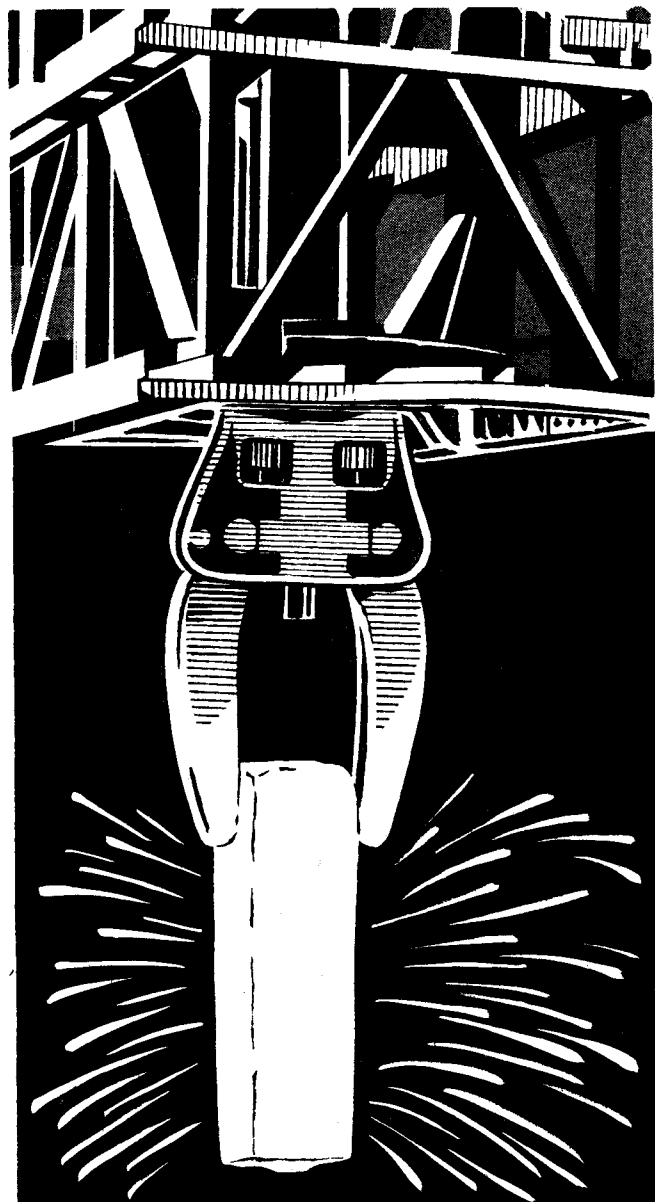


NY
PRODUKT

himanit

asbestisementti-paineputki
vesijohtoja varten

asbestcementrör för
vattenledningar



Kulutusta kestäväää

terästä

valssattuna

tai valettuna

Oy VUOKSENNISKA Ab

Vuorimiesyhdistys r.y.:n

VUOSIKOKOUS

pidetään

maalisk. 30 ja 31 p:nä 1962

ILMOITTAJAT — ANNONSÖRER

Asea
Cronvall
Ekströmin Koneliike
Finnish Impex
Fiskars
Grönblom
Karhula
Knorring
Kone
Lilius & Co
Lokomo
Machinery
Mercantile
Otanmäki
Outokumpu
Paraisten Kalkkivuori
» » Suomen Mineraali
Raabe
Rautakonttori
Rolac
Suomen Kaapelitehdas
Suomen Kumi
Sähköliikkeiden Oy
Tallberg
Tammer Tehtaat
Tampella
Teollisuustiili
Tulenkestävät Tiilet
Valmet
Vuoksenniska

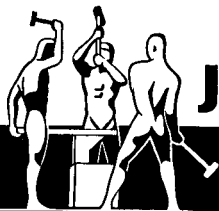
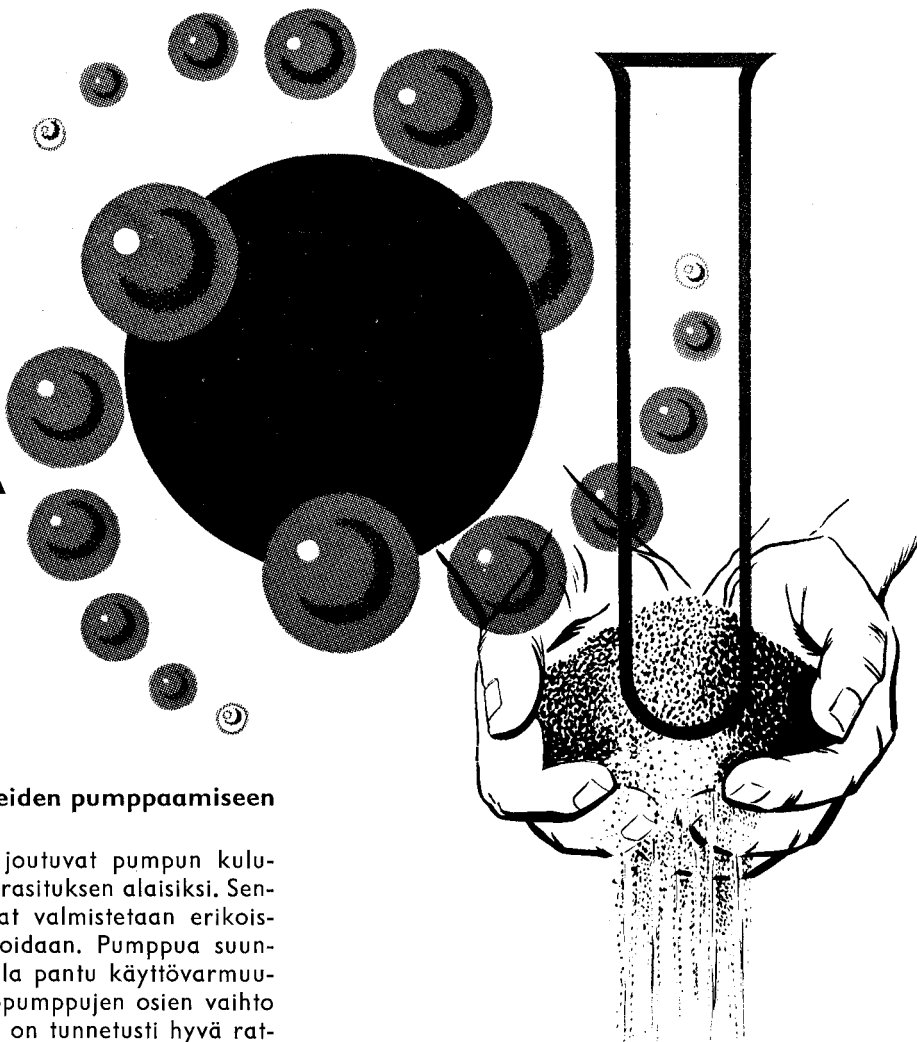
ERIKOISVALMISTEISIA

SALA

keskipako- pumppuja

kuluttavien ja syövyttävien nesteiden pumppaamiseen

Lietettä ja hiekkaa pumpattaessa joutuvat pumpun kulusosat ja tiivisteet erikoisen kovan rasituksen alaisiksi. Sen vuoksi SALA-pumppujen kulusosat valmistetaan erikois-seosteisesta valuraudasta tai kumioidaan. Pumppua suunniteltaessa on pääpaino tehon ohella pantu käyttövarmuuteen ja huoltokustannuksiin. SALA-pumppujen osien vaihto on helppo suorittaa. SALA-pumppu on tunnetusti hyvä ratkaisu pumppu-pulmiin.



JULIUS TALLBERG

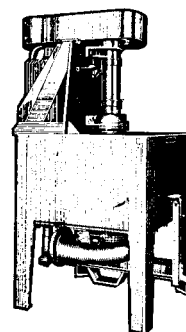
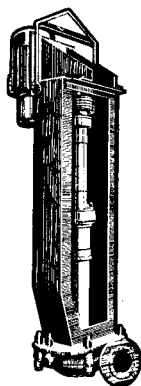
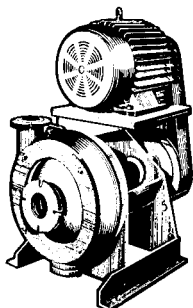
VUORITEKN. OS.

Aleksanterink. 21 H:ki, püh. 13611

Vacseal-pumppu toimii ilman paineettä, koska sen tiivistys aikaansaadaan pumpun itsekehittämän imun avulla. Näinollen vuotoja ei voi esiintyä akselin tiivisteissä käytön aikana. Valmistuskoot 2"—8".

SALA-kuoppapumpussa on imuaukko pohjassa, joten se voidaan upottaa kokoojakaivoihin. Pumppu takaa tehokkaan pumppaustuloksen. Erikoisrakenteen ansiosta voidaan paluuvesi käyttää esim. kulmiin kasaantuneen lietteen poishuuttomiseen. Valmistuskoot 1 1/2"—5".

SALA-vertikaalipumpussa on pumpun pesä altaan pohjana. Akselin laakerointi on kokonaan nestepinnan yläpuolella. Avonaisesta rakenteesta johtuen ilmakuplat eivät häiritse pumppausta. Valmistuskoot 1 1/2"—5 1/2".



Mangaaniteräsvalua

Valmistamme kulutusta kestäviä valuosia runsaasti seostetusta mangaaniteräksestä (Mn 12—14 %).

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

Vuori- ja sementtiteollisuudelle murskainten levyjä ja kartioita, kuula- ja tankomyllyjen vuorauslevyjä ja palkkeja.



T E R Ä S V A L I M O

